

**ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA PIT SERVICE SEPEDA
MOTOR MENGGUNAKAN TEORI ANTRIAN**

(Studi Kasus : Antrian Service Sepeda Motor di *Honda Sales Office* (HSO)
Jombor)

TUGAS AKHIR



Inayatus Sholikhah

14 611 167

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

**ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA PIT SERVICE SEPEDA
MOTOR MENGGUNAKAN TEORI ANTRIAN**

(Studi Kasus : Antrian Service Sepeda Motor di *Honda Sales Office* (HSO)
Jombor)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Sarjana**



Inayatus Sholikhah

14 611 167

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2018

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Sistem Antrian pada PIT *Service* Sepeda Motor
Menggunakan Teori Antrian (Studi Kasus : Antrian
Service Sepeda Motor di *Honda Sales Office* (HSO)
Jombor)

Nama Mahasiswa : Inayatus Sholikhah

Nomor Mahasiswa : 14 611 167

TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN

Yogyakarta, 15 Mei 2018



Dosen Pembimbing

(Muhammad Hasan Sidiq Kurniawan, S.Si., M.Sc)

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA PIT *SERVICE* SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN TEORI ANTRIAN

Nama Mahasiswa : Inayatus Sholikhah

Nomor Mahasiswa : 14 611 167

TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL 15 MEI 2018

Nama Penguji :

Tanda Tangan

1. Ir. Ali Parkhan, M.T

2. Dr. Edy Widodo, M.Si

3. Muhammad Hasan Sidiq Kurniawan, S.Si., M.Sc

Mengetahui

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah alhamdulillah alhamdulillah. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wata'ala*, Sang pencipta langit dan bumi serta segala isinya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta kasih sayang-Nya kepada penulis sehingga penulis diberikan kesehatan, kekuatan, serta kesabaran selama penyelesaian tugas akhir ini. Tak lupa pula shalawat dan salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad *sallallahu 'alaihi wasallam* yang telah diutus ke bumi sebagai lentera bagi hati manusia. Nabi yang telah membawa manusia dari zaman kebodohan menuju zaman penuh dengan pengetahuan yang luar biasa seperti saat ini.

Alhamdulillah sekali lagi penulis ucapkan atas selesainya penyusunan tugas akhir dengan judul “**Analisis Sistem Antrian pada PIT Service Sepeda Motor Menggunakan Teori Antrian**” ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di jurusan Statistika Universitas Islam Indonesia.

Selama penulis melaksanakan penyelesaian tugas akhir ini penulis telah banyak mendapat bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Drs. Allwar, M.Sc,P.hD selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Bapak Dr. RB. Fajriya Hakim, M.Si selaku Ketua Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan seluruh jajaran staff pengajar di Progam Studi Statistika.
3. Bapak Muhammad Hasan Sidiq Kurniawan, S.Si, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah sabar dalam membimbing, mengerti kekurangan penulis, serta memeberikan masukan yang membangun hingga tugas akhir ini selesai.

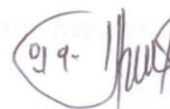
4. Bapak Dr. Edy Widodo, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberikan arahan serta pelajaran bagaimana menjadi seorang statistisi yang baik serta menjadi seorang peneliti yang baik.
5. Bapak Solekhan, Ibu Mur Nafiah, Mbah Saniah, dan Adik-adik tercinta, Nur Rokhmah dan Nadia Salsa Bila, yang telah memberikan doa dan motivasi kepada penulis.
6. Keluarga besar Mbah Saleh yang selalu melantunkan nama penulis dalam setiap doanya, memberikan dukungan, dan semangat kepada penulis.
7. *My support system* : Nur Hidayah dan Muhammad Husni, yang selalu ada untuk penulis baik suka maupun duka, yang memberikan semangat serta dorongan agar tak mudah menyerah akan keadaan yang ada, yang bersedia menjadi ‘tempat sampah’ keluhan penulis setiap hari, *I adore you guys*.
8. Sahabat penulis 2x+y : Eren, Fea, Rare, Emak, Sunuy. Terima kasih karena selalu ada baik doa maupun raganya untuk memberikan semangat dan motivasi bagi penulis, serta yang selalu menemani, mendukung, memberi semangat dan candaan selama beberapa tahun ini. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga dan selalu diridhoi oleh Allah SWT.
9. Sahabat penulis TMNMC : Mbak Irma, Mbak April, Indut, Mbak Erna, walau jarang berjumpa, penulis tahu doa kalian selalu sampai di langit-langit *arsy-Nya*.
10. Teman-teman satu bimbingan TA : Elicing, Ulin, Panji, Rima, Roni, Rati, Indah, Marissa, Yusi, Tista, Irsyad, Mia, Dea, Ajeng, dan Nilam yang sudah sama-sama berjuang, saling mengingatkan dan memberi motivasi serta dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Sahabat satu *partner* Kerja Praktik : Samsudin dan Husain yang sudah sama-sama berjuang, memberi semangat, memberi motivasi, menguatkan sedari mencari tempat kerja praktik hingga mendoakan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga lelah kita terganti oleh-Nya.
12. Teman-teman KKN Unit 86 : Ade, Deby, Rurie, Mbak Dhila, Luthfi, Rizky, dan Mas Inggit. Terima kasih atas keramah tamahannya dan pelajaran yang berharga selama satu bulan hidup bersama.

13. Teman-teman Danus UAYS : Ayu, Faldi, Raja, Danang, Bagus, Faiza, Ernes, Dhinta, Afvol, Anggi, Puji, Fira, Mega, dan Arin. Semangat semuanya, jangan patah semangat. Harus bisa bangkit, tidak boleh menyerah.
14. Teman-teman Lembaga FMIPA KM UII: Farhan, Meymun, Mimi, Ummi, Diba, Galuh, Achmad, Bang Ari, Lia, Farah, Restu, Muhlas, Antisa, Ageng, Meidita, dan Sandy. Terima kasih sudah mau menerima penulis dengan segala kekurangannya, dan atas pengalaman yang tercipta. Semoga selalu dilancarkan urusannya.
15. Teman-teman Statistika 2014 a.k.a XIX yang bersama-sama menjadi pejuang gelar S.Stat dan Toga UII, terimakasih semangatnya.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dalam kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat banyak kesalahan. Semoga Laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis Tugas Akhir ini dan pada umumnya bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 15 Mei 2018



Inayat Sholikhah

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terima kasih kepada Sang Pencipta, Allah SWT yang telah membuat skripsi ini selesai.

Terima kasih kepada Ibu Murnafi'ah, perempuan cantik pertama yang saya kenal, malaikat tanpa sayap saya, yang telah melahirkan anak sulungnya ke dunia ini.

Terima kasih kepada Bapak Solekhan, cinta pertama saya, yang selalu mengajarkan saya arti sabar dan tawakal, yang selalu memberikan seluruh cintanya kepada anak-anaknya.

Terima kasih kepada saudari-saudari saya: Nur Rokhmah dan Nadia Salsa Bila, yang memberikan warna serta keceriaan di setiap sudut rumah, dan yang memberikan arti sebuah bangunan kecil menjadi 'Rumah' untuk berpulang.

Terima kasih kepada Bapak Muhammad Hasan Sidiq Kurniawan, M.Si, dosen pembimbing yang memiliki kesabaran tanpa batas.

Terima kasih kepada sahabat-sahabat saya: Nur, Eren, Fea, Riza, Rare, Ellysa, Ayu, Indut, Irma, Erna, Kaprila, Resti, Ulin, Panji, dan Husain. Terima kasih telah menjadi saudara sekaligus sahabat di tanah perantauan ini.

Terima kasih kepada teman-teman 'House of Taat Ibadah', yang selalu membukakan pintunya untuk saya dari jaman kepanitiaan hingga sekarang.

Terima kasih kepada kamu, yang selalu mengajarkan saya bagaimana menjadi manusia, mengingatkan saya diluar kelewat-batasan saya, menjadi seseorang yang mau berbagi susah senangnya kepada saya, terima kasih. Semoga doa terbaik kita selalu disanjung sampai langit.

Dan, terima kasih kepada diriku. Terima kasih karena kamu selalu mencoba optimis, tak pernah berhenti berjuang meski hidup tak seperti yang kamu harapkan. Kamu jalan terus, bahkan kepalamu tetap tegak dan senyummu tetap menyimpul. Tetaplah seperti itu, karena kedepan akan ada yang lebih berat dari ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
PERNYATAAN	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Model Antrian pada <i>Service Sepeda Motor</i>	8
2.2 Model Antrian Berdistribusi Poisson dan Eksponensial	9
2.3 Keaslian Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Proses <i>Service Sepeda Motor</i> di HSO Jombor	13
3.2 Pelayanan	14
3.3 Distribusi Peluang	14
3.3.1 Distribusi Poisson	15
3.3.2 Distribusi Eksponensial	16
3.4 Pengujian Distribusi Data	17
3.5 Proses Stokastik	19

3.6	Teori Antrian	20
3.6.1	Asumsi Teori Antrian.....	22
3.6.2	Disiplin Antrian.....	23
3.6.3	Notasi Kendall	24
3.6.4	Ukuran <i>Steady State</i>	25
3.6.5	Struktur Antrian.....	26
3.7	Model Antrian.....	29
3.7.1	Model Antrian (M/M/1):(FCFS/ ∞ / ∞).....	29
3.7.2	Model Antrian (M/M/c):(FCFS/ ∞ / ∞).....	31
3.7.3	Model Simulasi	33
3.8	Model Keputusan Antrian	36
3.8.1	Model Keputusan Biaya	36
3.8.2	Model Keputusan Tingkat Aspirasi	38
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....		39
4.1	Populasi dan Sampel Penelitian	39
4.2	Tempat dan Waktu Penelitian	39
4.3	Variabel Penelitian	39
4.4	Metode Pengumpulan Data	40
4.5	Metode Analisis Data	40
4.6	Tahapan Penelitian.....	42
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		44
5.1	Proses <i>Service</i> Sepeda Motor di HSO Jombor	44
5.2	Kedatangan Motor	46
5.3	Keberangkatan Motor.....	47
5.4	Uji Distribusi.....	47
5.5	Penentuan Model Antrian	50
5.6	Simulasi Model Antrian	50
5.7	Penentuan <i>Server</i> Optimum Menggunakan Model Keputusan Tingkat Aspirasi	53
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
6.1	Kesimpulan	55
6.2	Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	xvii

DAFTAR TABEL

Nomor	Keterangan	Halaman
Tabel 1.1	Jumlah Pelanggan <i>Service</i> Sepeda Motor	4
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 3.1	Simbol-simbol Pengganti Notasi Kendall	25
Tabel 3.2	Simbol dalam Rumus Teori Antrian	28
Tabel 3.3	Simulasi Antrian Berdasarkan Jumlah Pelanggan yang Selesai	34
Tabel 3.4	Simulasi Antrian Berdasarkan Waktu Penggunaan Sistem.....	35
Tabel 5.1	Uji Distribusi Jumlah Kedatangan Menggunakan <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	48
Tabel 5.2	Uji Distribusi Jumlah Kedatangan <i>Service</i>	49
Tabel 5.3	Uji Distribusi Jumlah Keberangkatan Menggunakan <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	49
Tabel 5.4	Uji Distribusi Jumlah Keberangkatan <i>Service</i>	49
Tabel 5.5	Nilai Ukuran Kinerja Sistem	52
Tabel 5.6	Perhitungan W_s dan X	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Keterangan	Halaman
Gambar 3.1	Komponen Proses Antrian.....	21
Gambar 3.2	Struktur Antrian <i>Single Channel-Single Phase</i>	27
Gambar 3.3	Sistem Antrian <i>Multi Channel-Single Phase</i>	27
Gambar 3.4	Sistem Antrian <i>Single Channel-Multi Phase</i>	28
Gambar 3.5	Sistem Antrian <i>Multi Channel-Multi Phase</i>	28
Gambar 4.1	Tahapan Penelitian.....	42
Gambar 5.1	<i>Flow Chart Service</i>	45
Gambar 5.2	Jumlah Kedatangan Sepeda Motor pada Interval Waktu Tertentu..	46
Gambar 5.3	Jumlah Keberangkatan Sepeda Motor pada Interval Waktu Tertentu	47
Gambar 5.4	Grafik Perpotongan Nilai W_s dan X	54

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Keterangan	Halaman
Lampiran 1.	<i>Data Service</i>	xvii
Lampiran 2.	Tabel <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	xvii

DAFTAR ISTILAH

n	: Jumlah pelanggan dalam sistem
c	: Jumlah <i>server</i>
P_0	: Probabilitas tidak ada sepeda motor dalam sistem
λ	: Rata-rata kedatangan <i>service</i> per satuan waktu
μ	: Rata-rata keberangkatan sepeda motor (selesai proses <i>service</i>) per satuan waktu
T	: waktu penggunaan sistem
$\bar{\mu}$	: rata-rata laju keberangkatan sepeda motor
L_q	: Jumlah sepeda motor yang diharapkan menunggu dalam antrian
L_s	: Jumlah sepeda motor yang diharapkan menunggu dalam sistem
W_q	: Waktu tunggu yang diharapkan sepeda motor dalam antrian
W_s	: Waktu tunggu yang diharapkan sepeda motor dalam sistem
PIT <i>service</i>	: Tempat kerja mekanik dalam melakukan <i>service</i>
SA	: <i>Service Advisor</i>
PKB	: Perintah Kerja Bengkel
STNK	: Surat Tanda Nomor Kendaraan

PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan diterbitkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 15 Mei 2018



Inayatus Sholikhah

ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA PIT SERVICE SEPEDA MOTOR MENGUNAKAN TEORI ANTRIAN

Inayatus Sholikhah

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

INTISARI

Alat transportasi saat ini sangat dibutuhkan oleh manusia. Bahkan alat transportasi merupakan kebutuhan pokok yang menunjang kehidupan manusia dalam melakukan aktivitasnya. Terdapat beberapa macam alat transportasi yang dimiliki oleh manusia, salah satunya adalah sepeda motor. Provinsi Yogyakarta menduduki peringkat ke-9 berdasarkan jumlah sepeda motor yang ada yaitu sebanyak 3,9 juta unit. Jumlah sepeda motor yang banyak tersebut mempengaruhi jumlah ketersediaan jasa layanan perawatan sepeda motor atau tempat *service*. HSO Jombor merupakan *service center* yang dapat digunakan sebagai tempat untuk melakukan perawatan sepeda motor. Banyaknya kendaraan yang datang untuk melakukan *service* setiap harinya berbeda-beda dengan jumlah *server* yang disediakan berbeda-beda juga sehingga perlu dilakukan analisis untuk mengetahui model antrian yang tepat untuk menggambarkan sistem antrian *service* serta untuk mengetahui tingkat kinerja pelayanan di HSO Jombor. Model antrian untuk *service* pada PIT *service* adalah $(M/M/c):(FCFS/\infty/\infty)$. Hasil analisis menunjukkan bahwa bahwa sistem antrian yang ada kurang efektif jika menggunakan *server* sebanyak 16 mekanik sehingga perlu ditambah lagi jumlah mekaniknya. Penentuan jumlah *server* optimum menggunakan model keputusan tingkat aspirasi, di mana kebutuhan perusahaan dan kebutuhan pelanggan harus sama-sama dipenuhi. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh jumlah mekanik optimal yaitu sebanyak 17 mekanik dengan nilai L_s yang dihasilkan adalah sebanyak 62 motor per jam selama 6 hari kerja dan W_s yang dihasilkan selama 0,8 jam atau kurang lebih selama 51 menit dan persentase tingkat menganggur *server* sebesar 93%.

Kata kunci : Antrian, *Service* Sepeda Motor, Kedatangan, $M/M/c$, Keberangkatan, dan Model Keputusan Tingkat Aspirasi.

ANALYSIS OF QUEUEING SYSTEM IN PIT SERVICE OF MOTORCYCLE USING QUEUEING THEORY

Inayatus Sholikhah

Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Islamic
University of Indonesia

ABSTRACT

Transportation is a thing that need by human. Even the transportation is a basic equipment that supports human life in conducting its activities. There are several kinds of transportation that often owned by humans, one of them is motorcycle. Province Yogyakarta was ranked 9th by the number of existing motorcycles that is as many as 3,9 million units. The number of motorcycles that affect the number of the availability of motorcycle maintenance services or service places. HSO Jombor is one of the service center that can be used to do motorcycle maintenance. The number of motorcycle that come to perform the service each day vary with the number of servers provided vary also. In order to it need for analysis to determine the right queue model to describe the queueing system of motorcycle that came and finished to do service and to determine the level of queue performance service in HSO Jombor. Queueing model of service on PIT service is $(M/M/c):(FCFS/\infty/\infty)$. The result of the analysis shows that from the queue model is obtained a value indicating that the queue is not effective using 16 mechanical so that it must increase the sum of that mechanical. Determination of optimum number of servers using aspiration-leveled model, where the needs of the company and customer needs must be equally met. Based on the calculation results obtained the optimal mechanical number is 17 mechanics with the value of L_s produced is 62 motorcycle per hour for 6 working days and W_s produced for 0.8 hours or less for 51 minutes and the percentage of server idle rate of 93%.

Keywords: Queue, Service Motorcycle, Arrival, M/M/c, Departure, dan Aspiration Level Model.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang di Asia. Negara yang memiliki jumlah penduduk paling banyak nomor empat di dunia ini memiliki jumlah penduduk sebesar 237,6 juta jiwa berdasarkan sensus penduduk tahun 2010 dan dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,49% per tahun (Giangartan, 2013). Jumlah penduduk ini diperkirakan akan terus bertambah sehingga diproyeksikan pada tahun 2015 penduduk Indonesia berjumlah 255 juta jiwa hingga mencapai 305 juta jiwa pada tahun 2035.

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat tentunya menimbulkan beberapa dampak baik dampak positif maupun negatif yang dirasakan oleh masyarakat. Beberapa dampak positif yang akan timbul yaitu semakin mudah mendapatkan tenaga kerja dan meningkatnya pertumbuhan ekonomi bagi negara. Namun tak hanya dampak positif tersebut yang akan muncul tapi akan ada dampak negatif yang muncul. Beberapa dampak negatif yang akan timbul yaitu masalah sosial ekonomi berupa meningkatnya angka kriminalitas, pengangguran, dan kemiskinan, masalah kesehatan berupa banyaknya penyakit yang menyerang dan meningkatnya penularan penyakit, masalah lingkungan berupa berkurangnya ruang terbuka hijau, meningkatnya jumlah sampah, dan berkurangnya ketersediaan air bersih (Tri, 2014).

Melihat sisi lain dari dampak yang muncul dari pertumbuhan penduduk tersebut, terdapat beberapa hal yang masyarakat butuhkan untuk menunjang kehidupannya sehari-hari salah satunya yaitu alat transportasi. Pada era ini transportasi menjadi sebuah kebutuhan pokok untuk menunjang dalam kegiatan sehari-hari. Transportasi merupakan alat yang digunakan untuk mengangkut manusia, hewan, dan barang dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan suatu alat yang dapat digerakan oleh makhluk hidup atau mesin.

Transportasi memiliki beberapa manfaat baik dalam bidang ekonomi, sosial, kewilayahan, maupun politis. Beberapa macam alat transportasi yang sering digunakan yaitu pesawat terbang, kereta api, kapal, bus, mobil, dan sepeda motor (Sora, 2015).

Menurut data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia diketahui bahwa jumlah kendaraan yang masih beroperasi di seluruh Indonesia pada tahun 2013 mencapai 104,211 juta unit, naik 11% dari tahun sebelumnya yaitu tahun 2012 yang hanya 94,299 juta unit. Menurut penuturan dari Kepala Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia yang tertuang dalam harian Kompas Otomotif, berdasarkan jumlah tersebut, populasi terbanyak disumbang oleh sepeda motor dengan jumlah 86,253 juta unit di seluruh Indonesia, naik 11% dari tahun sebelumnya yaitu 77,755 juta unit. Jumlah terbesar kedua disumbang oleh mobil penumpang dengan jumlah 10,54 juta unit, naik 11% dari tahun sebelumnya yaitu sebanyak 9,524 juta unit (Kurniawan, 2014).

Berdasarkan data jumlah kendaraan bermotor menurut provinsi pada tahun 2015 urutan pertama diduduki oleh DKI Jakarta mencapai 18,9 juta unit, disusul oleh Jawa Tengah mencapai 14,7 juta unit dan Jawa Timur mencapai 14,6 juta unit. Yogyakarta menduduki peringkat sembilan yaitu sebanyak 3,9 juta unit (Kepolisian Republik Indonesia, 2015). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pengguna kendaraan di Yogyakarta pada tahun 2015 mencapai 3,2 juta unit. Menurut Direktorat Lalu Lintas Polisi Daerah (Ditlantas Polda) DIY kendaraan yang mendominasi yaitu kendaraan roda dua dan roda empat. Kendaraan roda dua mencapai 1,9 juta dan jumlah tersebut tumbuh sebesar 7,9% per tahunnya.

Melihat angka tersebut akan menyebabkan banyaknya kebutuhan pelayanan perawatan sepeda motor bagi para penggunanya. Perawatan sepeda motor secara berkala sangat penting dilakukan. Beberapa manfaat yang akan diperoleh jika melakukan perawatan sepeda motor secara berkala yaitu kondisi kendaraan akan selalu dalam performa maksimal, berkendara menjadi lebih nyaman dan aman, mengurangi besar biaya perbaikan jika tidak dilakukan berkala, mengurangi resiko kendaraan rusak, memperpanjang umur kendaraan, dan masih banyak lagi (Otomotifinfo.com, 2017).

Berdasarkan artikel Dona Afriadi dalam *blog* pribadinya, *service center* sepeda motor Honda di Yogyakarta berlokasi di HSO Jombor (Afriadi, 2014). Pelanggan *service* akan menuju ke area pendaftaran *service* atau disebut *service advisor* (SA) untuk mengambil nomor antrian dan mendaftarkan sepeda motornya untuk di *service*. Selanjutnya dari SA akan memberikan data keluhan dari sepeda motor kepada mekanik untuk diperbaiki sementara pelanggan menunggu di ruang tunggu yang telah disediakan. Setelah mekanik selesai memperbaiki sepeda motor, maka mekanik akan menyerahkan data keluhan sepeda motor dan bukti selesai *service* ke petugas *front desk* agar diterbitkan Perintah Kerja Bengkel (PKB). Setelah PKB terbit, maka proses *service* akan dilakukan oleh mekanik hingga proses *final checking* atau *final inspection*. Ketika proses *service* selesai, maka petugas *front desk* akan menyerahkan PKB bagian kasir, dan dari kasir akan memanggil pelanggan yang telah selesai di *service* sepeda motornya untuk melakukan pembayaran.

Jika dilihat dari proses *service* yang ada di HSO Jombor, tentunya akan menimbulkan suatu antrian. Antrian merupakan orang-orang atau barang dalam sebuah barisan yang sedang menunggu untuk dilayani (Heizer & Rander, 2006). Proses antrian yang cukup panjang dan lama biasanya terdapat pada pengerjaan *service* pada bagian mekanik mengerjakan *service*. Hal ini disebabkan oleh keluhan dari kerusakan sepeda motor pada setiap pelanggan adalah berbeda-beda sehingga menimbulkan perbedaan lama waktu selesai pengerjaan *service* walaupun pengerjaan *service* dilayani dari pelanggan yang pertama datang. Akibat dari perbedaan lama *service* sepeda motor terkadang membuat beberapa pelanggan tidak nyaman dan memberikan *complain*.

Banyaknya pelanggan yang datang untuk melakukan proses *service* dari hari Senin hingga Sabtu adalah berbeda-beda. Berikut ini adalah data banyaknya pelanggan yang datang untuk melakukan *service* dari hari Senin hingga Sabtu selama dua minggu.

Tabel 1.1 Jumlah Pelanggan *Service* Sepeda Motor

Tanggal	Hari	Jumlah Pelanggan
04 Desember 2017	Senin	82
05 Desember 2017	Selasa	110
06 Desember 2017	Rabu	91
07 Desember 2017	Kamis	133
08 Desember 2017	Jum'at	84
09 Desember 2017	Sabtu	83
11 Desember 2017	Senin	82
12 Desember 2017	Selasa	89
13 Desember 2017	Rabu	99
14 Desember 2017	Kamis	83
15 Desember 2017	Jum'at	95
16 Desember 2017	Sabtu	90

Sumber : Data Service Pelanggan HSO Jombor

Berdasarkan data pelanggan yang datang dari hari Senin hingga hari Sabtu selama 2 minggu di atas, dapat diketahui bahwa jika dilakukan rata-rata pelanggan yang datang, maka pelanggan paling banyak datang ketika hari Kamis. Menggunakan jam pelayanan yang sama yaitu dari pukul 08:00 WIB hingga pukul 16:00 WIB terdapat perbedaan jumlah pelanggan yang datang untuk melakukan *service*. Hal ini akan menyebabkan perbedaan lama waktu mengantri yang dilakukan oleh pelanggan pada masing-masing hari. Waktu efektif yang diperlukan oleh mekanik dalam melakukan *service* adalah satu jam per sepeda motor. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang mengatur suatu antrian yang terjadi di HSO Jombor itu sendiri.

Untuk mempertahankan kenyamanan pelanggan yang melakukan *service*, sesuai dengan *BEST value* yang diterapkan di HSO Jombor, maka diperlukan sistem antrian yang efektif dan efisien serta jumlah *server* yang optimal. Pada HSO Jombor disediakan 16 PIT *service* pada hari Senin-Sabtu. Penerimaan *service* dilayani dari pukul 08:00-16:00 WIB. Penggunaan PIT *service* pada hari Senin-Sabtu berbeda-beda tergantung pada jumlah mekanik yang datang. Selain itu, pada

hari Sabtu jumlah mekanik yang datang lebih sedikit dari pada hari Senin-Jum'at yaitu 10-14 mekanik untuk *service* pagi yaitu dari jam 08:00-13:00 WIB dan 4 mekanik untuk *service* siang yaitu dari jam 13:00-16:00 WIB. Hal ini menyebabkan perbedaan pelayanan *service* yang diberikan oleh mekanik pada masing-masing harinya. Sedangkan dalam melakukan *service*, setiap mekanik optimalnya membutuhkan waktu selama satu jam per sepeda motor. Artinya, waktu *service* yang memenuhi syarat atau waktu *service* yang seharusnya dilakukan adalah selama satu jam atau kurang dari satu jam per sepeda motor.

Hal ini menarik untuk diteliti untuk mengetahui panjang antrian dan waktu efektif dalam pelayanan *service* serta banyak *server* atau mekanik yang optimal dalam melayani *service* dengan menggunakan simulasi model antrian. Teori antrian merupakan salah satu cabang metode statistika yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Teori antrian ini nantinya akan digunakan untuk menentukan karakteristik, model, dan ukuran-ukuran kinerja sistem antrian *service* sepeda motor di HSO Jombor, yaitu rata-rata sepeda motor dalam antrian, rata-rata sepeda motor dalam sistem, rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam antrian, dan rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam sistem. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap sistem antrian *service* sepeda motor yang terdapat di HSO Jombor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari masalah diatas, rumusan masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana gambaran alur *service* sepeda motor di HSO Jombor?
- b. Bagaimana model antrian *service* sepeda motor di HSO Jombor?
- c. Bagaimana kinerja sistem antrian yang terjadi pada *service* sepeda motor di HSO Jombor menggunakan simulasi model antrian dan berapakah jumlah *server* yang dibutuhkan agar pelayanan menjadi optimal?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ini digunakan agar penelitian yang dilakukan tidak terlalu melebar. Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Penelitian ini hanya difokuskan pada lingkungan kerja PIT *service* sepeda motor di HSO Jombor pada tanggal 11-16 Desember 2017.
- b. Kedatangan yang dimaksud pada proses antrian *service* yaitu ketika sepeda motor masuk pada PIT *service* dan *service* dikatakan selesai ketika pengerjaan *service* sepeda motor oleh mekanik selesai dilakukan yang selanjutnya disebut dengan keberangkatan selama jam kerja yaitu pukul 08:00-16:00 WIB.
- c. Data yang digunakan diperoleh dari data proses *service* sepeda motor di HSO Jombor.
- d. Disiplin antrian yang digunakan yaitu *multi channel-single phase* dan model antrian yang digunakan yaitu *first come first serve* (FCFS).
- e. Analisis menggunakan teori antrian akan digunakan ketika proses *service* dalam keadaan *steady state*, jika tidak maka analisis menggunakan simulasi model antrian.
- f. Jenis *service* diasumsikan sama tanpa memperhatikan berat atau ringannya *service*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui gambaran alur *service* sepeda motor di HSO Jombor.
- b. Mengetahui model antrian *service* sepeda motor di HSO Jombor.
- c. Mengetahui dan mengevaluasi kinerja mekanik dari sistem antrian pada PIT *service* sepeda motor di HSO Jombor dan mengetahui jumlah *server* yang optimal dalam melayani *service* dengan menggunakan simulasi model antrian.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Dengan diketahui alur *service* sepeda motor di HSO Jombor, maka akan memudahkan bagi pelanggan yang akan melakukan *service* agar paham tahap-tahap yang harus di lalui dan hal-hal apa saja yang harus dilakukan oleh pelanggan ketika akan melakukan *service* sepeda motor di HSO Jombor.

- b. Model antrian yang dihasilkan nantinya akan dijadikan acuan sebagai pengukuran kinerja dari sistem antrian pada *PIT service* sepeda motor di HSO Jombor.
- c. Memberikan acuan kepada perusahaan agar lebih mempertimbangkan lagi jumlah *server* atau mekanik yang optimum agar keinginan pelanggan terpenuhi untuk proses *service* yang cepat serta kebutuhan perusahaan akan mekanik yang optimum pun juga terpenuhi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu sangat penting bagi penulis dalam melakukan penelitian ini untuk mengetahui keterkaitan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan untuk menghindari tindak duplikasi. Tujuan dari tinjauan pustaka ini adalah untuk menunjukkan penelitian yang dilakukan oleh penulis memiliki kontribusi penelitian terhadap ilmu pengetahuan. Berikut ini beberapa tinjauan pustaka mengenai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan data dan metode yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Model Antrian pada Service Sepeda Motor

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Elya Ulfah (2010) tentang “Analisis Efisiensi Jasa Antrian Servis Motor di PT Sunmotor Indesetra Trada Semarang”. Metode pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi. Metode analisis dalam penelitian ini menggunakan metode antrian jalur ganda dengan model antrian M/M/S. Jenis data yang digunakan yaitu data kuantitatif dan kualitatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat tingkat ke efektifan dan keefisienan dalam pelayanan servis motor.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Novan Ardhianto (2013) mengenai “Evaluasi Sistem Antrian pada Bengkel Motor Yamaha Anugerah Jaya di Yogyakarta”. Metode pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi langsung di Bengkel Motor Yamaha Anugerah Jaya. Metode analisis yang digunakan yaitu menggunakan metode antrian jalur berganda dan model antrian M/M/S. Jenis data yang digunakan yaitu data kuantitatif dan data kualitatif. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu keefektifan dan keefesienan sistem antrian dari pihak bengkel dan dapat memenuhi harapan pelanggan. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu perlunya dilakukan penambahan jumlah fasilitas pelayanan supaya lebih efektif dalam segi pelayanan.

Dalam skripsi Satya Al Qadar Santoso (2015), peneliti melakukan penelitian mengenai “Analisis Penerapan Teori Antrian pada Sistem Servis Motor di *Dealer* Suzuki Kencana Sakti Motor Kroya”. Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang dilakukan adalah menggunakan metode wawancara dan observasi langsung mengenai jumlah kedatangan pelanggan yang akan mengantri melakukan servis motor. Metode analisis sistem antrian yang digunakan yaitu menggunakan model antrian dengan jalur ganda, yaitu banyak pelayan yang melayani servis sebanyak lima orang dan model antrian M/M/S. Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif. Kesimpulan dari penelitian ini adalah struktur antrian dalam *dealer* Suzuki Kencana Sakti Motor yaitu *multi channel-single phase* dan disiplin antrian FCFS, serta kinerja dari pelayanan pada *dealer* tersebut kurang optimal sehingga menimbulkan adanya waktu menganggur pada mekanik.

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Zaky dkk (2017) mengenai “Penerapan Model Simulasi Antrian *Multi Channel-Single Phase* pada Antrian di Bengkel Meteor”. Penelitian ini dilakukan karena meningkatnya kendaraan bermotor dan hal ini berdampak pada penyedia jasa perbengkelan sehingga menimbulkan terjadinya antrian yang cukup panjang yang dapat menimbulkan ketidak nyamanan pada pelanggan. Studi kasus yang diambil yaitu antrian di Bengkel Meteor dengan model antrian yang digunakan adalah *multi channel-single phase*. Metode pengambilan data pada penelitian ini yaitu secara langsung atau data primer dengan menghitung berapa kendaraan yang masuk ke bengkel, berapa kendaraan yang sudah diperbaiki, berapa kendaraan yang menunggu di antrian, dan berapa waktu yang diperlukan untuk memperbaiki. Hasil dari penelitian tersebut adalah waktu tunggu paling lama yang dialami pelanggan adalah 10 menit dan rata-rata waktu untuk *service* sebesar 31,8 menit. Hal ini dianggap bahwa waktu tunggu relatif singkat dan antrian tidak terlalu panjang sehingga pelanggan tidak banyak menghabiskan waktu dalam sistem antrian.

2.2 Model Antrian Berdistribusi Poisson dan Eksponensial

Dalam skripsinya, Agnes Maludfi Putri (2016) melakukan penelitian mengenai “Analisis Teori Antrian *Multi-Channel* dengan Distribusi Eksponensial”. Dalam

penelitian tersebut digunakan pola kedatangan secara acak sehingga waktu pelayanan berdistribusi eksponensial. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa dalam menganalisis sistem antrian beserta komponen di dalamnya yaitu pelanggan, fasilitas pelayanan, dan antrian, sifat kedatangan yang terjadi dalam suatu sistem antrian umumnya bersifat acak sehingga tingkat kedatangan berdistribusi Poisson dan waktu antar kedatangan berdistribusi eksponensial.

Menurut Adhie Pradana Noer Satrio (2017) dalam skripsinya mengenai “Aplikasi Teori Antrian pada Pesawat Udara dengan Metode *Single Channel-Single Phase* dan *Multi Channel-Single Phase* dengan Laju Layanan Heterogen” banyaknya pelayanan yang harus dilayani dan melebihi dari kapasitas menyebabkan terjadinya antrian pada bandara udara termasuk Bandara Internasional Adisutjipto sehingga perlu diketahui model antrian yang cocok untuk menggambarkan sistem antrian pesawat udara yang mendarat dan tinggal landas. Berdasarkan penelitiannya diperoleh model antrian pada apron kecil yaitu apron 3 dan apron 9 adalah $(M/M/1):(FCFS/\infty/\infty)$ dan model antrian pada apron besar yaitu $(M/M/6):(FCFS/\infty/\infty)$. Menggunakan model antrian tersebut diperoleh nilai yang menunjukkan bahwa antrian yang ada sudah cukup efektif dengan laju layanan yang heterogen.

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Purina Pakurnia Artiguna dkk (2014) di mana dalam penelitian ini membahas mengenai “Analisis Sistem Antrian pada Pelayanan Pengurusan Paspor di Kantor Imigrasi Kelas I Semarang”. Dalam pembuatan paspor tentunya terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui dan juga terdapat beberapa loket yang harus dilewati oleh para pemohon pembuat paspor. Pada Kantor Imigrasi Kelas I Semarang terdapat beberapa loket yang harus dilewati yaitu loket *customer service*, loket penyerahan berkas, loket penyerahan bukti pembayaran, loket foto, loket wawancara, dan loket pengambilan paspor. Berdasarkan penelitian ini, model antrian pada loket *customer service* adalah $(M/M/2):(GD/\infty/\infty)$, loket penyerahan berkas adalah $(G/G/1):(GD/\infty/\infty)$, loket penyerahan bukti pembayaran adalah $(G/G/1):(GD/\infty/\infty)$, loket foto adalah $(G/G/2):(GD/\infty/\infty)$, loket wawancara adalah $(G/G/2):(GD/\infty/\infty)$, dan loket

pengambilan paspor adalah $(M/M/2):(GD/\infty/\infty)$. Berdasarkan analisis dapat disimpulkan bahwa sistem pelayanan pengurusan paspor di Kantor Imigrasi Kelas I Semarang secara keseluruhan sudah mencapai kondisi yang seimbang. Hal ini dilihat dari laju kedatangan pemohon yang tidak melebihi dari laju pelayanan yang diberikan.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan rujukan dari penelitian terdahulu di atas, dapat diperoleh informasi dari penelitian terdahulu dengan yang akan dilakukan peneliti yaitu:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Peneliti & Tahun	Keterangan
1	Analisis Efisiensi Jasa Antrian Servis Motor di PT Sunmotor Indesetra Trada Semarang	Elya Ulfah, 2010	Penelitian ini menggunakan metode antrian jalur ganda dan model antrian M/M/S. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui keefektifan dan keefisienan dari pelayanan servis motor di PT Sunmotor Indesetra Trada Semarang.
2	Evaluasi Sistem Antrian pada Bengkel Motor Yamaha Anugerah Jaya di Yogyakarta	Novan Ardianto, 2013	Pada penelitian ini digunakan metode antrian jalur berganda dan model antrian M/M/S. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu keefektifan dan keefisienan sistem antrian dari pihak bengkel sehingga dapat memenuhi harapan pelanggan di Bengkel Motor Yamaha Anugerah Jaya.
3	Analisis Sistem Antrian pada Pelayanan Pengurusan Paspor di Kantor Imigrasi Kelas I Semarang	Purina Pakurnia Artiguna; Sugito; dan Abdul Hoyyi, 2014	Penelitian ini meneliti tentang sistem antrian dalam pembuatan paspor di Kantor Imigrasi Kelas I Semarang. Dalam pembuatan paspor terdapat beberapa tahapan yang terdiri dari beberapa loket, sehingga memungkinkan berbedanya model antrian yang terbentuk dari tiap-tiap loketnya. Berdasarkan model antrian yang terbentuk, diperoleh kesimpulan bahwa pelayanan yang dilakukan pada masing-masing loket masih relevan dilihat dari laju kedatangan pemohon tidak melebihi laju pelayanan yang ada.
4	Analisis Penerapan Teori Antrian pada Sistem Servis Motor di Dealer Suzuki Kencana Sakti Motor Kroya	Satya Al Qadar Santoso, 2015	Pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai sistem antrian pada <i>dealer</i> Suzuki Kencana Sakti Motor Kroya dengan struktur antrian <i>multi channel-single phase</i> , disiplin antrian FCFS, serta model antrian yang terbentuk yaitu M/M/S.

No.	Judul	Peneliti & Tahun	Keterangan
5	Analisis Teori Antrian <i>Multi-Channel</i> dengan Distribusi Ekspensial	Agnes Maludfi Putri, 2016	Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat teoritis mengenai penggunaan teori antrian dari model antrian <i>multi channel</i> dan menggunakan distribusi Ekspensial.
6	Penerapan Model Simulasi Antrian <i>Multi Channel-Single Phase</i> pada Antrian di Bengkel Meteor	Ahmad Zaky; Amirul Mu'minin; Mansur Aziz; Acmad Nur Rofiq; dan Buchori Amin, 2017	Pada penelitian ini dibahas tentang panjangnya antrian servis motor di Bengkel Meteor di mana data yang digunakan yaitu data primer. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu waktu tunggu pelanggan untuk antri servis paling lama yaitu 10 menit dan rata-rata waktu yang digunakan untuk servis sebesar 31,8 menit.
7	Aplikasi Teori Antrian pada Pesawat Udara dengan Metode <i>Single Channel-Single Phase</i> dan <i>Multi Channel-Single Phase</i> dengan Laju Layanan Heterogen	Adhie Pradana Noer Satrio, 2017	Pada penelitian ini dibahas tentang sistem antrian pada pelayanan penerbangan di Bandara Internasional Adisutjipto yang masih aktif yaitu di apron besar dan apron kecil. Pada penelitian ini digunakan dua model antrian yaitu $(M/M/1):(FCFS/\infty/\infty)$ dan $(M/M/6):(FCFS/\infty/\infty)$.

Berdasarkan **Tabel 2.1** di atas, penelitian yang dibuat oleh penulis yaitu mengenai analisis sistem antrian pada PIT *service* sepeda motor di HSO Jombor. Data yang digunakan adalah data sekunder pelayanan *service* sepeda motor dari hari Senin sampai Sabtu pada PIT *service* di HSO Jombor. Struktur antrian yang dipakai adalah *multi channel-single phase* dengan disiplin antrian yang digunakan adalah *first come first serve* (FCFS). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui model antrian dari masing-masing hari pelayanan *service* dan mengetahui laju kedatangan dan pelayanan yang ada.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proses Service Sepeda Motor di HSO Jombor

Proses *service* sepeda motor di HSO Jombor mengikuti prosedur *service* yang telah di tentukan oleh PT Astra Honda Motor (AHM). Hal ini dilakukan sebagai bentuk sistem penjaminan kualitas di PT AHM. Prosedur *service* yang dijalankan harus memenuhi standar jalur pelayanan *service* unit motor konsumen untuk memastikan bahwa unit sepeda motor honda (SMH) konsumen sudah memenuhi tahap sebagai jaminan kualitas hasil *service* terhadap unit produk sampai pada aturan-aturan *final inspection*.

Beberapa aturan dan ketentuan yang dilakukan yaitu sebagai berikut (PT Astra Honda Motor):

1. Penerimaan unit motor
 - a. Untuk kelengkapan data unit motor *service*, unit harus didata secara lengkap sesuai ketentuan dalam *form Service Advisor* (SA) seperti nama pembawa, nomor urut, tanggal pendaftaran *service*, nomor polisi, dan penunjuk kilometer (KM).
 - b. Proses diagnose awal dilakukan oleh SA melalui wawancara kepada konsumen dan pengecekan terhadap unit motor.
 - c. Sebelum menerbitkan Perintah Kerja Bengkel (PKB), SA wajib menginformasikan kepada konsumen terkait waktu selesai, perkiraan total biaya. SA juga meminta tanda tangan terhadap konsumen sebagai tanda persetujuan *service*.
2. *Service*
 - a. Mekanik melakukan *service* motor sesuai dengan petunjuk dalam Buku Pedoman Reparasi (BPR) dan PKB yang telah diterbitkan oleh petugas *front desk*.

- b. Apabila terdapat penggantian suku cadang, petugas *part counter* dan mekanik wajib melakukan pengecekan kesesuaian suku cadang dengan tipe unit motor.
 - c. Jika dirasa perlu adanya pekerjaan tambahan, mekanik wajib menginfokan kepada konsumen melalui SA.
 - d. Setiap unit motor yang dinyatakan selesai *service* oleh mekanik harus melalui tahapan *final inspection*.
3. Penyerahan unit motor
- a. Mekanik *final inspection* memastikan adanya pemasangan stiker *reminde* pada unit motor sesuai dalam aturan pemasangan stiker *reminder*.
 - b. Dalam serah terima unit setelah pekerjaan *service*, SA wajib menjelaskan pekerjaan *service* dan garansi *service* terhadap unit kepada konsumen.

3.2 Pelayanan

Pelayanan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah sebagai suatu usaha untuk membantu menyiapkan atau mengurus apa yang diperlukan orang lain. Menurut Groonros (1990) dalam Ratminto dan Winarsih (2005) pelayanan adalah suatu aktivitas atau serangkaian aktivitas yang bersifat tidak kasat mata (tidak dapat diraba) yang terjadi sebagai akibat adanya interaksi antara konsumen dengan karyawan atau hal-hal lain yang di sediakan oleh perusahaan pemberi pelayanan yang dimaksudkan untuk memecahkan permasalahan konsumen atau pelanggan. Sedangkan menurut Supranto (2006) mengatakan bahwa pelayanan atau jasa merupakan suatu kinerja penampilan, tidak terwujud dan cepat hilang, lebih dapat dirasakan dari pada dimiliki, serta pelanggan lebih dapat berpartisipasi aktif dalam proses mengonsumsi jasa tersebut. Berdasarkan beberapa pendapat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pelayanan adalah suatu kegiatan yang dilakukan oleh seseorang atau beberapa orang untuk memenuhi kebutuhan orang lain.

3.3 Distribusi Peluang

Menurut Walpole dan Myers (1995), menyatakan bahwa jika X adalah peubah acak diskrit, maka $p(x) = P(X = x)$ untuk setiap x dalam *range* X

dinamakan fungsi peluang dari X . Nilai fungsi peluang dari X yaitu $p(x)$ harus memenuhi sifat-sifat sebagai berikut:

- a. $p(x) \geq 0$ untuk $x \in (-\infty, \infty)$
- b. $\sum_x p(x) = 1$

Kumpulan pasangan yang diurutkan $\{x, p(x)\}$ dinamakan distribusi peluang dari X . Bentuk umum dari fungsi peluang ada dua kemungkinan, yaitu dalam bentuk konstanta dan dalam bentuk fungsi dari nilai suatu peubah acak.

Misal X merupakan peubah acak kontinu yang didefinisikan dalam himpunan bilangan riil. Suatu fungsi disebut fungsi densitas dari X , apabila nilai-nilai dari $f(x)$ memenuhi sifat-sifat sebagai berikut:

- d. $f(x) \geq 0$ untuk $x \in (-\infty, \infty)$
- e. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$
- f. Untuk setiap a dan b , dengan $-\infty < a < b < \infty$, maka

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x)dx$$

3.3.1 Distribusi Poisson

Menurut Damyati dan Tarliyah dalam Putra (2017) Suatu percobaan yang menghasilkan jumlah sukses yang terjadi pada interval waktu ataupun daerah yang spesifik dikenal dengan percobaan Poisson. Interval waktu tersebut dapat berupa menit, hari, minggu, bulan, maupun tahun, sedangkan untuk daerah spesifiknya dapat berupa garis, luas, sisi, maupun material (Damyati & Tarliyah, 1999).

Bain dan Engelhardt (1992) dalam bukunya menyatakan bahwa peubah acak diskrit X dikatakan berdistribusi Poisson dengan parameter $\lambda > 0$ jika memiliki fungsi densitas peluang sebagai berikut:

$$f(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \text{ dengan } x = 1, 2, 3, \dots \quad (3.1)$$

dengan λ menyatakan rata-rata banyaknya sukses yang terjadi per satuan waktu atau pada daerah tertentu.

Menurut Walpole dan Myers (1995) menyatakan bahwa rata-rata dan variansi distribusi Poisson $f(x; \lambda)$ adalah sama dengan λ untuk keduanya.

$$E(X) = \sum_{x=0}^{\infty} x \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \sum_{x=1}^{\infty} x \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \lambda \sum_{x=0}^{\infty} x \frac{e^{-\lambda} \lambda^{x-1}}{(x-1)!} \quad (3.2)$$

Jika dimisalkan $y = x - 1$ sehingga diperoleh

$$E(X) = \lambda \sum_{y=0}^{\infty} x \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!} = \lambda \quad (3.3)$$

karena

$$\sum_{y=0}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!} = \sum_{y=0}^{\infty} p(y; \lambda) = 1 \quad (3.4)$$

Variansi distribusi Poisson di peroleh dengan mula-mula mencari

$$\begin{aligned} E[X(X-1)] &= \sum_{x=0}^{\infty} x(x-1) \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \\ &= \sum_{x=2}^{\infty} x(x-1) \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \\ &= \lambda^2 \sum_{x=2}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^{x-2}}{(x-2)!} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Kemudian masukkan $y = x - 2$, maka diperoleh

$$E[X(X-1)] = \lambda^2 \sum_{x=2}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!} = \lambda^2 \quad (3.6)$$

jadi

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= E(X^2) - (E(X))^2 = E[X(X-1)] + E(X) - (E(X))^2 \\ &= \lambda^2 + \lambda - \lambda^2 = \lambda \end{aligned} \quad (3.7)$$

3.3.2 Distribusi Eksponensial

Menurut Djauhari (1997) dalam Putra (2017), distribusi eksponensial digunakan untuk menggambarkan distribusi waktu pada fasilitas jasa, di mana waktu pelayanan tersebut diasumsikan bersifat bebas. Maksudnya adalah waktu untuk melayani pendatang tidak bergantung pada lama waktu yang telah dihabiskan untuk melayani pendatang sebelumnya dan tidak bergantung pada jumlah pendatang yang menunggu untuk dilayani.

Bain dan Engelhardt (1992) menyatakan bahwa peubah acak kontinu X dikatakan berdistribusi eksponensial dengan $\theta > 0$ jika memiliki fungsi densitas peluang sebagai berikut :

$$f(x; \theta) = \begin{cases} \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}}, & x > 0 \\ 0, & \text{untuk } x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (3.8)$$

Untuk mencari rata-rata distribusi Eksponensial maka didapatkan

$$\mu = E(X) = \int_0^{\infty} x \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} dx \quad (3.9)$$

misalkan $y = \frac{x}{\theta}$ maka $dy = \frac{1}{\theta} dx$ atau $dx = \theta dy$

$$E(X) = \int_0^{\infty} y e^{-y} \theta dy = \theta \int_0^{\infty} y e^{-y} dy \quad (3.10)$$

dengan menggunakan integral parsial dimisalkan $u = y$ dan $dv = e^{-y} dy$ didapatkan

$$E(x) = \theta [-ye^{-y}|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} e^{-y} dy] = \theta [0 + (e^{-y}|_0^{\infty})] = \theta \quad (3.11)$$

Langkah selanjutnya untuk mendapatkan nilai variansi maka diperlukan nilai haran X^2 berikut

$$E(X^2) = \int_0^{\infty} x^2 \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} dx = \theta \int_0^{\infty} \frac{x^2}{\theta^2} e^{-\frac{x}{\theta}} dx \quad (3.12)$$

misalkan $y = \frac{x}{\theta}$ maka $dy = \frac{1}{\theta} dx$ atau $dx = \theta dy$

$$E(X^2) = \int_0^{\infty} y^2 e^{-y} \theta dy = \theta^2 \int_0^{\infty} y^2 e^{-y} dy \quad (3.13)$$

dengan menggunakan integral parsial sebanyak dua kali, dimisalkan $u = y^2$ dan $dv = e^{-y} dy$ didapatkan

$$\begin{aligned} E(X^2) &= \theta^2 \left[-ye^{-y}|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} -2ye^{-y} dy \right] \\ &= \theta^2 [0 + \int_0^{\infty} -2ye^{-y} dy] \\ &= \theta^2 [\int_0^{\infty} -2ye^{-y} dy] \end{aligned} \quad (3.14)$$

kemudian dengan integral parsial dimisalkan $u = -2y$ dan $dv = e^{-y} dy$ diperoleh

$$\begin{aligned} E(X^2) &= \theta^2 \left[-2ye^{-y}|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} 2e^{-y} dy \right] = 2\theta^2 \left[ye^{-y}|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} e^{-y} dy \right] \\ &= 2\theta^2 [0 + e^{-y}|_0^{\infty}] = 2\theta^2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

sehingga diperoleh nilai variansinya adalah

$$\sigma^2 = E(X^2) - (E(X))^2 = 2\theta^2 - \theta^2 = \theta^2 \quad (3.16)$$

3.4 Pengujian Distribusi Data

Tahapan pengujian data digunakan untuk mengetahui bentuk fungsi dari suatu populasi (Harisanti, 2009). Pengujian distribusi data dapat dilakukan dengan

beberapa cara, salah satunya yaitu menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Pada uji tersebut berlaku hipotesis sebagai berikut:

H_0 : data mengikuti distribusi tertentu

H_1 : data tidak mengikuti distribusi tertentu

Pada setiap uji distribusi data akan dihitung nilai *p-value* sebagai nilai kritis untuk menolak hipotesis nol (H_0) yang pada hakikatnya adalah benar. *P-value* dihitung berdasarkan nilai peluang yang berlandaskan pada uji statistik yang digunakan sebagai indikator dalam pengambilan keputusan. Jika nilai *p-value* $< \alpha$, maka H_0 ditolak dengan risiko kesalahan sebesar *p-value* tersebut. Semakin kecil nilai *p-value*, maka semakin kecil peluang untuk membuat kesalahan dengan menolak H_0 . Nilai α yang sering digunakan sebesar 0; 0,01; 0,05; dan 0,1 tergantung dari tingkat kekritisian dari penelitian tersebut (Satrio, 2017).

Besarnya kesalahan yang masih ditolelir sangat tergantung dari tingkat kekritisian penelitian dan kepentingan penggunaan hasil penelitian tersebut. Jika *p-value* memiliki nilai kecil, maka hal tersebut menunjukkan konsistensi atau derajat yang relatif kecil antara data dan H_0 dan akan relatif besar dari H_1 yang artinya data mendukung hipotesis alternatif. Oleh karena itu, semakin kecil *p-value* dibandingkan dengan nilai α tertentu, maka besar peluang risiko salah untuk menolak H_0 secara nilai juga akan semakin kecil.

Uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat digunakan untuk menaksir kesesuaian (*fit curve*) dari suatu sebaran data serta dapat memberikan informasi mengenai adanya ketidaksesuaian model (*lack of fit*) jika *p-value* $< 0,05$. Selain itu, uji *Kolmogorov-Smirnov* memberikan pendekatan nilai di mana nilai maksimumnya yaitu 1,00 dan nilai minimumnya 0,00. *P-value* hanya digunakan sebagai pendekatan saja. Uji ini tidak dapat menunjukkan spesifikasi *p-value* sebenarnya dari sebaran empiris yang diamati. Jika data yang diuji berasal dari distribusi normal, maka titik-titik distribusi datanya akan membentuk atau mendekati sebuah garis lurus dengan koefisien korelasi yang bernilai sangat besar. Jika data yang diuji berasal dari distribusi lain, maka pola antar data dengan peluang setiap pengamatan tersebut akan menunjukkan suatu bentuk kurva dengan nilai koefisien korelasi yang tidak terlalu besar. Oleh karena itu, dari perhitungan ini H_0 akan ditolak pada taraf α tertentu,

jika koefisien korelasi $> critical\ value$ disamping pengambilan keputusan melalui pendekatan $p-value$.

Adapun langkah-langkah dalam pengujian distribusi data menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* pada kasus distribusi Poisson adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan hipotesis

H_0 : data mengikuti distribusi tertentu

H_1 : data tidak mengikuti distribusi tertentu

- b. Menentukan taraf signifikansi

Disini akan digunakan taraf signifikansi $\alpha=5\%$

- c. Statistik uji

$$D = \sup |S(x) - F_0(x)| \quad (3.17)$$

dengan :

$S(x)$: distribusi kumulatif data sampel

$F_0(x)$: distribusi kumulatif dari distribusi yang di hipotesiskan

- d. Kriteria uji

Tolak H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ jika nilai $D > \text{nilai } D_\alpha$. Nilai D_α adalah nilai kritis yang diperoleh dari tabel *Kolmogorov-Smirnov*.

3.5 Proses Stokastik

Kata stokastik (*stochastics*) merupakan jargon untuk keacakan. Jika terdapat kejadian yang lalu keadaan yang akan datang suatu barisan kejadian dapat diramalkan secara pasti, maka barisan kejadian tersebut dinamakan deterministik. Sedangkan jika terdapat kejadian yang lalu hanya dapat menyajikan struktur peluang keadaan yang akan datang, maka barisan kejadian tersebut dinamakan stokastik.

Proses stokastik merupakan proses yang mengandung suatu unsur ketidakpastian atau sistem yang dijalankan pada suatu lingkungan yang tidak dapat diduga, di mana model deterministik tidak lagi cocok untuk dipakai dalam menganalisis sistem. Analisis rantai markov adalah suatu metode yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada masa sekarang didasarkan pada sifat-sifat masa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel tersebut di masa yang akan datang. Pada

analisis markov yang dihasilkan yaitu suatu informasi peluang yang dapat digunakan untuk membantu pembuatan keputusan. Analisis markov merupakan bentuk khusus dari model peluang yang lebih umum dikenal dengan proses stokastik (Sitindaon, 2010).

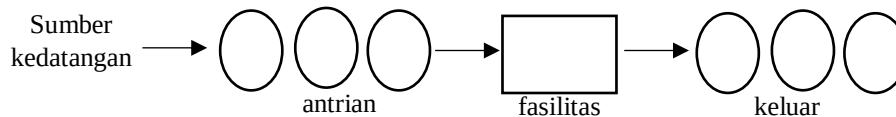
Rantai markov waktu kontinu adalah proses stokastik yang bergerak dari suatu keadaan ke keadaan lain sesuai dengan *discrete-time* rantai markov, tetapi banyaknya waktu yang dihabiskan pada setiap keadaan belum melanjutkan ke keadaan berikutnya berdistribusi eksponensial. Selain itu, banyaknya waktu proses yang dihabiskan di keadaan i , dan keadaan berikutnya yang dikunjungi harus independen terhadap variabel acak.

3.6 Teori Antrian

Teori antrian muncul pada tahun 1909 dan diciptakan oleh ahli matematika dan insinyur berkebangsaan Denmark yang bernama A.K Erlang. Sistem antrian dapat dideskripsikan sebagai kedatangan pelanggan untuk suatu pelayanan, menunggu untuk mendapatkan pelayanan, dan meninggalkan sistem setelah mendapat pelayanan. Menurut Siagian (1987), antrian adalah suatu garis tunggu dari nasabah (pelanggan) yang memerlukan layanan dari suatu atau lebih pelayanan (fasilitas layanan). Kejadian garis tunggu timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga nasabah (pelanggan) yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan pelayanan.

Komponen dasar suatu antrian yang perlu diperhatikan dalam sistem antrian yaitu kedatangan, pelayanan, dan antrian. Kedatangan dapat dikatakan sebagai proses *input*. Proses *input* terdiri dari sumber kedatangan (Siagian, 1987) atau *calling population* dan cara terjadinya kedatangan atau pola kedatangan di mana biasanya terjadi proses *random*. Pola kedatangan pelanggan dapat dilihat dari waktu antar kedatangan dua pelanggan yang berurutan (*interarrival time*). Pola kedatangan pelanggan dalam antrian dapat bersifat deterministik (pasti) ataupun stokastik (acak). Pola kedatangan bersifat deterministik apabila pola kedatangan tetap/tidak berubah dan dapat ditentukan *interarrival time* serta menghasilkan

panjang antrian yang tetap pula. Pelayanan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Inti dari suatu proses antrian yaitu terdapat pada terjadinya antri itu sendiri. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan (Dwijanto, 2008). Komponen dasar pada suatu antrian dapat dilihat pada **Gambar 3.1** dibawah ini.



Gambar 3.1 Komponen Proses Antrian

Hubungan antara pola kedatangan terhadap waktu ada dua yaitu *stationary* dan *nonstationary*. *Stationary* merupakan distribusi kedatangan yang tidak bergantung pada waktu (*time-independent*). *Nonstationary* merupakan distribusi kedatangan yang bergantung pada waktu (*time-dependent*) (Gross & Harris, 1998).

Proses kedatangan suatu pelanggan dalam suatu sistem pelayanan memiliki beberapa karakteristik, yaitu:

1. Ukuran sumber kedatangan

Ukuran kedatangan pelanggan bisa berasal dari populasi yang terbatas atau dari populasi yang tidak terbatas. Pada populasi terbatas, jumlah kedatangan pelanggan yang masuk dalam sistem dapat diketahui karena menyesuaikan kapasitas pelayanan yang ada. Sedangkan pada populasi tidak terbatas, jumlah kedatangan pelanggan yang masuk dalam sistem tidak dapat diketahui secara pasti (Heizer & Rander, 2006)

2. Pola kedatangan

Pola kedatangan merupakan salah satu karakteristik dari sumber *input* yang mendatangkan sebuah pelanggan. Pola kedatangan menggambarkan bagaimana distribusi pelanggan memasuki sistem antrian. Distribusi kedatangan dibagi menjadi dua yaitu *constant arrival distribution* dan *arrival pattern random*. *Constant arrival distribution* adalah pelanggan yang datang setiap periode tertentu. *Arrival pattern random* adalah pelanggan yang datang secara acak (Heizer & Rander, 2006).

Selain karakteristik pada kedatangan pelanggan, terdapat juga karakteristik dari pelayanan, yaitu:

1. Desain pelayanan

Pelayanan dapat dilakukan oleh satu atau lebih fasilitas pelayanan di mana masing-masing dapat memiliki satu atau lebih saluran pelayanan yang disebut dengan *server*.

2. Pola pelayanan

Pola pelayanan memiliki keadaan yang sama seperti dengan pola kedatangan, yaitu dapat dalam keadaan konstan maupun acak. Pada waktu pelayanan konstan maka waktu pelayanan yang diberikan yaitu sama. Sedangkan jika waktu pelayanan acak maka waktu pelayanan yang diberikan acak atau tidak sama (Ruswandi, 2006).

3.6.1 Asumsi Teori Antrian

Menurut Mulyono (2007) dalam Satrio (2017), teori antrian dikembangkan dengan membuat sejumlah asumsi mengenai komponen proses antrian. Terdapat beberapa variasi situasi antri diantaranya yaitu:

1. Distribusi Kedatangan

Model antrian adalah model probablistik karena unsur-unsur tertentu proses antrian yang dimasukkan dalam model adalah variabel random. Variabel random sering digambarkan menggunakan distribusi probabilitas. Dalam suatu proses antrian, baik kedatangan maupun pelayanan pada umumnya dinyatakan sebagai variabel random. Asumsi yang biasanya digunakan dalam kaitannya dengan distribusi kedatangan adalah distribusi poisson. Distribusi Poisson memiliki rumus umum probabilitas seperti pada persamaan rumus (3.1).

Distribusi Poisson merupakan distribusi diskrit dengan rata-rata sama dengan variansi. Suatu ciri menarik dari proses poisson adalah jika banyaknya kedatangan per satuan waktu mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata tingkat kedatangan sebesar λ , maka waktu antar kedatangan akan mengikuti distribusi eksponensial dengan rata-rata $\frac{1}{\lambda}$ (Taha, 1996).

2. Distribusi Waktu Pelayanan

Waktu pelayanan dalam proses antrian dapat sesuai dengan salah satu distribusi probabilitas. Asumsi yang biasa digunakan untuk distribusi waktu pelayanan

adalah distribusi eksponensial, sehingga jika waktu pelayanan berdistribusi eksponensial maka tingkat pelayanan mengikuti distribusi poisson (Taha, 1996). Distribusi eksponensial memiliki rumus umum probabilitas yaitu:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \quad (3.18)$$

dimana:

t : waktu pelayanan

$f(t)$: probabilitas yang berhubungan dengan t

μ : rata-rata tingkat pelayanan

3. Faktor Utilisasi

Perhitungan dalam teori antrian berdasarkan syarat bahwa sistem berada dalam kondisi tetap (*steady state*). Hal ini manjadikan harus diperhatikannya nilai rata-rata pelayanan lebih besar dari nilai rata-rata kedatangan. Perhitungan untuk mencari nilai ukuran *steady state* adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}, \text{ maka } \frac{\lambda}{c\mu} < 1$$

dimana:

λ : rata-rata kedatangan

μ : rata-rata pelayanan

c : banyak fasilitas pelayanan dalam sistem

3.6.2 Disiplin Antrian

Bentuk-bentuk disiplin antrian bermacam-macam. Menurut Kakiay (2004) dalam Farkhan (2013) disiplin antrian adalah aturan di mana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (*service discipline*) yang memuat urutan (*order*) para pelanggan menerima layanan. Disiplin antrin adalah konsep yang membahas mengenai kebijakan di mana para pelanggan dipilih dari antrian untuk dilayani berdasarkan urutan kedatangan pelanggan. Terdapat empat bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan yaitu:

1. *First come first served* (FCFS) atau *first in first out* (FIFO). Aturan pelayanan ini menerapkan pelanggan pertama yang datang maka pelanggan tersebut yang

pertama dilayani. Misal, antri membeli bensin, antri melakukan *service* sepeda motor, antri membeli tiket bioskop, dan lain-lain.

2. *Last come first served* (LCFS) atau *last in first out* (LIFO). Aturan pelayanan ini menerapkan pelanggan yang terakhir datang akan dilayani peratama kali. Misalnya antrian dalam *lift* dan elevator, pelanggan yang terakhir naik *lift* adalah pelanggan yang akan pertama kali keluar dari *lift*.
3. *Service in random order* (SIRO) atau *random selection for service* (RRS). Aturan pelayanan ini menerapkan setiap pelanggan yang datang dan mengantri dalam sistem memiliki kesempatan yang sama untuk dilayani terlebih dahulu. Artinya pada disiplin antrian ini menggunakan pelayanan secara acak. Misalnya adalah antrian dalam arisan karena pelayanan yang dilakukan menggunakan undian di mana setiap orang yang ikut dalam antrian arisan tersebut memiliki kesempatan atau peluang yang sama untuk memenangkan arisan.
4. *Priority service* (PS). Aturan pelayanan ini menerapkan pemberian pelayanan kepada pelanggan yang memiliki prioritas lebih tinggi dibandingkan pelanggan yang memiliki prioritas lebih rendah meskipun pelanggan yang memiliki prioritas lebih tinggi tersebut datang paling akhir di garis tunggu. Misalnya pada antrian pelayanan rumah sakit, di mana rumah sakit akan melayani pasien yang memiliki tingkat penyakit yang lebih serius.

3.6.3 Notasi Kendall

Dalam sistem antrian dibutuhkan sebuah notasi yang merangkum semua karakteristik yang berpengaruh untuk mendeskripsikan suatu model antrian maka dibutuhkan suatu notasi. Notasi baku tersebut pertama kali ditemukan oleh D.G. Kendall oelh karena itu disebut notasi kendall. Notasi kendall memiliki susunan

$$(a/b/c):(d/e/f)$$

dimana:

a : distribusi kedatangan (M, E_k , D, GI)

b : distribusi keberangkatan (M, E_k , D, G)

c : jumlah *server* parallel ($c = 1, 2, \dots, \infty$)

d : disiplin antrian (FCFS, LCFS, SIRO, PS)

e : banyak pelanggan maksimal (terbatas atau tidak terbatas) yang diizinkan dalam sistem (pada antrian dan saat pelayanan)

f : kapasitas dari sumber pemanggilan (terbatas atau tidak terbatas)

Notasi standar untuk mewakili distribusi kedatangan dan keberangkatan (simbol a dan b) adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Simbol-simbol Pengganti Notasi Kendall

M	Markov menyatakan distribusi kedatangan berdistribusi Poisson dan distribusi waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial
D	Deterministik menyatakan waktu antar kedatangan atau waktu pelayanan konstan
E_k	Waktu antar kedatangan atau waktu pelayanan berdistribusi Erlang
GI	Distribusi <i>independent</i> umum dari kedatangan (atau waktu pelayanan)
G	Distribusi umum dari kedatangan dan waktu pelayanan
C	Jumlah server

3.6.4 Ukuran *Steady State*

Tujuan dari menganalisis suatu antrian yaitu mengembangkan ukuran-ukuran kinerja untuk mengevaluasi sistem secara nyata. Asumsi *steady state* terpenuhi jika $\lambda < \mu$ sehingga $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$. Nilai λ merupakan rata-rata kedatangan per satuan waktu tertentu, sedangkan nilai μ merupakan rata-rata pelayanan per satuan waktu tertentu. Faktor utilitas atau ρ merupakan rata-rata kedatangan dibagi dengan rata-rata pelayanan (Taha, 1996).

Berdasarkan informasi tersebut dapat dihitung ukuran-ukuran kinerja antara lain L_q , L_s , W_q , dan W_s . L_q yaitu jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam antrian, L_s yaitu jumlah pelanggan yang diperkirakan dalam sistem, W_q yaitu waktu menunggu yang diperkirakan dalam antrian, dan W_s yaitu waktu menunggu yang diperkirakan dalam sistem (Taha, 1996). Dalam mencari ukuran-ukuran kinerja tersebut dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_q = W_q \lambda_{eff} \quad (3.19)$$

$$L_s = \sum_{n=0}^{\infty} n p_n \quad (3.20)$$

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} \quad (3.21)$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} \quad (3.22)$$

dengan:

n : jumlah pelanggan

p_n : probabilitas *steady state* dari n pelanggan dalam sistem, sebagai fungsi dari λ_n dan μ_n . Secara umum dapat dihitung dengan rumus:

$$p_n = \frac{\lambda_{n-1}\lambda_{n-2}\dots\lambda_0}{\mu_n\mu_{n-1}\dots\mu_1} p_0, n=1,2,\dots$$

λ_{eff} : laju kedatangan rata-rata efektif yang tidak bergantung pada jumlah sistem n . Nilai λ_{eff} dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$\lambda_{eff} = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n p_n \quad (3.23)$$

3.6.5 Struktur Antrian

Berdasarkan sifat proses pelayanannya, antrian dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah saluran atau *channel* (*single* atau *multiple*) dan berdasarkan fase (*single* atau *multiple*) yang akan membentuk struktur antrian yang berbeda. Gabungan dari dua faktor tersebut dapat menimbulkan empat sistem antrian yaitu sebagai berikut:

1. Satu saluran satu fase (*single channel-single phase*)

Sistem antrian ini merupakan sistem antrian yang memiliki satu jalur antrian atau satu *server* dan satu fase pelayanan. *Single channel* menunjukkan bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau hanya memiliki satu fasilitas pelayanan, sedangkan *single phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan. Rumus-rumus yang digunakan yaitu:

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (3.24)$$

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (3.25)$$

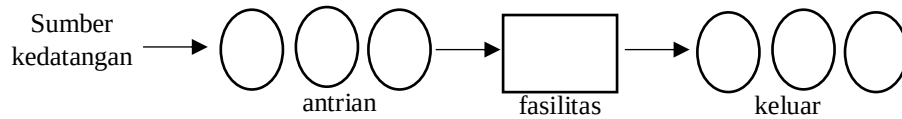
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.26)$$

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.27)$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (3.28)$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (3.29)$$

Sistem *single channel-single phase* dimodelkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Struktur Antrian *Single Channel-Single Phase*

2. Banyak tahap satu fase (*multi channel-single phase*)

Desain pelayanan ini memiliki *server* yang disusun secara paralel yang dialiri dari satu antrian tunggal. Sistem antrian ini terjadi ketika ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Contoh dari sistem antrian ini adalah proses pelayanan menabung di bank yang dilayani oleh lebih dari satu loket pelayanan. Rumus-rumus yang digunakan yaitu:

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \quad (3.30)$$

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.31)$$

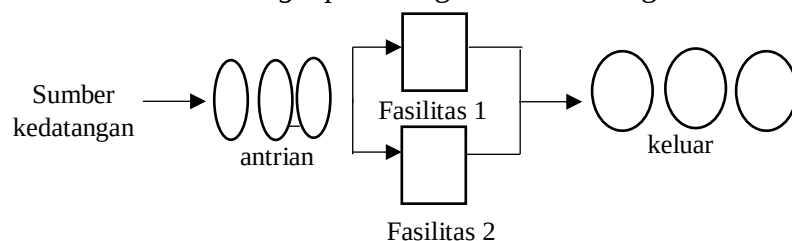
$$L_q = \frac{\lambda\mu\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{(c-1)!(c\mu-\lambda)^2} P_0 \quad (3.32)$$

$$P_w = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \frac{P_0}{c! \left[1 - \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)\right]} \quad (3.33)$$

$$W_q = \frac{P_0}{\mu c(c!) \left[1 - \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)\right]^2} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) c \quad (3.34)$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \left[\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} \right] + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{c! \left(1 - \frac{\lambda}{c\mu}\right)}} \quad (3.35)$$

Sistem *multi channel-single phase* digambarkan sebagai berikut:



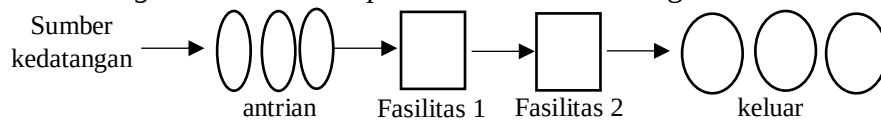
Gambar 3.3 Sistem Antrian *Multi Channel-Single Phase*

3. Satu saluran banyak fase (*single channel-multi phase*)

Sistem antrian ini merupakan tipe atau model antrian yang memiliki satu jalur antrian dan beberapa fase pelayanan yang disusun secara seri. Beberapa fase

pada model antrian ini menunjukkan adanya dua atau lebih pelayanan yang dilakukan secara seri. Desain pelayanan seperti ini biasanya diterapkan pada pelayanan perpanjangan surat ijin mengemudi (SIM) dan pelayanan pembuatan paspor. Pada dua contoh pelayanan tersebut biasanya terdapat beberapa loket yang tersusun secara berurutan yang harus dilewati oleh pelanggan sebelum proses pelayanan tersebut dianggap selesai.

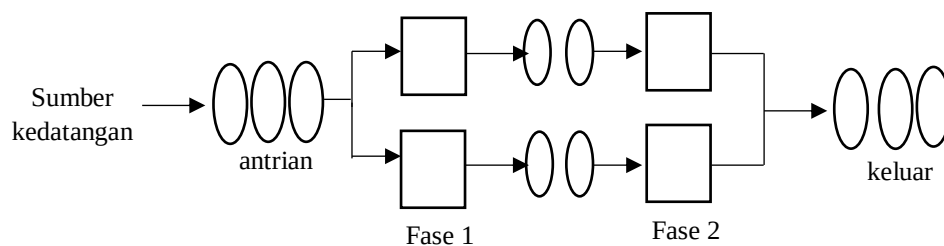
Sistem *single channel-multi phase* dimodelkan sebagai berikut:



Gambar 3.4 Sistem Antrian *Single Channel-Multi Phase*

4. Banyak tahap banyak fase (*multi channel-multi phase*)

Sistem antrian ini memiliki satu antrian tunggal yang melewati beberapa jalur *server* yang tersusun secara parallel dan tiap jalur *server* tersebut terdapat beberapa *server* yang tersusun seri. Sebagai contoh adalah pendaftaran pasien di rumah sakit. Pasien mendaftarkan di rumah sakit menuju loket pendaftaran yang terdiri dari beberapa loket, kemudian pasien melanjutkan dengan menuju klinik yang diinginkan.



Gambar 3.5 Sistem Antrian *Multi Channel-Multi Phase*

keterangan rumus:

Tabel 3.2 Simbol dalam Rumus Teori Antrian

λ	Rata-rata tingkat kedatangan per jam
μ	Rata-rata tingkat pelayanan per jam
L_q	Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam antrian/banyak pelanggan dalam antrian

L_s	Jumlah unit rata-rata yang diharapkan dalam sistem/banyak pelanggan dalam sistem (motor)
W_q	Lama waktu yang dihabiskan satu pelanggan dalam antrian (jam)
W_s	Lama waktu yang dihabiskan satu pelanggan dalam sistem (jam)
ρ	Tingkat intensitas fasilitas keberangkatan
P_0	Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem
C	Jumlah <i>server</i>
P_w	Probabilitas menunggu dalam antrian

3.7 Model Antrian

3.7.1 Model Antrian (M/M/1):(FCFS/ ∞/∞)

Model ini mempunyai pola kedatangan berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial. Dalam situasi ini, kedatangan membentuk satu jalur tunggal untuk dilayani oleh satuan sistem tunggal. Perumusan nilai $L_s(L)$ dalam model antrian M/M/1 diperoleh berdasarkan rantai markov. Jika diasumsikan bahwa laju kedatangan adalah λ dan proporsi waktu dalam keadaan 0 adalah P_0 , maka tingkat dimana proses meninggalkan keadaan 0 adalah λP_0 . Dimana keadaan 0 hanya bisa dicapai dari keadaan 1 melalui sebuah kedatangan. Artinya, jika ada satu pelanggan dalam sistem dan dia melengkapi layanannya, maka sistem menjadi kosong karena tingkat pelayanan μ dan proporsi waktu sistem memiliki tepat satu pelanggan adalah P_1 , maka tingkat proses memasuki keadaan 0 adalah μP_1 . (Ross, 2007) Maka berdasarkan prinsip tersebut didapatkan persamaan:

$$\lambda P_0 = \mu P_1 \quad (3.36)$$

Jika keadaan saat ini dimisalkan sebagai n , maka keadaan selanjutnya adalah $n+1$ dan keadaan sebelumnya adalah $n - 1$ maka berdasarkan persamaan (3.42) diperoleh:

$$(\lambda + \mu) P_n = \lambda P_{n-1} + \mu P_{n+1} \quad (3.37)$$

Dari persamaan 3.42 dan 3.43 maka diperoleh:

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0$$

$$\begin{aligned}
P_2 &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 P_0 \\
&\vdots \\
P_n &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0
\end{aligned} \tag{3.38}$$

Jika $\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$, maka $P_0 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = 1$, kemudian diperoleh:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \tag{3.39}$$

Server utilization (ρ) dinyatakan sebagai $= \frac{\lambda}{\mu}$, maka:

$$\begin{aligned}
\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n &= \sum_{n=0}^{\infty} (\rho)^n \\
&= \frac{1}{1-\rho}
\end{aligned}$$

Dimana nilai $\rho < 1$, kemudian diperoleh persamaan-persamaan berikut:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} = 1 - \rho \tag{3.40}$$

$$\begin{aligned}
P_1 &= \rho P_0 \\
P_2 &= (\rho)^2 P_0 \\
&\vdots \\
P_n &= (\rho)^n P_0 \\
P_n &= (\rho)^n (1 - \rho)
\end{aligned} \tag{3.41}$$

Maka didapatkan nilai L_s sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
L_s &= \sum_{n=0}^{\infty} n P_n \\
&= \sum_{n=0}^{\infty} n \rho^n (1 - \rho) \\
&= (1 - \rho) \sum_{n=0}^{\infty} n \rho^n
\end{aligned}$$

Dimana $\rho^n = \rho^1 \cdot \rho^n \cdot \rho^{-1}$, maka

$$\begin{aligned}
L_s &= (1 - \rho) \rho \sum_{n=0}^{\infty} n \rho^{n-1} \\
&= (1 - \rho) \rho \frac{d}{d\rho} (\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n) \\
&= (1 - \rho) \rho \frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \\
&= (1 - \rho) \rho \frac{1}{(1-\rho)^2} \\
&= \frac{\rho}{(1-\rho)}
\end{aligned}$$

$$= \frac{\lambda}{(\mu-\lambda)} \quad (3.42)$$

Setelah didapatkan nilai L_s , maka nilai W_s , W_q , dan L_q sebagai berikut:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu-\lambda} \quad (3.43)$$

$$\begin{aligned} W_q &= W_s - \frac{1}{\mu} \\ &= \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \end{aligned} \quad (3.44)$$

$$\begin{aligned} L_q &= \lambda W_q \\ &= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \end{aligned} \quad (3.45)$$

3.7.2 Model Antrian (M/M/c):(FCFS/ ∞ / ∞)

Model ini merupakan model antrian di mana laju kedatangan pelanggan berdistribusi Poisson dan laju pelayanan berdistribusi Eksponensial. Laju kedatangan pelanggan disimbolkan dengan λ , laju pelayanan disimbolkan dengan μ , dan banyaknya fasilitas pelayanan disimbolkan dengan c . Penggunaan c fasilitas pelayanan dengan tujuan agar mempercepat laju pelayanan pada sistem. Jika jumlah pelanggan dalam sistem adalah n , dan $n \geq c$, maka laju keberangkatan gabungan sama dengan μ . Sedangkan, apabila $n < c$, maka laju pelayanan sama dengan $n\mu$. Oleh karena itu dalam bentuk model yang digeneralisasikan, maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \lambda_n &= \lambda, & n \geq 0 \\ \mu_n &= \begin{cases} n\mu & n \leq c \\ c\mu & n \geq c \end{cases} \end{aligned}$$

P_n untuk $n < c$ sebagai

$$\begin{aligned} P_n &= \rho \cdot P_0 \\ &= \frac{\lambda^n}{\mu(2\mu)(3\mu)\dots(n\mu)} P_0 \\ &= \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} P_0 \end{aligned}$$

P_n untuk $n \geq c$,

$$\begin{aligned} P_n &= \rho \cdot P_0 \\ &= \frac{\lambda^n}{\mu(2\mu)\dots(c-1)\mu(c\mu)(c\mu)} P_0 \end{aligned}$$

$$= \frac{\lambda^n}{c!c^{n-1}\mu^n} P_0$$

karena $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ maka nilai P_0 ditentukan dari $\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$ yang memberikan

$$P_0 \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{n=c}^{\infty} \frac{\rho^{n-c}}{c^{n-c}} \right\} = 1$$

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{n=c}^{\infty} \frac{\rho^{n-c}}{c^{n-c}} \right\}^{-1}$$

Jika dimisalkan $j = n - c$ maka diperoleh

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{\rho}{c} \right)^j \right\}^{-1}$$

karena $\sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{\rho}{c} \right)^j$ merupakan deret geometri tak hingga, maka

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \left(\frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}} \right) \right\}^{-1} \text{ dengan } \frac{\rho}{c} < 1. \quad (3.46)$$

Selanjutnya untuk mencari ukuran-ukuran kinerja yaitu L_q , L_s , W_q , dan W_s , jika diketahui $\frac{\rho}{c} < 1$ atau $\frac{\lambda}{\mu c} < 1$, maka

$$L_q = \sum_{n=c}^{\infty} (n - c) P_n \text{ dengan } k = n - c,$$

maka diperoleh

$$L_q = \sum_{k=0}^{\infty} k P_{k+c} = \sum_{k=0}^{\infty} k \frac{\rho^{k+c}}{c^k c!} P_0 = P_0 \frac{\rho^c}{c!} \frac{\rho}{c} \sum_{k=0}^{\infty} k \left(\frac{\rho}{c} \right)^{k-1}$$

dan

$$\sum_{k=0}^{\infty} k \left(\frac{\rho}{c} \right)^{k-1} = \frac{d}{d \left(\frac{\rho}{c} \right)} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\rho}{c} \right)^k = \frac{d}{d \left(\frac{\rho}{c} \right)} \left[\frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}} \right] = \frac{1}{\left(1 - \frac{\rho}{c} \right)^2}$$

maka

$$\begin{aligned} L_q &= P_0 \frac{\rho^c}{c!} \frac{\rho}{c} \left[\frac{1}{\left(1 - \frac{\rho}{c} \right)^2} \right] \\ &= P_0 \frac{\rho^c}{c!} \frac{\rho}{c} \left[\frac{c^2}{(c - \rho)^2} \right] \\ &= P_0 \frac{\rho^c}{c(c-1)!} \frac{\rho}{c} \left[\frac{c^2}{(c - \rho)^2} \right] \end{aligned}$$

$$= P_0 \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!} \frac{1}{(c-\rho)^2}$$

sehingga diperoleh

$$L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!} \frac{1}{(c-\rho)^2} P_0 \quad (3.47)$$

$$L_s = L_q + \rho \quad (3.48)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (3.49)$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (3.50)$$

3.7.3 Model Simulasi

Model simulasi ini menggunakan laju kedatangan dan keberangkatan yang diaplikasikan langsung seperti kejadian nyata. Model simulasi ini digunakan jika pada *phase* yang terjadi $\lambda \geq \mu$. *Input*-nya berupa laju kedatangan (λ) laju keberangkatan (μ), waktu penggunaan sistem (T), dan banyak *server* (c).

Jumlah kedatangan lebih besar daripada keberangkatan sehingga pelanggan yang datang harus menunggu dan bisa mendapatkan pelayanan setelah pelanggan didepannya selesai dilayani. Apabila kapasitas sistem terbatas maka terjadilah *overload* atau kelebihan muatan sehingga tidak akan terjadi *steady-state* atau kondisi yang tetap. Untuk menyiasati hal ini dan juga membuat metode ini mirip dengan kejadian nyatanya maka peristiwa ini dibatasi dengan waktu penggunaan sistem yang terbatas. Hal ini sama dengan yang terjadi di lapangan dimana terdapat jam pelayanan dari 08.00-16.00 WIB.

Model simulasi digunakan tidak hanya 1 *server* saja tetapi juga untuk c *server*. Dimisalkan μ adalah penjumlahan dari laju pelayanan c *server* dan λ adalah laju pelayanan *server*.

Berdasarkan penelitian dari Manggala Adi Putranto (2014), dalam mencari ukuran kinerja sistem antrian dengan kondisi *steady state* yang tidak tetap maka digunakan simulasi model antrian. Berikut ini merupakan tabel simulasi proses antrian untuk menentukan rata-rata waktu pelanggan dalam sistem (W_s) dan rata-rata waktu pelanggan dalam antrian (W_q).

Tabel 3.3 Simulasi Antrian Berdasarkan Jumlah Pelanggan yang Selesai

Datang (motor ke-)	Dilayani (motor ke-)	Waktu antri (jam)	Selesai (motor ke-)	Waktu tiap sepeda motor dalam sistem (jam)
1	1	0	-	-
2	2	$\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}$	1	$\frac{1}{\mu}$
3	3	$2 \cdot \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)$	2	$\frac{1}{\mu} + 2 \cdot \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
n	$(k + 1)$	$k \cdot \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)$	k	$\frac{1}{\mu} + (k - 1) \cdot \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)$

Berdasarkan **Tabel 3.3** diperoleh banyaknya pelanggan yang selesai (k) sama dengan waktu penggunaan sistem antrian (T) dibagi dengan lama pelayanan ($\frac{1}{\mu}$) sehingga diperoleh nilai

$$k = \frac{T}{\left(\frac{1}{\mu}\right)} \quad (3.51)$$

Berdasarkan **Tabel 3.3**, waktu total pelanggan (sepeda motor) (T_s) dalam sistem dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)\right) + \left(\frac{1}{\mu} + 2 \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)\right) + \dots + \left(\frac{1}{\mu} + (k - 1) \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)\right) \\
 &= \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) + \frac{1}{\mu} + 2 \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) + \dots + \frac{1}{\mu} + (k - 1) \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \\
 &= k \frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) (0 + 1 + 2 + \dots + k - 1) \\
 &= k \frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \left(\frac{k}{2}\right) (k - 1) \\
 &= k \left(\frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \left(\frac{k-1}{2}\right)\right) \quad (3.52)
 \end{aligned}$$

Rata-rata waktu sepeda motor dalam sistem (W_s) sama dengan waktu total sepeda motor dalam sistem (T_s) dibagi dengan banyaknya sepeda motor dalam sistem (k) sehingga diperoleh

$$W_s = \frac{T_s}{k} = \frac{k \left(\frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \left(\frac{k-1}{2}\right)\right)}{k} = \frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \left(\frac{k-1}{2}\right) \quad (3.53)$$

Berdasarkan **Tabel 3.3**, waktu total sepeda motor dalam antrian (T_q) dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T_q &= \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) + 2\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) + \dots + k\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \\
 &= \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)(1 + 2 + \dots + k) \\
 &= k\left(\frac{k+1}{2}\right)\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)
 \end{aligned} \tag{3.54}$$

Berdasarkan **Tabel 3.3** didapat banyaknya sepeda motor yang dilayani yaitu $k + 1$ sepeda motor. Rata-rata waktu sepeda motor dalam antrian (W_q) sama dengan waktu total sepeda motor dalam antrian (T_q) dibagi dengan banyaknya sepeda motor yang dilayani ($k + 1$) sehingga didapatkan

$$W_q = \frac{T_q}{k+1} = \frac{k\left(\frac{k+1}{2}\right)\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right)}{k} = \left(\frac{k}{2}\right)\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda}\right) \tag{3.55}$$

Berikut merupakan tabel mengenai simulasi antrian untuk menentukan rata-rata banyak sepeda motor dalam antrian (L_q) dan rata-rata banyak sepeda motor dalam sistem (L_s). Untuk memudahkan perhitungan, dimisalkan waktu antar kedatangan yaitu $\lambda' = \frac{1}{\lambda}$ dan waktu pelayanan $\mu' = \frac{1}{\mu}$.

Tabel 3.4 Simulasi Antrian Berdasarkan Waktu Penggunaan Sistem

Waktu	Banyak kedatangan	Banyak motor yang dilayani	Banyak motor yang selesai	Banyak motor yang mengantri	Banyak motor dalam sistem
1	$\frac{1}{\lambda'}$	$\frac{1}{\mu'}$	$\frac{1}{\mu'} - 1$	$\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'}$	$\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} + 1$
2	$\frac{2}{\lambda'}$	$\frac{2}{\mu'}$	$\frac{2}{\mu'} - 1$	$\frac{2}{\lambda'} - \frac{2}{\mu'}$	$\frac{2}{\lambda'} - \frac{2}{\mu'} + 1$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$8T$	$\frac{8T}{\lambda'}$	$\frac{8T}{\mu'}$	$\frac{8T}{\mu'} - 1$	$\frac{8T}{\lambda'} - \frac{8T}{\mu'}$	$\frac{8T}{\lambda'} - \frac{8T}{\mu'} + 1$

Berdasarkan **Tabel 3.4** diatas, total banyak sepeda motor yang mengantri (X_q) dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 X_q &= \frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} + \frac{2}{\lambda'} - \frac{2}{\mu'} + \dots + \frac{8T}{\lambda'} - \frac{8T}{\mu'} \\
 &= (1 + 2 + \dots + 8T)\left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'}\right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{T}{2}(2.1 + (T - 1)8) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) \\
&= 0.5T(1 + T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) \tag{3.56}
\end{aligned}$$

Rata-rata banyak sepeda motor dalam antrian (L_q) sama dengan banyaknya sepeda motor yang mengantri (X_q) dibagi dengan waktu penggunaan sistem antrian (T), sehingga diperoleh

$$L_q = \frac{X_q}{T} = \frac{0.5T(1+T)\left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'}\right)}{T} = 0.5(1 + T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) \tag{3.57}$$

Berdasarkan **Tabel 3.4**, total banyak sepeda motor dalam sistem (X_s) dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
X_s &= \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} + 1 \right) + \left(\frac{2}{\lambda'} - \frac{2}{\mu'} + 1 \right) + \dots + \left(\frac{8T}{\lambda'} - \frac{8T}{\mu'} + 1 \right) \\
&= 1 \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + 1 + 2 \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + 1 + \dots + 8T \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + 1 \\
&= (1 + 2 + \dots + 8T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + \sum_{i=1}^T 1 \\
&= \left(\frac{T}{2} \right) (2.1 + (T - 1)1) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + T \\
&= 0.5T(1 + T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + T \tag{3.58}
\end{aligned}$$

Rata-rata banyak sepeda motor dalam sistem (L_s) sama dengan banyak sepeda motor dalam sistem (X_s) dibagi dengan waktu penggunaan sistem antrian (T) sehingga diperoleh

$$L_s = \frac{X_s}{T} = \frac{0.5T(1+T)\left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'}\right) + T}{T} = 0.5(1 + T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + 1 \tag{3.59}$$

3.8 Model Keputusan Antrian

Dalam menentukan keputusan suatu tingkat pelayanan yang sesuai dalam sistem antrian terdapat dua model untuk mengambil keputusan tersebut. Dua model tersebut adalah model keputusan biaya dan model keputusan tingkat aspirasi (Taha, 1996).

3.8.1 Model Keputusan Biaya

Model keputusan biaya merupakan model penentuan jumlah fasilitas pelayanan atau jumlah *server* yang optimal ditentukan berdasarkan total biaya yang

dikeluarkan. Jumlah *server* optimal adalah yang memberikan biaya keseluruhan terendah. Biaya keseluruhan merupakan penjumlahan biaya untuk mengoperasikan *server* per satuan waktu ditambah biaya menunggu per satuan waktu. Kedua biaya tersebut akan bertentangan karena semakin besar jumlah *server* yang disediakan, menyebabkan biaya operasional *server* semakin tinggi. Namun, biaya menunggu akan semakin rendah karena kinerja antrian yang semakin baik dengan bertambahnya jumlah *server* yang melayani.

Tujuan model keputusan biaya adalah untuk menentukan tingkat pelayanan yang seimbang dari dua biaya yang saling bertentangan. Tingkat pelayanan meningkat, biaya waktu menunggu menurun. Tingkat pelayanan optimum terjadi ketika jumlah dari kedua biaya tersebut minimum.

Menentukan nilai optimum dari tingkat pelayanan dengan model matematis sebagai berikut:

$$TC(\mu) = C_1\mu + C_2 \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (3.60)$$

dengan optimum μ :

$$\mu = \lambda + \sqrt{\frac{C_2\lambda}{C_1}}$$

dimana:

TC = total biaya

C_1 = biaya penambahan kapasitas pelayanan per unit waktu

C_2 = biaya menunggu per unit waktu tunggu layanan

μ = rata-rata keberangkatan

λ = rata-rata kedatangan

Menentukan jumlah dari pelayanan yang paling optimum dengan model matematis sebagai berikut:

$$TC = cC_1 + C_2L_s(c) \quad (3.61)$$

dimana:

TC = total biaya

c = jumlah *server*

C_1 = biaya pertambahan kapasitas pelayanan per unit waktu

C_2 = biaya menunggu per unit waktu tunggu pelayanan

$L_s(c)$ = jumlah yang diharapkan dalam sistem, di mana terdapat c server

3.8.2 Model Keputusan Tingkat Aspirasi

Pada model keputusan tingkat aspirasi, jumlah server optimal merupakan jumlah server yang menghasilkan kinerja antrian yang sesuai dengan tingkat aspirasi tertentu. Penerapan model keputusan ini diilustrasikan pada model antrian *multi server* atau server lebih dari satu. Tujuannya adalah untuk menetapkan jumlah server yang dapat diterima (c).

Ukuran yang digunakan dalam model keputusan tingkat aspirasi, yaitu waktu tunggu yang diharapkan di dalam sistem (W_s) dan persentase menganggur dari server (X). Kedua ukuran ini bersifat berlawanan, yang terlihat pada saat dilakukan penambahan server. Penambahan jumlah server akan menyebabkan pengurangan waktu tunggu dalam sistem, tetapi persentase waktu menganggur server akan meningkat.

Nilai persentase waktu menganggur dari fasilitas pelayanan (X) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$X = \left(1 - \frac{\lambda}{c\mu}\right) \times 100\% \quad (3.61)$$

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sepeda motor yang masuk antrian *service* pada PIT *service* yang tercatat di HSO Jombor. Sampel dalam penelitian ini adalah sepeda motor yang masuk antrian pada PIT *service* sepeda motor di HSO Jombor dalam kurun waktu satu minggu dari pukul 08:00-16:00 WIB pada tanggal 11-16 Desember 2017.

4.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di HSO Jombor, Yogyakarta. Data yang diteliti yaitu data antrian sepeda motor yang melakukan *service* sepeda motor di lingkungan kerja PIT *service* di HSO Jombor. Data antrian tersebut diperoleh dari bagian perbaikan sepeda motor yang terdapat di HSO Jombor. Waktu penelitian yaitu pada hari Senin hingga hari Sabtu tanggal 11-16 Desember 2017.

4.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini digunakan tiga variabel, yaitu waktu, kedatangan, dan keberangkatan. Adapun pengertian dari masing-masing variabel penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Waktu

Variabel waktu menjelaskan tentang rentang waktu dari sepeda motor yang masuk pada PIT *service* untuk melakukan *service* sampai selesai melakukan *service* sepeda motor yaitu dari pukul 08:00-16:00 WIB. Pada variabel waktu, rentang waktu yang digunakan adalah setiap satu jam.

2. Kedatangan

Variabel kedatangan menjelaskan jumlah sepeda motor yang masuk ke PIT *service* di HSO Jombor. Pada variabel ini yang disebut pelanggan datang adalah sepeda motor yang masuk di PIT *service* dan akan mulai dikerjakan oleh mekanik di PIT *service*.

3. Keberangkatan

Variabel keberangkatan menjelaskan jumlah sepeda motor yang telah selesai melakukan *service* sepeda motor di HSO Jombor. Proses *service* dikatakan selesai ketika mekanik telah melakukan *final checking* terhadap sepeda motor yang di *service* atau dengan kata lain mekanik telah selesai melakukan perbaikan *service* pada sepeda motor.

4.4 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data yang tidak diperoleh secara langsung oleh peneliti. Data yang digunakan merupakan data sepeda motor masuk pada PIT *service* dan sepeda motor yang selesai melakukan *service* yang terangkum dalam sistem komputer di HSO Jombor.

4.5 Metode Analisis Data

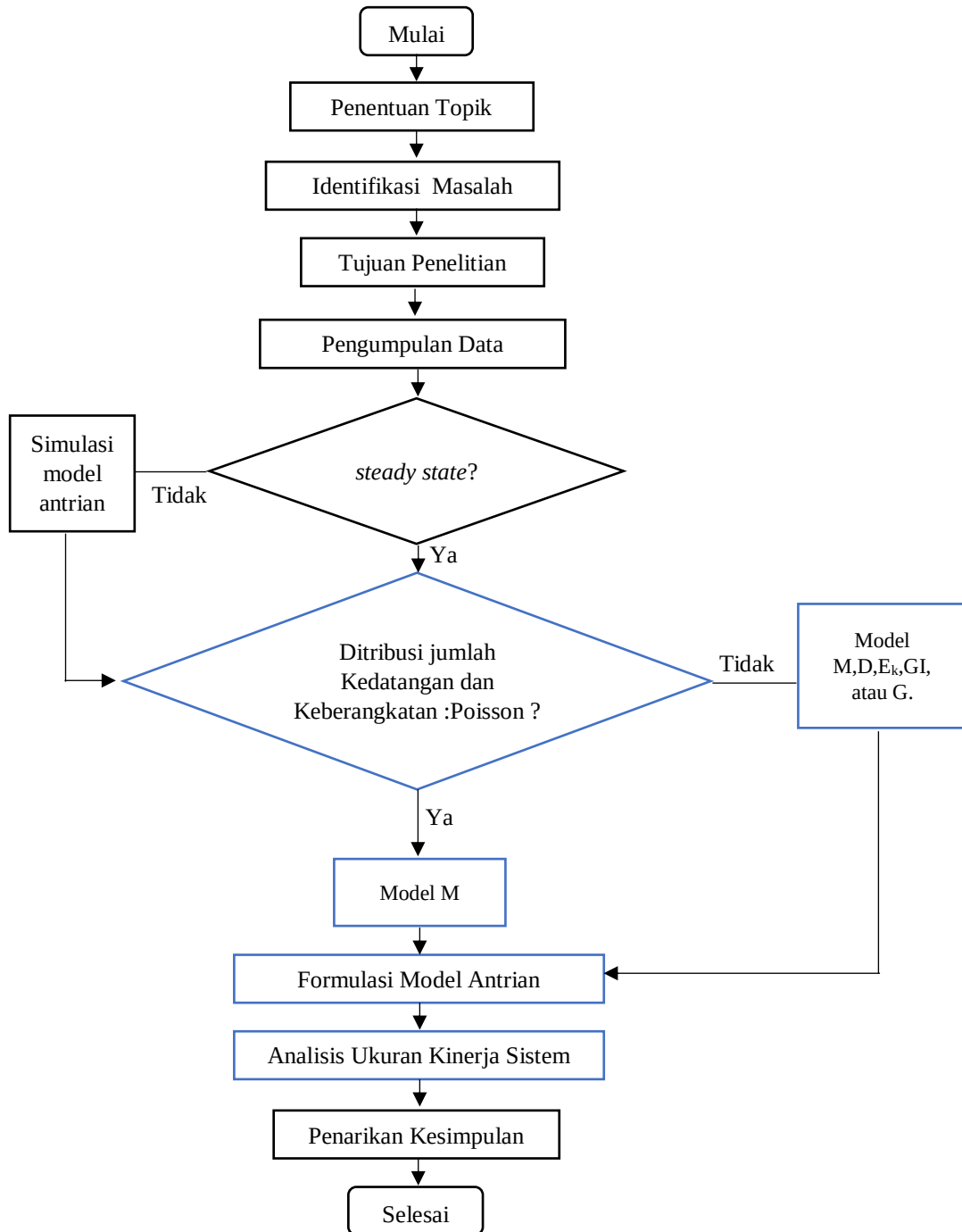
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem antrian sepeda motor pada PIT *service* sepeda motor di HSO Jombor selama 6 hari kerja. Untuk mengetahui sistem antrian sepeda motor tersebut maka perlu untuk melihat kriteria antrian, pola kedatangan, pelayanan, dan model antrian yang terjadi. Setelah mengetahui model antrian tersebut maka akan diperoleh nilai ukuran kinerja pada masing-masing antrian yang terjadi. Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data dari subjek penelitian yaitu antrian *service* sepeda motor di HSO Jombor. Dalam hal ini data yang diambil yaitu mengenai data waktu antar kedatangan pelanggan yang kemudian direkap jumlah sepeda motor yang datang setiap satu jam dan jumlah sepeda motor yang selesai di *service* setiap satu jam.
2. Melakukan studi pustaka mengenai topik penelitian yaitu teori antrian.
3. Data yang diperoleh harus memenuhi *steady state* ($\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$), dimana λ merupakan rata-rata kedatangan dan μ merupakan rata-rata keberangkatan. Jika belum memenuhi *steady state* maka harus diperkecil besar kedatangan dari keberangkatan atau menggunakan simulasi model antrian.

4. Melakukan uji distribusi untuk jumlah kedatangan sepeda motor dan jumlah sepeda motor yang selesai dilayani menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Jika hipotesis untuk distribusi kedatangan diterima maka distribusi mengikuti distribusi Poisson namun jika tidak maka mengikuti distribusi *general*. Sedangkan jika hipotesis untuk distribusi jumlah sepeda motor yang selesai dilayani diterima maka distribusi mengikuti distribusi Poisson.
5. Menentukan model antrian yang sesuai untuk proses *service* sepeda motor dalam waktu 6 hari kerja.
6. Menentukan ukuran kinerja sistem, yaitu jumlah sepeda motor yang diperkirakan dalam antrian (L_q), jumlah sepeda motor yang diperkirakan dalam sistem (L_s), waktu menunggu dalam antrian (W_q), dan waktu menunggu dalam sistem (W_s).
7. Membuat hasil dan pembahasan berdasarkan ukuran kinerja sistem dan menentukan jumlah *server* yang optimum berdasarkan hasil ukuran kinerja sistem.
8. Mengambil kesimpulan mengenai pelayanan *service* sepeda motor di HSO Jombor.

4.6 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1 Tahapan Penelitian

Berdasarkan **Gambar 4.1** berikut adalah keterangan untuk proses stokastik pada tahapan penelitian:

1. Uji Distribusi

Data antrian sepeda motor pada PIT *service* yang diambil pada HSO Jombor merupakan banyaknya motor yang masuk pada PIT *service* (kedatangan) dan motor yang telah selesai proses pengerjaan dalam PIT *service* (keberangkatan) dalam kurun waktu satu minggu. Untuk menerapkan teori antrian pada data yang telah diperoleh oleh peneliti, terlebih dahulu dilakukan pengujian distribusi dari data kedatangan dan keberangkatan tersebut.

2. Model Antrian

Sistem antrian pada proses *service* di HSO Jombor termasuk dalam model *multi channel-single phase* di mana terdapat enam belas fasilitas pelayanan untuk perbaikan sepeda motor (PIT *service*) dan terdiri dari satu fase yaitu ketika sepeda motor masuk pada PIT *service*, saat itu juga dilakukan perbaikan sepeda motor dan jika proses perbaikan telah selesai maka proses *service* dianggap selesai.

3. Penentuan Model

Berdasarkan uji distribusi yang dihasilkan, maka dapat ditentukan model antrian yang sesuai dengan menggunakan aturan Kendall-Lee.

4. Analisis Ukuran Kinerja Sistem

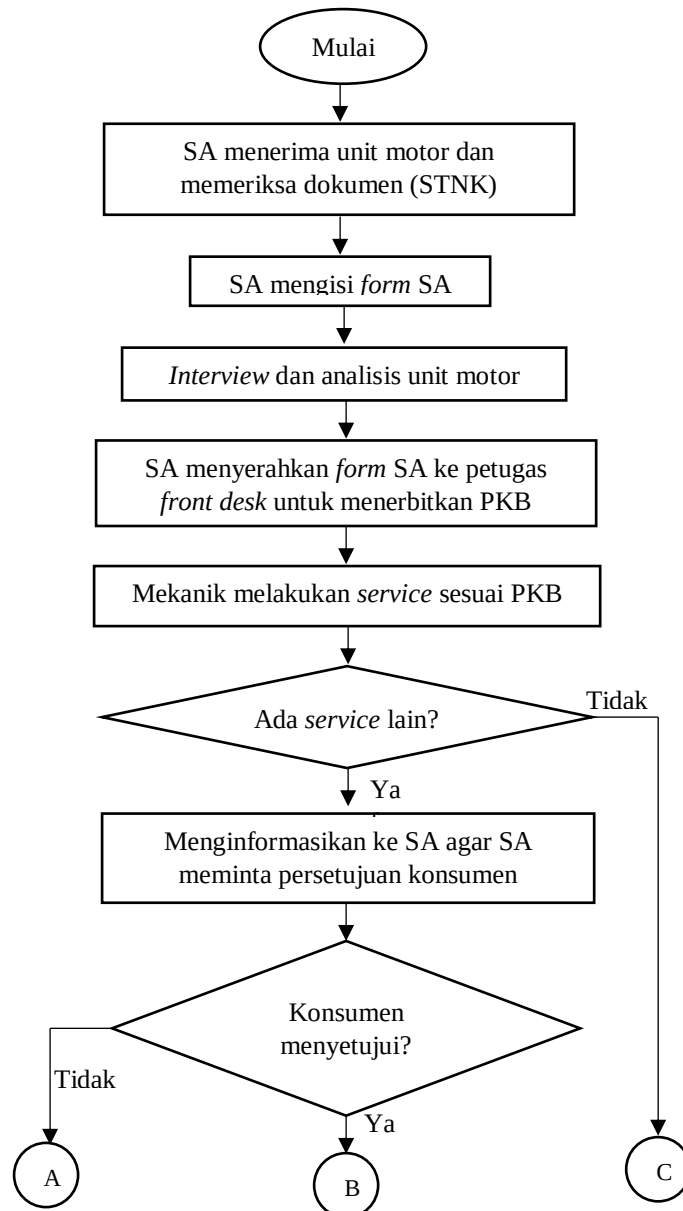
Pada tahap ini dilakukan pengukuran kinerja pada sistem antrian yaitu dengan mencari nilai L_q , L_s , W_q , dan W_s . Setelah itu, maka peneliti melakukan simulasi penambahan jumlah *server* untuk menentukan jumlah *server* yang optimum.

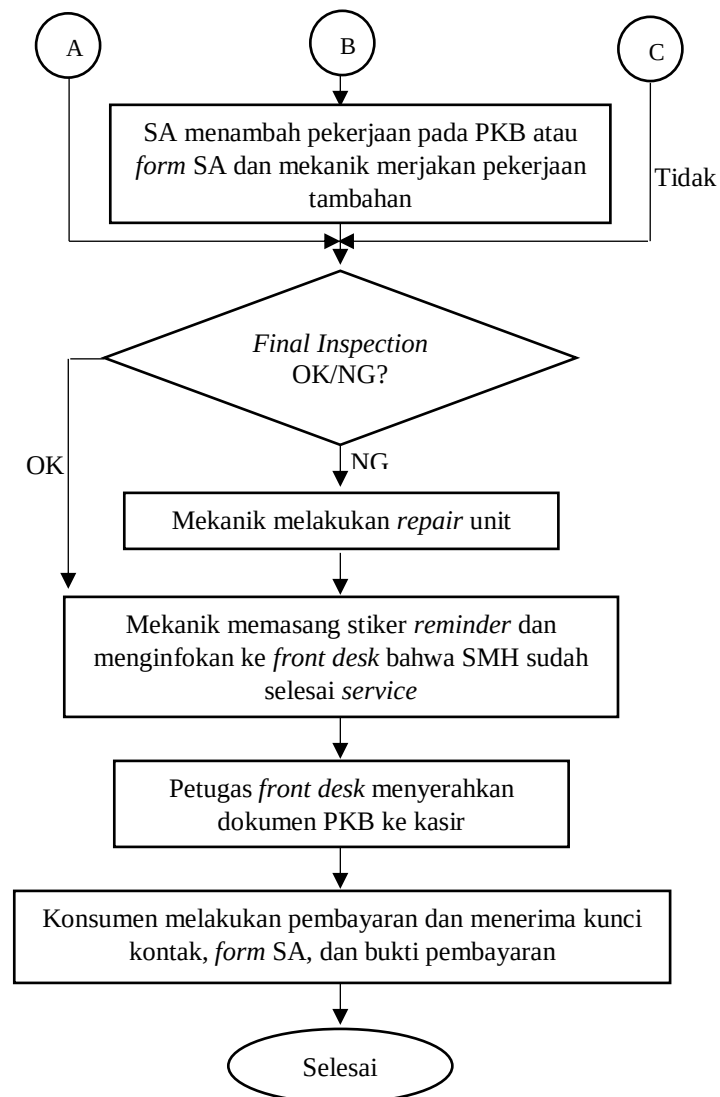
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Proses Service Sepeda Motor di HSO Jombor

Dalam melakukan *service* tentunya terdapat alur yang harus dilakukan atau dilalui oleh konsumen. Beberapa alur dari proses *service* sepeda motor di HSO Jombor secara garis besar dapat dilihat pada *flow chart* berikut.





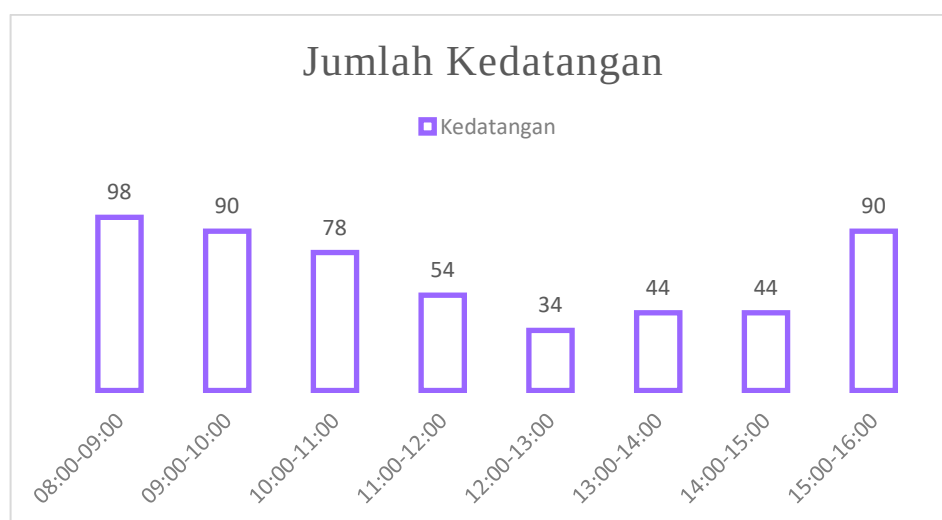
Gambar 5.1 Flow Chart Service

Berdasarkan **Gambar 5.1** di atas, secara singkat dapat diketahui proses *service* berawal dari konsumen datang dan mendaftarkan diri untuk melakukan *service* ke SA. Pada tahap itu, konsumen menyerahkan dokumen berupa STNK kemudian SA akan mencatat dokumen serta *form* SA dan melakukan pengecekan pada sepeda motor yang akan di *service*. Selanjutnya SA akan menyerahkan *form* SA kepada petugas *front desk* agar dibuatkan PKB. Disamping itu, mekanik juga meletakkan motor yang akan di *service* di antrian PIT *service*. Setelah PKB selesai dibuat, maka mekanik melakukan pekerjaan *service* sesuai PKB, apabila dirasa ada pekerjaan tambahan maka mekanik akan menginformasikan kepada SA agar SA melakukan konfirmasi pekerjaan tambahan kepada konsumen. Apabila konsumen menyetujui,

maka mekanik akan melakukan pekerjaan tambahan tersebut dan SA akan menuliskan daftar pekerjaan tambahan di *form* SA atau PKB. Apabila konsumen tidak menyetujui adanya pekerjaan tambahan, maka mekanik melakukan *final inspection*. Berdasarkan hasil *final inspection*, apabila motor dalam keadaan baik (OK) maka mekanik akan menyerahkan PKB kepada petugas *front desk* agar PKB tersebut diserahkan kepada kasir. Namun, apabila hasil *final inspection* tidak dalam keadaan baik (NG) maka mekanik akan melakukan perbaikan ulang. Setelah itu, konsumen akan membayar biaya jasa *service* dan penambahan *part* (jika ada) di kasir dan kasir akan memberikan bukti pembayaran, kunci kontak, dan PKB. Setelah melakukan pembayaran maka proses keseluruhan *service* dianggap selesai.

5.2 Kedatangan Motor

Kedatangan sepeda motor saat *service* merupakan keadaan dimana banyaknya sepeda motor masuk pada antrian PIT *service* untuk dilakukan proses *service* oleh mekanik. Kedatangan ini disajikan dalam kurun waktu setiap satu jam. Proses kedatangan *service* dimulai pada pukul 08:00 WIB hingga pukul 16:00 WIB. Berikut ini perbedaan banyaknya kedatangan sepeda motor pada masing-masing jamnya.



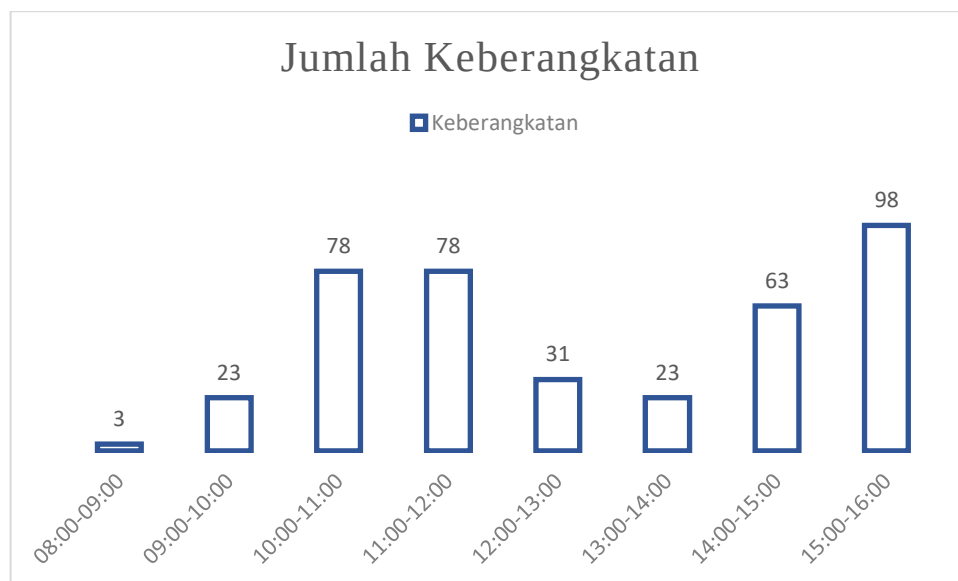
Gambar 5.2 Jumlah Kedatangan Sepeda Motor pada Interval Waktu Tertentu

Pada **Gambar 5.2** dapat dilihat bahwa kedatangan sepeda motor untuk melakukan *service* mengalami puncak kedatangan pada pukul 08:00-09:00 WIB dengan jumlah kedatangan sebanyak 98 sepeda motor selama 6 hari kerja. Puncak

kedatangan *service* kedua yaitu terjadi pada pukul 09:00-8:00 WIB dan 15:00-16:00 WIB dalam kurun waktu satu minggu yaitu 6 hari kerja dengan jumlah kedatangan sebanyak 90 motor selama 6 hari kerja. Jumlah kedatangan yang paling rendah yaitu terjadi pada pukul 12:00-13:00 WIB dengan jumlah kedatangan sebanyak 34 motor.

5.3 Keberangkatan Motor

Keberangkatan sepeda motor merupakan banyaknya sepeda motor yang telah selesai melakukan proses *service*. Keberangkatan sepeda motor ini dihitung dari pukul 08:00-16:00 WIB dalam satu minggu atau 6 hari kerja. Berikut ini perbedaan banyaknya keberangkatan sepeda motor pada masing-masing hari.



Gambar 5.3 Jumlah Keberangkatan Sepeda Motor pada Interval Waktu Tertentu

Pada **Gambar 5.3** di atas dapat diketahui bahwa keberangkatan paling lenggang dalam 6 hari kerja adalah pada pukul 08:00-09:00 WIB dengan jumlah keberangkatan sebanyak 3 motor sedangkan keberangkatan mengalami puncaknya pada pukul 15:00-16:00 WIB dengan jumlah keberangkatan sebanyak 98 motor dalam 6 hari kerja.

5.4 Uji Distribusi

Data antrian *service* motor yang diperoleh dari HSO Jombor merupakan banyaknya kedatangan atau data motor yang masuk pada PIT *service* dan banyaknya motor yang telah selesai di *service* pada setiap interval waktu satu jam.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu pendaftaran pelayanan *service* (kedatangan) selama 6 hari kerja dibuka mulai pukul 08:00-16:00 WIB. Artinya banyaknya kedatangan pelanggan (sepeda motor) hanya dihitung selama rentang waktu tersebut, sedangkan untuk proses pelayanan *service* atau pengerjaan *service* dilakukan dari pukul 08:00-16:00 WIB.

Berdasarkan data antrian *service* sepeda motor yang ada, dalam melakukan analisis sistem antrian dari *service* tersebut perlu adanya pengujian distribusi kedatangan dan waktu pelayanan yang dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui model dari sistem antrian yang terjadi. Hasil distribusi yang diharapkan yaitu jumlah kedatangan berdistribusi Poisson dan jumlah keberangkatan berdistribusi Poisson.

Berdasarkan data kedatangan *service* sepeda motor, dalam menganalisa antrian *service* tersebut perlu dilakukan pengujian distribusi data. Pengujian data menggunakan program statistik dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Dalam melakukan pengujian distribusi menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* perlu dicari terlebih dahulu nilai $S(x)$ dan nilai $F_0(x)$ dari masing-masing datanya. Berikut ini adalah perhitungan manual uji distribusi data kedatangan *service*.

Tabel 5.1 Uji Distribusi Jumlah Kedatangan Menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*

Pelanggan (x)	Frek	Frek Kumulatif	S(x)	F0(x)	S(x)-F0(x)
34	1	1.000	0.125	0.000	0.125
44	2	3.000	0.375	0.002	0.373
54	1	4.000	0.500	0.067	0.433
78	1	5.000	0.625	0.926	0.301
90	2	7.000	0.875	0.998	0.123
98	1	8.000	1.000	1.000	0.000

Berdasarkan **Tabel 5.1** nilai $|S(x) - F_0(x)|$ diambil nilai tertinggi yaitu 0,433 yang disebut sebagai nilai D . Nilai D_α dari tabel *Kolmogorov-Smirnov* yaitu dari $D_{0.025}$ adalah sebesar 0,577, maka jika nilai D dibandingkan dengan nilai $D_{0.05}$ nilainya adalah lebih kecil yaitu $0,433 < 0,519$ sehingga diperoleh keputusan yaitu gagal tolak H_0 . Artinya distribusi kedatangan *service* pada hari Senin berdistribusi Poisson. Berikut ini merupakan uji hipotesis dari hasil analisa uji distribusi pada kedatangan *service*.

Tabel 5.2 Uji Distribusi Jumlah Kedatangan *Service*

Hipotesis	H_0 : kedatangan <i>service</i> sepeda motor berdistribusi Poisson H_1 : kedatangan <i>servie</i> sepeda motor tidak berdistribusi Poisson
Tingkat signifikansi	Tingkat signifikasnsi (α) yang digunakan adalah 0,05 atau nilai $D > D_{\frac{\alpha}{2}}$
Daerah kritis	Tolak H_0 jika nilai $p\text{-value} < \alpha$
D	0.433
D_{α}	0.519
Keputusan	Gagal tolak H_0

Selain melakukan pengujian distribusi pada kedatangan *service* sepeda motor, dilakukan pula pengujian distribusi pada keberangkatan atau selesainya proses *service* sepeda motor. Perhitungan manual uji distribusi menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* pada keberangkatan *service* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.3 Uji Distribusi Jumlah Keberangkatan Menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*

Pelanggan (x)	Frek	Frek Kumulatif	S(x)	F0(x)	S(x)-F0(x)
3	1	1	0.125	0.000	0.125
23	2	3	0.375	0.000	0.375
31	1	4	0.500	0.003	0.497
63	1	5	0.625	0.972	0.347
78	2	7	0.875	1.000	0.125
98	1	8	1.000	1.000	0.000

Berdasarkan nilai nilai $|S(x) - F_0(x)|$ diambil nilai tertinggi yaitu 0,497 yang disebut sebagai nilai D . Nilai D_{α} dari tabel *Kolmogorov-Smirnov* yaitu dari $D_{0.025}$ adalah sebesar 0,519, maka jika nilai D dibandingkan dengan nilai $D_{0.05}$ nilainya adalah lebih kecil yaitu $0,497 < 0,519$ sehingga diperoleh keputusan yaitu gagal tolak H_0 . Artinya distribusi jumlah keberangkatan *service* berdistribusi Poisson. Berikut ini adalah uji hipotesis dari pengujian distribusi keberangkatan *service* sepeda motor.

Tabel 5.4 Uji Distribusi Jumlah Keberangkatan *Service*

Hipotesis	H_0 : kedatangan <i>service</i> sepeda motor berdistribusi Poisson H_1 : kedatangan <i>servie</i> sepeda motor tidak berdistribusi Poisson
Tingkat signifikansi	Tingkat signifikasnsi (α) yang digunakan adalah 0,05 atau nilai $D > D_{\frac{\alpha}{2}}$

Daerah kritis	Tolak H_0 jika nilai $p\text{-value} < \alpha$
D	0.497
D_α	0.519
Keputusan	Gagal tolak H_0

5.5 Penentuan Model Antrian

Sistem antrian pada *service* sepeda motor di HSO Jombor sejatinya termasuk dalam model antrian banyak fase atau *multi phase* jika melihat dari keseluruhan proses dari *service* sepeda motor itu sendiri. Dilihat dari mulai pelanggan datang, pelanggan melakukan pendaftaran *service*, hingga pelanggan melakukan pembayaran di kasir. Namun, pada penelitian ini hanya digunakan satu fase saja, yaitu ketika proses pengerjaan *service* itu sendiri.

Pelanggan pada sistem antrian *service* sepeda motor adalah sepeda motor itu sendiri. Kedatangan *service* yang dimaksud yaitu ketika sepeda motor masuk dalam PIT *service*. Keberangkatan *service* yang dimaksud adalah penyelesaian dari *service* sepeda motor dari PIT *service*. Jika dapat disimpulkan, maka pada penelitian ini digunakan model antrian satu fase atau *single phase*. Hal ini dikarenakan hanya ada satu jalur untuk kedatangan ataupun keberangkatan. Setelah melakukan uji distribusi, maka digunakan notasi Kendall-Lee untuk menentukan model antrian pada masing-masing harinya dan diperoleh model yaitu $(M/M/c):(FCFS/\infty/\infty)$.

5.6 Simulasi Model Antrian

Simulasi model antrian ini digunakan untuk menghitung kinerja sistem antrian *service* ketika nilai $\lambda \geq \mu$. Pada kasus antrian *service* di PIT *service* ini memiliki keadaan di mana rata-rata kedatangan memiliki nilai lebih besar dari pada rata-rata keberangkatan. Oleh karena itu, perhitungan kinerja sistem menggunakan simulasi model antrian. Berikut ini adalah nilai ukuran kinerja dari sistem antriannya.

Berdasarkan data kedatangan *service* dalam waktu 6 hari kerja, rata-rata kedatangan *service* (λ) sebesar 66,5 motor per jam atau sebanyak 67 motor dan rata-rata keberangkatan (μ) sebesar 49,625 motor per jam atau sebanyak 50 motor untuk 16 server sehingga rata-rata keberangkatan satu server ($\bar{\mu}$) yaitu sebesar 3,81 motor

per jam per *server* atau sebanyak 3 motor per jam per *server*. Berdasarkan nilai tersebut, diketahui bahwa nilai faktor utilisasi atau tingkat kesibukan *server* dalam melayani *service* yaitu $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{66.5}{49.625} = 1.3 = 130\%$. Artinya tingkat kesibukan fasilitas pelayanan (mekanik) dalam melayani *service* sebesar 130% dari waktu pelayanan. Melihat nilai *steady state* yang sangat tinggi tersebut artinya dapat dikatakan bahwa fasilitas pelayanan belum mampu melayani jumlah kedatangan yang ada dengan baik.

Menggunakan waktu pelayanan dalam sistem selama 8 jam, maka dapat dihitung rata-rata sepeda motor dalam antrian (L_q), rata-rata sepeda motor dalam sistem (L_s), rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam antrian (W_q), dan rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam sistem (W_s). Dalam menghitung nilai L_q dan L_s perlu diketahui terlebih dahulu nilai λ' dan μ' . Berikut nilainya.

$$\lambda' = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{66.5} = 0.01503759 \approx 0.015$$

$$\mu' = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{49.625} = 0.02015113 \approx 0.02$$

Sehingga dari nilai λ' dan μ' dapat dihitung nilai L_q dan L_s sebagai berikut.

$$L_q = 0.5(1 + T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) = 0.5(1 + 8) \left(\frac{1}{0.015} - \frac{1}{0.02} \right) = 75.9375 \approx 76$$

Berdasarkan nilai L_q dapat diketahui bahwa rata-rata sepeda motor dalam antrian yaitu sebanyak 76 motor per jam dalam 6 hari kerja, sehingga apabila dalam satu hari dapat diketahui bahwa rata-rata sepeda motor dalam antrian sebanyak 13 motor.

$$\begin{aligned} L_s &= 0.5(1 + T) \left(\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\mu'} \right) + 1 = 0.5(1 + 8) \left(\frac{1}{0.015} - \frac{1}{0.02} \right) + 1 \\ &= 76.9375 \approx 77 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai L_s dapat diketahui bahwa rata-rata sepeda motor dalam sistem yaitu sebanyak 77 motor per jam dalam 6 hari kerja, sehingga apabila dalam satu hari dapat diketahui bahwa rata-rata sepeda motor dalam antrian sebanyak 13 motor.

$$W_q = \left(\frac{k}{2} \right) \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda} \right) = \left(\frac{397}{2} \right) \left(\frac{1}{49.625} - \frac{1}{66.5} \right) = 1.015037594 \approx 1$$

Berdasarkan nilai W_q dapat diketahui bahwa rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam antrian yaitu selama 1 jam per motor. Sedangkan untuk nilai W_s dapat diperhitungan sebagai berikut.

$$W_s = \frac{1}{\mu} + \left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\lambda} \right) \left(\frac{k-1}{2} \right) = \frac{1}{49.625} + \left(\frac{1}{49.625} - \frac{1}{66.5} \right) \left(\frac{397-1}{2} \right) = 1.0326 \approx 1$$

Berdasarkan nilai W_s dapat diketahui bahwa rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam sistem yaitu selama 1 jam per motor. Berdasarkan nilai ukuran kinerja sistem tersebut, akan dicari banyak *server* yang optimal untuk melayani *service* sepeda motor. Hal ini diketahui dengan melihat waktu tunggu yang dibutuhkan sepeda motor dalam melakukan *service* yaitu kurang dari 1 jam. Oleh karena itu, karena jika menggunakan *server* sebanyak 16 mekanik memiliki nilai rata-rata waktu tunggu dalam sistem selama 1 jam maka perlunya ditambah mekanik atau *server* agar waktu tungguanya kurang dari 1 jam. Ketika ditambah dengan menggunakan 1 *server* menjadi 17 *server* maka berikut perbandingan hasil nilai ukuran kinerja yang diperoleh.

Tabel 5.5 Nilai Ukuran Kinerja Sistem

Variabel Pengukuran	Hasil Pengukuran	Hasil Pengukuran
Banyak <i>server</i>	16	17
T	8	8
k	397	421.8125
λ	66.5	66.5
μ	49.625	52.726563
λ'	0.015037594	0.0150376
μ'	0.020151134	0.0189658
ρ	1.3	1.3
Lq	75.9375	61.980469
Ls	76.9375	62.9805
Wq	1.015037594	0.8284774
Ws	1.0326	0.8455

Berdasarkan **Tabel 5.5** dapat diketahui bahwa ketika ditambah dengan menggunakan 1 *server* maka waktu tunggu sepeda motor dalam sistem menjadi kurang dari 1 jam. Hal ini dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *server* atau mekanik sebanyak 17 mekanik, kinerja sistem menjadi lebih optimal.

Hal ini dapat dilihat dari perbandingan nilai rata-rata sepeda motor dalam sistem ketika menggunakan 16 mekanik dan menggunakan 17 mekanik, serta nilai rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam sistem ketika menggunakan 16 mekanik dan 17 mekanik. Ketika menggunakan 16 mekanik, dalam satu hari, per jamnya terdapat 13 sepeda motor yang masuk dalam sistem untuk melakukan *service* sedangkan ketika menggunakan 17 mekanik terdapat 10 sepeda motor yang berada dalam sistem. Menggunakan 16 mekanik juga, rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam sistem yaitu selama 1 jam sedangkan ketika menggunakan 17 mekanik, rata-rata waktu tunggu sepeda motor dalam sistem yaitu selama 0,8 jam atau selama kurang lebih 51 menit. Penggunaan mekanik sebanyak 17 orang juga mampu membantu membuat kinerja mekanik dalam melakukan pelayanan *service* menjadi lebih optimal dengan berkurangnya antrian yang ada dalam *service* tersebut dan sepeda motor yang dapat dilayani pun akan menjadi lebih banyak dalam 8 jam kerja per harinya.

5.7 Penentuan Server Optimum Menggunakan Model Keputusan Tingkat Aspirasi

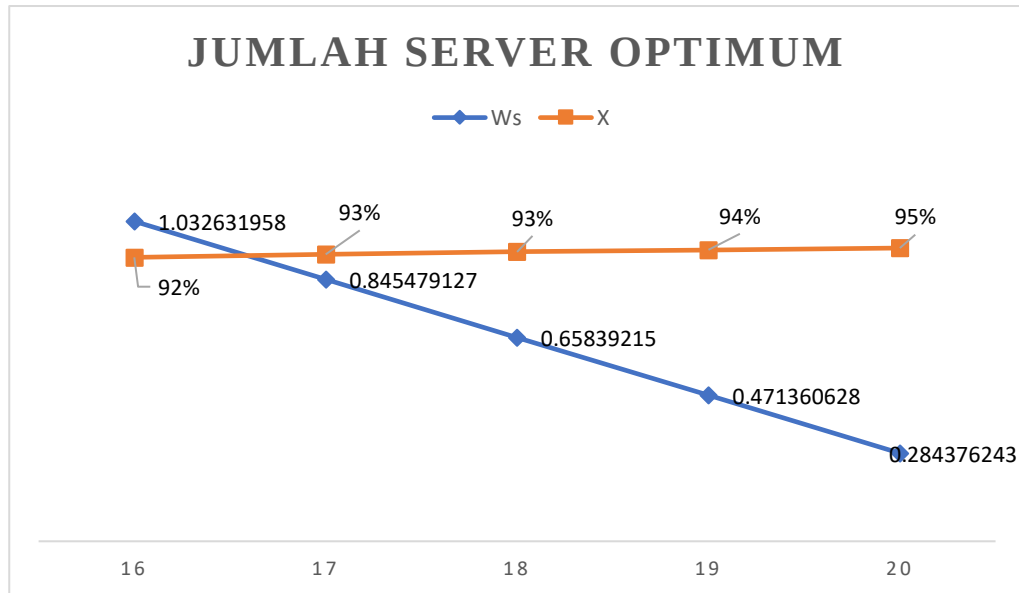
Dalam menentukan jumlah *server* yang optimum dalam melayani *service* sepeda motor yang ada, digunakan model keputusan tingkat aspirasi. Berdasarkan model keputusan tingkat aspirasi, jumlah *server* optimum dilihat berdasarkan pada pertemuan antara waktu tunggu dalam sistem dan persentase tingkat menganggur *server* sehingga akan diperoleh jumlah *server* yang optimum. Berikut hasil perhitungan jumlah *server* yang optimum.

Tabel 5.6 Perhitungan W_s dan X

Banyak <i>server</i>	16	17	18	19	20
λ	66.5	66.5	66.5	66.5	66.5
μ	49.625	52.726563	55.828125	58.929688	62.03125
W_s	1.032632	0.8454791	0.6583921	0.4713606	0.2843762
X	92%	93%	93%	94%	95%

Berdasarkan **Tabel 5.6** perhitungan menggunakan model keputusan kriteria aspirasi apabila jumlah *server* ditambah maka akan menyebabkan waktu tunggu dalam sistem berkurang dan persentase tingkat menganggur *server* meningkat.

Untuk menentukan jumlah *server* optimum dilihat dari pertemuan dari nilai W_s dan X yang saling memotong, sehingga itulah jumlah *server* yang optimum. Berikut grafik dari W_s dan X yang dihasilkan.



Gambar 5.4 Grafik Perpotongan Nilai W_s dan X

Berdasarkan **Gambar 5.4** di atas, dapat dilihat bahwa perpotongan nilai W_s dan nilai X terdapat pada jumlah *server* sebanyak 17 *server* atau mekanik. Artinya jumlah *server* yang optimum disediakan oleh perusahaan untuk melayani *service* sepeda motor adalah sebanyak 17 mekanik. Hal ini memenuhi kebutuhan mekanik yang dibutuhkan oleh perusahaan secara optimum dan memenuhi waktu tunggu yang minimum yang dibutuhkan oleh sepeda motor dalam menunggu dalam sistem. Ketika menggunakan 17 mekanik, waktu tunggu sepeda motor dalam sistem yang dibutuhkan yaitu selama 0,85 jam atau kurang lebih selama 51 menit dan persentase tingkat menganggur mekanik yaitu sebesar 93%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Gambaran alur *service* sepeda motor di HSO Jombor berawal dari konsumen melakukan pendaftaran *service* di bagian SA dan melakukan pengisian data pada *form* SA, lalu SA akan memberikan *form* SA ke petugas *front desk* agar diterbitkan PKB, selanjutnya PKB akan diserahkan ke mekanik dan mekanik melaksanakan *service* sesuai PKB. Jika pada proses pengerjaan *service* terdapat penambahan kerja *service* maka mekanik akan menginformasikan kepada SA yang selanjutnya SA akan memberikan konfirmasi persetujuan kepada konsumen. Setelah selesai *service* mekanik melakukan *final inspection* dan konsumen akan dipanggil oleh kasir untuk melakukan pembayaran serta penyerahan kunci sepeda motor.
2. Model antrian yang terbentuk pada PIT *service* adalah $(M/M/c):(FCFS/\infty/\infty)$.
3. Kinerja sistem antrian ketika menggunakan 16 mekanik ternyata belum dapat melayani *service* dengan baik, hal ini dapat dilihat berdasarkan tingkat kesibukan pelayanan *service* yang ada. Menggunakan 16 mekanik, nilai L_s yang diperoleh yaitu sebesar 76 sepeda motor per jam per 6 hari kerja, dan nilai W_s yaitu selama 1 jam per motor. Menggunakan model keputusan tingkat aspirasi, diperoleh jumlah *server* optimum yaitu sebanyak 17 mekanik dengan nilai W_s yaitu selama 0,85 jam atau kurang lebih selama 51 menit dan persentase tingkat menganggur *server* sebesar 93%.

6.2 Saran

Saran yang dapat peneliti berikan adalah sebagai berikut:

1. Perlunya evaluasi dari kinerja mekanik yang ada dan perlu adanya tambahan mekanik agar setiap kedatangan sepeda motor yang masuk dapat segera

terlayani, sehingga banyak sepeda motor yang bisa diselesaikan dalam *servicenya* juga dapat seimbang dengan jumlah kedatangan yang ada.

2. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disarankan dapat melakukan penambahan 1 mekanik yaitu menjadi 17 mekanik agar kinerja sistem antrian *service* menjadi lebih optimal serta biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membiayai mekanik pun tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriadi, D. (2014). *Service Center Sepeda Motor Honda Lengkap di Sleman Yogyakarta*. Retrieved from Wordpress: <https://donaafriadi.wordpress.com/2014/10/23/service-center-sepeda-motor-honda-lengkap-di-sleman-yogyakarta/>
- Anonim. (2009). <https://luk.staff.ugm.ac.id/stat/ks/Kolmogorov-SmirnovTable.pdf>.
- Ardhianto, N. (2013). *Evaluasi Sistem Antrian pada Bengkel Motor Yamaha Anugerah Jaya di Yogyakarta*. Yogyakarta: Skripsi Prodi Manajemen FE UII.
- Artiguna, P. P., Sugito, & Hoyyi, A. (2014). Analisis Sistem Antrian pada Layanan Pengurusan Paspor di Kantor Imigrasi Kelas I Semarang. *Jurnal Gaussian* No. 4, 3, 801-810.
- Badan Pusat Statistika. (2010). *Proyeksi Penduduk Menurut Provinsi, 2010-2035*.
- Bain, L. J., & Engelhard, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. California: Duxbury Press.
- Damyati, A., & Tarliyah, T. (1999). *Operatio Research Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT Sinar Baru Algesindo.
- Dwijanto. (2008). *Riset Operasi*. Karisma.
- Farkhan, F. (2013). *Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi pada Pelayanan Teller Bank*. Semarang: Skripsi Prodi Matematika Universitas Negeri Semarang.
- Giangartan. (2013). *Pengaruh Pertumbuhan Penduduk terhadap Perkembangan Sosial & Hubungan Antara Masalah Penduduk dengan Perkembangan Kebudayaan*. Retrieved from Wordpress: <https://giangartan.wordpress.com/2013/10/28/pengaruh-pertumbuhan-penduduk-terhadap-perkembangan-sosial/>
- Gross, D., & Harris, C. M. (1998). *Fundamental of Queueing Theory 3rd Edition*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Harisanti, Y. (2009). *Kajian Grafik Pengendali dan Analisis Kemampuan Proses Statistik Berbasis Distribusi Weibull*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Heizer, J., & Rander, B. (2001). *Operation Management 6th Editin*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Heizer, J., & Rander, B. (2006). *Operations Management*. Penerbit Selemba Empat.

- Kakiay, T. (2004). *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kepolisian Republik Indonesia. (2015). *lokadata*. Retrieved from lokadata.beritagar.id: <https://lokadata.beritagar.id/chart/preview/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-provinsi-dan-jenis-kendaraan-2015-1504158661>
- Korlantas Mabes Polri. (2013). *Korlantas Mabes Polri*.
- Kurniawan, A. (2014, 04 15). *Kompas Otomotif*. Retrieved from Kompas.com: <https://otomotif.kompas.com/read/2014/04/15/1541211/Populasi.Kendaraan.Bermotor.di.Indonesia.Tembus.104.2.Juta.Unit>
- Otomotifinfo.com. (2017). *Otomotifinfo.com*. Retrieved from Otomotifinfo.com: <http://www.otomotifinfo.com/berkala.html>
- PT Astra Honda Motor. (n.d.). *AHM-Quality Assurance System 2nd Edition* (2 ed.). PT Astra Honda Motor.
- Putra, N. P. (2017). *Analisis Sistem Antrian Tandem (Single Channel Multi Phase) pada Proses Pengadaan Jasa di PT Pupuk Kaltim*. Yogyakarta: Skripsi Prodi Statistika FMIPA UII.
- Putranto, M. A. (2014). *Analisis Masalah Sistem Antrian Model Multi Phase pada Kantor Samsat Yogyakarta*. Yogyakarta: Skripsi Prodi Matematika FMIPA UNY.
- Putri, A. M. (2016). *Analisis Teori Antrian Multi-Channel dengan Distribusi Eksponensial*. Bandar Lampung: Skripsi FMIPA Universitas Lampung.
- Rahayu, A. A., Sugito, & Sudarno. (2013). Analisis Model Waktu Antar Kedatangan dan Waktu Pelayanan pada Bagian Pembayaran Kasir Instalasi Rawat Inap RSUP Dr Kariadi Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Statistika Universitas Diponegoro* ISBN: 978-602-14387-0-1.
- Ratminto, & Winarsih, A. S. (2005). *Manajemen Pelayanan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Ross, S. (2007). *Introduction to Probability Models. Ninth Edition*. United States of America: Academic Press.
- Ruswandi, B. (2006). *Penerapan Sistem Antrian sebagai Upaya Mengoptimalkan Pelayanan terhadap Pasien pada Loker Pengambilan Obat di Puskesmas Cicurug Sukabumi Jawa Barat*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Satrio, A. P. (2017). *Aplikai Teori Antrian pada Pesawat Udara dengan Metode Single Channel-Single Phase dan Multi Channel-Single Phase dengan Laju Layanan Heterogen*. Yogyakarta: Tugas Akhir Statistika FMIPA UII.
- Satrio, A. P. (2017). *Aplikasi Teori Antrian pada Pesawat Udara dengan Model Single Channel-Single Phase dan Multi Channel-Single Phase dengan Laju Layanan Heterogen*. Yogyakarta: Skripsi Prodi Statistika FMIPA UII.
- Siagian, S. P. (1987). *Teknik Menumbuhkan dan Memelihara Perilaku Organisasional*. Jakarta: CV Haji Masgung.
- Sitindaon, W. (2010). *Analisa Perpindahan Merek Handphone dengan Rantai Markov*. Medan: Skripsi Fakultas Pertanian USU.
- Soejoeti, Z. (1986). *Buku Materi Pokok Metode Statistika I*. Jakarta: Penerbit Karunika Jakarta.
- Sora, N. (2015). *Pengertian Transportasi dan Fungsinya Maupun Contohnya*. Retrieved from [www.pengertianku.net: http://www.pengertianku.net/2015/12/pengertian-transportasi-dan-fungsinya-maupun-contohnya.html](http://www.pengertianku.net/2015/12/pengertian-transportasi-dan-fungsinya-maupun-contohnya.html)
- Sugito, & Marissa, F. (2009). Analisis Sistem Antrian Kereta Api di Stasiun Besar Cirebon dan Stasiun Cirebon Prujakan. *Media Statistika No 2*, 2, 111-120.
- Supranto. (2004). *Analisis Multivariat Arti dan Interpretasi Edisi Pertama*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Taha, H. A. (1996). *Riset Operasi*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Taha, H. A. (2007). *An Introduction Operation Research 8th Edition*. USA: Pearson Education Inc.
- Tri, T. (2014). *Katalog Geografi*. Retrieved from Blogspot: <http://kataloggeografi.blogspot.co.id/2014/07/masalah-yang-ditimbulkan-akibat-dari.html>
- Ulfah, E. (2010). *Analisis Efisiensi Jasa Antrian Servis Motor di PT Sunmotor Indosetra Trada Semarang*.
- Walpole, R. E. (1992). *Pengantar Statistika Edisi Ke-3*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*. (R. K. Sembiring, Trans.) Bandung: Penerbit ITB.
- Zaky, A., Mu'minin, A., Aziz, M., Rofiq, A. N., & Amin, B. (2017). Penerapan Model Simulasi Antrian Multi Channel Single Phase pada ANtrian di

Benkel Meteor (Studi Kasus : Bengkel Meteor). *Jurnal Teknik Industri Universitas PGRI Ronggolawe.*

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Service

Waktu	Jumlah	
	Kedatangan	Keberangkatan
08:00-09:00	98	3
09:00-08:00	90	23
8:00-11:00	78	78
11:00-12:00	54	78
12:00-13:00	34	31
13:00-14:00	44	23
14:00-15:00	44	63
15:00-16:00	90	98

Lampiran 2. Tabel Kolmogorov-Smirnov

<i>n</i>	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161
Pendekatan					
<i>n</i>	$1,07/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,35/\sqrt{n}$	$1,52/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$
200	0,076	0,086	0,096	0,107	0,115

Sumber :Anonim, <https://luk.staff.ugm.ac.id/stat/ks/Kolmogorov-SmirnovTable.pdf>