

**IMPLEMENTASI TEORI ANTRIAN DAN SIMULASI
MONTE CARLO PADA JUMLAH PASIEN COVID-19
DI KOTA BATAM**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Program
Studi Statistika



Disusun Oleh:

Dwi Septiandini Putri

17611055

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

Judul : Implementasi Teori Antrian dan Simulasi *Monte Carlo* pada Jumlah Pasien *Covid-19* di Kota Batam

Nama Mahasiswa : Dwi Septiandini Putri

NIM : 17611055

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN**

Yogyakarta, 11 Februari 2021

Pembimbing


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

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI TEORI ANTRIAN DAN SIMULASI MONTE CARLO
PADA JUMLAH PASIEN COVID-19 DI KOTA BATAM

Nama Mahasiswa : Dwi Septiandini Putri

NIM : 17611055

TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL : 18 FEBRUARI 2021

Nama Penguji

Tanda Tangan

1. Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si.
2. Achmad Fauzan, S.Pd., M.Si.
3. Muhammad Hasan Sidiq Kurniawan, S.Si.,
M.Sc.



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



(Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, dengan mengucapkan syukur selalu penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Esa atas berkat, rahmat serta karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis diberi kesehatan, kekuatan, kesabaran, dan kemudahan sehingga dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Implementasi Teori Antrian dan Simulasi *Monte Carlo* pada Jumlah Pasien *Covid-19* di Kota Batam”. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari pada penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, bantuan, arahan, saran, dan kritik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Statistika Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Hasan Sidiq Kurniawan, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar mengarahkan, membimbing serta memberikan motivasi sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak pengalaman serta ilmu kepada penulis, semoga selalu dimudahkan oleh Allah Subhanahu Wata'ala.
5. Bapak Sugiono, Ibu Kadarwati, Kakak saya Atika, dan Adik saya Asyifa yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

6. *My support system*: teman-teman dekat dan bermain selama kuliah Tamara Shafira, Desy Rizki. R , Kirana Dewi. P, Galuh Anggareni, Eggy, Shafira. D.A, Umniyyatul Ula, dan Shilma Khoirina. S. Terimakasih selalu ada dalam keadaan apapun, tempat bercerita, berdiskusi, dan berbagi ilmu selama kuliah, selalu memberikan semangat, serta dorongan agar tidak bermalas-malasan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang bersedia mendengarkan segala keluh kesah dari penulis.
7. Teman-teman satu bimbingan TA: Nur Mahmudah, Rina, Cusanti, Ghiraz, dan Reynaldi Yusif yang sudah sama-sama berjuang, memberi semangat dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir.
8. Teman kosku satu-satunya Kireina Delva Rachman, terimakasih banyak atas segala kebaikan yang tulus selama kuliah.
9. Teman-teman Statistika 2017 yang sedang sama-sama berjuang untuk mendapatkan gelar Sarjana Statistika.
10. Teman-teman dekat semasa SMA: Dian, Nia, Yanti, Amel, Anziel, Fernanda, dan Yosua yang saling memberi semangat, motivasi dan doa untuk menyelesaikan tugas akhir serta tempat bercerita untuk segala hal.
11. *Best Partner* disegala situasi dan kondisi Riki Tantowi, terimakasih atas segala kebaikan dan ketulusannya selama ini, selalu memberi semangat serta doa selama kuliah hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu namanya, terimakasih untuk semangat dan doanya.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kesalahan serta kekurangan di dalamnya dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki tugas akhir ini demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis memohon maaf atas segala kekurangan, jika terdapat banyak kesalahan dalam penulisan tugas akhir ini, mudah-mudahan tugas akhir ini bermanfaat bagi semua orang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 11 Februari 2021



Dwi Septiandini Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PERNYATAAN	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Jenis Penelitian dan Metode Analisis.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	6
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Analisis Sistem Antrian.....	7
2.2. Penelitian Analisis Sistem Antrian Menggunakan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	10
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1. Pasien <i>Covid-19</i>	15
3.2. Rumah Sakit di Kota Batam.....	15
3.3. Pelayanan	15
3.3.1 Definisi Pelayanan.....	15
3.3.2 Sistem Pelayanan.....	16
3.4. Probabilitas.....	17
3.5. Variabel Acak.....	17
3.6. Distribusi Peluang Diskrit.....	18
3.7. Distribusi Peluang Kontinu	19
3.8. Distribusi <i>Poisson</i>	20
3.9. Distribusi <i>Eksponensial</i>	22
3.10. Distribusi <i>General</i>	25
3.11. Uji Kesesuaian Distribusi	26
3.12. Proses Stokastik.....	28
3.13. Teori Antrian	29
3.13.1 Sejarah Teori Antrian	29
3.13.2 Pengertian Teori Antrian dan Sistem Antrian	29
3.13.3 Disiplin Antrian	31
3.13.4 Struktur Antrian.....	31
3.13.5 Ukuran <i>Steady State</i>	33
3.13.6 Notasi Model Antrian	33
3.14. Ukuran Kinerja Sistem Antrian	34

3.14.1	Ukuran Kinerja Sistem Antrian ($M/M/1$) : ($FIFO/\infty/\infty$) ...	34
3.14.2	Ukuran Kinerja Sistem Antrian ($M/M/c$) : ($FIFO/\infty/\infty$) ...	38
3.14.3	Ukuran Kinerja Sistem Antrian ($G/G/c$) : ($FIFO/\infty/\infty$)	41
3.15.	Simulasi	42
3.15.1.	Metode <i>Monte Carlo</i>	43
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		46
4.1.	Populasi dan Sampel Penelitian	46
4.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	46
4.3.	Variabel Penelitian	46
4.4.	Teknik Sampling	47
4.5.	Alat dan Cara Organisir Data	47
4.6.	Tahapan Penelitian	47
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		50
5.1.	Laju Kedatangan dan Pelayanan Pasien <i>Covid-19</i>	50
5.2.	Ukuran <i>Steady State</i>	52
5.3.	Uji Kesesuaian Distribusi	53
5.3.1.	Uji Distribusi Kedatangan	53
5.3.2.	Uji Distribusi Pelayanan	55
5.4.	Model Antrian	56
5.5.	Pengukuran Kinerja Sistem Antrian	57
5.6.	Penerapan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	59
5.7.	Uji Kesesuaian Distribusi Simulasi	62
5.7.1.	Uji Distribusi Kedatangan Simulasi	62
5.7.2.	Uji Distribusi Pelayanan Simulasi	64
5.8.	Pengukuran Kinerja Sistem Antrian Simulasi	65
5.9.	Perbandingan Kinerja Sistem Antrian	67
BAB VI PENUTUP		68
6.1.	Kesimpulan	68
6.2.	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		70
LAMPIRAN		75



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Tentang Analisis Sistem Antrian	7
Tabel 2.2 Tinjauan Pustaka Tentang Analisis Sistem Antrian Menggunakan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	10
Tabel 3.1 Contoh Peluang Acak Diskrit.....	19
Tabel 3.2 Contoh Jumlah Kedatangan Pengunjung Restoran	25
Tabel 3.3 Contoh Data Jumlah Kedatangan Pengunjung	27
Tabel 3.4 Contoh Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi.....	27
Tabel 3.5 Contoh Data Jumlah Pengunjung Selama 20 Hari	44
Tabel 3.6 Contoh Hasil Perhitungan	44
Tabel 3.7 Contoh Hasil Simulasi.....	45
Tabel 4.1 Definisi Operasional Peubah.....	46
Tabel 5.1 Menghitung Fasilitas Pelayanan yang Minimal	53
Tabel 5.2 Uji Distribusi Kedatangan	54
Tabel 5.3 Uji Distribusi Pelayanan.....	55
Tabel 5.4 Perhitungan <i>Min, Max, Range</i> , Banyak dan Lebar Kelas	59
Tabel 5.5 Distribusi Frekuensi Kedatangan	59
Tabel 5.6 Distribusi Frekuensi Pelayanan	60
Tabel 5.7 Pembangkitan Data Acak pada Kedatangan	60
Tabel 5.8 Pembangkitan Data Acak pada Pelayanan	60
Tabel 5.9 Uji Distribusi Kedatangan Simulasi	62
Tabel 5.10 Uji Distribusi Pelayanan Simulasi.....	64
Tabel 5.11 Perbandingan Kinerja Antrian.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sistem Antrian Pelayanan Pasien <i>Covid-19</i>	2
Gambar 1.2 Grafik Rata-rata Jumlah Pasien Positif dan Sembuh <i>Covid-19</i>	3
Gambar 3.1 <i>Single Channel – Single Phase</i>	32
Gambar 3.2 <i>Multi Channel – Single Phase</i>	32
Gambar 3.3 <i>Single Channel – Multi Phase</i>	32
Gambar 3.4 <i>Multi Channel – Multi Phase</i>	32
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	49
Gambar 5.1 Grafik Jumlah Pasien Baru <i>Covid-19</i>	50
Gambar 5.2 Grafik Jumlah Pasien Sembuh <i>Covid-19</i>	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	75
Lampiran 2	81
Lampiran 3	81
Lampiran 4	83
Lampiran 5	84
Lampiran 6	85
Lampiran 7	86
Lampiran 8	88



PERNYATAAN

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

Yogyakarta, 11 Februari 2021



Dwi Septiandini Putri

INTISARI

IMPLEMENTASI TEORI ANTRIAN DAN SIMULASI *MONTE CARLO* PADA JUMLAH PASIEN *COVID-19* DI KOTA BATAM

Dwi Septiandini Putri

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

Penanganan pasien *Covid-19* merupakan hal yang utama ditengah pandemi saat ini, karena *Covid-19* dapat mempengaruhi secara langsung keberlangsungan hidup manusia. Dengan demikian diperlukan pelayanan kesehatan yang memadai dalam menangani pasien *Covid-19*. Salah satu pelayanan kesehatan adalah rumah sakit rujukan. Kota Batam memiliki 3 rumah sakit rujukan dan salah satu diantaranya merupakan rumah sakit khusus penanganan infeksi *Covid-19*. Metode yang digunakan adalah teori antrian serta simulasi *Monte Carlo* untuk memprediksi sistem antrian selama 1 tahun ke depan dan melakukan perbandingan dari kedua sistem antrian. Kondisi antrian memiliki tingkat kepadatan lebih dari 100%, sehingga dilakukan simulasi rumah sakit yang minimal dan diperoleh minimal harus terdapat 5 rumah sakit rujukan dengan tingkat kepadatan sebesar 83%. Berdasarkan simulasi *Monte Carlo* diperoleh bahwa selama 1 tahun ke depan merekomendasikan minimal 3 – 4 rumah sakit rujukan. Rata-rata pasien yang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan berkurang menjadi 3 – 4 orang yang semula 4 – 5 orang. Rata-rata waktu menunggu untuk mendapatkan perawatan menjadi 5 menit yang semula 18 menit dan rata-rata waktu menunggu untuk mendapatkan perawatan hingga dinyatakan kondisi yang cukup membaik menjadi 5 jam yang semula 8 jam.

Kata Kunci : Teori Antrian, Sistem Antrian, Simulasi *Monte Carlo*, Pasien *Covid-19*

ABSTRACT

THE IMPLEMENTATION OF QUEUE THEORY AND *MONTE CARLO* SIMULATION ON THE NUMBER OF *COVID-19* PATIENTS IN THE CITY OF BATAM

Dwi Septiandini Putri

Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Universitas Islam Indonesia

Handling Covid-19 patients is the main thing in the midst of the current pandemic, because Covid-19 can directly affect human survival. Thus, adequate health services are needed in dealing with Covid-19 patients. One of the health services is a referral hospital. The methods used are queuing theory and Monte Carlo simulation to predict the queuing system for the next 1 year and make comparisons of the two queuing systems. The queue condition has a density level of more than 100%, so that a minimal hospital simulation is carried out and it is obtained that there must be at least 5 referral hospitals with a density rate of 83%. Based on the Monte Carlo simulation, it is found that for the next 1 year it recommends a minimum of 3-4 referral hospitals. The average number of patients waiting for treatment and currently under treatment decreased to 3-4 people from 4 to 5 people. The average waiting time to get treatment was 5 minutes, which was originally 18 minutes and the average waiting time to get treatment until it was declared that the condition had improved was 5 hours, which was originally 8 hours.

Keywords: *Queuing Theory, Queuing System, Monte Carlo Simulation, Covid-19 Patients.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Menurut *World Health Organization* (WHO), *Corona Virus Disease 19* atau lebih dikenal dengan *Covid-19* adalah keluarga virus yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau hewan. Pada manusia bisa menyebabkan infeksi saluran pernapasan, diawali dengan flu biasa hingga penyakit serius seperti *Middle East Respiratory Syndrome* (*MERS*) dan Sindrom Pernafasan Akut Berat atau *Severe Acute Respiratory Syndrome* (*SARS*). *Covid-19* merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus corona jenis baru yang disebut *SARS-CoV-2*. Virus ini pertama kali ditemukan pada 31 Desember 2019 yang melaporkan sekelompok kasus ‘virus pneumonia’ di Wuhan, Republik Rakyat China. Hingga saat ini, virus ini telah menjangkiti 220 negara di dunia dengan lebih dari 55 juta kasus konfirmasi *Covid-19* (*World Health Organization*, 2020).

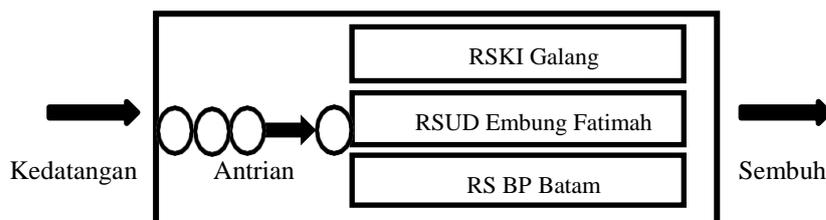
Indonesia mengkonfirmasi kasus pertama *Covid-19* pada 2 Maret 2020 di Depok, Jawa Barat. Dua Warga Negara Indonesia (WNI) tersebut mempunyai riwayat berinteraksi dengan Warga Negara Jepang yang tinggal di Malaysia. Pemerintah Indonesia langsung melakukan penelusuran perjalanan WN Jepang tersebut selama di Indonesia. Selain itu, pemerintah Indonesia juga melakukan penelusuran dan pemisahan bagi siapa pun yang pernah kontak dengan penderita. Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri) mengesahkan pembentukan Satuan Tugas (Satgas) Penanganan *Covid-19* di daerah yang diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan pelaksanaan kebijakan yang berkaitan dengan penanganan *Covid-19* serta menentukan langkah-langkah kebijakan strategis dalam rangka mempercepat penanganan *Covid-19*. Hingga saat ini, terdapat 400 lebih kabupaten/kota yang terdampak dengan lebih dari 450.000 kasus konfirmasi *Covid-19*.

Salah satu kabupaten/kota yang terdampak adalah Kota Batam, provinsi Kepulauan Riau. Kota Batam merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang berbatasan langsung dengan negara tetangga, yaitu Singapura dan Malaysia, maka tak heran banyak masyarakat yang bekerja dan melakukan perjalanan bisnis

seperti ke Singapura. Hal itu yang dapat menyebabkan semakin besar peluang virus *Covid-19* masuk ke wilayah Kota Batam dan menjadikan Kota Batam sebagai zona merah. Kasus konfirmasi *Covid-19* setiap harinya semakin meningkat. Hal ini menyebabkan pemerintah Indonesia menyiapkan pembangunan fasilitas observasi atau karantina untuk pengendalian infeksi penyakit menular, khususnya *Covid-19* di Kota Batam. Fasilitas tersebut memanfaatkan lokasi ex-tempat penampungan Vietnam yang berlokasi di pulau Galang Kota Batam.

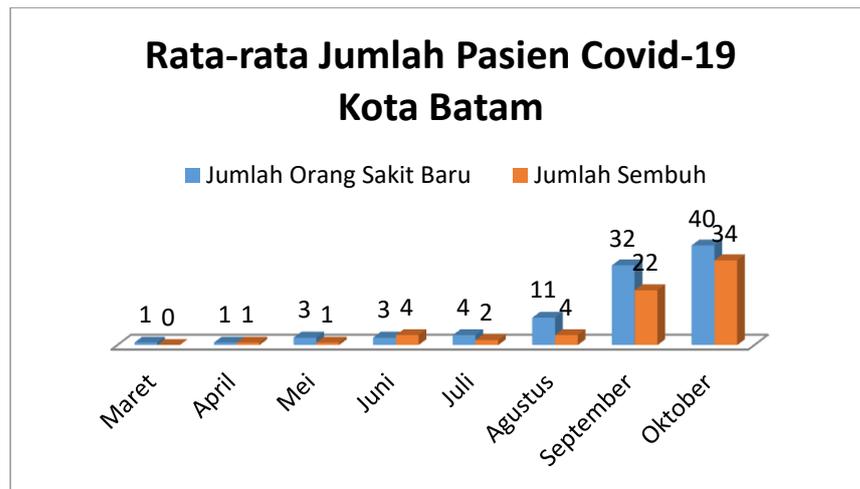
Rumah Sakit Khusus Infeksi (RSKI) *Covid-19* Pulau Galang mulai beroperasi 12 April 2020 dan diharapkan mampu mengantisipasi melonjaknya pasien *Covid-19* serta menangani dan menampung lebih banyak pasien *Covid-19*. Namun, jumlah kasus positif *Covid-19* terus melonjak, membuat Rumah Sakit Khusus Infeksi (RSKI) *Covid-19* Pulau Galang penuh. Begitu juga dengan RSUD Embung Fatimah dan RS BP Batam yang selama ini menjadi rumah sakit rujukan pasien *Covid-19*. Pemerintah daerah memastikan bahwa masyarakat harus mendapatkan pelayanan terbaik. Pelayanan terbaik yang dimaksud adalah mendapatkan pelayanan untuk dirawat dengan baik hingga sembuh dari *Covid-19*.

Kebutuhan pasien positif *Covid-19* yang harus dipenuhi oleh rumah sakit sebagai fasilitas pelayanan kesehatan adalah mendapatkan perawatan hingga pasien sembuh. Kebutuhan perawatan bagi pasien positif *Covid-19* diutamakan di setiap rumah sakit, terutama rumah sakit yang menjadi rumah sakit rujukan Kota Batam, yaitu RSUD Embung Fatimah, RS BP Batam, dan RS Khusus Galang. Tingkat kebutuhan terhadap perawatan bagi pasien positif *Covid-19* lebih tinggi dibandingkan dengan kebutuhan akan pelayanan perawatan yang lainnya. Kebutuhan perawatan pasien *Covid-19* di Kota Batam saat ini hanya ada 3 rumah sakit. Berikut **Gambar 1.1** adalah gambaran sistem antrian di RS Rujukan Kota Batam.



Gambar 1.1 Sistem Antrian Pelayanan Pasien *Covid-19*

Kedatangan dipandang ketika maskyarakat telah dinyatakan positif terkena *Covid-19*. Lalu, pasien positif *Covid-19* mengantri untuk dilayani atau mendapatkan perawatan di rumah sakit rujukan. Kemudian pasien masuk dan mendapatkan perawatan di rumah sakit. Setelah itu, ketika pasien sudah dinyatakan sembuh, maka pasien dapat meninggalkan rumah sakit. Sistem antrian di rumah sakit Kota Batam menggunakan struktur antrian *Multi Channel-Single Phase*.



Gambar 1.2 Grafik Rata-rata Jumlah Pasien Positif dan Sembuh *Covid-19*

Tingginya kasus positif *Covid-19* di Kota Batam berbanding lurus dengan tingginya jumlah pasien baru, kemudian dengan tingginya jumlah pasien baru mengakibatkan panjang garis tunggu antri untuk dilayani sampai sembuh. Panjangnya garis tunggu untuk dilayani menjadi penyebab waktu tunggu yang dialami oleh pasien juga cukup lama. Antrian yang cukup lama menjadi salah satu hal yang dapat memicu semakin lemah kondisi seorang pasien dan penyebab ketidakpuasan pasien terhadap pelayanan yang diberikan. **Gambar 1.2** menunjukkan bahwa rata-rata pasien positif *Covid-19* pada setiap bulannya terus bertambah. Namun, rata-rata pasien yang berhasil sembuh karena telah selesai mendapatkan pelayanan masih kurang dari rata-rata kedatangan pasien. Hal ini dapat memicu terjadinya penumpukan pasien *Covid-19* di rumah sakit.

Proses antrian sendiri merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan orang atau barang dengan laju konstan atau bervariasi pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrian jika belum dilayani, kemudian dilayani dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut jika sudah dilayani (Kakiay,

2004). Salah satu cara dalam mengatasi terjadinya antrian yang panjang dan lama adalah dengan menerapkan sistem antrian yang dapat memperkirakan situasi dan keadaan antrian yang sesungguhnya sehingga situasi antrian dapat dianalisis. Penerapan sistem antrian dapat memperkirakan situasi antrian seperti lamanya waktu pelayanan atau lamanya waktu tunggu dalam antrian.

Pembahasan antrian difokuskan juga pada permasalahan jumlah rumah sakit rujukan yang disediakan. Ketika jumlah rumah sakit tidak sebanding dengan banyaknya penderita baru, maka hal itu akan menyebabkan antrian panjang pasien yang menunggu untuk dilayani sampai sembuh di Kota Batam. Selain itu, perlu diprediksi juga apakah selama 1 tahun ke depan, akan terjadi penurunan jumlah pasien atau tidak.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Astrelita dkk, 2015) bertujuan untuk memberikan pelayanan yang cepat sehingga pengunjung tidak dibiarkan menunggu lama dengan melakukan penambahan fasilitas pelayanan untuk mengurangi antrian atau menghindari deret antrian yang terus memanjang. Kemudian penelitian untuk menggambarkan bagaimana keadaan antrian yang terjadi dan untuk mengetahui apakah pelayanan yang dilakukan kepada pelanggan sudah dilakukan secara optimal menggunakan metode *Monte Carlo* juga dilakukan oleh (Mahessya dkk, 2017).

Analisis teori antrian yang akan digunakan pada penelitian kali ini dilakukan untuk menganalisis antrian pasien *Covid-19* untuk antri dan dilayani sampai sembuh di Kota Batam. Pada Penelitian ini akan dilakukan analisis model antrian pada antrian penderita *Covid-19* di Kota Batam saat ini, serta akan dilakukan simulasi menggunakan metode *Monte Carlo*, untuk melihat apakah pelayanan pasien *Covid-19* di Kota Batam selama 1 tahun ke depan lebih efektif serta memberikan pelayanan yang baik dan cepat, sehingga pasien tidak dibiarkan menunggu lama untuk mendapatkan perawatan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam?

2. Bagaimana hasil penerapan model antrian untuk menganalisis antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam?
3. Bagaimana hasil simulasi antrian menggunakan metode *Monte Carlo* untuk menganalisis sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam selama 1 tahun?

1.3. Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dalam penelitian tidak terlalu meluas, maka dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah jumlah kedatangan pasien positif dan pasien sembuh *Covid-19* dari bulan Maret hingga Oktober 2020.
2. Terdapat 3 RS Rujukan di Kota Batam yang dipandang sebagai *server* atau unit pelayanan.
3. Pelayanan RS Rujukan di Kota Batam diasumsikan sama.
4. Disiplin antrian yang digunakan adalah *Multi Channel-Single Phase*.
5. Model antrian yang digunakan adalah *First In First Out* (FIFO).
6. Tingkat kedatangan dan pelayanan berdistribusi *General*.
7. *Software* yang digunakan adalah *Ms. Excel* dan *R*.

1.4. Jenis Penelitian dan Metode Analisis

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian aplikatif. Metode analisis yang digunakan adalah metode teori antrian dan simulasi *Monte Carlo*. Cara yang akan digunakan adalah menggunakan penurunan rumus serta dengan metode simulasi secara manual menggunakan *Ms. Excel*. Hasil yang hendak dicapai adalah untuk mengetahui bagaimana sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam yang meliputi rata-rata bertambahnya pasien dan pelayanan pasien, rata-rata jumlah pasien dalam sistem dan antrian, rata-rata lama waktu seorang pasien dalam sistem dan antrian, serta peluang tidak ada pasien di dalam sistem antrian. Selain itu, dapat diketahui pula bagaimana hasil simulasi jumlah pasien positif dan pasien sembuh *Covid-19* di Kota Batam selama 1 tahun ke depan dan sistem antriannya dari hasil simulasi. Kemudian, dapat diketahui pula apakah penanganan dan pelayanan rumah sakit rujukan di Kota Batam sudah efektif dan cepat dalam menangani pasien *Covid-19* berdasarkan hasil simulasi selama 1 tahun.

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam.
2. Mengetahui hasil penerapan model antrian untuk menganalisis antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam.
3. Mengetahui hasil simulasi antrian menggunakan metode *Monte Carlo* untuk menganalisis sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam selama 1 tahun.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah Kota Batam dalam pengambilan keputusan terkait langkah dan kebijakan dalam menangani pasien *Covid-19* yang berhubungan dengan “Antrian” dalam meningkatkan operasionalnya agar dapat meningkatkan kepuasan dan kenyamanan pengguna layanan, dalam hal ini adalah pasien penderita *Covid-19*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berguna untuk mengetahui penelitian-penelitian terdahulu dengan topik yang serupa, supaya peneliti dapat menggunakan penelitian terdahulu sebagai acuan penelitian serta menghindari terjadinya plagiasi. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu dengan dua metode yang akan digunakan dalam penelitian ini.

2.1. Penelitian Analisis Sistem Antrian

Penelitian-penelitian terdahulu tentang Analisis Sistem Antrian telah peneliti rangkum dalam **Tabel 2.1** sebagai berikut.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Tentang Analisis Sistem Antrian

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
2013	(Feri Farkhan)	Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi pada Pelayanan <i>Teller</i> Bank	<ul style="list-style-type: none"> • Model antrian yang diperoleh ($G/G/3/\infty/\infty$) yaitu sistem antrian yang memiliki pola kedatangan yang tidak berdistribusi <i>Poisson</i> dan pola pelayanan yang tidak berdistribusi <i>Eksponensial</i>. • Keefektifitasan pelayanan dapat dikatakan sudah efektif dengan membuka 3 pelayanan <i>teller</i>, sehingga pelanggan menunggu untuk dilayani di <i>teller</i> tidak terlalu lama. • Simulasi sistem antrian menggunakan bahasa pemrograman <i>visual basic</i> diperoleh model antrian ($G/G/3/\infty/\infty$) dan hasilnya berbeda dengan hasil perhitungan secara manual, hal ini karena menggunakan data acak (Farkhan, 2013).

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
2015	(Puji Robiati)	Analisis Sistem Antrian Seri pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan dan Optimalisasinya (Studi Kasus di Puskesmas Ungaran Kabupaten Semarang)	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem antrian pada Puskesmas Ungaran Kabupaten Semarang mengikuti model sistem antrian seri majemuk dengan 3 stasiun, yaitu loket pendaftaran, ruang dokter, dan loket apotek. • Loket pendaftaran dan loket apotek memiliki model antrian (M/M/1): (GD/∞/∞). Sedangkan pada loket ruang dokter memiliki model antrian (M/M/7):(GD/∞/∞) dengan pola kedatangan berdistribusi <i>Poisson</i> dan waktu pelayanan berdistribusi <i>Eksponensial</i>. • Rata-rata jumlah pasien 5 pasien per detik dalam antrian seri dan 8 pasien per detik dalam sistem seri. • Jumlah petugas di loket pendaftaran dan loket apotek sudah ideal dan optimal, sehingga tidak perlu menambah petugas loket (Robiati, 2015).
2018	(Ari Soeti Yani)	Analisis Penerapan Sistem Antrian untuk Optimalisasi pada Pelayanan Pendaftaran Pasien BPJS (Studi Kasus pada RS. Royal Progress)	<ul style="list-style-type: none"> • Pola kedatangan dan pelayanan berdistribusi <i>Poisson</i> dengan model antrian (M/M/S). • Tingkat efektivitas sistem antrian pada RS. Royal Progress dengan menambah satu loket pendaftaran dengan dua petugas pelayanan, sehingga menjadi tiga petugas pelayanan agar mengurangi penumpukan antrian yang berkepanjangan dan menghindari pengunjung

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
			yang tidak antri terlalu lama sehingga dapat memaksimalkan kinerja dan fasilitas pelayanan (Yani, 2018).
2018	(Bella Syaifillah, M.K. Herliansyah)	Analisis Kinerja Sistem Antrian BPJS Terhadap Tingkat Kepuasan Pasien Atas Pelayanan Kanker Terpadu (Poli Tulip) RSUP DR. Sardjito	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat 3 pelayanan, yaitu loket 1, loket 2, dan loket 3 dengan model antrian (GI/G/1): (FIFO/∞/∞) dan pada mesin nomor antrian menggunakan (GI/G/2): (FIFO/∞/∞). • Kinerja antrian bersifat tidak stabil, sedangkan mesin nomor antrian menunjukkan stabil. • Adanya ketidakpuasan pasien dengan $\lambda > \mu$, waktu kehadiran dokter yang belum sesuai dengan yang telah dijanjikan kepada pasien dan kurangnya fasilitas kursi tunggu yang memadai untuk pasien (Syaifillah & Herliansyah, 2018).
2018	(Endah Rosellwati)	Evaluasi Sistem Antrian Pelayanan Pasien pada Puskesmas di Wonosobo	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem antrian yang digunakan oleh Puskesmas Wonosobo adalah <i>Multi Channel Single Phase</i>. • Model antrian yang diterapkan adalah (M/M/4): (FCFS/∞/∞) yang terdiri dari 2 jalur pelayanan yang melayani pemeriksaan kesehatan dan 2 jalur yang melayani pelayanan pasien baru. • Rata-rata laju kedatangan dan waktu pelayanan adalah 22 pasien per jam, sehingga tidak terjadi kepadatan pada antrian dan dikatakan baik, dalam

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
			<p>artian tidak pernah ada antrian panjang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sebaiknya Puskesmas Wonosobo mengurangi jumlah dokter umum, dengan perhitungan jika masih tetap menggunakan 3 dokter maka akan terjadi pemborosan biaya karena berdasarkan perhitungan, dokter optimum yang sebaiknya diterapkan adalah 2 dokter. • Biaya fasilitas di Puskesmas Wonosobo jika menggunakan tiga dokter adalah Rp. 3,700,- per jam, sedangkan jika menggunakan dua dokter biaya fasilitas per jam adalah Rp. 2,400,-/jam (Rosellawati, 2018).

2.2. Penelitian Analisis Sistem Antrian Menggunakan Simulasi *Monte Carlo*

Penelitian-penelitian terdahulu tentang Analisis Sistem Antrian Menggunakan Simulasi *Monte Carlo* telah peneliti rangkum dalam **Tabel 2.2** sebagai berikut.

Tabel 2.2 Tinjauan Pustaka Tentang Analisis Sistem Antrian Menggunakan Simulasi *Monte Carlo*

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
2017	(Raja Ayu Mahessya, dkk)	Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Pelanggan Menggunakan <i>Monte Carlo</i> pada PT Pos Indonesia (Persero) Padang	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur antrian yang digunakan adalah <i>Multi Channel Single Phase</i> menggunakan model nyata. Diperoleh hasil bahwa pelayanan yang dilakukan terhadap pelanggan sudah optimal. • Metode <i>Monte Carlo</i> sangat tepat dalam menganalisis sistem antrian pada PT Pos

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
			<p>Indonesia (Persero) Padang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasil simulasi menggunakan <i>software Arena</i> dengan struktur sistem antrian tidak jauh berbeda dari hasil perhitungan manualnya (Mahessya dkk, 2017).
2017	(Desy Aprianti Kusumah)	<p>Evaluasi Kinerja Sistem Antrian Menggunakan Pendekatan Simulasi <i>Monte Carlo</i> pada Stasiun Kerja <i>Ball Packaging</i> di PT Stanli Trijaya Mandiri</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem antrian yang digunakan pada stasiun kerja <i>Ball Packaging</i> adalah <i>Single Channel Single Phase</i>. • Laju kedatangan dengan 38 <i>batch</i> produk dan waktu pelayanan untuk 38 <i>batch</i> produk simulasi menunjukkan bahwa sistem pelayanan tunggal terdapat antrian menunggu dalam sistem dan waktu yang dihabiskan dalam sistem meningkat dibandingkan dengan menggunakan data aktual. • Waktu tunggu dalam antrian dan waktu yang dihabiskan dalam sistem menggunakan simulasi terjadi peningkatan dibandingkan dengan kondisi nyata, sehingga kondisi nyata yang digunakan masih baik dibandingkan dengan simulasi (Kusumah, 2017).
2018	(Otto Octavianus Pasaribu)	<p>Simulasi Antrian Metode <i>Monte Carlo</i> pada Perawatan Medis di Rumah Sakit</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem antrian pasien RSU F.LTobng adalah sistem antrian seri dengan 2 fase, yaitu fase loket dan fase klinik DM&HT. • Model antrian yang digunakan adalah

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
			<p>(M/M/1): (GD/∞/∞) dengan disiplin pelayanan FCFS.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ukuran keefektifan sistem antrian pada pelayanan pasien akan optimal jika dilakukan penambahan <i>server</i> atau membatasi kapasitas sistem antrian. • Optimasi sistem antrian yang dilakukan dengan menambah <i>server</i> menghasilkan rata-rata waktu menunggu pasien pada hari-hari sibuk sekitar 0.768 menit sampai 4.186 menit. Selanjutnya, untuk rata-rata panjang antrian dalam sistem maksimal sebanyak 3 pasien. • Optimasi sistem antrian yang dilakukan dengan membatasi sistem antrian (simulasi <i>Monte Carlo</i>) menghasilkan rata-rata waktu menunggu pasien pada hari-hari sibuk sekitar 6.85 menit sampai 7.735 menit. Selanjutnya, untuk rata-rata panjang antrian dalam sistem maksimal sebanyak 4 pasien (Pasaribu, 2018).
2019	(Nurul Fahmi Sahab, Florida ButarButar)	Penerapan Model Simulasi <i>Monte Carlo</i> pada <i>Line Assembling</i> untuk Mengurangi Waktu Antrian di PT. XXX	<ul style="list-style-type: none"> • Laju kedatangan <i>parts</i> berdistribusi <i>Poisson</i> dan waktu pelayanan berdistribusi <i>Ekspensial</i> • Waktu interval, kedatangan, dan waktu pelayanan pada pengolahan model simulasi <i>Monte Carlo</i> menghasilkan data-data baru yang acak, sehingga memberikan simulasi

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
			<p>hasil keadaan yang akan datang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan secara manual diperoleh, rata-rata waktu kedatangan <i>parts</i> 2.84 menit dan rata-rata waktu pelayanan 3.15 menit. • Perhitungan dengan cara ekspektasi, rata-rata waktu kedatangan <i>parts</i> 3.92 menit dan rata-rata waktu pelayanan 4.21 menit. • Perhitungan dengan cara metode simulasi <i>Monte Carlo</i> menggunakan program computer <i>Microsoft Excel</i> diperoleh rata-rata waktu kedatangan 2.81 menit dan rata-rata waktu pelayanan 3.1 menit. • Simulasi <i>Monte Carlo</i> memberikan hasil yang cukup baik dibanding metode secara manual dan ekspektasi, dan diharapkan dapat membantu kinerja sistem pada perusahaan khususnya di <i>Line Assembling</i> PT. XXX menjadi lebih baik (Sahab & Butarbutar, 2019).
2019	(Rima Liana Gema, dkk)	Kalkulasi dan Analisa Metode <i>Monte Carlo</i> pada Sistem Antrian Pembayaran Pajak Kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur antrian yang digunakan adalah <i>Single Channel Multi Phase</i>. • Antrian yang pada awalnya panjang menjadi berkurang dengan menggunakan metode <i>Monte Carlo</i>, sehingga dapat meringankan pihak klien dan menjadi lebih mengetahui berapa lama

Tahun	Nama	Judul	Hasil Penelitian
			waktu mengantri (Gemadkk, 2019).

Dari penelitian terdahulu yang telah peneliti rangkum, peneliti dapat memahami dan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan sisten antrian serta metode yang digunakan. Maka, pada penelitian ini peneliti menggunakan metode yang serupa yaitu Analisis Sistem Antrian dan Analisis Sistem Antrian Menggunakan Simulasi *Monte Carlo* dan peneliti menerapkan metode ini pada pelayanan pasien *Covid-19* di Kota Batam dengan struktur antrian yang digunakan adalah *Multi Channel-Single Phase* dan Disiplin Antrian yang digunakan adalah *First In First Out (FIFO)*.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pasien Covid-19

Pasien *Covid-19* adalah seseorang yang terkonfirmasi positif terinfeksi virus *Covid-19* yang dibuktikan dengan pemeriksaan *Swab RT-PCR*. Kasus konfirmasi positif dibagi menjadi 2, yakni kasus konfirmasi dengan gejala (simptomatik) dan kasus konfirmasi tanpa gejala (asimptomatik). Namun, sebelum dinyatakan terkonfirmasi positif, seseorang dapat diyakini sebagai Kasus Suspek, Kasus *Probable*, dan Kontak Erat (Satuan Tugas Penanganan Covid-19, 2020).

3.2. Rumah Sakit di Kota Batam

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 340/MENKES/PER/III/2010, “Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat” (Kemkes, 2013). Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1204/Menkes/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit menyatakan bahwa “Rumah sakit merupakan sarana pelayanan kesehatan, tempat berkumpulnya orang sakit maupun orang sehat, atau dapat menjadi tempat penularan penyakit serta memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan” (Biro Hukum dan Organisasi, 2020).

Rumah sakit sebagai salah satu pelayanan publik di bidang kesehatan memiliki peran yang sangat penting dalam upaya mempercepat peningkatan derajat kesehatan masyarakat Indonesia. Peran penting ini diperoleh karena rumah sakit adalah fasilitas kesehatan yang padat teknologi dan padat pakar (Aditama, 2003). Kota Batam memiliki 20 rumah sakit dan 3 diantaranya menjadi rumah sakit rujukan pasien *Covid-19*, yakni RSKI Galang, RSUD Embung Fatimah, dan RS BP Batam.

3.3. Pelayanan

3.3.1 Definisi Pelayanan

Pelayanan merupakan suatu kegiatan untuk memenuhi harapan pengguna jasa yang dilakukan oleh seseorang atau kelompok orang, dimana tingkat kepuasannya hanya dapat dirasakan oleh orang yang melayani atau orang yang dilayani tergantung kemampuan penyedia jasa dalam melayani pengguna jasa (Agustina & Aminudin, 2018). Menurut (Kotler, 2009) pelayanan merupakan tindakan atau kegiatan yang ditawarkan oleh suatu pihak kepada pihak lain, yang pada dasarnya tidak berwujud dan tidak mengakibatkan kepemilikan apapun. Kamus Besar Bahasa Indonesia mendefinisikan pelayanan adalah usaha dalam melayani kebutuhan orang lain. Sedangkan melayani adalah membantu menyiapkan atau mengurus yang diperlukan oleh seseorang (Kemdikbud, 2016). Berdasarkan Keputusan Menteri Pembinaan Aparatur Negara (MENPAN) No 81/93 menyatakan pelayanan umum adalah segala bentuk pelayanan yang diberikan oleh pemerintah pusat/daerah, BUMN, BUMD dalam bentuk barang dan atau jasa dalam rangka pemenuhan kebutuhan masyarakat maupun pelaksanaan peraturan perundang-undangan yang berlaku (JDIH BKPM, 2018).

Secara umum dapat disimpulkan bahwa pelayanan adalah suatu jasa atau suatu kegiatan yang ditawarkan dari suatu pihak ke pihak lainnya dalam upaya pemenuhan kebutuhan hidup.

3.3.2 Sistem Pelayanan

Menurut Prof. Dr. Mr. S. Prajudi Atmosudirdjo dalam (Sutabri, 2012) menyatakan bahwa sesuatu sistem terdiri atas objek-objek ataupun unsur-unsur ataupun komponen-komponen yang berkaitan serta berhubungan satu sama lain sedemikian rupa sehingga unsur-unsur tersebut ialah suatu kesatuan pemrosesan ataupun pengolahan tertentu. Menurut (Sutarman, 2012) sistem merupakan kumpulan elemen yang saling berhubungan serta berinteraksi dalam satu kesatuan untuk melaksanakan sesuatu proses pencapaian atau sesuatu tujuan utama.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa sistem merupakan kumpulan unsur atau elemen yang saling berinteraksi dalam satu kesatuan dalam upaya mencapai tujuan utama. Dengan demikian sistem pelayanan adalah kesatuan yang utuh yang saling berinteraksi dari suatu rangkaian kegiatan pemenuhan kebutuhan hidup pada pihak lain.

3.4. Probabilitas

Probabilitas diartikan sebagai suatu nilai yang dipergunakan untuk mengukur tingkat terjadinya suatu peristiwa yang acak atau menunjukkan seberapa besar kemungkinan suatu peristiwa akan terjadi. Probabilitas bernilai antara 0 sampai dengan 1. Jika nilai probabilitas mendekati 0, maka semakin kecil kemungkinan suatu peristiwa akan terjadi. Jika nilai probabilitas mendekati 1, maka semakin besar kemungkinan suatu peristiwa akan terjadi (Hayati, 2017). Menurut (Seputra, 2012) probabilitas terjadinya kejadian A dapat diartikan sebagai hasil bagi dari banyaknya kejadian A dengan jumlah keseluruhan peristiwa.

$$P(A) = \frac{n}{N} \quad (3.1)$$

dengan:

$P(A)$: probabilitas atau peluang terjadinya kejadian A

n : jumlah kejadian A

N : jumlah kejadian secara keseluruhan

Contoh 3.1

Sebuah kantong terdiri dari 4 kelereng merah, 3 kelereng biru, dan 5 kelereng hijau. Semua kelereng memiliki peluang yang sama untuk terambil, maka:

$$P(\text{merah}) = \frac{4}{4+3+5} = \frac{4}{12} = 0.33$$

$$P(\text{biru}) = \frac{3}{12} = 0.25$$

$$P(\text{hijau}) = \frac{5}{12} = 0.42$$

Peluang terambil kelereng merah sebesar 0.3, peluang terambil kelereng biru sebesar 0.25, dan peluang terambil kelereng hijau sebesar 0.42.

3.5. Variabel Acak

Menurut (Walpole & Myers, 1995) variabel acak merupakan “suatu fungsi yang mengaitkan suatu bilangan real pada setiap unsur dalam ruang sampel”. Variabel acak dinyatakan dalam huruf kapital misalnya X , sedangkan nilainya dinyatakan dalam huruf kecil yaitu x .

Variabel acak biasanya menghubungkan nilai-nilai numerik dengan setiap kemungkinan hasil percobaan, karena nilai numerik tersebut dapat bersifat diskrit maupun kontinu maka variabel acak dikelompokkan menjadi yaitu variabel acak diskrit dan kontinu.

1. Variabel acak diskrit

Variabel acak diskrit adalah variabel acak yang nilai-nilainya berhingga atau dapat dihitung yang nilainya adalah bilangan bulat positif.

Contoh:

- Banyaknya muncul mata dadu dalam pelemparan sebuah dadu.
- Jumlah anggota keluarga.

2. Variabel acak kontinu

Variabel acak kontinu adalah variabel acak yang nilai-nilainya tak berhingga atau nilainya dalam sebuah interval tertentu dalam bentuk bilangan bulat ataupun pecahan.

Contoh:

- Tinggi badan seseorang.
- Suhu udara dalam suatu ruangan.

3.6. Distribusi Peluang Diskrit

Distribusi peluang diskrit merupakan distribusi peluang dengan variabel acak yang dapat dihitung. Menurut (Walpole & Myers, 1995), misalkan X adalah variabel random diskrit, suatu fungsi dikatakan fungsi peluang diskrit dari X jika memenuhi syarat berikut ini:

$$1. f(x) \geq 0 \tag{3.2}$$

$$2. \sum_x f(x) = 1, \text{ untuk setiap nilai } x \text{ yang mungkin.} \tag{3.3}$$

$$3. P(X = x) = f(x) \tag{3.4}$$

Contoh 3.2

Kotak berisi 4 bola merah dan 3 bola hitam, dari kotak tersebut harus diambil 2 bola dan diambil satu persatu tanpa adanya pengembalian. Bila Y menyatakan bola merah yang diambil maka nilai y yang mungkin dari variabel acak Y adalah (Walpole & Myers, 1995):

Tabel 3.1 Contoh Peluang Acak Diskrit

Ruang Sampel	Y	n
MM	0	1
MH	1	2
HM	1	2
HH	2	1

Nilai fungsi peluang $f(y)$ untuk $y = 0, 1, 2$ adalah:

$$f(0) = \frac{1}{4}; f(1) = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}; f(2) = \frac{1}{4}$$

Maka, nilai $P(y < 2)$ adalah:

$$P(y < 2) = f(0) + f(1) = \frac{1}{4} + \frac{2}{4} = \frac{3}{4}$$

3.7. Distribusi Peluang Kontinu

Distribusi peluang kontinu merupakan distribusi peluang dengan variabel acak yang dapat memperoleh semua nilai pada skala kontinu. Menurut (Walpole & Myers, 1995) fungsi $f(x)$ dikatakan fungsi peluang kontinu variabel random kontinu X jika:

1. $f(x) \geq 0$, untuk semua $x \in R$ (3.5)

2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$ (3.6)

3. $P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx$ (3.7)

Contoh 3.3

Pada percobaan laboratorium yang dikontrol merupakan peubah acak X yang mempunyai fungsi peluang kontinu (Walpole & Myers, 1995)

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^2}{3} & , -1 < x < 2 \\ 0 & , \text{untuk } x \text{ lainnya} \end{cases}$$

Maka, nilai $P(0 < x \leq 1)$ adalah:

$$P(0 < x \leq 1) = \int_0^1 \frac{x^2}{3} dx = \left. \frac{x^{2+1}}{(3)(3)} \right|_0^1 = \frac{1}{9}(1^3 - 0^3) = \frac{1}{9}$$

3.8. Distribusi *Poisson*

Distribusi *Poisson* merupakan distribusi probabilitas diskrit yang menyatakan bahwa peluang jumlah kejadian yang terjadi dalam periode waktu tertentu atau banyaknya kejadian sukses dalam suatu selang waktu tertentu (Walpole & Myers, 1995). Distribusi *Poisson* sering digunakan untuk mengasumsikan kedatangan pengunjung karena bersifat bebas dan tidak dipengaruhi oleh kedatangan sebelum atau sesudahnya. Fungsi probabilitas diskrit dari distribusi *Poisson* adalah sebagai berikut (Kakiay, 2004):

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.8)$$

dengan:

$f(x)$: fungsi densitas peluang terjadinya kedatangan

λ : rata-rata kedatangan per satuan waktu

x : banyaknya kedatangan per satuan waktu

e : bilangan natural ($e \approx 2,71828\dots$)

Estimasi parameter harus dilakukan untuk menduga nilai karakteristik dari populasi ketika data yang dimiliki berupa data sampel. Estimasi parameter dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) seperti berikut ini:

1. Membuat fungsi *likelihood* untuk distribusi *Poisson*.

$$L(\lambda) = \prod_{i=1}^n f(x) \\ L(\lambda) = \prod_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^{x_i}}{x_i!} = \frac{e^{-n\lambda} \cdot \lambda^{\sum_{i=1}^n x_i}}{\prod_{i=1}^n x_i!} \quad (3.9)$$

2. Membuat transformasi fungsi *likelihood* ke dalam bentuk \ln .

$$\begin{aligned}
\ln L(\lambda) &= \ln \left(\frac{e^{-n\lambda} \lambda^{\sum_{i=1}^n x_i}}{\prod_{i=1}^n x_i!} \right) \\
&= \ln(e^{-n\lambda}) + \ln \left(\lambda^{\sum_{i=1}^n x_i} \right) - \ln \left(\prod_{i=1}^n x_i! \right) \\
&= -n\lambda \ln e + \sum_{i=1}^n x_i \ln \lambda - \ln \left(\prod_{i=1}^n x_i! \right), \text{ maka :}
\end{aligned}$$

$$\ln L(\lambda) = -n\lambda + \sum_{i=1}^n x_i \ln \lambda - \ln \left(\prod_{i=1}^n x_i! \right) \quad (3.10)$$

3. Membuat turunan fungsi terhadap parameter λ .

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\lambda)}{\partial \lambda} &= \frac{\partial \left(-n\lambda + \sum_{i=1}^n x_i \ln \lambda - \ln \left(\prod_{i=1}^n x_i! \right) \right)}{\partial \lambda}, \text{ maka :} \\
\frac{\partial \ln L(\lambda)}{\partial \lambda} &= -n + \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.11)
\end{aligned}$$

4. Menyamakan hasil turunan dengan nol.

$$\begin{aligned}
-n + \frac{1}{\hat{\lambda}} \sum_{i=1}^n x_i &= 0 \\
\frac{1}{\hat{\lambda}} \sum_{i=1}^n x_i &= n, \text{ maka :} \\
\hat{\lambda} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.12)
\end{aligned}$$

Rumus pada **persamaan 3.12** dapat digunakan untuk mengestimasi nilai rata-rata kedatangan pengunjung dalam selang waktu tertentu secara umum ketika data yang dimiliki berupa data sampel.

Setelah diperoleh nilai estimasi parameter λ pada **persamaan 3.12**, untuk melihat apakah nilai estimasi tersebut memaksimumkan fungsi *likelihood* maka langkah selanjutnya adalah membuat turunan ke-2 dari **persamaan 3.11**

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln L(\lambda)}{\partial \lambda} &= -n + \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n x_i \\ \frac{\partial^2 \ln L(\lambda)}{\partial \lambda^2} &= 0 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\lambda^2} = -\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\lambda^2}\end{aligned}\quad (3.13)$$

Selanjutnya, untuk melihat apakah hasil estimasi λ memaksimumkan fungsi *likelihood*, maka substitusi nilai estimasi λ ke **persamaan 3.13**.

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ln L(\lambda)}{\partial \lambda^2} &= -\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\lambda^2} \\ &= -\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \\ &= -\frac{1}{n^{-2}} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^{-2} \\ &= -\frac{1}{n^{-2}} \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^{-1} \\ &= -\frac{n^2}{\sum_{i=1}^n x_i}\end{aligned}\quad (3.14)$$

Berdasarkan **persamaan 3.14**, diperoleh hasil bahwa negatif, sehingga nilai λ memaksimumkan fungsi *likelihood*.

3.9. Distribusi *Eksponensial*

Distribusi *Eksponensial* merupakan distribusi probabilitas kontinu yang digunakan untuk memodelkan kasus selang waktu antara dua kejadian dari suatu peristiwa (waktu antar kedatangan) (Walpole & Myers, 1995). Menurut Djauhari dalam (Sismetha dkk, 2017) distribusi *Eksponensial* digunakan untuk mendeskripsikan distribusi waktu pada fasilitas jasa, dimana waktu pelayanan diasumsikan acak yaitu waktu pelayanan tidak bergantung pada lama waktu yang telah dihabiskan untuk melayani sebelumnya serta tidak bergantung pada jumlah pelanggan yang menunggu untuk dilayani. Fungsi probabilitas kontinu dari distribusi *Eksponensial* adalah sebagai berikut (Kakiay, 2004):

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, 0 < x < \infty \quad (3.15)$$

dengan:

$f(x)$: fungsi densitas peluang dari interval waktu x

λ : parameter skala

e : bilangan natural ($e \approx 2,71828\dots$)

Estimasi parameter harus dilakukan untuk menduga nilai karakteristik dari populasi ketika data yang dimiliki berupa data sampel. Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) seperti berikut ini:

1. Membuat fungsi *likelihood* untuk distribusi *Eksponensial*.

$$\begin{aligned} L(\lambda) &= \prod_{i=1}^n \lambda e^{-x_i \lambda} \\ L(\lambda) &= \lambda^n e^{-\lambda \sum_{i=1}^n x_i} \end{aligned} \quad (3.16)$$

2. Membuat transformasi fungsi *likelihood* ke dalam bentuk *ln*.

$$\begin{aligned} \ln L(\lambda) &= \ln \left(\lambda^n e^{-\lambda \sum_{i=1}^n x_i} \right) \\ &= \ln(\lambda^n) + \ln \left(e^{-\lambda \sum_{i=1}^n x_i} \right) \\ &= n \ln \lambda - \lambda \sum_{i=1}^n x_i \end{aligned} \quad (3.17)$$

3. Membuat turunan fungsi terhadap parameter λ .

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\lambda)}{\partial \lambda} &= \frac{\partial \left(n \ln \lambda - \lambda \sum_{i=1}^n x_i \right)}{\partial \lambda}, \text{ maka :} \\ \frac{\partial \ln L(\lambda)}{\partial \lambda} &= \frac{n}{\lambda} - \sum_{i=1}^n x_i \end{aligned} \quad (3.18)$$

4. Menyamakan hasil turunan dengan nol.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\hat{\lambda})}{\partial \hat{\lambda}} &= 0 \\
\frac{n}{\hat{\lambda}} - \sum_{i=1}^n x_i &= 0 \\
\frac{n}{\hat{\lambda}} &= \sum_{i=1}^n x_i \\
\frac{1}{\hat{\lambda}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\
\hat{\lambda} &= \frac{n}{\sum_{i=1}^n x_i}
\end{aligned} \tag{3.19}$$

Dalam teori antrian, laju kedatangan dilambangkan dengan λ dan laju pelayanan dilambangkan dengan μ dengan asumsi bahwa lama waktu dilayani berdistribusi *Eksponensial*, maka estimasi μ adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n y_i} \tag{3.20}$$

dengan y_i menunjukkan bahwa banyak pengunjung yang dapat dilayani dalam satuan waktu tertentu.

Rumus pada **persamaan 3.20** dapat digunakan untuk mengestimasi nilai rata-rata waktu pelayanan pengunjung secara umum ketika data yang dimiliki berupa data sampel.

Setelah diperoleh nilai estimasi parameter μ pada **persamaan 3.20**, untuk melihat apakah nilai estimasi tersebut memaksimumkan fungsi *likelihood* maka langkah selanjutnya adalah membuat turunan ke-2 dari **persamaan 3.18**

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln L(\lambda)}{\partial \lambda} &= \frac{n}{\lambda} - \sum_{i=1}^n x_i \\
\frac{\partial^2 \ln L(\lambda)}{\partial \lambda^2} &= -\frac{n}{\lambda^2} - 0 = -\frac{n}{\lambda^2}
\end{aligned} \tag{3.21}$$

Selanjutnya, untuk melihat apakah hasil estimasi μ memaksimumkan fungsi *likelihood*, maka substitusi nilai estimasi μ ke **persamaan 3.21**.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 \ln L(\lambda)}{\partial \lambda^2} &= -\frac{n}{\lambda^2} \\
&= -n \frac{1}{\lambda^2} \\
&= -\frac{n^2}{\sum_{i=1}^n x_i}
\end{aligned}
\tag{3.22}$$

Berdasarkan **persamaan 3.22**, diperoleh hasil bahwa negatif, sehingga nilai λ memaksimumkan fungsi *likelihood*.

Contoh 3.4

Jumlah kedatangan pengunjung pada suatu restoran selama satu minggu diasumsikan berdistribusi *Poisson*.

Tabel 3.2 Contoh Jumlah Kedatangan Pengunjung Restoran

2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---

Diperoleh laju kedatangan pengunjung (λ) adalah 5 orang per hari. Jika jumlah kedatangan berdistribusi *Poisson* maka waktu antar kedatangan (T) berdistribusi *Eksponensial* dengan harga harapan waktu antar kedatangan pengunjung dengan

$$E(T) = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ hari} = 4.8 \text{ jam.}$$

3.10. Distribusi *General*

Distribusi *General* merupakan distribusi alternatif yang digunakan untuk menggambarkan distribusi kedatangan dan pelayanan yang tidak berdistribusi *Poisson* maupun *Eksponensial*. Pola kedatangan diasumsikan berdistribusi *General* ketika kedatangan bersifat tidak bebas, dipengaruhi oleh kedatangan sebelum dan sesudahnya, sedangkan pola pelayanan diasumsikan berdistribusi *General* ketika waktu pelayanan bergantung pada lama waktu yang telah dihabiskan untuk melayani sebelumnya dan bergantung pada jumlah pengunjung yang menunggu untuk dilayani.

Distribusi *Gamma*, *Lognormal*, *Weibull* merupakan distribusi yang dapat mewakili sifat dari proses kedatangan dan pelayanan (Pardede dkk, 2014). Distribusi *Gamma* dan *Weibull* merupakan bentuk yang lebih umum dari distribusi *Eksponensial*. Fungsi densitas dari distribusi *Gamma* adalah sebagai berikut (Walpole & Myers, 1995):

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \quad x, \alpha, \beta > 0 \quad (3.23)$$

Distribusi *Gamma* khusus dengan $\alpha=1$ menjadi distribusi *Ekspensial* sebagai berikut (Walpole & Myers, 1995):

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta}, \quad x, \beta > 0 \quad (3.24)$$

Fungsi densitas distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut (Walpole & Myers, 1995):

$$f(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta}, \quad x, \alpha, \beta > 0 \quad (3.25)$$

Distribusi *Weibull* khusus dengan $\beta=1$ menjadi distribusi *Ekspensial* sebagai berikut (Walpole & Myers, 1995):

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha x}, \quad x, \alpha > 0 \quad (3.26)$$

3.11. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi atau uji *goodness of fit* dipergunakan untuk memeriksa apakah kedatangan dan pelayanan pengunjung mengikuti suatu distribusi tertentu. Distribusi *Poisson* dan distribusi *Ekspensial* merupakan distribusi yang biasa digunakan untuk menggambarkan distribusi kedatangan dan pelayanan pengunjung (Sari dkk, 2016). Uji kesesuaian distribusi dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Kolmogorov-Smirnov merupakan salah satu uji perbandingan statistik non-parametrik (Kakiay, 2004). Uji ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kesesuaian antara fungsi distribusi hasil pengamatan dengan fungsi distribusi teoritis tertentu dengan menentukan suatu nilai yang mendeskripsikan perbedaan terbesar keduanya (Pratama, 2014). Uji ini adalah uji yang umum digunakan dalam uji kesesuaian distribusi.

Berikut merupakan tahapan dalam melakukan pengujian distribusi kedatangan dan pelayanan pengunjung:

1. Hipotesis

Hipotesis untuk pengujian distribusi kedatangan:

H_0 : Kedatangan pengunjung berdistribusi *Poisson*

H_1 : Kedatangan pengunjung tidak berdistribusi *Poisson*

Hipotesis untuk pengujian distribusi pelayanan:

H_0 : Waktu pelayanan pengunjung berdistribusi *Eksponensial*

H_1 : Waktu pelayanan pengunjung tidak berdistribusi *Eksponensial*

Apabila hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak berdistribusi *Poisson* dan *Eksponensial*, maka kedatangan dan waktu pelayanan diasumsikan berdistribusi umum (*General*).

2. Tingkat Signifikansi

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0.05$

3. Daerah Kritis

Tolak H_0 jika $D > D^*(\alpha)$

4. Statistik Uji

$$D = \max |S(x) - F_0(x)| \tag{3.27}$$

$$S(x) = \frac{f_{kum}(x)}{N} \tag{3.28}$$

dengan:

D : *Difference absolute*

$S(x)$: fungsi distribusi kumulatif dari sampel

$f_{kum}(x)$: frekuensi kumulatif

N : jumlah keseluruhan observasi

$F_0(x)$: fungsi distribusi kumulatif dari distribusi sesuai hipotesis

Contoh 3.4

Diperoleh sebanyak 20 data mengenai jumlah kedatangan pengunjung dalam suatu pelayanan.

Tabel 3.3 Contoh Data Jumlah Kedatangan Pengunjung

10	6	5	5	1	8	9	9	7	8
4	5	9	3	9	9	9	5	2	4

Ingin diketahui apakah laju kedatangan pengunjung mengikuti distribusi *Poisson* atau tidak. Berikut adalah hasil perhitungan uji kesesuaian distribusi.

Tabel 3.4 Contoh Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi

x	Frek	Frek Kumulatif	S(x)	F ₀ (x)	D
1	1	1	0.05	0.01284	0.03716141
2	1	2	0.1	0.04806	0.0519448

x	Frek	Frek Kumulatif	S(x)	F ₀ (x)	D
3	1	3	0.15	0.1226	0.027403
4	2	5	0.25	0.24093	0.0090679
5	4	9	0.45	0.39122	0.0587822
6	1	10	0.5	0.55027	0.05027
7	1	11	0.55	0.69455	0.1445532
8	2	13	0.65	0.80908	0.1590779
9	6	19	0.95	0.88988	0.0601185
10	1	20	1	0.94119	0.0588082

Berdasarkan perhitungan **Tabel 3.4**, diperoleh nilai D maksimum adalah 0.159, lalu dibandingkan dengan D Tabel *Kolmogorov Smirnov* dengan ukuran sampel 20 dan tingkat signifikansi 0.05 diperoleh $D^*(\alpha) = 0.294$. Diperoleh $D = 0.159 < D^*(\alpha) = 0.294$, maka keputusannya adalah gagal tolak H_0 dan dapat disimpulkan bahwa kedatangan pengunjung berdistribusi *Poisson*.

3.12. Proses Stokastik

Proses stokastik merupakan himpunan variabel random yang berindeks. Proses stokastik didefinisikan sebagai berikut (Ross, 2010):

$$\{X(t), t \in T\} \quad (3.29)$$

Persamaan 3.29 menunjukkan bahwa untuk setiap $t \in T$, $X(t)$ adalah variabel random. Indeks t sering diartikan sebagai waktu dan sebagai hasilnya merujuk ke nilai $X(t)$ yang menyatakan proses pada waktu t . Himpunan T disebut sebagai himpunan indeks dari proses tersebut. Jika T adalah himpunan yang dapat dihitung, maka proses stokastik dikatakan sebagai proses waktu diskrit. Jika T adalah interval garis nyata, maka proses stokastik dikatakan sebagai proses waktu kontinu. Ruang *state* proses stokastik diartikan sebagai himpunan semua nilai yang mungkin yang diasumsikan oleh variabel random $X(t)$.

Menurut (Sugito & Fauzia, 2009) parameter pada proses stokastik yaitu parameter ruang *state* dan parameter waktu, maka proses stokastik dikelompokkan menjadi 4 jenis yaitu:

1. Proses stokastik dengan waktu diskrit dan ruang *state* diskrit.

Contoh: Jumlah pengunjung restoran per hari

2. Proses stokastik dengan waktu diskrit dan ruang *state* kontinu.

Contoh: Usia per tahun

3. Proses stokastik dengan waktu kontinu dan ruang *state* diskrit.
Contoh: Jumlah pengunjung restoran selama 1 bulan
4. Proses stokastik dengan waktu kontinu dan ruang *state* kontinu.
Contoh: Kurs dollar selama 1 tahun

Salah satu proses stokastik dengan waktu kontinu dan ruang *state* diskrit adalah proses *Poisson*. Salah satu penerapan proses stokastik *Poisson* adalah antrian, dimana kedatangan berdistribusi *Poisson* dan waktu pelayanan berdistribusi *Eksponensial*.

3.13. Teori Antrian

3.13.1 Sejarah Teori Antrian

Teori antrian dikemukakan oleh Agner Kraup Erlang pada tahun 1909 yang merupakan seorang ahli matematika dan insinyur warga Negara Denmark yang bekerja pada perusahaan telepon di Kopenhagen. Penemuan itu terjadi ketika Erlang melakukan eksperimen mengenai fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan terhadap peralatan telepon yang otomatis. Ketika dalam waktu yang sibuk operator mengalami kewalahan dalam melayani para penelepon, sehingga para penelepon harus antri dan menunggu giliran dengan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan pelayanan. Permasalahan yang dihadapi, Erlang hanya melakukan perhitungan keterlambatan dari seorang operator, kemudian pada tahun 1917 penelitian dilanjutkan untuk menghitung kesibukan beberapa operator (Supranto, 1997). Setelah Perang Dunia II, hasil penelitian ini diperluas untuk mencoba memecahkan persoalan umum yang menyangkut masalah antrian, dan kemudian analisis antrian saat ini banyak digunakan dibidang bisnis, industri, transportasi, pemerintahan dan lain-lain.

3.13.2 Pengertian Teori Antrian dan Sistem Antrian

Menurut Heizer & Render dalam (Nengsih & Yustanti, 2017) antrian merupakan sekelompok orang atau barang dalam barisan yang sedang menunggu untuk dilayani. Antrian dapat terjadi karena permintaan layanan melebihi kapasitas layanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang datang tidak bisa langsung mendapat layanan disebabkan akibat aktivitas layanan yang sibuk (Nengsih & Yustanti, 2017).

Menurut Bronson & Hans dalam (Nengsih & Yustanti, 2017) proses antrian atau *queueing process* merupakan suatu proses yang berkaitan dengan kedatangan pengunjung ke fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam antrian, dan akhirnya pengunjung meninggalkan antrian ketika sudah selesai dilayani. Sistem antrian adalah semua kegiatan atau layanan yang diberikan kepada sekelompok orang atau barang, yang dimulai dari orang atau barang tersebut datang hingga selesai dilayani (Pangestu, 2003). Sistem antrian memiliki beberapa komponen dasar, yaitu:

1. Kedatangan

Menurut (Kakiay, 2004) kedatangan pengunjung diasumsikan terjadi secara acak dengan distribusi peluang tertentu. Distribusi *Poisson* merupakan distribusi yang biasa digunakan, dimana kedatangan pengunjung bersifat bebas yang artinya kedatangan tidak dipengaruhi oleh kedatangan sebelum dan sesudahnya dan memiliki rata-rata kedatangan adalah λ yang menyatakan jumlah pengunjung dalam satuan waktu tertentu.

2. Fasilitas Pelayanan

Menurut (Kakiay, 2004) pelayanan ditentukan oleh waktu pelayanan yaitu waktu yang diperlukan oleh fasilitas pelayanan untuk memberikan pelayanan kepada pengunjung. Pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan (fasilitas pelayanan). Distribusi *Eksponensial* merupakan distribusi yang biasa digunakan dalam menyatakan distribusi peluang untuk waktu layanan, dimana pelayanan terjadi dapat bersifat tetap dari waktu ke waktu. Rata-rata pelayanan yang diberikan dilambangkan dengan μ yang menyatakan jumlah pengunjung yang dapat dilayani oleh fasilitas pelayanan dalam satuan waktu.

3. Antrian

Menurut (Siagian, 1987) antrian merupakan garis tunggu dari seseorang atau barang yang membutuhkan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas pelayanan). Antrian mempunyai batasan panjang terbatas (*limited*) dan tidak terbatas (*unlimited*). Contoh antrian masuk suatu *mall* termasuk kategori panjang antrian yang tidak terbatas, kemudian antrian pada bioskop termasuk kategori panjang antrian yang terbatas karena keterbatasan ruang.

Menurut Mulyono dalam (Hendra & Nasution, 2012) antrian terjadi tergantung pada sifat kedatangan dan proses layanan. Ketika tidak ada antrian, menunjukkan bahwa adanya kelebihan fasilitas pelayanan.

3.13.3 Disiplin Antrian

Disiplin antrian merupakan aturan yang menjelaskan urutan pengunjung dilayani atau menerima layanan. Terdapat empat jenis disiplin antrian, yaitu (Meflinda & Mahyarni, 2011):

1. *First in First Out (FIFO)*

FIFO atau *First Come First Served (FCFS)* adalah aturan yang menjelaskan bahwa pengunjung yang datang pertama dalam antrian, maka pertama juga akan dilayani. Misalnya, antrian pada sebuah restoran cepat saji.

2. *Last in First Out (LIFO)*

LIFO atau *Last Come First Served (LCFS)* adalah aturan yang menjelaskan bahwa pengunjung yang datang paling terakhir, yang akan dilayani. Misalnya, koper yang berada dalam bagasi pesawat, pada saat bongkar muat koper yang paling terakhir yang akan dikeluarkan terlebih dahulu.

3. *Service in Random Order (SIRO)*

SIRO adalah aturan yang menjelaskan bahwa pengunjung yang akan dilayani secara acak. Misalnya, antrian pada sebuah acara *giveaway* yang dimana pemenang akan dipilih secara acak.

4. *Priority Service (PS)*

PS adalah aturan yang menjelaskan bahwa pengunjung dengan prioritas utama yang akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, seseorang yang mengalami kecelakaan maka akan mendapatkan pelayanan terlebih dahulu.

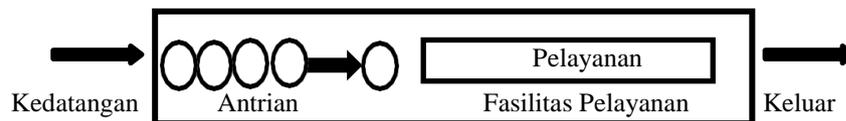
3.13.4 Struktur Antrian

Sifat proses pelayanan dikelompokkan menjadi fasilitas pelayanan dalam susunan saluran atau *channel (single dan multiple)* dan *phase (single dan multiple)* yang akan membentuk struktur antrian yang berbeda-beda. Saluran atau *channel* menunjukkan jumlah jalur atau *server (fasilitas pelayanan)* yang tersedia. *Phase* atau fase menunjukkan jumlah stasiun pelayanan atau tahapan yang harus dilalui pengunjung sebelum dinyatakan menerima pelayanan yang lengkap. Terdapat

empat model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam suatu sistem antrian, yaitu (Pangestu dkk, 2000).

1. *Single Channel – Single Phase*

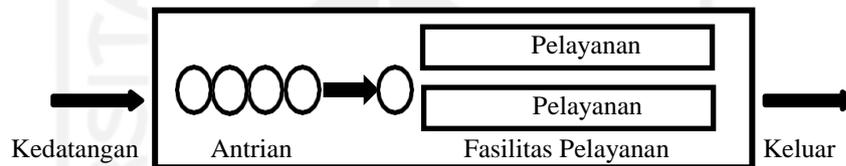
Single Channel – Single Phase menunjukkan bahwa hanya ada satu server atau satu fasilitas pelayanan dan satu tahapan atau satu fase pelayanan.



Gambar 3.1 *Single Channel – Single Phase*

2. *Multi Channel – Single Phase*

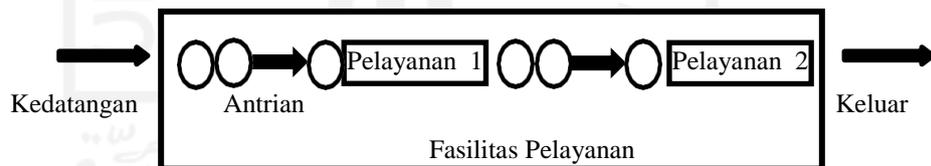
Multi Channel – Single Phase menunjukkan bahwa terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan dalam satu antrian tunggal atau satu fase pelayanan.



Gambar 3.2 *Multi Channel – Single Phase*

3. *Single Channel – Multi Phase*

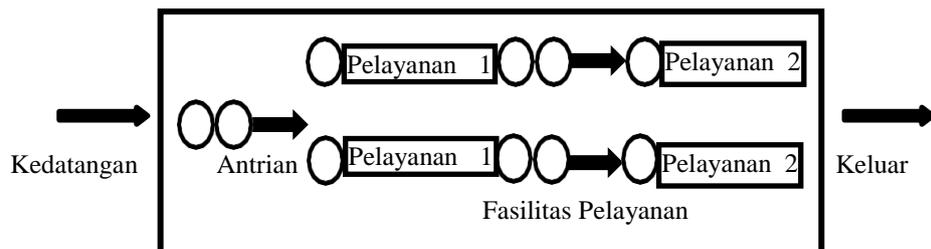
Single Channel – Multi Phase menunjukkan bahwa terdapat satu fasilitas pelayanan dan beberapa fase pelayanan yang tersusun secara seri (berurutan).



Gambar 3.3 *Single Channel – Multi Phase*

4. *Multi Channel – Multi Phase*

Multi Channel – Multi Phase menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahapannya yang terdiri dari lebih dari satu tahapan.



Gambar 3.4 *Multi Channel – Multi Phase*

3.13.5 Ukuran *Steady State*

Steady state merupakan suatu kondisi untuk menggambarkan pemanfaatan fasilitas pelayanan. Tingkat pemanfaatan fasilitas pelayanan dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut (Hillier & Lieberman, 2006):

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

dimana:

ρ : tingkat pemanfaatan fasilitas pelayanan

λ : rata-rata jumlah kedatangan per satuan waktu tertentu

c : banyaknya fasilitas pelayanan atau *server*

μ : rata-rata jumlah pengunjung yang dilayani per satuan waktu tertentu

Kondisi *steady state* terpenuhi jika rata-rata jumlah kedatangan pengunjung tidak melebihi rata-rata jumlah pengunjung yang dilayani, dapat didefinisikan bahwa $\lambda < \mu$ atau $\rho < 1$. Kasus antrian dengan *multiphase* atau *multi work station*, kondisi ini tidak cukup memenuhi (Ravindran, 2008).

3.13.6 Notasi Model Antrian

Seorang pengunjung dalam suatu antrian yang mempunyai c *server* pelayanan, dapat dilayani di *server* pertama atau *server* yang tersedia. Tingkat kedatangan pada sistem merupakan λ pengunjung per satuan waktu. Semua c *server* bersifat identik, artinya tingkat pelayanan untuk semua *server* adalah μ pengunjung per satuan waktu. Setiap pengunjung dalam sistem diberikan nomor yang didefinisikan bahwa pengunjung berada dalam layanan dan menunggu dalam antrian (Taha, 2007).

Karakteristik dari suatu sistem antrian dapat ringkas dalam notasi standar sebagai berikut (Taha, 2007):

$$(a/b/c):(d/e/f) \quad (3.31)$$

dimana:

a : distribusi kedatangan

b : distribusi waktu pelayanan

c : jumlah pelayanan atau *server* ($k = 1, 2, \dots, \infty$)

d : disiplin antrian

e : jumlah maksimum (terbatas atau tidak terbatas) yang diperbolehkan dalam sistem

f : sumber panggilan atau populasi(terbatas atau tidak terbatas)

Notasi standar untuk distribusi kedatangan dan pelayanan (simbol a dan b) menurut (Taha, 2007) adalah sebagai berikut:

M : *Markovian*, distribusi kedatangan dan pelayanan berdistribusi *Poisson* atau *Eksponensial*

D : Waktu antar kedatangan dan pelayanan konstan (deterministik)

E : Distribusi Erlang atau *Gamma* dengan parameter k

G : Distribusi kedatangan dan pelayanan bersifat *general/umum*

Notasi standar untuk disiplin antrian (simbol d) menurut (Taha, 2007) adalah sebagai berikut:

FIFO : *First In First Out*

LIFO : *Last In First Out*

SIRO : *Service in Random Order*

PS : *Priority Service*

Contoh 3.5

Selama pandemi *Covid-19*, sebuah bank membatasi jumlah pengunjung dalam bank tersebut hanya 30 orang. Jumlah kedatangan mengikuti distribusi *Poisson* sedangkan waktu pelayanan mengikuti distribusi *General*. Terdapat 3 unit *teller* dan pengunjung yang datang pertama maka akan dilayani pertama juga. Berdasarkan kasus tersebut, diperoleh model antrian adalah $(M/G/3):(FIFO/30/\infty)$.

3.14. Ukuran Kinerja Sistem Antrian

3.14.1 Ukuran Kinerja Sistem Antrian $(M/M/1):(FIFO/\infty/\infty)$

Model $(M/M/1):(FIFO/\infty/\infty)$ menunjukkan bahwa pola kedatangan mengikuti distribusi *Poisson* dan pola waktu pelayanan mengikuti distribusi *Eksponensial*, 1 menunjukkan banyaknya fasilitas pelayanan atau *server*, *FIFO* menunjukkan disiplin antrian yang diterapkan adalah *First In First Out*, dan ∞ menunjukkan bahwa jumlah pengunjung dalam sistem dan jumlah populasi tidak terbatas.

Notasi parameter yang digunakan dalam model antrian ini adalah sebagai berikut:

λ : Rata-rata jumlah kedatangan per satuan waktu

μ : Rata-rata jumlah pengunjung yang dilayani per satuan waktu

ρ : Tingkat pemanfaatan fasilitas pelayanan

P_s : Probabilitas dari sistem pelayanan

$$P_s = \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.32)$$

Model $(M/M/1):(FIFO/\infty/\infty)$ merupakan model antrian yang hanya menerapkan *server* tunggal, sehingga proses kedatangan hanya membentuk satu baris untuk dilayani. Kedatangan tidak bergantung pada kedatangan sebelumnya, sehingga bersifat konstan, yaitu $\lambda_n = \lambda$ untuk semua n , hal ini juga berlaku pada waktu layanan bervariasi dari satu pengunjung ke pengunjung berikutnya dan tidak bergantung satu sama lain, yaitu $\mu_n = \mu$ untuk semua n , sehingga jika terdapat n pengunjung didefinisikan sebagai berikut:

$$\lambda P_n = \mu P_{n+1} \quad (3.33)$$

dimana:

λ : Rata-rata jumlah kedatangan per satuan waktu

μ : Rata-rata jumlah pengunjung yang dilayani per satuan waktu

P_n : Probabilitas pengunjung ke- n

Berdasarkan **persamaan 3.33**, jika diketahui $n-1$ maka persamaannya adalah:

$$\begin{aligned} \lambda P_{n-1} &= \mu P_n \\ \lambda P_n + \mu P_n &= \mu P_{n+1} + \lambda P_{n-1} \\ (\lambda + \mu) P_n &= \mu P_{n+1} + \lambda P_{n-1} \\ P_{n+1} &= \frac{(\lambda + \mu) P_n - \lambda P_{n-1}}{\mu} \\ P_{n+1} &= \left(\frac{\lambda + \mu}{\mu} \right) P_n - \frac{\lambda}{\mu} P_{n-1} \end{aligned} \quad (3.34)$$

Berdasarkan **persamaan 3.34** diperoleh nilai probabilitas terdapat 2 pengunjung atau P_2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{1+1} &= \left(\frac{\lambda + \mu}{\mu} \right) P_1 - \frac{\lambda}{\mu} P_{1-1} \\
 P_2 &= \left(\frac{\lambda + \mu}{\mu} \right) P_1 - \frac{\lambda}{\mu} P_0 \\
 &= \left(\frac{\lambda + \mu}{\mu} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} P_0 \right) - \frac{\lambda}{\mu} P_0 \\
 &= \frac{\lambda}{\mu} P_0 \left[\frac{\lambda + \mu}{\mu} - 1 \right] \\
 &= \frac{\lambda}{\mu} P_0 \left[\frac{\lambda + \mu}{\mu} - \frac{\mu}{\mu} \right] \\
 &= \frac{\lambda}{\mu} P_0 \left[\frac{\lambda}{\mu} \right] \\
 P_2 &= P_0 \left[\frac{\lambda^2}{\mu^2} \right] \tag{3.35}
 \end{aligned}$$

Maka, dari **persamaan 3.35**, dapat digeneralisasikan bentuk persamaannya menjadi:

$$P_n = P_0 \left[\frac{\lambda^n}{\mu^n} \right] \tag{3.36}$$

Berdasarkan **persamaan 3.36**, dapat diketahui bahwa nilai probabilitas tidak terdapat pengunjung dalam sistem atau P_0 dapat dihitung berdasarkan

$$\begin{aligned}
 \sum_{n=0}^{\infty} P_n &= 1. \\
 \sum_{n=0}^{\infty} P_n &= 1 \\
 P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} P_n &= 1 \\
 P_0 &= 1 - \sum_{n=1}^{\infty} P_n \\
 P_0 &= 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu} \right) = 1 - \rho \tag{3.37}
 \end{aligned}$$

Demikian ukuran kinerja pada sistem antrian dengan *server* tunggal ini dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Rata-rata jumlah pengunjung dalam sistem (menunggu dan dilayani).
Meningat nilai harapan yaitu:

$$E(x) = \sum x.f(x), \text{ maka} \quad (3.38)$$

$$\begin{aligned} L = E(n) &= \sum_{n=1}^{\infty} n.P_n \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} n.(1-\rho)\rho^n \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} n\rho^n - n\rho^{n+1} \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} n\rho^n - \sum_{n=1}^{\infty} n\rho^{n+1} \\ &= \rho \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n \end{aligned} \quad (3.39)$$

Meningat bahwa:

$$\sum_{n=0}^{\infty} x^n = \frac{1}{1-x}, \text{ maka} \quad (3.40)$$

$$\begin{aligned} \rho \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n &= \rho \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \\ &= \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \\ &= \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{\frac{\mu - \lambda}{\mu}} \\ &= \frac{\lambda}{\mu} \times \frac{\mu}{\mu - \lambda}, \text{ sehingga} \end{aligned} \quad (3.41)$$

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

2. Rata-rata jumlah pengunjung menunggu dalam antrian

$$\begin{aligned}
L_q &= L_s - \rho \\
&= \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda\mu - \lambda(\mu - \lambda)}{\mu(\mu - \lambda)} \\
L_q &= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}
\end{aligned} \tag{3.43}$$

3. Rata-rata waktu yang dihabiskan pengunjung dalam sistem (waktu tunggu dan waktu dilayani)

$$W_s = \frac{L}{\lambda} = \frac{1}{\mu - \lambda} \tag{3.44}$$

4. Rata-rata waktu yang dihabiskan pengunjung untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \tag{3.45}$$

(Heizer dkk, 2017)

3.14.2 Ukuran Kinerja Sistem Antrian ($M/M/c$) : ($FIFO/\infty/\infty$)

Model ($M/M/c$):($FIFO/\infty/\infty$) menunjukkan bahwa pola kedatangan mengikuti distribusi *Poisson* dan pola waktu pelayanan mengikuti distribusi *Eksponensial* dengan memiliki sebanyak c fasilitas pelayanan atau *server*, *FIFO* menunjukkan disiplin antrian yang diterapkan adalah *First In First Out*, dan ∞ menunjukkan bahwa jumlah pengunjung dalam sistem dan jumlah populasi tidak terbatas. Penggunaan c pelayanan yang paralel bermanfaat dalam mempercepat laju pelayanan dengan adanya beberapa pelayanan yang dilakukan secara bersamaan.

Asumsi yang digunakan masih sama, yaitu pengunjung menunggu untuk dilayani dalam satu baris dan kemudian dilayani pada *server* pertama yang tersedia. Semua *server* diasumsikan bahwa bekerja pada tingkat yang sama. Penerapan sistem antrian ini dapat ditemukan pada *teller* bank yang memiliki beberapa *server* dengan antrian satu fase.

Jika jumlah pengunjung dalam sistem sebanyak n , dan n sama dengan atau lebih besar dari c , maka laju pelayanan sama dengan $c\mu$, namun jika n lebih kecil dari c , maka laju pelayanan adalah $n\mu$. Bentuk model umum adalah sebagai berikut:

$$\lambda_n = \lambda, \quad n \geq 0$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & n < c \\ c\mu & n \geq c \end{cases} \quad (3.46)$$

Berdasarkan **persamaan 3.46**, diperoleh nilai P_n untuk $n < c$ sebagai berikut:

$$P_n = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n$$

$$= P_0 \frac{\lambda^n}{\mu(2\mu)(3\mu)\dots(n\mu)}$$

$$= P_0 \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} \quad (3.47)$$

P_n untuk $n \geq c$ sebagai berikut:

$$P_n = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n$$

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

$$= P_0 \frac{\lambda^n}{c! c^{n-c} \mu^n} \quad (3.48)$$

dengan $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, maka P_0 dapat dihitung berdasarkan $\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$ sehingga diperoleh:

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$$

$$\sum_{n=0}^{c-1} P_0 \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} + \sum_{n=c}^{\infty} P_0 \frac{\lambda^n}{c! c^{n-c} \mu^n} = 1$$

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

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \sum_{n=c}^{\infty} \frac{1}{c^{n-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{n-c} \right\}^{-1} \quad (3.49)$$

Misalkan $j = n - c$, sehingga diperoleh:

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \sum_{n=c}^{\infty} \frac{1}{c^j} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^j \right\}^{-1} \quad (3.50)$$

Diketahui bahwa $\sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^j$ adalah sebuah deret geometri tak hingga, maka:

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \left(\frac{1}{1 - \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)} \right) \right\}^{-1} \quad (3.51)$$

Maka, probabilitas tidak terdapat pengunjung dalam sistem adalah:

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \left(\frac{c\mu}{c\mu - \lambda} \right) \right\}^{-1} \quad (3.52)$$

Ukuran kinerja pada sistem antrian $(M/M/c) : (FIFO/\infty/\infty)$ dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Rata-rata jumlah pengunjung menunggu dalam antrian

Mengingat nilai harapan yaitu:

$$E(x) = \sum x \cdot f(x), \text{ maka} \quad (3.53)$$

$$L = E(n - c) = \sum_{n=c}^{\infty} (n - c) P_n, \text{ dengan } k = n - c \quad (3.54)$$

Maka, didapatkan

$$\begin{aligned} L_q &= \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot P_{c+k} \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot P_0 \cdot \frac{1}{c^k c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{c+k} \\ &= P_0 \cdot \frac{1}{c \cdot c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \frac{1}{c^{k-1}} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{k-1} \\ &= P_0 \cdot \frac{1}{c \cdot c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^{k-1} \end{aligned} \quad (3.55)$$

Mengingat bahwa:

$$\sum_{n=0}^{\infty} x^n = \frac{1}{1-x}, \text{ maka:} \quad (3.56)$$

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^{k-1} &= \frac{d}{d\left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^k \\ &= \frac{d}{d\left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)} \left[\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{c\mu}} \right] = \frac{1}{\left(1 - \frac{\lambda}{c\mu}\right)^2}, \text{ sehingga} \end{aligned} \quad (3.57)$$

$$\begin{aligned} L_q &= P_0 \cdot \frac{1}{c \cdot c!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{\lambda}{c\mu}\right)^2} \\ &= P_0 \cdot \frac{1}{c \cdot c!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{c+1} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{\lambda}{c\mu}\right)^2} \\ &= P_0 \cdot \frac{1}{c \cdot c! \cdot \left(1 - \frac{\lambda}{c\mu}\right)^2} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{c+1} \end{aligned} \quad (3.58)$$

2. Rata-rata jumlah pengunjung dalam sistem (menunggu dan dilayani)

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.59)$$

3. Rata-rata waktu yang dihabiskan pengunjung untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (3.60)$$

4. Rata-rata waktu yang dihabiskan pengunjung dalam sistem (waktu tunggu dan waktu dilayani)

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (3.61)$$

(Taha, 1997).

3.14.3 Ukuran Kinerja Sistem Antrian (G/G/c) : (FIFO/∞/∞)

Model (G/G/c):(FIFO/∞/∞) menunjukkan bahwa pola kedatangan dan waktu pelayanan mengikuti distribusi umum (*General*) dengan memiliki sebanyak *c* fasilitas pelayanan atau *server*, *FIFO* menunjukkan disiplin antrian yang

diterapkan adalah *First In First Out*, dan ∞ menunjukkan bahwa jumlah pengunjung dalam sistem dan jumlah populasi tidak terbatas.

Ukuran kinerja pada sistem antrian $(G/G/c):(FIFO/\infty/\infty)$ sama dengan ukuran kinerja pada sistem antrian $(M/M/c):(FIFO/\infty/\infty)$, hanya saja untuk perhitungan jumlah pengunjung yang menunggu dalam antrian (L_q) adalah sebagai berikut (Sugito & Fauzia, 2009):

1. Rata-rata jumlah pengunjung menunggu dalam antrian

$$L_q = L_{qM/M/c} \frac{\mu^2 v(t) + v(t')\lambda^2}{2} \quad (3.62)$$

dengan

$$\begin{aligned} v(t) &= \left(\frac{1}{\mu^2}\right)^2 \\ v(t') &= \left(\frac{1}{\lambda^2}\right)^2 \end{aligned} \quad (3.63)$$

Ukuran kinerja sistem yang lain adalah sebagai berikut:

2. Rata-rata jumlah pengunjung dalam sistem (menunggu dan dilayani)

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.64)$$

3. Rata-rata waktu yang dihabiskan pengunjung untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (3.65)$$

4. Rata-rata waktu yang dihabiskan pengunjung dalam sistem (waktu tunggu dan waktu dilayani)

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (3.66)$$

3.15. Simulasi

Menurut (Kemdikbud, 2016) simulasi merupakan metode dalam menggambarkan atau menirukan suatu sistem atau proses yang menyerupai dengan keadaan yang sebenarnya berupa model statistik. Menurut (Setiawan, 1991) menyatakan bahwa simulasi adalah suatu proses merancang model dari

suatu sistem yang nyata dan bertujuan untuk memahami perilaku dari sistem sebenarnya.

3.15.1. Metode *Monte Carlo*

Monte Carlo merupakan salah satu metode simulasi yang didasarkan pada pembuatan ulang secara *artificial* dengan menggunakan himpunan bilangan acak, melakukannya berulang kali, dan langsung mengamati hasilnya. Simulasi *Monte Carlo* dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat berdasarkan data sampel, dengan kata lain melakukan percobaan berdasarkan sistem yang sama namun bekerja pada keadaan yang berbeda (Barreto & Howland, 2006).

Langkah-langkah dalam melakukan simulasi dengan metode *Monte Carlo* dalam teori antrian menggunakan *Microsoft Excel* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai maksimum dan minimum dari sekumpulan data.
2. Menentukan *range* atau jarak, yaitu selisih antara nilai maksimum dan minimum.
3. Menentukan banyak kelas dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$1 + 3.3 \log(n) \quad (3.67)$$

4. Menentukan lebar kelas, yaitu hasil bagi antara *range* dengan banyaknya kelas.
5. Menentukan selang interval setiap kelas berdasarkan hasil lebar kelas.
6. Menentukan jumlah frekuensi berdasarkan nilai dalam selang interval.
7. Menghitung distribusi probabilitas dengan membagi jumlah frekuensi dengan jumlah keseluruhan data.
8. Menghitung distribusi probabilitas kumulatif. Jika terdapat nilai distribusi probabilitas kumulatif yang sama, maka selang interval tersebut digabungkan.
9. Menentukan nilai tengah dengan menjumlahkan batas bawah dan batas atas interval lalu dibagi 2.
10. Menentukan interval untuk bilangan acak dengan menggunakan nilai distribusi probabilitas kumulatif.
11. Lakukan pembangkitan bilangan acak menggunakan perintah “=RAND()”
12. Agar bilangan acak tidak berubah-ubah, maka bilangan acak tersebut di “copy” lalu di “paste special value”.

13. Menentukan hasil simulasi dengan menggunakan perintah “=IF”.
 14. Ulangi langkah 11,12, dan 13 hingga beberapa kali.
 15. Menghitung rata-rata hasil simulasi, dimana rata-rata ini merupakan nilai rata-rata kedatangan (λ) dan rata-rata waktu pelayanan (μ) simulasi.
 16. Menghitung ukuran kinerja sistem antrian berdasarkan hasil λ dan μ simulasi.
- (Lianti, 2017).

Contoh 3.5

Misalkan rata-rata kedatangan pengunjung selama 20 hari adalah 25 pengunjung, kemudian dilakukan simulasi untuk mengetahui rata-rata pengunjung selama 20 hari ke depan. Berikut adalah hasil perhitungan simulasi dengan metode *Monte Carlo* menggunakan *Microsoft Excel*.

Tabel 3.5 Contoh Data Jumlah Pengunjung Selama 20 Hari

Data	13	28	43	26	43	42	8	49	13	37
	37	12	25	12	41	7	9	20	23	12

Menentukan nilai minimum, maksimum, jarak (*range*), banyaknya kelas, dan lebar kelas sebagai berikut.

- Nilai minimum = 7
- Nilai maksimum = 49
- *Range* = Nilai maksimum – Nilai minimum = 49 – 7 = 42
- Banyak kelas = $1 + 3.3 \log(n) = 1 + 3.3 \log(20) = 10.9 \approx 11$
- Lebar kelas = $\frac{Range}{Banyak\ Kelas} = \frac{42}{11} = 3.86 \approx 4$

Menentukan selang interval, frekuensi, distribusi frekuensi, distribusi frekuensi kumulatif, nilai tengah dan interval untuk simulasi. Berikut adalah hasil perhitungannya.

Tabel 3.6 Contoh Hasil Perhitungan

Selang	Frek	f(x)	F(x)	Nilai Tengah	Interval Simulasi
7-10	3	0.15	0.15	8.5	$0 \leq \text{bil. random} < 0.15$
11-18	3	0.15	0.3	14.5	$0.15 \leq \text{bil. random} < 0.30$
19-22	1	0.05	0.35	20.5	$0.30 \leq \text{bil. random} < 0.35$
23-26	3	0.15	0.5	24.5	$0.35 \leq \text{bil. random} < 0.50$
27-34	1	0.05	0.55	30.5	$0.50 \leq \text{bil. random} < 0.55$

Selang	Frek	f(x)	F(x)	Nilai Tengah	Interval Simulasi
35-38	2	0.1	0.65	36.5	$0.55 \leq \text{bil. random} < 0.65$
39-42	4	0.2	0.85	40.5	$0.65 \leq \text{bil. random} < 0.85$
43-46	2	0.1	0.95	44.5	$0.85 \leq \text{bil. random} < 0.95$
47-50	1	0.05	1	48.5	$0.95 \leq \text{bil. random} < 1$

Melakukan pembangkitan data acak sebanyak 3 kali, lalu dari hasil tersebut ditentukan nilai tengahnya dan kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai rata-rata kedatangan simulasi. Berikut adalah hasil pembangkitan data acak beserta nilai tengah dan rata-ratanya.

Tabel 3.7 Contoh Hasil Simulasi

Data Acak	Simulasi Jumlah Pengunjung	Data Acak	Simulasi Jumlah Pengunjung	Data Acak	Simulasi Jumlah Pengunjung
0.754729	40.5	0.038987	8.5	0.442467	24.5
0.440405	24.5	0.92084	44.5	0.403773	24.5
0.827911	40.5	0.89297	44.5	0.032046	8.5
0.020577	8.5	0.598561	36.5	0.362946	24.5
0.942775	44.5	0.558045	36.5	0.43365	24.5
0.30356	20.5	0.571716	36.5	0.326123	20.5
0.990308	48.5	0.385129	24.5	0.377453	24.5
0.539859	30.5	0.375129	24.5	0.778042	40.5
0.217925	14.5	0.14813	8.5	0.674588	40.5
0.475712	24.5	0.847647	40.5	0.177924	14.5
0.001114	8.5	0.011951	8.5	0.819532	40.5
0.514993	30.5	0.128573	8.5	0.997949	48.5
0.515404	30.5	0.301275	20.5	0.568668	36.5
0.108117	8.5	0.397087	24.5	0.710472	40.5
0.016415	8.5	0.31535	20.5	0.06551	8.5
0.024502	8.5	0.555452	36.5	0.685788	40.5
0.308075	20.5	0.244729	14.5	0.208861	14.5
0.756209	40.5	0.281894	14.5	0.107603	8.5
0.148979	8.5	0.233593	14.5	0.541137	30.5
0.846703	40.5	0.654362	40.5	0.795839	40.5
Rata-rata	25.1		25.4		27.8
Rata-rata Total	26.1				

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 3.7**, diperoleh rata-rata kedatangan pengunjung selama 20 hari ke depan berdasarkan hasil simulasi adalah 26 pengunjung.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pasien yang terkonfirmasi positif *Covid-19* dan pasien yang telah dinyatakan sembuh dari *Covid-19* di Kota Batam. Sampel pada penelitian ini adalah seluruh pasien yang terkonfirmasi positif *Covid-19* dan pasien yang telah dinyatakan sembuh dari *Covid-19* di Kota Batam dari tanggal 19 Maret 2020 hingga 31 Oktober 2020.

4.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah sakit rujukan pasien *Covid-19* Kota Batam, yakni RSKI Galang, RSUD Embung Fatimah, dan RS BP Batam. Waktu pengumpulan data dilaksanakan selama 5 hari, yakni pada tanggal 20 Oktober, 26 Oktober, 27 Oktober, 30 Oktober, dan 3 November 2020. Diperoleh data tentang pasien *Covid-19* di Kota Batam dari tanggal 19 Maret 2020 hingga 31 Oktober 2020.

4.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua peubah (variabel) dengan definisi operasional peubah (DOP) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Definisi Operasional Peubah

No	Nama Variabel	Kode	DOP	Satuan/ Skala	Contoh
1	Jumlah Kasus Baru <i>Covid-19</i>	x	Banyaknya yang terkonfirmasi positif <i>Covid-19</i> berdasarkan hasil <i>Swab RT-PCR</i>	orang Orang/ Nominal	Pasien <i>Covid-19</i> yang datang pada tanggal 14 Juni 2020 sebanyak 11 orang
2	Jumlah Kasus Sembuh <i>Covid-19</i>	y	Banyaknya pasien yang dapat dilayani atau telah dinyatakan	Orang/ Nominal	Pasien <i>Covid-19</i> yang dapat dilayani pada tanggal 14 Juni

No	Nama Variabel	Kode	DOP	Satuan/ Skala	Contoh
			dalam kondisi yang stabil dari gejala <i>Covid-19</i>		2020 sebanyak 11 orang

4.4. Teknik Sampling

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teori antrian dan simulasi *Monte Carlo*. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*. Menurut (Sugiyono, 2011), *purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada kriteria tertentu. Kriteria yang ditentukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kasus positif dan sembuh *Covid-19* periode Maret hingga Oktober karena kasus *Covid-19* pertama kali di Kota Batam terjadi pada tanggal 19 Maret 2020 serta pada periode September-Oktober dilakukan razia penggunaan masker.
2. Pasien yg terkonfirmasi positif *Covid-19* adalah pasien dengan penyakit penyerta maupun tanpa penyakit penyerta

4.5. Alat dan Cara Organisir Data

Alat yang digunakan dalam pengumpulan data adalah *observation non participant*. Cara yang dilakukan dalam memperoleh data yaitu mengamati data harian kasus positif dan kasus sembuh pasien *Covid-19* Kota Batam yang terdapat pada situs <https://lawancorona.batam.go.id/>, kemudian melakukan pengumpulan data dengan mengunduh dokumen data harian pasien *Covid-19*.

4.6. Tahapan Penelitian

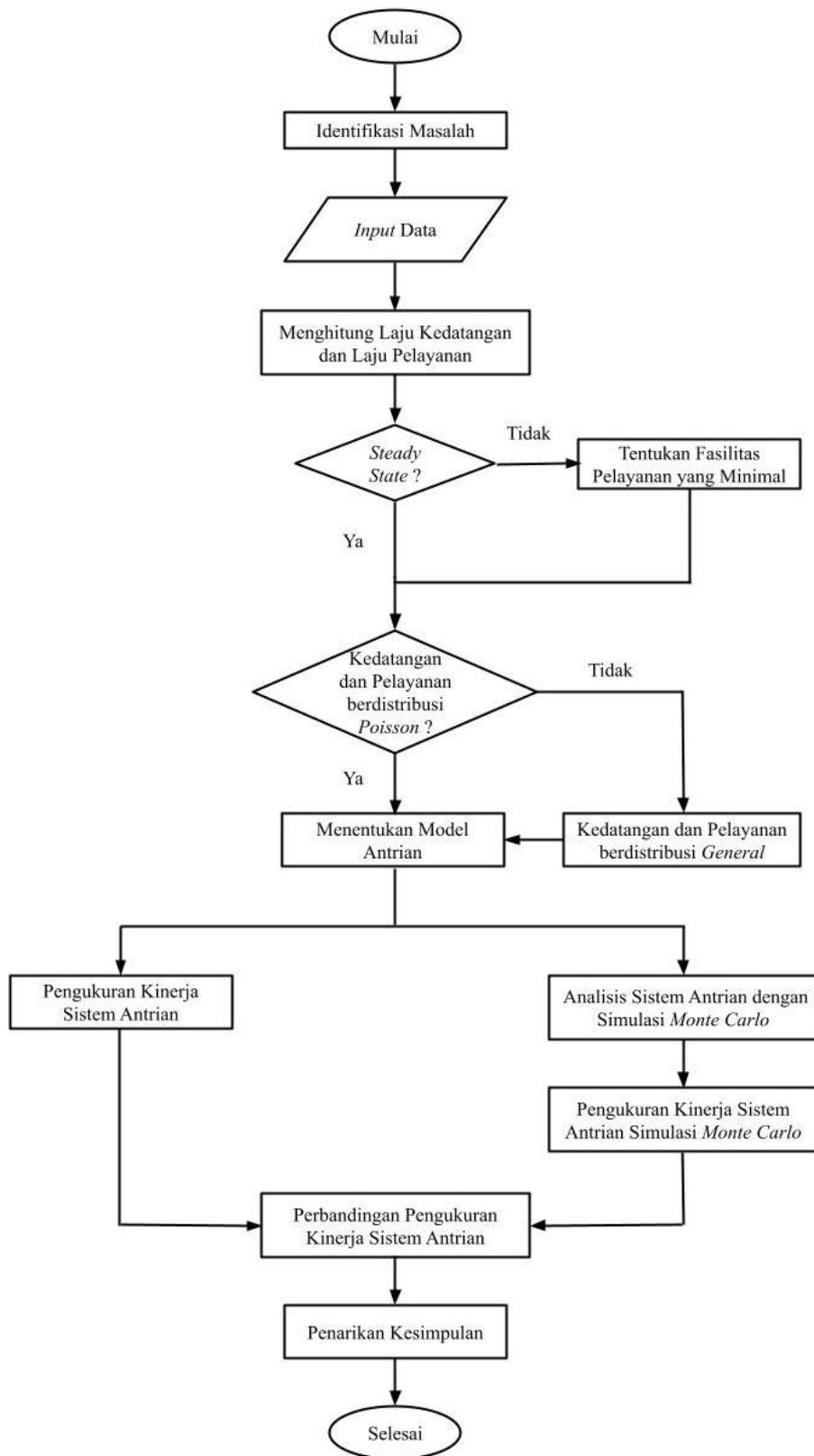
Tahapan penelitian yang dilakukan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Mencari referensi atau studi pustaka mengenai topik penelitian yaitu meliputi studi kasus dan metode yang digunakan. Studi kasus dalam penelitian ini *Covid-19* dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teori antrian dan simulasi *Monte Carlo*.
2. Melakukan pengumpulan data yaitu jumlah kedatangan pasien yang terkonfirmasi positif *Covid-19* dan jumlah pasien yang telah dinyatakan sembuh dari *Covid-19*. Data jumlah kedatangan merupakan jumlah pasien

terkonfirmasi positif *Covid-19* yang masuk antrian pada setiap harinya. Data jumlah pelayanan merupakan jumlah pasien yang dapat dilayani hingga dinyatakan sembuh dari *Covid-19* pada setiap harinya.

3. Menghitung laju kedatangan (λ) dan laju pelayanan (μ).
4. Melakukan perhitungan kondisi *steady state*.
5. Jika diperoleh kondisi *steady state*, maka tentukan jumlah fasilitas pelayanan yang minimal agar kondisi *steady state* terpenuhi.
6. Melakukan uji distribusi kedatangan dan pelayanan pasien *Covid-19* menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Jika hipotesis nol untuk distribusi kedatangan dan pelayanan diterima, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi *Poisson*. Jika hipotesis nol untuk distribusi kedatangan dan pelayanan ditolak, maka distribusi yang digunakan adalah *General*.
7. Menentukan model antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam.
8. Menghitung ukuran kinerja sistem antrian yang terdiri dari rata-rata waktu pengunjung menunggu dalam sistem (W_s), rata-rata waktu pengunjung menunggu dalam antrian (W_q), rata-rata jumlah pengunjung dalam sistem (L_s), rata-rata jumlah pengunjung menunggu dalam antrian (L_q), dan probabilitas tidak terdapat pengunjung dalam antrian (P_0).
9. Melakukan simulasi metode *Monte Carlo* menggunakan *Microsoft Excel* dengan mengikuti langkah-langkah dalam melakukan simulasi metode *Monte Carlo*.
 - a. Melakukan simulasi untuk satu tahun ke depan.
 - b. Melakukan pembangkitan bilangan acak pada distribusi kedatangan dan pelayanan masing-masing sebanyak 20 kali.
 - c. Menghitung laju kedatangan (λ) dan laju pelayanan (μ) berdasarkan hasil simulasi.
 - d. Menghitung ukuran kinerja sistem antrian berdasarkan nilai λ dan μ hasil simulasi.
10. Membandingkan kinerja sistem antrian dengan kinerja sistem antrian hasil simulasi.

Secara ringkas, tahapan penelitian dapat ditunjukkan pada *flowchart* berikut ini.



Gambar 4.1 *Flowchart* Penelitian

BAB V

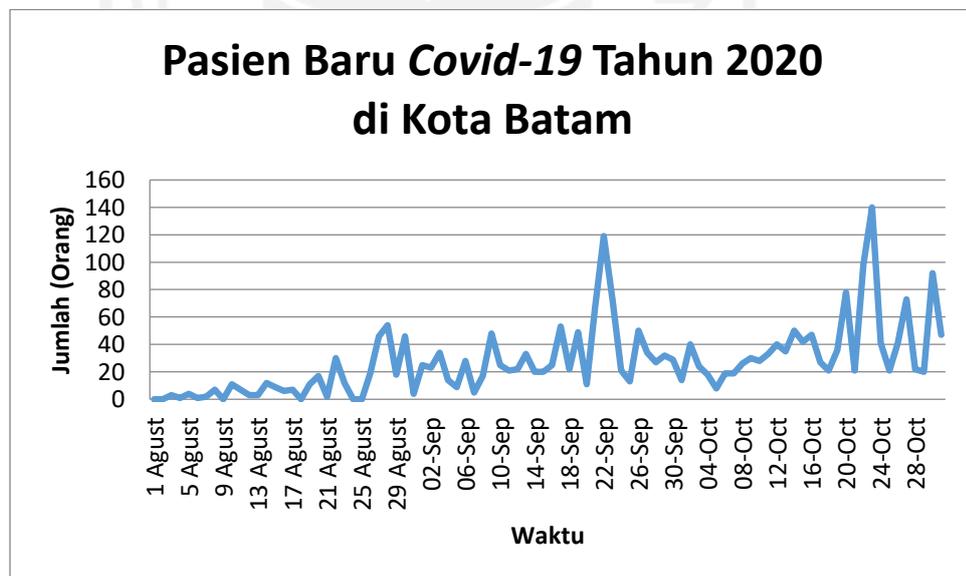
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, peneliti melakukan analisis teori antrian pada umumnya dan analisis antrian dengan metode simulasi *Monte Carlo* untuk mengetahui kondisi antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam selama 1 tahun.

5.1. Laju Kedatangan dan Pelayanan Pasien *Covid-19*

Banyaknya kasus baru *Covid-19* disebut dengan kedatangan pasien, sedangkan banyaknya kasus sembuh *Covid-19* disebut dengan pelayanan pasien.

Kedatangan pasien baru terjadi pada setiap harinya, sehingga peneliti melakukan penelitian pada setiap harinya selama 227 hari berturut-turut, dimulai dari kasus pasien *Covid-19* pertama kali di Kota Batam, yaitu pada tanggal 19 Maret 2020 hingga 31 Oktober 2020. Jumlah kedatangan pasien baru setiap harinya bervariasi, ada jumlah pasien baru mencapai puncak kedatangan dan terdapat pula tidak adanya penambahan pasien baru pada periode tersebut.



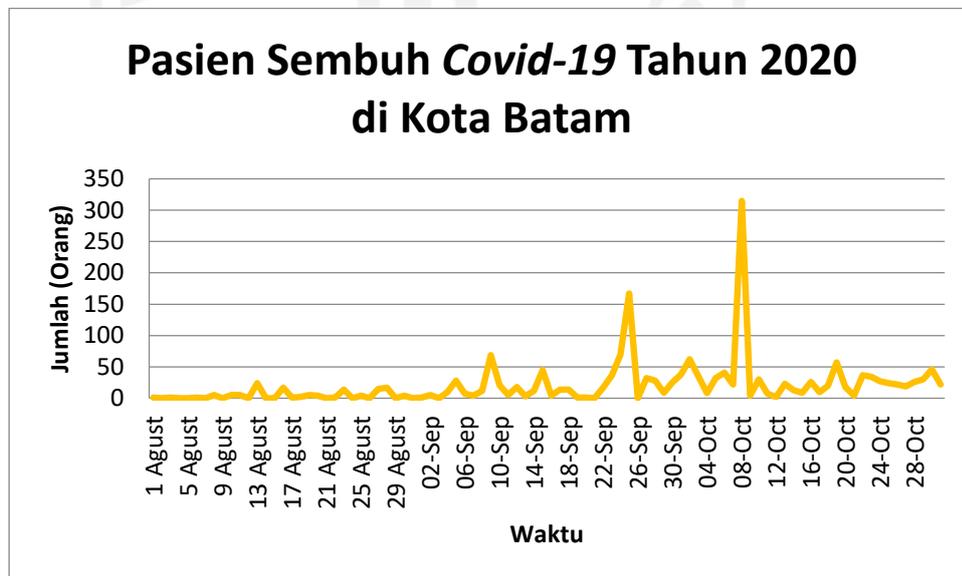
Gambar 5.1 Grafik Jumlah Pasien Baru *Covid-19*

Berdasarkan **Gambar 5.1** menunjukkan bahwa pada setiap harinya kedatangan pasien baru *Covid-19* bersifat fluktuatif. Pada periode Maret hingga pertengahan Juli 2020, jumlah pasien baru masih stabil rata-rata dibawah 20 orang, sedangkan pada akhir Juli hingga akhir Oktober 2020, jumlah pasien baru

mengalami fluktuatif, dimana jumlah pasien baru *Covid-19* mengalami puncak kedatangan pada pertengahan Oktober 2020.

Pada Agustus hingga September 2020, terjadi kenaikan kasus baru *Covid-19* secara terus menerus. Hal ini disebabkan karena masyarakat Kota Batam belum memiliki kesadaran untuk menerapkan protokol kesehatan salah satunya tidak menggunakan masker. Pada akhir September hingga awal Oktober 2020, kasus baru *Covid-19* mulai mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena Pemerintah Kota Batam melakukan razia masker, dimana para pelanggar yang terkena razia mendapatkan teguran dan membuat surat pernyataan tidak mengulanginya dan jika melanggar kembali, maka akan diberikan sanksi yang lebih berat yaitu sanksi sosial maupun administrasi (lawancorona.batam.go.id, di akses pada tanggal 26 Januari 2021).

Namun, pada pertengahan hingga akhir Oktober 2020 kasus baru *Covid-19* kembali melonjak naik. Hal ini disebabkan karena masyarakat Kota Batam kembali tidak menerapkan protokol kesehatan dengan tidak menggunakan masker. Pelanggar protokol kesehatan akan langsung di *rapid test* dan jika ditemukan hasil reaktif, maka akan langsung dibawa ke RSKI Pulau Galang (lawancorona.batam.go.id, di akses pada tanggal 26 Januari 2021)



Gambar 5.2 Grafik Jumlah Pasien Sembuh *Covid-19*

Berdasarkan **Gambar 5.2** menunjukkan bahwa pasien yang telah dinyatakan sembuh dari *Covid-19* tidak sefluktuatif dari kedatangan pasien *Covid-*

19 yang baru. Pada periode Maret hingga awal September 2020, jumlah pasien sembuh masih stabil rata-rata dibawah 50 orang, sedangkan pada awal September hingga akhir awal Oktober 2020, jumlah pasien sembuh mengalami fluktuatif, dimana jumlah pasien sembuh dari *Covid-19* mengalami puncak kesembuhan pada awal Oktober 2020. Hal ini disebabkan karena pasien meningkatkan imunitas tubuh dengan rajin berolahraga, menerapkan hidup sehat dan bersih dan tetap menerapkan protokol kesehatan (lawancorona.batam.go.id, di akses pada tanggal 26 Januari 2021). Namun, pada pertengahan hingga akhir Oktober 2020 mengalami penurunan jumlah kasus sembuh *Covid-19* yang ekstrim. Hal ini disebabkan karena pada periode tersebut mengalami lonjakan kembali kasus baru *Covid-19*.

Dengan demikian, masyarakat harus tetap menerapkan protokol kesehatan yang dapat menekan laju jumlah kasus *Covid-19* dan meningkatkan jumlah kasus sembuh *Covid-19*. Hal ini dapat dibuktikan bahwa ketika akhir September hingga awal Oktober 2020 dilakukan razia protokol kesehatan berupa pemakaian masker, jumlah kasus baru *Covid-19* menurun sedangkan jumlah pasien *Covid-19* yang sembuh meningkat.

Selanjutnya, melakukan perhitungan laju kedatangan (λ) dan pelayanan (μ) pasien *Covid-19* menggunakan **persamaan (3.12)**.

$$\lambda = \frac{\text{jumlahkasusbaru per hari}}{\text{jumlahhari}} = \frac{1 + 2 + \dots + 140}{227} = \frac{2,887}{227} = 12.72 \text{ orang/hari}$$

$$\mu = \frac{\text{jumlahkasussembuh per hari}}{\text{jumlahhari}} = \frac{1 + \dots + 315}{227} = \frac{2,099}{227} = 9.25 \text{ orang/hari}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat diprediksi bahwa di Kota Batam dalam kurun waktu 100 hari terdapat 1,272 orang yang terkonfirmasi positif *Covid-19*, sedangkan jumlah pasien *Covid-19* yang sembuh sebanyak 925 orang. Artinya, jumlah pasien yang sembuh masih dibawah dari jumlah yang terkonfirmasi positif *Covid-19*.

5.2. Ukuran *Steady State*

Ukuran *steady state* dapat dihitung dengan menggunakan **persamaan (3.30)**. Pada studi kasus ini, rata-rata pasien yang dapat dilayani oleh tenaga kesehatan di 3 rumah sakit Kota Batam, sehingga:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\lambda}{3\mu} \\ &= \frac{12.72}{9.25} = 1.38\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan fasilitas pelayanan memiliki nilai $\rho > 1$, sehingga *steady state* tidak terpenuhi. Artinya, rata-rata kedatangan pasien *Covid-19* melebihi rata-rata pasien *Covid-19* yang dapat dilayani oleh rumah sakit Kota Batam.

Dengan demikian perlu dilakukan simulasi fasilitas pelayanan yang minimal agar kondisi *steady state* terpenuhi, namun terlebih dahulu menghitung laju pelayanan pada 1 fasilitas pelayanan atau *server*.

$$\mu = \frac{9.25}{3} = 3.08$$

Berdasarkan perhitungan di atas menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 100 hari setiap rumah sakit dapat melayani pasien *Covid-19* sebanyak 308 orang.

Tabel 5.1 Menghitung Fasilitas Pelayanan yang Minimal

Jumlah Fasilitas Pelayanan	Laju Pelayanan (μ)	<i>Steady State</i> (ρ)
4	$c\mu = 4 \times 3.08 = 12.33$	$\frac{12.72}{12.33} = 1.03$
5	$c\mu = 5 \times 3.08 = 15.41$	$\frac{12.72}{15.41} = 0.83$

Berdasarkan perhitungan fasilitas pelayanan minimal pada **Tabel 5.1** menunjukkan bahwa jumlah fasilitas pelayanan yang minimal agar kondisi *steady state* terpenuhi adalah sebanyak 5 rumah sakit. Hal ini dapat diketahui jika terdapat 5 rumah sakit artinya $\lambda < \mu$ atau $\rho < 1$, sehingga rata-rata kedatangan pasien *Covid-19* tidak melebihi rata-rata pasien *Covid-19* yang dapat dilayani oleh rumah sakit Kota Batam.

5.3. Uji Kesesuaian Distribusi

5.3.1. Uji Distribusi Kedatangan

Kedatangan diasumsikan mengikuti distribusi *Poisson*, sehingga akan dilakukan pengujian apakah laju kedatangan pasien baru *Covid-19* di Kota Batam mengikuti distribusi *Poisson* atau tidak. Pengujian distribusi dilakukan dengan

menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* pada persamaan (3.27). Berikut ini merupakan pengujian distribusi kedatangan pasien baru *Covid-19*.

1. Hipotesis

H_0 : Jumlah kedatangan pasien baru *Covid-19* berdistribusi *Poisson*

H_1 : Jumlah kedatangan pasien baru *Covid-19* tidak berdistribusi *Poisson*

2. Tingkat Signifikansi

$$\alpha = 0.05$$

3. Daerah Kritis

Tolak H_0 jika $D > D^*(\alpha)$

4. Statistik Uji

Tabel 5.2 Uji Distribusi Kedatangan

Kedatangan Pasien	D	Kedatangan Pasien	D	Kedatangan Pasien	D
0	0.295151	19	0.206747	40	0.092511
1	0.396435	20	0.208645	41	0.0837
2	0.449056	21	0.195774	42	0.079295
3	0.505299	22	0.187851	46	0.070485
4	0.541684	23	0.186374	47	0.061674
5	0.573033	24	0.18352	48	0.057269
6	0.57306	25	0.166688	49	0.052863
7	0.563116	26	0.162669	50	0.044053
8	0.521093	27	0.15404	53	0.039648
9	0.466869	28	0.145312	54	0.035242
10	0.379888	29	0.140943	67	0.030837
11	0.305049	30	0.132148	73	0.022026
12	0.206248	32	0.127752	78	0.017621
13	0.10986	33	0.118942	92	0.013216
14	0.019087	34	0.110132	98	0.008811
17	0.173916	35	0.105727	119	0.004405
18	0.196198	36	0.101322	140	0

Diperoleh nilai D_{max} adalah 0.57306 dan nilai $D^*(0.05) = \frac{1.35}{\sqrt{227}} = 0.0896$

5. Keputusan

Tolak H_0 , karena $D = 0.57306 > D^*(0.05) = 0.0896$

6. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan uji distribusi pada **Tabel 5.2** dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kedatangan pasien baru *Covid-19* tidak berdistribusi *Poisson*.

5.3.2. Uji Distribusi Pelayanan

Pelayanan pasien diasumsikan mengikuti distribusi *Poisson*, sehingga akan dilakukan pengujian apakah laju pelayanan pasien *Covid-19* di Kota Batam mengikuti distribusi *Poisson* atau tidak.

1. Hipotesis

H_0 : Jumlah pelayanan pasien *Covid-19* berdistribusi *Poisson*

H_1 : Jumlah pelayanan pasien *Covid-19* tidak berdistribusi *Poisson*

2. Tingkat Signifikansi

$$\alpha = 0.05$$

3. Daerah Kritis

Tolak H_0 jika $D > D^*(\alpha)$

4. Statistik Uji

Tabel 5.3 Uji Distribusi Pelayanan

Pelayanan Pasien	D	Pelayanan Pasien	D	Pelayanan Pasien	D
0	0.444838	17	0.147249	36	0.048458
1	0.527649	18	0.142128	37	0.044053
2	0.563185	19	0.139519	38	0.039648
3	0.576939	20	0.135945	41	0.035242
4	0.596079	21	0.131905	45	0.030837
5	0.585894	22	0.118843	46	0.026432
6	0.519898	23	0.1145	57	0.022026
7	0.431431	24	0.105713	62	0.017621
8	0.312483	25	0.101317	69	0.013216
9	0.198797	26	0.092509	70	0.008811
10	0.090554	27	0.088105	167	0.004405
11	0.014849	28	0.079295	315	0
12	0.050665	30	0.070485		
13	0.102279	32	0.061674		
14	0.126076	34	0.057269		
15	0.144495	35	0.052863		

Diperoleh nilai D_{max} adalah 0.596079 dan nilai

$$D^*(0.05) = \frac{1.35}{\sqrt{227}} = 0.0896$$

5. Keputusan

Tolak H_0 , karena $D = 0.596079 > D^*(0.05) = 0.0896$

6. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan uji distribusi pada **Tabel 5.3** dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa laju pelayanan pasien *Covid-19* tidak berdistribusi *Poisson*.

Berdasarkan pengujian kesesuaian distribusi diperoleh bahwa laju kedatangan dan pelayanan pasien *Covid-19* tidak berdistribusi *Poisson*, sehingga asumsi $(M/M/c):(FIFO/\infty/\infty)$ tidak terpenuhi, maka akan menggunakan distribusi *General*.

5.4. Model Antrian

Berdasarkan hasil dan analisis pengujian distribusi kedatangan dan pelayanan pada sistem antrian penanganan pasien *Covid-19* di Kota Batam, diperoleh bahwa distribusi kedatangan pasien baru *Covid-19* dan pelayanan pasien *Covid-19* tidak berdistribusi *Poisson* dan diasumsikan berdistribusi *General*. Disiplin antrian yang diterapkan pada sistem antrian tersebut adalah FIFO, yaitu pasien *Covid-19* yang datang pertama maka pertama juga akan dilayani. Kapasitas pasien dalam sistem dan jumlah populasi tidak terbatas. Penanganan pasien *Covid-19* di Kota Batam memiliki 3 fasilitas pelayanan atau 3 rumah sakit rujukan.

Berdasarkan analisis sistem antrian, diperoleh bahwa model antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam yaitu $(G/G/3):(FIFO/\infty/\infty)$ dengan struktur antrian yang diterapkan adalah *Multi Channel-Single Phase*, yaitu terdapat 3 fasilitas pelayanan yaitu 3 rumah sakit rujukan dengan 1 fase saja yaitu mulai dari seseorang terkonfirmasi positif *Covid-19* hingga pasien dinyatakan sembuh dari *Covid-19*. Namun sebelumnya, jika menggunakan 3 fasilitas pelayanan, kondisi *steady state* belum terpenuhi, sehingga penulis merekomendasikan menggunakan minimal harus terdapat 5 fasilitas pelayanan (rumah sakit) berdasarkan hasil perhitungan fasilitas pelayanan yang minimal pada **Tabel 5.1**. Maka model antrian yang digunakan adalah $(G/G/5):(FIFO/\infty/\infty)$ untuk menggambarkan kondisi antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam jika terdapat 5 rumah sakit rujukan.

5.5. Pengukuran Kinerja Sistem Antrian

Sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam menggunakan model antrian $(G/G/c):(FIFO/\infty/\infty)$, sehingga pengukuran kinerja sistem antrian menggunakan rumus dari model antrian tersebut. Pengukuran kinerja sistem antrian meliputi menghitung nilai probabilitas tidak terdapat pasien *Covid-19* (P_0), rata-rata jumlah pasien *Covid-19* dalam antrian (L_q), rata-rata jumlah pasien *Covid-19* dalam sistem (L_s), rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu dalam antrian (W_q), dan rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu dalam sistem (W_s).

1. Probabilitas tidak terdapat pasien *Covid-19* (P_0) menggunakan **persamaan (3.52)**.

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^4 \frac{\left(\frac{12.72}{3.08}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{12.72}{3.08}\right)^5}{5!} \left(\frac{5 \times 3.08}{5 \times 3.08 - 12.72} \right) \right\}^{-1}$$

$$P_0 = \left\{ \left[\frac{\left(\frac{12.72}{3.08}\right)^0}{0!} + \frac{\left(\frac{12.72}{3.08}\right)^1}{1!} + \dots + \frac{\left(\frac{12.72}{3.08}\right)^4}{4!} \right] + \frac{\left(\frac{12.72}{3.08}\right)^5}{5!} \left(\frac{5 \times 3.08}{5 \times 3.08 - 12.72} \right) \right\}^{-1}$$

$$P_0 = 0.0106$$

Diperoleh probabilitas tidak terdapat pasien *Covid-19* sebesar 0.0106 yang menunjukkan bahwa ketika Pemerintah Kota Batam menyediakan minimal 5 rumah sakit, peluang tidak terdapat pasien *Covid-19* sangat kecil.

2. Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan (L_q) menggunakan **persamaan (3.62)**. Namun sebelumnya menghitung (L_q) pada model antrian $(M/M/5)$ menggunakan **persamaan (3.58)**.

$$L_{q(M/M/5)} = 0.0106 \times \frac{1}{5 \times 5 \times \left(1 - \left(\frac{12.72}{5 \times 3.08} \right) \right)^2} \times \left(\frac{12.72}{3.08} \right)^{5+1}$$

$$= 2.85$$

$$L_q = 2.85 \times \frac{(3.08)^2 \times \left(\frac{1}{3.08^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{12.72^2}\right)^2 \times (12.72)^2}{2}$$

$$L_q = 0.159$$

Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang menunggu untuk mendapatkan perawatan atau seseorang yang telah terkonfirmasi positif *Covid-19* namun belum mendapatkan perawatan di Kota Batam adalah 0 – 1 orang.

3. Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang sedang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan (L_s) menggunakan **persamaan (3.64)**.

$$L_s = 0.16 + \left(\frac{12.72}{3.08}\right)$$

$$L_s = 4.285$$

Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang sedang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan atau jumlah pasien *Covid-19* yaitu pasien yang belum dirawat dan sudah dirawat di Kota Batam sebanyak 4 – 5 orang.

4. Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan (W_q) menggunakan **persamaan (3.65)**.

$$W_q = \frac{0.11}{12.72}$$

$$W_q = 0.013$$

Rata-rata waktu pasien *Covid-19* di Kota Batam menunggu untuk mendapatkan perawatan adalah 0.013 hari = 0.2998 jam = 17.99 menit.

5. Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan sampai dinyatakan kondisi yang cukup membaik (W_s) menggunakan **persamaan (3.66)**.

$$W_s = 0.013 + \frac{1}{3.08}$$

$$W_s = 0.337$$

Rata-rata waktu pasien *Covid-19* di Kota Batam menunggu untuk mendapatkan perawatan sampai dinyatakan kondisi yang cukup membaik adalah 0.337 hari = 8.086 jam.

5.6. Penerapan Simulasi *Monte Carlo*

Penerapan simulasi *Monte Carlo* bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibangun berdasarkan data sampel dapat bekerja pada keadaan yang berbeda. Pada penelitian ini akan melakukan simulasi untuk memprediksi sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam selama satu tahun ke depan terhitung sejak November 2020 – November 2021, apakah pada periode tersebut antrian pasien *Covid-19* sudah lebih baik atau belum dibandingkan antrian pasien *Covid-19* pada periode Maret – Oktober 2020.

Berdasarkan data sampel akan menghitung nilai minimum, maksimum, jarak (*range*), banyak kelas, dan lebar kelas pada kedatangan dan pelayanan pasien.

Tabel 5.4 Perhitungan *Min*, *Max*, *Range*, Banyak dan Lebar Kelas

	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Range</i>	Banyak Kelas	Lebar Kelas
Kedatangan	0	140	140	18.9	$7.4 \approx 7$
Pelayanan	0	315	315	18.9	$16.6 \approx 17$

Selanjutnya, menentukan selang interval, frekuensi, distribusi frekuensi, distribusi frekuensi kumulatif, nilai tengah dan interval untuk simulasi. Berikut adalah hasil perhitungannya.

Tabel 5.5 Distribusi Frekuensi Kedatangan

Selang	Frek	f(x)	F(x)	Nilai Tengah	Interval Simulasi
0-6	137	0.6035	0.6035	3	$0 \leq \text{bil. random} < 0.6035$
7-13	25	0.1101	0.7137	10	$0.6035 \leq \text{bil. random} < 0.7137$
14-20	13	0.0573	0.7709	17	$0.7137 \leq \text{bil. random} < 0.7709$
21-27	17	0.0749	0.8458	24	$0.7709 \leq \text{bil. random} < 0.8458$
28-34	10	0.0441	0.8899	31	$0.8458 \leq \text{bil. random} < 0.8899$
35-41	6	0.0264	0.9163	38	$0.8899 \leq \text{bil. random} < 0.9163$
42-48	6	0.0264	0.9427	45	$0.9163 \leq \text{bil. random} < 0.9427$
49-62	5	0.0220	0.9648	55.5	$0.9427 \leq \text{bil. random} < 0.9648$
63-69	1	0.0044	0.9692	66	$0.9648 \leq \text{bil. random} < 0.9692$
70-76	2	0.0088	0.9780	73	$0.9692 \leq \text{bil. random} < 0.9780$
77-90	1	0.0044	0.9824	83.5	$0.9780 \leq \text{bil. random} < 0.9824$
91-97	1	0.0044	0.9868	94	$0.9824 \leq \text{bil. random} < 0.9868$
98-118	1	0.0044	0.9912	108	$0.9868 \leq \text{bil. random} < 0.9912$
119-139	1	0.0044	0.9956	129	$0.9912 \leq \text{bil. random} < 0.9956$
140-146	1	0.0044	1	143	$0.9956 \leq \text{bil. random} < 1.0000$

Tabel 5.6 Distribusi Frekuensi Pelayanan

Selang	Frek	f(x)	F(x)	Nilai Tengah	Interval Simulasi
0-16	188	0.8282	0.8282	8	$0 \leq \text{bil. random} < 0.8282$
17-33	25	0.1101	0.9383	25	$0.8282 \leq \text{bil. random} < 0.9383$
34-50	8	0.0352	0.9736	42	$0.9383 \leq \text{bil. random} < 0.9736$
51-67	2	0.0088	0.9824	59	$0.9736 \leq \text{bil. random} < 0.9824$
68-152	2	0.0088	0.9912	110	$0.9824 \leq \text{bil. random} < 0.9912$
153-305	1	0.0044	0.9956	229	$0.9912 \leq \text{bil. random} < 0.9956$
306-322	1	0.0044	1	314	$0.9956 \leq \text{bil. random} < 1$

Selanjutnya melakukan pembangkitan data acak sebanyak 20 kali. Berikut adalah hasil dari pembangkitan acak.

Tabel 5.7 Pembangkitan Data Acak pada Kedatangan

No.	Data Acak ke-1	Simulasi Jumlah Kasus Baru	...	Data Acak ke-20	Simulasi Jumlah Kasus Baru
1	0.476124	3	...	0.983902	143
2	0.517073	3	...	0.644526	10
3	0.605499	10	...	0.000395	3
4	0.940214	45	...	0.367886	3
5	0.95399	55.5	...	0.667442	10
6	0.8943	38	...	0.177046	3
7	0.392722	3	...	0.487817	3
8	0.807981	24	...	0.686588	10
9	0.056478	3	...	0.431086	3
10	0.829969	24	...	0.849405	31
...
365	0.934858	45	...	0.331542	3

Tabel 5.8 Pembangkitan Data Acak pada Pelayanan

No.	Data Acak ke-1	Simulasi Jumlah Kasus Sembuh	...	Data Acak ke-20	Simulasi Jumlah Kasus Sembuh
1	0.11935	8	...	0.70627	8
2	0.687839	8	...	0.750182	8
3	0.28116	8	...	0.194052	8
4	0.899659	25	...	0.659813	8
5	0.677333	8	...	0.988618	110
6	0.463652	8	...	0.526158	8
7	0.437761	8	...	0.304132	8
8	0.465673	8	...	0.569726	8
9	0.601355	8	...	0.561469	8
10	0.853021	25	...	0.372558	8
...
365	0.793599	8	...	0.553584	8

Hasil pembangkitan data acak untuk kedatangan dan pelayanan selengkapya terdapat pada **Lampiran 5** dan **Lampiran 6**.

Kemudian menghitung rata-rata kedatangan dan pelayanan hasil simulasi menggunakan hasil simulasi jumlah kasus baru dan kasus sembuh pada setiap perulangan.

$$\lambda_1 = \frac{\text{jumlah kasus baru per hari}}{\text{jumlah hari}} = \frac{3 + \dots + 45}{365} = \frac{5,116.5}{365} = 14.02 \text{ orang/hari}$$

...

$$\lambda_{20} = \frac{\text{jumlah kasus baru per hari}}{\text{jumlah hari}} = \frac{143 + \dots + 3}{365} = \frac{4,931}{365} = 13.51 \text{ orang/hari}$$

$$\mu_1 = \frac{\text{jumlah kasus sembuh per hari}}{\text{jumlah hari}} = \frac{8 + \dots + 8}{365} = \frac{5,045}{365} = 13.82 \text{ orang/hari}$$

...

$$\mu_{20} = \frac{\text{jumlah kasus sembuh per hari}}{\text{jumlah hari}} = \frac{8 + \dots + 8}{365} = \frac{5,453}{365} = 14.94 \text{ orang/hari}$$

Setelah diperoleh laju kedatangan (λ) dan pelayanan (μ) setiap perulangan, lalu dirata-ratakan kembali sehingga diperoleh laju kedatangan (λ) dan pelayanan (μ) pasien *Covid-19* hasil simulasi sebanyak 20 kali perulangan adalah sebagai berikut:

$$\lambda_{\text{simulasi}} = \frac{\text{Rata-rata kasus baru setiap perulangan}}{\text{jumlah perulangan}}$$

$$\lambda_{\text{simulasi}} = \frac{14.02 + \dots + 13.51}{20} = \frac{287.46}{20} = 14.37 \text{ orang/hari}$$

$$\mu_{\text{simulasi}} = \frac{\text{Rata-rata kasus sembuh setiap perulangan}}{\text{jumlah perulangan}}$$

$$\mu_{\text{simulasi}} = \frac{13.82 + \dots + 14.94}{20} = \frac{287.66}{20} = 14.38 \text{ orang/hari}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil bahwa dalam kurun waktu 100 hari kedatangan pasien baru *Covid-19* (λ) simulasi adalah 1,437 orang, sedangkan pasien *Covid-19* yang dapat dilayani (μ) simulasi adalah 1,438 orang, sehingga kondisi *steady state* terpenuhi karena $\lambda < \mu$ atau $\rho < 1$. Artinya rata-rata kedatangan pasien *Covid-19* tidak melebihi rata-rata pasien *Covid-19* yang dapat

dilayani oleh rumah sakit Kota Batam. Hal ini juga menunjukkan bahwa selama satu tahun ke depan, pemerintah Kota Batam minimal cukup menyediakan 3 rumah sakit sebagai fasilitas pelayanan bagi pasien *Covid-19* yang sebelumnya harus menyediakan minimal 5 rumah sakit. Hal ini menunjukkan bahwa kasus *Covid-19* di Kota Batam sudah mulai menurun dengan asumsi bahwa perilaku *Covid-19* sama (tidak bermutasi, dan lain-lain).

5.7. Uji Kesesuaian Distribusi Simulasi

5.7.1. Uji Distribusi Kedatangan Simulasi

Kedatangan diasumsikan mengikuti distribusi *Poisson*, sehingga akan dilakukan pengujian apakah laju kedatangan pasien baru *Covid-19* berdasarkan hasil simulasi di Kota Batam mengikuti distribusi *Poisson* atau tidak. Pengujian distribusi dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* pada persamaan (3.27). Berikut ini merupakan pengujian distribusi kedatangan pasien baru *Covid-19*.

1. Hipotesis

H_0 : Jumlah kedatangan pasien baru *Covid-19* simulasi berdistribusi *Poisson*

H_1 : Jumlah kedatangan pasien baru *Covid-19* simulasi tidak berdistribusi *Poisson*

2. Tingkat Signifikansi

$$\alpha = 0.05$$

3. Daerah Kritis

Tolak H_0 jika $D > D^*(\alpha)$

4. Statistik Uji

Tabel 5.9 Uji Distribusi Kedatangan Simulasi

Kedatangan Pasien	D	Kedatangan Pasien	D	Kedatangan Pasien	D
4.75	0.001367	9.65	0.082336	12.625	0.076963
5.45	0.003914	9.825	0.090555	12.8	0.093401
5.8	0.012133	10	0.036606	12.975	0.10436
6.15	0.007848	10.175	0.044826	13.15	0.028992
6.325	0.010588	10.35	0.050305	13.325	0.037211
6.5	0.021547	10.525	0.064004	13.5	0.056389
6.85	0.029766	10.7	0.083182	13.675	0.070088
7.2	0.023566	10.875	0.085921	13.85	0.083786
7.55	0.042744	11.05	0.024725	14.025	0.005703

Kedatangan Pasien	D	Kedatangan Pasien	D	Kedatangan Pasien	D
7.9	0.061922	11.225	0.043903	14.2	0.024881
8.25	0.049719	11.4	0.054862	14.375	0.03584
8.6	0.063418	11.575	0.063081	14.55	0.046798
8.775	0.068897	11.75	0.082259	14.725	0.057757
8.95	0.085336	11.925	0.090478	14.9	0.076935
9.125	0.04672	12.1	0.022168	15.075	0.021376
9.3	0.063158	12.275	0.035867	15.25	0.013157
9.475	0.068637	12.45	0.068743	15.425	0.007677
15.6	0.014241	18.925	0.019956	22.425	0.035837
15.775	0.02246	19.1	0.058057	22.6	0.030357
15.95	0.036159	19.275	0.052577	23.125	0.034172
16.125	0.040899	19.45	0.047098	23.475	0.031432
16.3	0.010762	19.625	0.038879	23.825	0.025953
16.475	0.002936	19.8	0.033399	24	0.028778
16.65	0.011156	19.975	0.02792	24.525	0.023298
17	0.060081	20.15	0.052982	25.225	0.023757
17.175	0.054601	20.325	0.047503	25.4	0.021017
17.35	0.049122	20.675	0.042023	25.75	0.018278
17.525	0.038163	20.85	0.039283	26.625	0.017306
17.7	0.032684	21.025	0.059317	27.85	0.015507
17.875	0.024464	21.2	0.048359	28.025	0.01325
18.05	0.072011	21.55	0.040139	28.9	0.007771
18.225	0.058312	21.725	0.03466	29.25	0.00253
18.4	0.050093	21.9	0.02918	33.625	7.4E-06
18.575	0.041874	22.075	0.041316		
18.75	0.025435	22.25	0.038576		

Diperoleh nilai D_{max} adalah 0.10436 dan nilai

$$D^*(0.05) = \frac{1.35}{\sqrt{365}} = 0.070662$$

5. Keputusan

Tolak H_0 , karena $D = 0.10436 > D^*(0.05) = 0.070662$

6. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan uji distribusi pada **Tabel 5.9** dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kedatangan pasien baru *Covid-19* simulasi tidak berdistribusi *Poisson*.

5.7.2. Uji Distribusi Pelayanan Simulasi

Pelayanan pasien diasumsikan mengikuti distribusi *Poisson*, sehingga akan dilakukan pengujian apakah laju pelayanan pasien *Covid-19* di Kota Batam mengikuti distribusi *Poisson* atau tidak.

1. Hipotesis

H_0 : Jumlah pelayanan pasien *Covid-19* simulasi berdistribusi *Poisson*

H_1 : Jumlah pelayanan pasien *Covid-19* simulasi tidak berdistribusi *Poisson*

2. Tingkat Signifikansi

$$\alpha = 0.05$$

3. Daerah Kritis

Tolak H_0 jika $D > D^*(\alpha)$

4. Statistik Uji

Tabel 5.10 Uji Distribusi Pelayanan Simulasi

Pelayanan Pasien	D	Pelayanan Pasien	D	Pelayanan Pasien	D
8	0.021255	16.5	0.04768	25	0.0703
8.85	0.052717	17.35	0.009998	25.85	0.045643
9.7	0.115625	18.2	0.044	26.7	0.028247
10.55	0.157748	19.05	0.071292	27.55	0.015497
11.4	0.209062	19.9	0.068552	28.4	0.013245
12.25	0.19296	20.75	0.085525	29.25	0.008007
13.1	0.167005	21.6	0.078267	38.6	0.005479
13.95	0.235499	22.45	0.087742	39.45	0.00274
14.8	0.193059	23.3	0.086133	54.75	0
15.65	0.111142	24.15	0.078037		

Diperoleh nilai D_{max} adalah 0.235499 dan nilai

$$D^*(0.05) = \frac{1.35}{\sqrt{365}} = 0.070662$$

5. Keputusan

Tolak H_0 , karena $D = 0.235499 > D^*(0.05) = 0.070662$

6. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan uji distribusi pada **Tabel 5.10** dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa laju pelayanan pasien *Covid-19* simulasi tidak berdistribusi *Poisson*.

Berdasarkan pengujian kesesuaian distribusi diperoleh bahwa laju kedatangan dan pelayanan pasien *Covid-19* simulasi tidak berdistribusi *Poisson*,

sehingga asumsi $(M/M/c):(FIFO/\infty/\infty)$ tidak terpenuhi, maka akan menggunakan distribusi *General*.

5.8. Pengukuran Kinerja Sistem Antrian Simulasi

Sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam berdasarkan hasil simulasi menggunakan model antrian $(G/G/c):(FIFO/\infty/\infty)$, sehingga pengukuran kinerja sistem antrian menggunakan rumus dari model antrian tersebut. Jumlah *server* atau rumah sakit yang dipilih adalah 3 sesuai dengan hasil dari λ dan μ simulasi.

Pengukuran kinerja sistem antrian meliputi menghitung nilai probabilitas tidak terdapat pasien *Covid-19* (P_0), rata-rata jumlah pasien *Covid-19* dalam antrian (L_q), rata-rata jumlah pasien *Covid-19* dalam sistem (L_s), rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu dalam antrian (W_q), dan rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu dalam sistem (W_s) berdasarkan hasil simulasi.

1. Probabilitas tidak terdapat pasien *Covid-19* (P_0) menggunakan **persamaan (3.52)**.

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^2 \frac{\left(\frac{14.37}{4.79}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{14.37}{4.79}\right)^3}{3!} \left(\frac{3 \times 14.38}{3 \times 14.38 - 14.37} \right) \right\}^{-1}$$

$$P_0 = \left(\left[\frac{\left(\frac{14.37}{4.79}\right)^0}{0!} + \dots + \frac{\left(\frac{14.37}{4.79}\right)^2}{2!} \right] + \frac{\left(\frac{14.37}{4.79}\right)^3}{3!} \left(\frac{3 \times 14.38}{3 \times 14.38 - 14.37} \right) \right)^{-1}$$

$$P_0 = 0.114$$

Diperoleh probabilitas tidak terdapat pasien *Covid-19* sebesar 0.114 yang menunjukkan bahwa ketika Pemerintah Kota Batam menyediakan minimal 3 rumah sakit, peluang tidak terdapat pasien *Covid-19* masih kecil, namun mengalami peningkatan peluang tidak terdapat pasien *Covid-19* dari periode Maret- Oktober 2020.

2. Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan (L_q) menggunakan **persamaan (3.62)**. Namun sebelumnya menghitung (L_q) pada model antrian ($M / M / 3$) menggunakan **persamaan (3.58)**.

$$L_{q(M/M/3)} = 0.364 \times \frac{1}{3 \times 3 \times \left(1 - \left(\frac{14.37}{3 \times 4.79}\right)\right)^2} \times \left(\frac{14.37}{4.79}\right)^{3+1}$$

$$= 2.062$$

$$L_q = 2.062 \times \frac{(4.79)^2 \times \left(\frac{1}{4.79^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{14.37^2}\right)^2 \times (14.37)^2}{2}$$

$$L_q = 0.05$$

Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang menunggu untuk mendapatkan perawatan atau seseorang yang telah terkonfirmasi positif *Covid-19* namun belum mendapatkan perawatan di Kota Batam adalah 0 – 1 orang.

3. Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang sedang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan (L_s) menggunakan **persamaan (3.64)**.

$$L_s = 0.05 + \left(\frac{14.37}{4.79}\right)$$

$$L_s = 3.05$$

Rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang sedang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan atau jumlah pasien *Covid-19* yaitu pasien yang belum dirawat dan sudah dirawat di Kota Batam sebanyak 3 – 4 orang.

4. Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan (W_q) menggunakan **persamaan (3.65)**.

$$W_q = \frac{0.05}{14.37}$$

$$W_q = 0.0035$$

Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan adalah 0.0035 hari = 0.083 jam = 4.994 menit.

5. Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan sampai dinyatakan kondisi yang cukup membaik (W_s) menggunakan persamaan (3.66).

$$W_s = 0.0035 + \frac{1}{4.79}$$

$$W_s = 0.212$$

Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan sampai dinyatakan kondisi yang cukup membaik adalah 0.209 hari = 5.089 jam.

5.9. Perbandingan Kinerja Sistem Antrian

Tabel 5.11 Perbandingan Kinerja Antrian

Periode	λ (pasien/hari)	μ (pasien/hari)	c	ρ	P_0	L_q (pasien/hari)	L_s (pasien/hari)	W_q (menit)	W_s (jam)
Maret- Oktober 2020	12.72	3.082	5	0.83	0.011	0.159	4.285	17.99	8.086
November 2020 – November 2021 (Simulasi)	14.37	4.79	3	0.99	0.114	0.045	3.048	4.994	5.089

Berdasarkan **Tabel 5.11** menunjukkan bahwa selama satu tahun ke depan yaitu pada periode November 2020 – November 2021 laju kedatangan meningkat, namun diikuti dengan laju pelayanan yang meningkat pula. Namun, jika dilihat dari tingkat pemanfaatan fasilitas pelayanan mengalami tingkat pemanfaatan yang tinggi hingga mendekati 1 yang menunjukkan bahwa tersedianya 3 rumah sakit dapat dikatakan sangat minimal, sehingga Pemerintah Kota Batam dapat menyediakan minimal 3 – 4 rumah sakit dalam menangani kasus *Covid-19* yang sebelumnya minimal 5 rumah sakit.

Hal ini menunjukkan juga bahwa selama satu tahun ke depan, kasus *Covid-19* di Kota Batam sudah mulai menurun dengan rata-rata pasien yang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan sebanyak 3 – 4 orang dari 4 – 5 orang. Rata-rata waktu menunggu untuk mendapatkan perawatan menjadi 5 menit dari 18 menit dan rata-rata waktu menunggu untuk mendapatkan perawatan hingga dinyatakan kondisi yang cukup membaik menjadi 5 jam dari 8 jam.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah peneliti lakukan, diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Kondisi antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam dengan 3 rumah sakit rujukan memiliki persentase tingkat pemanfaatan rumah sakit lebih dari 100%, artinya menunjukkan bahwa terdapat pasien *Covid-19* yang tidak dapat ditangani pada waktu yang seharusnya, sehingga setelah dilakukan simulasi rumah sakit yang minimal dan diperoleh bahwa minimal harus terdapat 5 rumah sakit rujukan di Kota Batam dengan persentase tingkat pemanfaatan sebesar 83% yang berarti dengan adanya 5 rumah sakit, pasien *Covid-19* akan ditangani dan rumah sakit masih mampu menangani pasien *Covid-19* karena masih terdapat 17% pemanfaatan rumah sakit.
2. Hasil penerapan model antrian untuk menganalisis antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam diperoleh rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang menunggu untuk mendapatkan perawatan adalah 0 – 1 orang, sedangkan rata-rata jumlah pasien *Covid-19* yang sedang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan sebanyak 4 – 5 orang. Rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan adalah 17.99 menit, sedangkan rata-rata waktu pasien *Covid-19* menunggu untuk mendapatkan perawatan sampai dinyatakan kondisi yang cukup membaik adalah 8.086 jam.
3. Hasil simulasi antrian menggunakan metode *Monte Carlo* untuk menganalisis sistem antrian pasien *Covid-19* di Kota Batam selama 1 tahun terhitung sejak November 2020 – November 2021 adalah merekomendasikan minimal 3 – 4 rumah sakit rujukan yang sebelumnya pada periode Maret 2020 – Oktober 2020 minimal harus terdapat 5 rumah sakit. Selain itu, rata-rata pasien yang menunggu untuk mendapatkan perawatan dan sedang dalam perawatan berkurang menjadi 3 – 4 orang, rata-rata waktu menunggu untuk mendapatkan perawatan berkurang menjadi 5 menit, dan rata-rata waktu menunggu untuk mendapatkan perawatan hingga dinyatakan kondisi yang

cukup membaik berkurang menjadi 5.089 jam. Tingkat pemanfaatan fasilitas (ρ) pada periode November 2020 – November 2021 sebesar 0.99 dengan 3 rumah sakit, sedangkan pada Maret 2020 – Oktober 2020 sebesar 0.83 dengan 5 rumah sakit. Namun, rekomendasi sebanyak 3 rumah sakit dapat dikatakan sangat minimal, karena nilai ρ hampir mendekati 1. Oleh karena itu, peneliti merekomendasikan 3 – 4 rumah sakit pada periode November 2020 – November 2021.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka saran yang dapat peneliti berikan untuk penelitian selanjutnya tentang penerapan antrian pada pasien *Covid-19* di Indonesia adalah menambah beberapa kabupaten/kota di Indonesia dan melakukan perbandingan kinerja sistem antrian antara kabupaten/kota tersebut. Selain itu, Pemerintah Kota Batam dapat menyediakan beberapa rumah sakit cadangan dalam menangani pasien *Covid-19* agar pelayanan lebih cepat dan mengantisipasi kenaikan jumlah pasien *Covid-19*. Masyarakat juga diharapkan selalu menerapkan protokol kesehatan ketika sedang beraktivitas di luar rumah, karena dapat menekan angka jumlah pasien *Covid-19*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, T. (2003). *Manajemen Administrasi Rumah Sakit*. Jakarta: UI Press.
- Agustina, Y., & Aminudin. (2018). Mengukur Efektivitas dan Pemodelan Sistem Antrian pada Polsek Pamulang Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Kompeten*. Vol. 1 No. 2. 1-10.
- Astrelita, F., Sugito, & Wuryandari, T. (2015). Analisis Antrian Pengunjung dan Kinerja Sistem Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Semarang. *Jurnal Gaussian*. Vol. 4 No. 4. 837-844.
- Barreto, H., & Howland, F. (2006). *Introductory Econometrics Using Monte Carlo Simulation With Microsoft Excel*. USA: Cambridge University Press.
- Biro Hukum dan Organisasi. (2020). Peraturan Menteri Kesehatan tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit (PMK Nomor 7 Tahun 2019). Jakarta: Kemkes. Diakses 6 Desember 2020 dari http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No__7_Th_2019_ttg_Kesehatan_Lingkungan_Rumah_Sakit.pdf
- Farkhan, F. (2013). Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi paa Pelayanan Teller Bank. *UNNES Journal Of Mathematics*. Vol.2 No.1. 17-23
- Gema, R., Kartika, D., Pratiwi, M., & Lusinia, S. (2019). Kalkulasi dan Analisa Metode Monte Carlo pada Sistem Antrian Pembayaran Pajak Kendaraan. *Jurnal J - Click*. Vol. 6 No. 2. 201 - 207.
- Hayati, N. (2017). *Diktat Kuliah Probabilitas dan Statistika*. Yogyakarta: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management Twelfth Edition*. USA: Pearson.
- Hendra, & Nasution, H. (2012). Analisis Efisiensi Waktu Layanan Pada Sistem Administrasi. *Jurnal ELKHA*. Vol. 4 No. 2. 25-33.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2006). *Introduction to Operations Research Seventh Edition*. New York: McGraw-Hill.
- JDIH BKPM. (2018). Pedoman Tata Laksana Pelayanan Umum Per Menteri Pendayagunaan dan Aparatur Negara (Menpan Nomor 81 Tahun 1993).

- Jakarta: Menpan. Diakses 8 Desember 2020 dari <https://peraturan.bkpm.go.id/jdih/front/form/14432>
- Kakiay, T. (2004). *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kemdikbud. (2016). *KBBI Daring: Melayani*. Diakses 8 Desember 2020, dari [kbbi.kemdikbud: https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/melayani](https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/melayani)
- Kemdikbud. (2016). *KBBI Daring: Simulasi*. Diakses 8 Desember 2020, dari [kbbi.kemdikbud: https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/Simulasi](https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/Simulasi)
- Kemkes. (2013). Peraturan Perundangan Tentang Klasifikasi Rumah Sakit (Kepmenkes Nomor 340 Tahun 2010). Jakarta: Kemkes. Diakses 6 December 2020, dari <https://www.kemkes.go.id/index.php?act=regulation&pgnumber=0&txtKeyword=Rumah%20Sakit&type=004&year=2010>
- Kotler, P. (2009). *Manajemen Pemasaran Edisi 12 Jilid 1*. Jakarta: Indeks.
- Kusumah, D. (2017). *Evaluasi Kinerja Sistem Antrian Menggunakan Pendekatan Simulasi Monte Carlo pada Stasiun Kerja Ball Packaging di PT Stanli Trijaya Mandiri*. Diakses dari Universitas Widyatama, Situs Web Perpustakaan, <https://repository.widyatama.ac.id/xmlui/handle/123456789/9280>
- lawancorona. (2020, Oktober 5). 1.211 Pasien Covid-19 Sembuh, Jefridin: Terus Jaga Imun Tubuh. Diakses 26 Januari 2021 dari [lawancorona.batam.go.id: https://lawancorona.batam.go.id/2020/10/05/1-211-pasien-covid-19-semboh-jefridin-terus-jaga-imun-tubuh/](https://lawancorona.batam.go.id/2020/10/05/1-211-pasien-covid-19-semboh-jefridin-terus-jaga-imun-tubuh/)
- lawancorona. (2020, Oktober 14). Pelanggar Protokol Kesehatan Langsung Dirapid Tes. Diakses 26 Januari 2021 dari [lawancorona.batam.go.id: https://lawancorona.batam.go.id/2020/10/14/pelanggar-protokol-kesehatan-langsung-dirapid-tes/](https://lawancorona.batam.go.id/2020/10/14/pelanggar-protokol-kesehatan-langsung-dirapid-tes/)
- lawancorona. (2020, September 26). Ratusan Orang Terjaring Razia Masker. Diakses 26 Januari 2021 dari [lawancorona.batam.go.id: https://lawancorona.batam.go.id/2020/09/26/ratusan-orang-terjaring-razia-masker/](https://lawancorona.batam.go.id/2020/09/26/ratusan-orang-terjaring-razia-masker/)

- Lianti, F. (2017). Analisis Antrian Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo. Diakses dari Universitas Riau, Situs Web Perpustakaan, <https://repository.unri.ac.id/xmlui/handle/123456789/8910>
- Mahessya, R., Mardianti, L., & Sovia, R. (2017). Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Pelanggan Menggunakan Monte Carlo pada PT Pos Indonesia (Persero) Padang. *Jurnal Ilmu Komputer*. Vol. 6 No. 1. 15-24.
- Meflinda, A., & Mahyarni. (2011). *Operations Research (Riset Operasi)*. Pekanbaru: UR Press.
- Nengsih, M., & Yustanti, N. (2017). Analisis Sistem Antrian Pelayanan Administrasi Pasien Rawat Jalan Pada Rumah Sakit Padmalalita Muntilan. *Management Insight*. Vol. 12 No. 1. 68-78.
- Pangestu, dkk. (2000). *Dasar-dasar Operations Research*. Yogyakarta: BPFE.
- Pangestu, S. (2003). *Statistika Deskriptif*. Yogyakarta: BPFE.
- Pardede, A., & dkk. (2014). Simulasi Antrian Kedatangan Berkelompok dengan Pelayanan Weibull oleh Banyak Server (Queue Simulation of Bulk Arrival With Weibull Service By Many Server). *Jurnal Teknik Informatika Kaputama*.
- Pasaribu, O. (2018). Simulasi Antrian Metode Monte Carlo. Diakses dari Universitas Sumatera Utara, Situs Web Perpustakaan, <https://repository.unri.ac.id/xmlui/handle/123456789/8910>
- Pratama, A. (2014). Model Simulasi Antrian dengan Metode Kolmogorov-Smirnov Normal pada Unit Pelayanan. *Jurnal Edik Informatika*. Vol. 1 No. 1. 91-102.
- Ravindran, A. (2008). *Operations Research and Management Science Handbook*. New York: CRC Press.
- Robiati, P. (2015). Analisis Sistem Antrian Seri Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Dan Optimalisasinya (Studi Kasus di Puskesmas Ungaran Kabupaten Semarang). Diakses dari Universitas Negeri Semarang, Situs Web Perpustakaan, <http://lib.unnes.ac.id/21606/>
- Rosellawati, E. (2018). Evaluasi Sistem Antrian Pelayanan Pasien Pada Pada Puskesmas di Wonosobo. Diakses dari Universitas Islam Indonesia, Situs Web Perpustakaan,

<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/15831/01%20cover.pdf?sequence=1>

- Ross, S. (2010). *Introduction to Probability Models Tenth Edition*. Los Angeles, California: Elsevier.
- Sahab, N., & Butarbutar, F. (2019). Penerapan Model Simulasi Monte Carlo pada Line Assembling untuk Mengurangi Waktu Antrian di PT. XXX. *Jurnal Industrikrisna*. Vol. 14 No. 1. 27 - 33.
- Sari, N., dkk. (2016). Penerapan Teori Antrian pada Pelayanan Teller Bank X Kantor Cabang Pembantu Putri Sentra Niaga. *Jurnal Gaussian*.
- Satuan Tugas Penanganan Covid-19. (2020). Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tentang Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) (Menkes Nomor HK.01.07/MENKES/413/2020). Jakarta: Kemkes. Diakses 6 Desember 2020 dari <https://covid19.go.id/p/regulasi/keputusan-menteri-kesehatan-republik-indonesia-nomor-hk0107menkes4132020>
- Seputra, Y. (2012). *Modul Perkuliahan Statistika dan Probabilitas*. Universitas Mercu Buana.
- Setiawan, S. (1991). *Simulasi Teknik Pemrograman dan Metode Analisis dengan contoh kasus dan program aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Siagian, P. (1987). *Penelitian Operasional Teori dan Praktek*. Jakarta: UI Press.
- Sismetha, R., Aritonang, M., & Kiftiah, M. (2017). Analisis Model Distribusi Jumlah Kedatangan dan Waktu Pelayanan Pasien Instalasi Rawat Jalan Rumah Sakit Ibu dan nak (RSIA) Anugerah Bunda Khatulistiwa Pontianak. *Bimaster*. Vol. 6 No. 01. 51-60.
- Sugito, & Fauzia, M. (2009). Analisis Sistem Antrian Kereta Api di Stasiun Besar Cirebon dan Stasiun Cirebon Prujakan. *Media Statistika*. Vol. 2 No. 2. 111-120.
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supranto, J. (1997). *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan Untuk Menaikkan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sutabri, T. (2012). *Konsep Dasar Informasi*. Yogyakarta: Andi.

- Sutarman. (2012). *Pengantar Teknologi Informasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Syaifillah, B., & Herliansyah, M. (2018). Analisis Kinerja Sistem Antrian BPJS terhadap Tingkat Kepuasan Pasien atas Sistem Antrian pada Pelayanan Kanker Terpadu (Poli Tulip) RSUP DR. Sardjito. Diakses dari Universitas Gadjah Mada, Situs Web Perpustakaan, <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/160934>
- Taha, H. (1997). *Riset Operasi: Suatu Pengantar Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Binapura Aksara.
- Taha, H. (2007). *Operations Research: An Introduction Eighth Edition*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Walpole, E., & Myers, H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: ITB.
- World Health Organization. (2020). *WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard*. Diakses 19 November 2020, dari <https://covid19.who.int/>
- Yani, A. (2018). Analisis Penerapan Sistem Antrian untuk Optimalisasi pada Pelayanan Pendaftaran Pasien BPJS (Studi Kasus pada RS. Royal Progress). *Mabiska Jurnal*. Vol. 3 No. 2. 1-10.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Observasi

Tanggal	Kasus Positif	Kasus Sembuh
19 Maret 2020	1	0
20 Maret 2020	1	0
21 Maret 2020	0	0
22 Maret 2020	0	0
23 Maret 2020	1	0
24 Maret 2020	0	0
25 Maret 2020	0	0
26 Maret 2020	0	0
27 Maret 2020	0	0
28 Maret 2020	0	0
29 Maret 2020	0	0
30 Maret 2020	0	0
31 Maret 2020	0	0
1 April 2020	0	0
2 April 2020	0	0
3 April 2020	1	0
4 April 2020	0	0
5 April 2020	1	0
6 April 2020	0	0
7 April 2020	0	0
8 April 2020	0	0
9 April 2020	5	0
10 April 2020	0	0
11 April 2020	0	0
12 April 2020	0	0
13 April 2020	2	0
14 April 2020	2	0
15 April 2020	3	0
16 April 2020	9	0
17 April 2020	3	0
18 April 2020	0	1
19 April 2020	0	0
20 April 2020	0	0
21 April 2020	0	0
22 April 2020	0	0
23 April 2020	0	1
24 April 2020	0	0
25 April 2020	0	0

Tanggal	Kasus Positif	Kasus Sembuh
26 April 2020	1	0
27 April 2020	0	0
28 April 2020	0	2
29 April 2020	0	0
30 April 2020	0	0
1 Mei 2020	0	8
2 Mei 2020	0	3
3 Mei 2020	0	0
4 Mei 2020	4	0
5 Mei 2020	2	1
6 Mei 2020	0	0
7 Mei 2020	0	6
8 Mei 2020	3	0
9 Mei 2020	0	0
10 Mei 2020	0	0
11 Mei 2020	3	4
12 Mei 2020	2	0
13 Mei 2020	5	1
14 Mei 2020	1	0
15 Mei 2020	3	0
16 Mei 2020	1	2
17 Mei 2020	0	0
18 Mei 2020	11	0
19 Mei 2020	13	0
20 Mei 2020	1	0
21 Mei 2020	0	0
22 Mei 2020	7	3
23 Mei 2020	4	0
24 Mei 2020	0	2
25 Mei 2020	0	0
26 Mei 2020	6	1
27 Mei 2020	13	0
28 Mei 2020	1	7
29 Mei 2020	10	5
30 Mei 2020	8	0
31 Mei 2020	0	0
1 Juni 2020	12	1
2 Juni 2020	0	0
3 Juni 2020	11	0
4 Juni 2020	3	0
5 Juni 2020	3	11
6 Juni 2020	0	0

Tanggal	Kasus Positif	Kasus Sembuh
7 Juni 2020	1	3
8 Juni 2020	1	2
9 Juni 2020	0	0
10 Juni 2020	6	7
11 Juni 2020	4	0
12 Juni 2020	1	5
13 Juni 2020	0	11
14 Juni 2020	11	11
15 Juni 2020	5	0
16 Juni 2020	0	4
17 Juni 2020	9	0
18 Juni 2020	2	9
19 Juni 2020	0	11
20 Juni 2020	11	2
21 Juni 2020	1	0
22 Juni 2020	3	6
23 Juni 2020	0	6
24 Juni 2020	1	0
25 Juni 2020	5	12
26 Juni 2020	0	11
27 Juni 2020	0	17
28 Juni 2020	2	1
29 Juni 2020	0	0
30 Juni 2020	7	1
1 Juli 2020	2	1
2 Juli 2020	5	10
3 Juli 2020	4	3
4 Juli 2020	1	0
5 Juli 2020	1	0
6 Juli 2020	1	5
7 Juli 2020	5	5
8 Juli 2020	2	0
9 Juli 2020	3	11
10 Juli 2020	1	4
11 Juli 2020	2	1
12 Juli 2020	4	7
13 Juli 2020	0	0
14 Juli 2020	5	0
15 Juli 2020	4	2
16 Juli 2020	0	4
17 Juli 2020	3	1
18 Juli 2020	0	0

Tanggal	Kasus Positif	Kasus Sembuh
19 Juli 2020	1	2
20 Juli 2020	0	0
21 Juli 2020	0	0
22 Juli 2020	4	3
23 Juli 2020	1	0
24 Juli 2020	0	9
25 Juli 2020	2	0
26 Juli 2020	0	0
27 Juli 2020	0	0
28 Juli 2020	5	6
29 Juli 2020	6	0
30 Juli 2020	25	0
31 Juli 2020	18	0
1 Agustus 2020	0	1
2 Agustus 2020	0	0
3 Agustus 2020	3	1
4 Agustus 2020	1	0
5 Agustus 2020	4	0
6 Agustus 2020	1	1
7 Agustus 2020	2	0
8 Agustus 2020	7	5
9 Agustus 2020	0	0
10 Agustus 2020	11	5
11 Agustus 2020	7	5
12 Agustus 2020	3	0
13 Agustus 2020	3	24
14 Agustus 2020	12	0
15 Agustus 2020	9	0
16 Agustus 2020	6	17
17 Agustus 2020	7	1
18 Agustus 2020	0	2
19 Agustus 2020	11	5
20 Agustus 2020	17	4
21 Agustus 2020	2	0
22 Agustus 2020	30	1
23 Agustus 2020	12	14
24 Agustus 2020	0	0
25 Agustus 2020	0	4
26 Agustus 2020	19	0
27 Agustus 2020	46	15
28 Agustus 2020	54	17
29 Agustus 2020	18	0

Tanggal	Kasus Positif	Kasus Sembuh
30 Agustus 2020	46	4
31 Agustus 2020	4	0
1 September 2020	25	1
2 September 2020	23	5
3 September 2020	34	0
4 September 2020	14	10
5 September 2020	9	28
6 September 2020	28	7
7 September 2020	5	4
8 September 2020	17	12
9 September 2020	48	69
10 September 2020	25	21
11 September 2020	21	5
12 September 2020	22	18
13 September 2020	33	3
14 September 2020	20	12
15 September 2020	20	45
16 September 2020	25	4
17 September 2020	53	14
18 September 2020	22	14
19 September 2020	49	1
20 September 2020	11	1
21 September 2020	67	0
22 September 2020	119	17
23 September 2020	73	36
24 September 2020	21	70
25 September 2020	13	167
26 September 2020	50	0
27 September 2020	34	32
28 September 2020	27	28
29 September 2020	32	9
30 September 2020	29	25
1 Oktober 2020	14	38
2 Oktober 2020	40	62
3 Oktober 2020	24	35
4 Oktober 2020	18	8
5 Oktober 2020	8	32
6 Oktober 2020	19	41
7 Oktober 2020	19	22
8 Oktober 2020	26	315
9 Oktober 2020	30	4
10 Oktober 2020	28	30

Tanggal	Kasus Positif	Kasus Sembuh
11 Oktober 2020	33	7
12 Oktober 2020	40	2
13 Oktober 2020	35	23
14 Oktober 2020	50	13
15 Oktober 2020	42	9
16 Oktober 2020	47	26
17 Oktober 2020	27	10
18 Oktober 2020	21	20
19 Oktober 2020	36	57
20 Oktober 2020	78	18
21 Oktober 2020	21	4
22 Oktober 2020	98	37
23 Oktober 2020	140	34
24 Oktober 2020	41	27
25 Oktober 2020	21	24
26 Oktober 2020	41	22
27 Oktober 2020	73	19
28 Oktober 2020	22	26
29 Oktober 2020	20	30
30 Oktober 2020	92	46
31 Oktober 2020	47	22

Lampiran 2 Tabel Kolmogorov-Smirnov

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
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

n	$1,07/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,35/\sqrt{n}$	$1,52/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$
200	0.076	0.086	0.096	0.107	0.115

Lampiran 3 Tabel Uji Kolmogorov-Smirnov Distribusi Kedatangan

x	$f(x)$	$f_{kum}(x)$	$S(x)$	$F_0(x)$	D
0	67	67	0.295154185	2.99071E-06	0.295151
1	23	90	0.396475771	4.10325E-05	0.396435
2	12	102	0.449339207	0.000282979	0.449056
3	13	115	0.50660793	0.001308829	0.505299
4	9	124	0.546255507	0.004571036	0.541684
5	9	133	0.585903084	0.01287009	0.573033
6	4	137	0.603524229	0.03046408	0.57306
7	5	142	0.625550661	0.06243487	0.563116
8	2	144	0.634361233	0.1132684	0.521093
9	4	148	0.651982379	0.1851132	0.466869
10	1	149	0.656387665	0.2764998	0.379888
11	7	156	0.68722467	0.3821758	0.305049

x	$f(x)$	$f_{kum}(x)$	$S(x)$	$F_0(x)$	D
12	3	159	0.700440529	0.4941925	0.206248
13	3	162	0.713656388	0.6037965	0.10986
14	2	164	0.72246696	0.7033795	0.019087
17	2	166	0.731277533	0.9051935	0.173916
18	3	169	0.744493392	0.9406913	0.196198
19	3	172	0.757709251	0.9644561	0.206747
20	3	175	0.77092511	0.9795706	0.208645
21	5	180	0.792951542	0.9887256	0.195774
22	3	183	0.806167401	0.9940189	0.187851
23	1	184	0.810572687	0.9969463	0.186374
24	1	185	0.814977974	0.9984978	0.18352
25	4	189	0.832599119	0.9992872	0.166688
26	1	190	0.837004405	0.9996734	0.162669
27	2	192	0.845814978	0.9998554	0.15404
28	2	194	0.854625551	0.999938	0.145312
29	1	195	0.859030837	0.9999743	0.140943
30	2	197	0.86784141	0.9999897	0.132148
32	1	198	0.872246696	0.9999985	0.127752
33	2	200	0.881057269	0.9999994	0.118942
34	2	202	0.889867841	0.9999998	0.110132
35	1	203	0.894273128	0.9999999	0.105727
36	1	204	0.898678414	1	0.101322
40	2	206	0.907488987	1	0.092511
41	2	208	0.916299559	1	0.0837
42	1	209	0.920704846	1	0.079295
46	2	211	0.929515419	1	0.070485
47	2	213	0.938325991	1	0.061674
48	1	214	0.942731278	1	0.057269
49	1	215	0.947136564	1	0.052863
50	2	217	0.955947137	1	0.044053
53	1	218	0.960352423	1	0.039648
54	1	219	0.964757709	1	0.035242
67	1	220	0.969162996	1	0.030837
73	2	222	0.977973568	1	0.022026
78	1	223	0.982378855	1	0.017621
92	1	224	0.986784141	1	0.013216
98	1	225	0.991189427	1	0.008811
119	1	226	0.995594714	1	0.004405
140	1	227	1	1	0

Lampiran 4 Tabel Uji Kolmogorov- Smirnov Distribusi Pelayanan

y	$f(y)$	$f_{kum}(y)$	$S(y)$	$F_0(y)$	D
0	101	101	0.444933921	9.61E-05	0.444838
1	19	120	0.528634361	0.000985144	0.527649
2	9	129	0.568281938	0.005096921	0.563185
3	6	135	0.594713656	0.0177749	0.576939
4	11	146	0.643171806	0.04709272	0.596079
5	10	156	0.68722467	0.1013307	0.585894
6	4	160	0.704845815	0.1849476	0.519898
7	5	165	0.726872247	0.2954413	0.431431
8	2	167	0.735682819	0.4231997	0.312483
9	4	171	0.753303965	0.5545069	0.198797
10	3	174	0.766519824	0.6759661	0.090554
11	6	180	0.792951542	0.7781022	0.014849
12	3	183	0.806167401	0.8568321	0.050665
13	1	184	0.810572687	0.9128515	0.102279
14	3	187	0.823788546	0.9498643	0.126076
15	1	188	0.828193833	0.9726889	0.144495
17	4	192	0.845814978	0.9930642	0.147249
18	2	194	0.854625551	0.9967539	0.142128
19	1	195	0.859030837	0.9985501	0.139519
20	1	196	0.863436123	0.9993809	0.135945
21	1	197	0.86784141	0.9997469	0.131905
22	3	200	0.881057269	0.9999007	0.118843
23	1	201	0.885462555	0.9999626	0.1145
24	2	203	0.894273128	0.9999864	0.105713
25	1	204	0.898678414	0.9999953	0.101317
26	2	206	0.907488987	0.9999984	0.092509
27	1	207	0.911894273	0.9999995	0.088105
28	2	209	0.920704846	0.9999998	0.079295
30	2	211	0.929515419	1	0.070485
32	2	213	0.938325991	1	0.061674
34	1	214	0.942731278	1	0.057269
35	1	215	0.947136564	1	0.052863
36	1	216	0.95154185	1	0.048458
37	1	217	0.955947137	1	0.044053
38	1	218	0.960352423	1	0.039648
41	1	219	0.964757709	1	0.035242
45	1	220	0.969162996	1	0.030837
46	1	221	0.973568282	1	0.026432
57	1	222	0.977973568	1	0.022026
62	1	223	0.982378855	1	0.017621

y	$f(y)$	$f_{kum}(y)$	$S(y)$	$F_0(y)$	D
69	1	224	0.986784141	1	0.013216
70	1	225	0.991189427	1	0.008811
167	1	226	0.995594714	1	0.004405
315	1	227	1	1	0

Lampiran 5 Tabel Data Acak dan Simulasi Kedatangan Pasien Baru Covid-19

Hari	R1	Simulasi R1	R2	Simulasi R2	...	...	R20	Simulasi R20
1	0.4761	3	0.02372	3	...	...	0.98390	143
2	0.5171	3	0.11203	3	...	...	0.64453	10
3	0.6055	10	0.11019	3	...	...	0.00040	3
4	0.9402	45	0.04097	3	...	...	0.36789	3
5	0.9540	55.5	0.65235	10	...	...	0.66744	10
6	0.8943	38	0.22754	3	...	...	0.17705	3
7	0.3927	3	0.93921	45	...	...	0.48782	3
8	0.8080	24	0.78552	24	...	...	0.68659	10
9	0.0565	3	0.62766	10	...	...	0.43109	3
10	0.8300	24	0.98945	108	...	...	0.84940	31
11	0.8014	24	0.87038	31	...	...	0.32768	3
12	0.2648	3	0.30069	3	...	...	0.90464	38
13	0.1982	3	0.62323	10	...	...	0.89863	38
14	0.1373	3	0.43723	3	...	...	0.92130	45
15	0.4794	3	0.25339	3	...	...	0.71650	17
16	0.6544	10	0.61427	10	...	...	0.98957	108
17	0.1079	3	0.43236	3	...	...	0.38843	3
18	0.8903	38	0.69931	10	...	...	0.08666	3
19	0.0391	3	0.56478	3	...	...	0.31248	3
20	0.4045	3	0.14220	3	...	...	0.28029	3
21	0.7380	17	0.14359	3	...	...	0.12263	3
22	0.3296	3	0.72063	17	...	...	0.22796	3
23	0.7343	17	0.70691	10	...	...	0.71912	17
24	0.2483	3	0.31811	3	...	...	0.93576	45
25	0.0996	3	0.23533	3	...	...	0.18989	3
26	0.5857	3	0.69688	10	...	...	0.67759	10
27	0.6275	10	0.15998	3	...	...	0.45245	3
28	0.4051	3	0.61650	10	...	...	0.51493	3
29	0.0795	3	0.20449	3	...	...	0.76529	17
30	0.2903	3	0.33699	3	...	...	0.85924	143
...
365	0.9349	45	0.36152	3	...	...	0.33154	3

Lampiran 6 Tabel Data Acak dan Simulasi Pelayanan Pasien Covid-19

Hari	R1	Simulasi R1	R2	Simulasi R2	...	...	R20	Simulasi R20
1	0.11935	8	0.19069	8	...	...	0.70627	8
2	0.68784	8	0.44646	8	...	...	0.75018	8
3	0.28116	8	0.45767	8	...	...	0.19405	8
4	0.89966	25	0.75961	8	...	...	0.65981	8
5	0.67733	8	0.12123	8	...	...	0.98862	110
6	0.46365	8	0.92132	25	...	...	0.52616	8
7	0.43776	8	0.41235	8	...	...	0.30413	8
8	0.46567	8	0.32962	8	...	...	0.56973	8
9	0.60135	8	0.26166	8	...	...	0.56147	8
10	0.85302	25	0.68772	8	...	...	0.37256	8
11	0.61079	8	0.62130	8	...	...	0.40969	8
12	0.26356	8	0.32105	8	...	...	0.36785	8
13	0.70224	8	0.90031	25	...	...	0.71917	8
14	0.67315	8	0.72611	8	...	...	0.48408	8
15	0.65336	8	0.77559	8	...	...	0.86550	25
16	0.18509	8	0.30099	8	...	...	0.29180	8
17	0.22136	8	0.19532	8	...	...	0.30236	8
18	0.82195	8	0.24563	8	...	...	0.17345	8
19	0.50132	8	0.92371	25	...	...	0.93961	42
20	0.54390	8	0.97659	59	...	...	0.04755	8
21	0.77733	8	0.08216	8	...	...	0.45380	8
22	0.56143	8	0.86142	25	...	...	0.40540	8
23	0.80207	8	0.06149	8	...	...	0.95313	42
24	0.92388	25	0.11952	8	...	...	0.85041	25
25	0.53684	8	0.08440	8	...	...	0.30709	8
26	0.45848	8	0.31140	8	...	...	0.16201	8
27	0.91102	25	0.72685	8	...	...	0.25775	8
28	0.54157	8	0.37099	8	...	...	0.03608	8
29	0.97120	42	0.18864	8	...	...	0.96536	42
30	0.27196	8	0.16245	8	...	...	0.35586	8
...
365	0.706270	8	0.706270	8	...	...	0.55358	8

Lampiran 7 Tabel Uji *Kolmogorov-Smirnov* Distribusi Kedatangan Simulasi

x	$f(x)$	$f_{kum}(x)$	$S(x)$	$F_0(x)$	D
4.75	1	1	0.00274	0.00137267	0.001367
5.45	2	3	0.008219	0.00430553	0.003914
5.8	3	6	0.016438	0.00430553	0.012133
6.15	1	7	0.019178	0.01132972	0.007848
6.325	1	8	0.021918	0.01132972	0.010588
6.5	4	12	0.032877	0.01132972	0.021547
6.85	3	15	0.041096	0.01132972	0.029766
7.2	3	18	0.049315	0.02574938	0.023566
7.55	7	25	0.068493	0.02574938	0.042744
7.9	7	32	0.087671	0.02574938	0.061922
8.25	5	37	0.10137	0.0516507	0.049719
8.6	5	42	0.115068	0.0516507	0.063418
8.775	2	44	0.120548	0.0516507	0.068897
8.95	6	50	0.136986	0.0516507	0.085336
9.125	1	51	0.139726	0.09300648	0.04672
9.3	6	57	0.156164	0.09300648	0.063158
9.475	2	59	0.161644	0.09300648	0.068637
9.65	5	64	0.175342	0.09300648	0.082336
9.825	3	67	0.183562	0.09300648	0.090555
10	2	69	0.189041	0.1524347	0.036606
10.175	3	72	0.19726	0.1524347	0.044826
10.35	2	74	0.20274	0.1524347	0.050305
10.525	5	79	0.216438	0.1524347	0.064004
10.7	7	86	0.235616	0.1524347	0.083182
10.875	1	87	0.238356	0.1524347	0.085921
11.05	6	93	0.254795	0.2300696	0.024725
11.225	7	100	0.273973	0.2300696	0.043903
11.4	4	104	0.284932	0.2300696	0.054862
11.575	3	107	0.293151	0.2300696	0.063081
11.75	7	114	0.312329	0.2300696	0.082259
11.925	3	117	0.320548	0.2300696	0.090478
12.1	9	126	0.345205	0.3230374	0.022168
12.275	5	131	0.358904	0.3230374	0.035867
12.45	12	143	0.391781	0.3230374	0.068743
12.625	3	146	0.4	0.3230374	0.076963
12.8	6	152	0.416438	0.3230374	0.093401
12.975	4	156	0.427397	0.3230374	0.10436
13.15	10	166	0.454795	0.4258026	0.028992
13.325	3	169	0.463014	0.4258026	0.037211
13.5	7	176	0.482192	0.4258026	0.056389

x	$f(x)$	$f_{kum}(x)$	$S(x)$	$F_0(x)$	D
13.675	5	181	0.49589	0.4258026	0.070088
13.85	5	186	0.509589	0.4258026	0.083786
14.025	10	196	0.536986	0.5312837	0.005703
14.2	7	203	0.556164	0.5312837	0.024881
14.375	4	207	0.567123	0.5312837	0.03584
14.55	4	211	0.578082	0.5312837	0.046798
14.725	4	215	0.589041	0.5312837	0.057757
14.9	7	222	0.608219	0.5312837	0.076935
15.075	1	223	0.610959	0.6323346	0.021376
15.25	3	226	0.619178	0.6323346	0.013157
15.425	2	228	0.624658	0.6323346	0.007677
15.6	8	236	0.646575	0.6323346	0.014241
15.775	3	239	0.654795	0.6323346	0.02246
15.95	5	244	0.668493	0.6323346	0.036159
16.125	5	249	0.682192	0.723091	0.040899
16.3	11	260	0.712329	0.723091	0.010762
16.475	5	265	0.726027	0.723091	0.002936
16.65	3	268	0.734247	0.723091	0.011156
17	2	270	0.739726	0.7998068	0.060081
17.175	2	272	0.745205	0.7998068	0.054601
17.35	2	274	0.750685	0.7998068	0.049122
17.525	4	278	0.761644	0.7998068	0.038163
17.7	2	280	0.767123	0.7998068	0.032684
17.875	3	283	0.775342	0.7998068	0.024464
18.05	5	288	0.789041	0.8610516	0.072011
18.225	5	293	0.80274	0.8610516	0.058312
18.4	3	296	0.810959	0.8610516	0.050093
18.575	3	299	0.819178	0.8610516	0.041874
18.75	6	305	0.835616	0.8610516	0.025435
18.925	2	307	0.841096	0.8610516	0.019956
19.1	3	310	0.849315	0.907372	0.058057
19.275	2	312	0.854795	0.907372	0.052577
19.45	2	314	0.860274	0.907372	0.047098
19.625	3	317	0.868493	0.907372	0.038879
19.8	2	319	0.873973	0.907372	0.033399
19.975	2	321	0.879452	0.907372	0.02792
20.15	3	324	0.887671	0.9406532	0.052982
20.325	2	326	0.893151	0.9406532	0.047503
20.675	2	328	0.89863	0.9406532	0.042023
20.85	1	329	0.90137	0.9406532	0.039283
21.025	1	330	0.90411	0.963427	0.059317
21.2	4	334	0.915068	0.963427	0.048359

x	$f(x)$	$f_{kum}(x)$	$S(x)$	$F_0(x)$	D
21.55	3	337	0.923288	0.963427	0.040139
21.725	2	339	0.928767	0.963427	0.03466
21.9	2	341	0.934247	0.963427	0.02918
22.075	1	342	0.936986	0.9783025	0.041316
22.25	1	343	0.939726	0.9783025	0.038576
22.425	1	344	0.942466	0.9783025	0.035837
22.6	2	346	0.947945	0.9783025	0.030357
23.125	2	348	0.953425	0.9875964	0.034172
23.475	1	349	0.956164	0.9875964	0.031432
23.825	2	351	0.961644	0.9875964	0.025953
24	1	352	0.964384	0.9931612	0.028778
24.525	2	354	0.969863	0.9931612	0.023298
25.225	1	355	0.972603	0.9963598	0.023757
25.4	1	356	0.975342	0.9963598	0.021017
25.75	1	357	0.978082	0.9963598	0.018278
26.625	1	358	0.980822	0.9981276	0.017306
27.85	1	359	0.983562	0.9990685	0.015507
28.025	1	360	0.986301	0.9995514	0.01325
28.9	2	362	0.991781	0.9995514	0.007771
29.25	2	364	0.99726	0.9997907	0.00253
33.625	1	365	1	0.9999926	7.4E-06

Lampiran 8 Tabel Uji Kolmogorov- Smirnov Distribusi Pelayanan

y	$f(y)$	$f_{kum}(y)$	$S(y)$	$F_0(y)$	D
8	11	11	0.030137	0.05139226	0.021255
8.85	27	38	0.10411	0.05139226	0.052717
9.7	38	76	0.208219	0.09259369	0.115625
10.55	37	113	0.309589	0.1518413	0.157748
11.4	47	160	0.438356	0.2292942	0.209062
12.25	28	188	0.515068	0.3221085	0.19296
13.1	28	216	0.591781	0.4247754	0.167005
13.95	25	241	0.660274	0.4247754	0.235499
14.8	23	264	0.723288	0.530229	0.193059
15.65	7	271	0.742466	0.6313239	0.111142
16.5	10	281	0.769863	0.7221829	0.04768
17.35	7	288	0.789041	0.7990389	0.009998
18.2	10	298	0.816438	0.8604383	0.044
19.05	7	305	0.835616	0.906908	0.071292
19.9	1	306	0.838356	0.906908	0.068552
20.75	6	312	0.854795	0.9403197	0.085525
21.6	11	323	0.884932	0.9631987	0.078267

y	$f(y)$	$f_{kum}(y)$	$S(y)$	$F_0(y)$	D
22.45	2	325	0.890411	0.9781533	0.087742
23.3	4	329	0.90137	0.9875032	0.086133
24.15	5	334	0.915068	0.9931053	0.078037
25	4	338	0.926027	0.9963277	0.0703
25.85	9	347	0.950685	0.9963277	0.045643
26.7	7	354	0.969863	0.9981099	0.028247
27.55	5	359	0.983562	0.9990591	0.015497
28.4	1	360	0.986301	0.9995465	0.013245
29.25	2	362	0.991781	0.9997882	0.008007
38.6	1	363	0.994521	0.9999999	0.005479
39.45	1	364	0.99726	1	0.00274
54.75	1	365	1	1	0

