

**SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN
(Studi kasus : Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)**



**FERDIAND PATULAK
H011191012**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN
(Studi kasus : Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)**

**FERDIAND PATULAK
H011191012**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN
(Studi kasus : Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)**

**FERDIAND PATULAK
H011191012**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana

Program Studi Matematika

Pada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

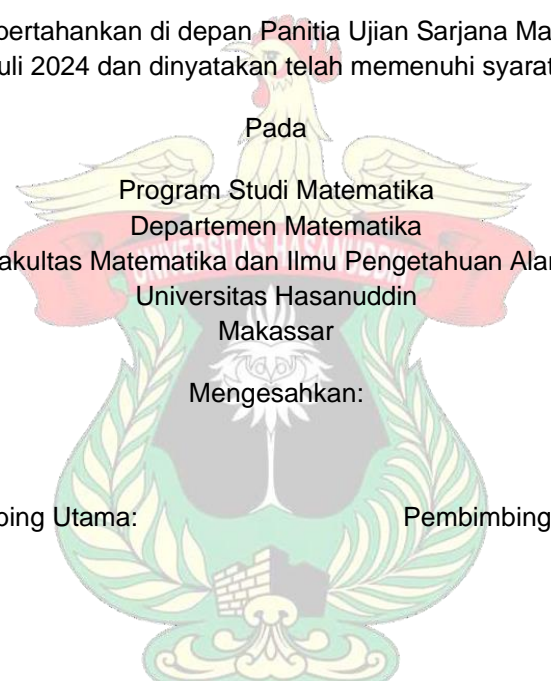
**SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN
(Studi kasus : Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)**

FERDIAND PATULAK
H011191012

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Matematika
Pada 22 Juli 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada



Program Studi Matematika
Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama:

Pembimbing Pertama:

Dr. Khaeruddin, M.Sc.
NIP. 19650914 199103 1 003

Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.
NIP. 19750816 199903 1 001

Mengetahui:
Ketua Program Studi,

Dr. Firman, S.Si., M.Si.
NIP. 19680429 200212 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Simulasi Kinerja Sistem Lampu Lalu Lintas pada Persimpangan (Studi kasus: Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr.Khaeruddin, M.Sc. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc. sebagai Pembimbing Pertama). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Juli 2024

Ferdiand Patulak
H011191012

SKRIPSI

**SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS
PADA PERSIMPANGAN
(Studi kasus : Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)**

FERDIAND PATULAK
H011191012

Skripsi,

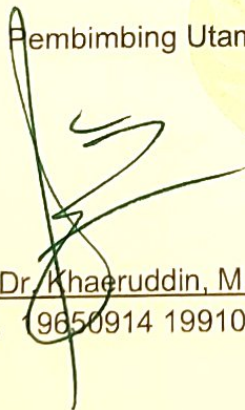
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Matematika
Pada 22 Juli 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada

Program Studi Matematika
Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama:



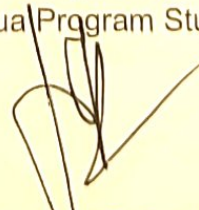
Dr. Khaeruddin, M.Sc.
NIP. 19650914 199103 1 003

Pembimbing Pertama:



Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.
NIP. 19750816 199903 1 001

Mengetahui:
Ketua Program Studi,



Dr. Firmati, S.Si., M.Si.
NIP. 19680429 200212 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Simulasi Kinerja Sistem Lampu Lalu Lintas pada Persimpangan (Studi kasus: Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr.Khaeruddin, M.Sc. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc. sebagai Pembimbing Pertama). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Juli 2024



Ferdiand Patulak
H011191012

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Tuhan, penulis panjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga tugas akhsir ini dapat terselesaikan dengan lancar yang berjudul “**Simulasi Kinerja Sistem Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan**”. Dengan berbagai rintangan yang dihadapi saat menyelesaikan tugas ini, tidak lupa untuk penulis mengucapkan terima kasih atas kontribusi dan bantuannya kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya, serta **Bapak Dr. Eng. Amiruddin** selaku Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam beserta jajarannya.
2. Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta Bapak dan Ibu **Dosen Departemen Matematika** yang telah membantu dan memudahkan penulis dalam berbagai hal administrasi.
3. Bapak **Dr. Khaeruddin, M.Sc** dan Bapak **Dr. Agustinus Ribal S.Si., M.Sc.** selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan saran, kritik, dan masukan yang bermanfaat sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.
4. Ibu **Prof. Dr. Aidawayati Rangkuti, M.S.** dan bapak **Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc** dosen penguji I dan dosen penguji II yang telah memberikan saran-saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi yang telah disusun untuk menjadi lebih baik lagi.
5. Kedua orang tua penulis, **Martinus Patulak** dan Almh. **Agustina Bela** yang selalu memberikan doa dan dukungan mulai dari awal akan masuk kuliah hingga pada sampai ditahap ini. Lebih khusus untuk Ibu, doa terbaik dan terindah akan selalu Ku panjatkan.
6. Adik penulis, **Fernando** dan **Faldi** serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa sampai titik terselesainya penyusunan skripsi.
7. Teman-teman seperjuangan, **Prodi Matematika 2019** yang telah membantu dan memberi semangat dalam menyusun skripsi ini dan berjuang bersama-sama hingga saat ini.

Semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini yang belum bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam doa serta mendukung dalam proses penulisan skripsi ini.

Semoga Tuhan Yesus memberkati dan memberikan rahmat dan berkat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini dan semoga kebaikan akan dibalaskan dengan yang lebih baik lagi. Walaupun masih jauh dari kata sempurna, tetapi dengan tulisan ini semoga dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, 22 Juli 2024

Ferdinand Patulak

ABSTRAK

FERDIAND PATULAK. **Simulasi Kinerja Sistem Lampu Lalu Lintas pada Persimpangan (Studi kasus: Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin Makassar)** (dibimbing oleh Dr. Khaeruddin, M.Sc. dan Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.)

Latar Belakang. Tingginya volume kendaraan mengakibatkan kemacetan yang sangat tinggi terutama waktu berangkat kerja (pagi hari) dan pulang kerja (sore hari). Salah satu faktor yang mengakibatkan kemacetan adalah menumpuknya kendaraan pada lampu lalu lintas. Salah satu lampu lalu lintas yang mengalami penumpukan kendaraan di Makassar adalah simpang lima bandara Sultan Hasanuddin. **Tujuan.** Salah satu solusi mengurangi atau mencegah penumpukan kendaraan pada lampu lalu lintas adalah dengan melakukan analisis pada sistem lalu lintas pada waktu yang rawan terjadi penumpukan kendaraan menggunakan teori antrian. Waktu yang dipilih adalah pada pagi hari dan sore hari disetiap harinya selama seminggu. **Metode.** Model antrian yang digunakan pada penelitian ini adalah model antrian M/D/1, dalam kemudian di simulasikan menggunakan *software vissim*. **Hasil.** Hasil analisis menunjukkan bahwa pada pagi hari penumpukan terjadi pada jalan tol (95%) dan makassar (103%) sementara pada sore hari puncak kesibukan terjadi pada jalan tol (103%), maros (103%), dan tol (108%). **Kesimpulan.** Dengan menggunakan hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berguna bagi pengelola lalu lintas setempat dalam mengoptimalkan kinerja sistem lampu lalu lintas dan mengurangi kemacetan di persimpangan ini.

Kata Kunci: Teori Antrian, M/D/1, Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin, Kemacetan, *software vissim*.

ABSTRACT

FERDIAND PATULAK. *Simulation of Traffic Light System Performance At Intersections (Case study: at Five Intersection of Sultan Hasanuddin Airport Makassar)* (Supervised by Dr. Khaeruddin, M.Sc. and Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.)

Background. *The high volume of vehicles results in significant congestion, especially during morning (work commute) and evening (home commute) hours. One of the factors contributing to congestion is the accumulation of vehicles at traffic lights. One of the traffic lights experiencing vehicle accumulation in Makassar is the five intersection at Sultan Hasanuddin Airport.* **Aims.** *One solution to reduce or prevent vehicle accumulation at traffic lights is to analyze the traffic system during peak hours using queueing theory. The chosen times are morning and evening every day for a week.* **Methods.** *The queueing model used in this study is the M/D/1 queueing model, which is then simulated using Vissim software.* **Results.** *The analysis results show that in the morning, accumulation occurs on the toll road (95%) and Makassar road (103%), while in the evening, peak congestion occurs on the toll road (103%), Maros road (103%), and toll road (108%).* **Conclusion.** *Using the results of this study, it is hoped that useful recommendations can be provided to local traffic managers to optimize the performance of the traffic light system and reduce congestion at this intersection.*

Keywords: Queueing Theory, M/D/1, Simpang Lima Sultan Hasanuddin Airport, Congestion, Vissim.

DAFTAR ISI

SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS.....	i
SIMULASI KINERJA SISTEM LAMPU LALU LINTAS.....	ii
SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah	2
1.2.1 Rumusan Masalah.....	2
1.2.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Landasan Teori	4
1.4.1 Antrian.....	4
1.4.2 Kondisi Steady-State	11
1.4.3 Distribusi Poisson.....	11
1.4.4 Distribusi Eksponensial.....	12
1.4.5 Uji Kecocokan Distribusi.....	12
1.4.6 Lampu Lalu Lintas	13
1.4.7 Karakteristik Kendaraan	13
1.4.8 Simulasi Model	14
BAB II METODE PENELITIAN.....	15
2.1 Sumber Data	15
2.2 Lokasi Penelitian	15
2.3 Variabel Penelitian.....	15
2.4 Metode Analisis	16
2.5 Metode Pengumpulan Data.....	16
2.6 Alur Penelitian	17
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	18
3.1 Pengenalan Area.....	18
3.2 Identifikasi Data Jumlah Kedatangan Kendaraan Pada Setiap Simpang Lampu Lalu Lintas.....	19
3.3 Identifikasi Data Jumlah Kendaraan Yang Meninggalkan Setiap Simpang Lampu Lalu Lintas.....	22
3.4 Uji Distribusi Data Jumlah Kedatangan Kendaraan Dan Jumlah Kendaraan Yang Meninggalkan Setiap Simpang Lampu Lalu Lintas	25
3.5 Model Antrian M/D/1 Pada Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin	29
3.6 Simulasi Model Antrian M/D/1 Pada Simpang Lima Bandara Sultan	

Hasanuddin Menggunakan PTV Vissim	32
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
4.1 Kesimpulan.....	40
4.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1 Komponen proses antrian	4
2 Single Channel - Single Phase	6
3 Single Channel - Multi Phase.....	6
4 Multi Chanel - Single Phase.....	7
5 Multi Channel - Multi Phase	7
6 Distribusi Poisson	11
7 Distribusi Eksponensial	12
8 Simpang Lima Bandara	15
9 Alur Kerja Penelitian	17
10 Citra Satelit Simpang Lima Bandara Sultan Hasanuddin.....	18
11 Jumlah kedatangan kendaraan (Makassar).....	19
12 Jumlah kedatangan kendaraan (Bandara).....	20
13 Jumlah kedatangan kendaraan (Dakota).....	20
14 Jumlah kedatangan kendaraan (Maros)	21
15 Jumlah kedatangan kendaraan (Tol)	22
16 Jumlah kendaraan yang meninggalkan lampu lalu lintas (Makassar).....	23
17 Jumlah kendaraan yang meninggalkan lampu lalu lintas (Bandara).....	23
18 Jumlah kendaraan yang meninggalkan lampu lalu lintas (Dakota)	24
19 Jumlah kendaraan yang meninggalkan lampu lalu lintas (Maros).....	24
20 Jumlah kendaraan yang meninggalkan lampu lalu lintas (Tol).....	25
21 Input Background ptv vissim	33
22 Membuat jaringan jalan.....	33
23 Menambahkan rute kendaraan	34
24 Input Jumlah dan jenis Kendaraan.....	34
25 Menambahkan priority area	35
26 Mengatur siklus lampu lalu lintas	35
27 Menjalankan program	36
28 Panjang Antrian Pagi	36
29 Panjang Antrian Sore.....	38

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1 Pengaturan lampu lalu lintas pada setiap jalan.....	18
2 Uji Kecocokan Distribusi (Makassar)	26
3 Uji Kecocokan Distribusi (Bandara)	26
4 Uji Kecocokan Distribusi (Dakota).....	27
5 Uji Kecocokan Distribusi (Maros)	28
6 Uji Kecocokan Distribusi (Tol)	29
7 Hasil model antrian M/D/1 (Makassar)	30
8 Hasil model antrian M/D/1 (Bandara)	30
9 Hasil model antrian M/D/1 (Dakota)	31
10 Hasil model antrian M/D/1 (Maros)	31
11 Hasil model antrian M/D/1 (Tol)	32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1 Tol (Pagi)	433
2 Tol (Sore).....	444
3 Makassar (Pagi).....	455
4 Makassar (Sore)	466
5 Bandara (Pagi).....	47
6 Bandara (Sore)	48
7 Dakota (Pagi).....	49
8 Dakota (Sore).....	50
9 Maros (Pagi)	511
10 Maros (Sore).....	52
11 Riwayat Hidup.....	53

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makassar adalah salah satu kota terbesar di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai lebih dari 1,5 juta jiwa (BPS 2020). Seiring dengan pertumbuhan penduduk, jumlah kendaraan bermotor di kota ini juga terus meningkat dari waktu ke waktu. Menurut data dari Sistem Administrasi Manunggal Satu Atap (SAMSAT) Sulawesi Selatan, pada tahun 2021 jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di Makassar mencapai lebih dari 1,3 juta unit. Dari jumlah tersebut, sekitar 75% adalah sepeda motor dan sisanya adalah mobil, truk, dan kendaraan lainnya. Dengan adanya peningkatan yang cukup tinggi maka di perlukan aturan yang lebih efektif untuk masalah transportasi. Tujuan utama kebijakan transportasi darat adalah mengurangi kemacetan dan kecelakaan di suatu wilayah.

Simpang lima bandara Sultan Hasanuddin merupakan salah satu simpang penting di Kota Makassar yang memiliki tingkat lalu lintas cukup tinggi dan merupakan simpang yang menjadi penghubung utama kota Makassar dan kota Maros serta menghubungkan Makassar dengan kabupaten lainnya yang terletak di sebelah utara Sulawesi Selatan. Keberadaan simpang ini menyebabkan adanya antrian kendaraan yang panjang sehingga memberikan dampak negatif bagi pengguna jalan yang melintasi simpang lima ini.

Kemacetan lalu lintas terjadi ketika banyak kendaraan berada dalam ruang jalan pada waktu yang sama, hal ini dapat terjadi di hampir semua jalan. Tingkat kemacetan lebih tinggi terjadi di pusat bisnis, area industri, dan sekitarnya, terutama selama pagi dan sore hari ketika terjadi peningkatan jumlah pengguna jalan. Kemacetan lalu lintas dapat mengakibatkan keterlambatan pengiriman barang dan jasa, konsumsi bahan bakar yang berlebihan sehingga meningkatkan polusi.

Teori antrian pada awalnya dikembangkan untuk memodelkan perilaku jaringan telepon yang mengalami kemacetan karena adanya permintaan yang muncul secara acak. Dengan menggunakan teori antrian, para peneliti dapat memprediksi tingkat kemacetan, waktu tunggu, dan kapasitas sistem telepon yang diperlukan untuk mengatasi permintaan pelanggan yang semakin meningkat, teori antrian telah diterapkan pada berbagai bidang, termasuk manufaktur, transportasi, dan layanan kesehatan, untuk memodelkan perilaku sistem antrian yang kompleks (Gross dan Harris, 1994).

Untuk meningkatkan kinerja persimpangan di kota Erbil - Irak Dilveen dan Salar (2022) menyarankan agar pemerintah mengkaji kembali waktu siklus (*cycle time*) pada semua persimpangan yang menggunakan lampu lalu lintas. Proses ini dilakukan dengan menggunakan detektor dengan mengumpulkan data terbaru berupa volume kendaraan, waktu siklus, waktu hijau, waktu kuning, dan waktu merah secara menyeluruh untuk setiap lengan persimpangan, kemudian menggunakan *software* untuk merancang pengaturan waktu yang diperlukan agar kinerja persimpangan lebih optimal.

Ekeocha dan Ikechi (2018) dalam penelitiannya menggunakan teori antrian untuk memprediksi intensitas lalu lintas di Lagos state, Nigeria dengan mengukur tingkat penumpukan antrian di persimpangan lampu lalu lintas. Vandaele dkk (2000) dalam penelitiannya membahas tentang pemanfaatan model antrian G/G/1 untuk menganalisis

dampak kecepatan kendaraan dalam mengemudi terhadap antrian kendaraan. Dalam penelitian ini, setiap model akan dibandingkan dengan variasi nilai yang berbeda.

Anoke dkk (2013) juga membahas tentang penggunaan model antrian $M/M/1$ pada simpang tiga Kumasi - Ashanti, Ghana yang dilakukan pada waktu pagi, sore dan malam hari. Dari ketiga rute tersebut rute Aboabo memiliki waktu tunggu kendaraan paling kecil di pagi, sore atau pun malam hari. Berdasarkan keseluruhan penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa pada simpang tiga tersebut mengalami kelancaran arus lalu lintas karena sistem di setiap rute melayani lebih banyak dari pada mobil yang menunggu.

Teori antrian juga di gunakan untuk membahas terkait pemanfaatan teori antrian dengan melakukan penelitian pada jalur simpang tiga Shenzhen dalam rentang waktu satu jam di setiap hari selama tiga hari berturut-turut. Kedatangan kendaraan diasumsikan dalam setiap 5 detik. Maka didapatkan kesimpulan bahwa model yang paling sesuai adalah model $M/M/3$ (Yang dan Yang, 2014).

Nugroho dan Falah (2022) menggunakan *PTV Vissim* untuk memodelkan persimpangan di kota Semarang. Penelitian ini juga menggunakan bantuan *software PTV Vissim* untuk melakukan simulasi antrian kendaraan pada simpang lima bandara Sultan Hasanuddin.

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian sebelumnya metode antrian terbukti efektif dalam berbagai aplikasi praktis, termasuk dalam mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan efisiensi sistem transportasi. Berdasarkan uraian dan hasil dari jurnal yang telah di pelajari maka peneliti akan menggunakan teori antrian untuk melakukan analisis serta simulasi berkaitan dengan kondisi kemacetan di kota Makassar khusus pada simpang lima bandara Sultan Hasanuddin.

1.2 Rumusan dan Batasan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas diperoleh beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana kinerja sistem antrian lampu lalu lintas pada setiap simpang di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin pada pagi dan sore hari ?
2. Bagaimana solusi untuk mengoptimalkan lampu lalu lintas pada simpang lima bandara Sultan Hasanuddin?

1.2.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini berfokus pada sistem antrian lampu lalu lintas yang diambil selama satu minggu pada awal bulan juni 2023 pada pagi (06.00 – 09.00 WITA) dan sore hari (16.00 – 19.00 WITA) .

2. Penelitian dilakukan hanya berdasarkan data yang diperoleh dari simpang lima bandara Sultan Hasanuddin.
3. Data kendaraan yang digunakan dibatasi pada data jumlah kendaraan yang melintas mobil, truk, bus.
4. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor cuaca dan kondisi jalan yang dapat mempengaruhi waktu tunggu kendaraan di setiap simpang.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja sistem antrian lampu lalu lintas pada setiap simpang di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin pada pagi dan sore hari.
2. Membuat rekomendasi solusi pengaturan lampu lintas kendaraan di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin yang lebih optimal menggunakan metode antrian.
3. Membuat simulasi antrian kendaraan pada simpang lima bandara Sultan Hasanuddin.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Meningkatkan efisiensi lalu lintas: Dengan mempelajari cara mengurangi waktu tunggu kendaraan di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin, penelitian ini dapat membantu meningkatkan efisiensi lalu lintas di wilayah tersebut. Hal ini dapat mengurangi kemacetan dan waktu perjalanan, serta memperbaiki kualitas udara karena mengurangi emisi gas buang kendaraan.
2. Menambah pengetahuan dan pemahaman: Penelitian ini dapat memberikan pengetahuan dan pemahaman baru tentang metode antrian dan bagaimana menerapkannya pada simpang jalan yang padat. Hal ini dapat menjadi dasar untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut di masa depan.
3. Memperbaiki pengalaman pengguna: Dengan meminimalkan waktu tunggu kendaraan di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin, pengguna jalan akan merasa lebih nyaman dan puas dalam pengalaman berkendara mereka. Hal ini dapat mempromosikan mobilitas yang lebih aman dan efisien.
4. Memberikan informasi bagi pembuat kebijakan: Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi yang berharga bagi pembuat kebijakan dalam hal perencanaan dan pengembangan infrastruktur jalan.
5. Mengurangi biaya operasional: Dengan mengoptimalkan waktu tunggu kendaraan di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin, biaya operasional pengguna jalan dapat berkurang, seperti konsumsi bahan bakar kendaraan dan waktu perjalanan yang lebih singkat.

1.4 Landasan Teori

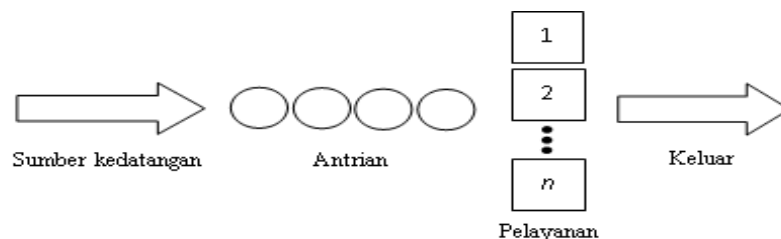
1.4.1 Antrian

Antrian dapat di artikan sebagai sekelompok orang atau benda yang menunggu untuk mendapatkan pelayanan atau dilayani oleh satu atau lebih server. Antrian dapat terjadi di berbagai situasi, seperti di toko, bank, restoran, bandara, atau tempat layanan publik lainnya di mana ada jumlah pelanggan atau pengunjung yang melebihi kapasitas pelayanan yang tersedia pada saat tertentu. Antrian dapat dikelola dengan menggunakan strategi yang berbeda, seperti menerapkan prinsip *first-come, first-served* atau sistem prioritas berdasarkan kondisi khusus, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan pengalaman pelanggan (Gross dan Harris, 1994).

Adapun tujuan penggunaan teori antrian adalah merancang fasilitas untuk mengatasi permintaan pelayanan yang berfluktuasi secara *random* dan menjaga keseimbangan biaya (waktu menganggur) pelayanan dan biaya yang diperlukan selama mengantri. Sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan, dan suatu aturan yang mengatur kedatangan para pelanggan (Rangkuti, 2023)

1.4.1.1 Komponen Proses Antrian

Komponen dasar dari proses antrian adalah kedatangan, pelayanan dan antrian. Kedatangan atau dapat dikatakan proses input. Proses input meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, pada umumnya kedatangan merupakan proses random. Pelayanan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan (Gross dan Harris, 1994). Komponen-komponen tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Komponen proses antrian

1.4.1.2 Karakteristik Antrian

Sumber input yang kedatangan pelanggan pada sebuah sistem pelayanan memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

a) Ukuran sumber kedatangan

Ukuran kedatangan pelanggan berasal dari populasi terbatas (*finite*) atau dari populasi yang tidak terbatas (*infinite*). Pada populasi terbatas, dapat diketahui jumlah pelanggan yang akan masuk dalam sistem karena menyesuaikan kapasitas pelayanan yang ada. Populasi tidak terbatas jumlah pelanggan yang datang ke dalam sistem pelayanan tidak dapat diketahui dengan pasti (Heizer & Render, 2006).

b) Perilaku kedatangan

Perilaku pelanggan memainkan peranan yang penting dalam menganalisis antrian. Khusus untuk pelanggan "manusia" ada beberapa perilaku yang mungkin terjadi, yaitu (Taha, 1996) :

1. *Jockey* adalah perilaku pelanggan yang menerobos antrian untuk mengurangi waktu tunggu
2. *Balk* adalah perilaku pelanggan yang tidak mengantri untuk mengantisipasi waktu tunggu yang lama.
3. *Renegé* adalah perilaku pelanggan yang memutuskan untuk membatalkan antrian karena sudah menunggu terlalu lama.

c) Pola Kedatangan

Menggambarkan bagaimana distribusi pelanggan memasuki sistem. Distribusi Kedatangan terbagi menjadi dua yaitu *Constant arrival distribution* dan *Arrival pattern random*. *Constant arrival distribution* adalah pelanggan yang datang setiap periode tertentu sedangkan *Arrival pattern random* adalah pelanggan yang datang secara acak (Heizer & Render, 2006).

1.4.1.3 Disiplin antrian

Disiplin antrian adalah aturan antrian di dalam barisan untuk menerima pelayanan yang terdiri dari (Gross dan Harris, 1994) :

a) *First come first served (FCFS)*

First come first served (FCFS) adalah pelanggan yang dilayani berdasarkan urutan kedatangan. Contohnya adalah antrian pada loket pembelian tiket kereta api.

b) *Last come first served (LCFS)*

Last come first served (LCFS) adalah pelanggan yang dilayani adalah pelanggan yang terakhir datang dalam antrian. Contohnya adalah sistem bongkar muatan barang dalam truk kontainer.

c) *Service in random order (SIRO)*

Service in random Order (SIRO) adalah pelayanan yang dilakukan secara acak. Contohnya adalah antrian keluar dari pesawat, dimana yang pertama kali keluar belum tentu yang pertama kali masuk pesawat.

d) *Priority*

Priority adalah pelayanan awal dilakukan pada pelanggan yang diutamakan.

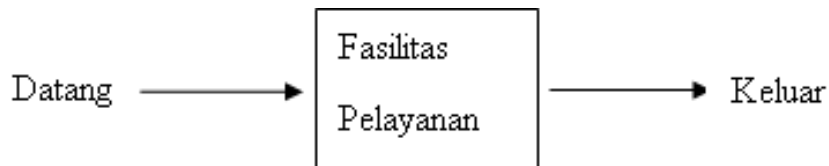
Contohnya adalah ketika mobil presiden melewati lampu merah maka dapat langsung melewati lampu merah tanpa menunggu.

1.4.1.4 Struktur Antrian

Sarana pelayanan dapat diklasifikasikan dalam *channel* dan *phase* yang akan membentuk struktur antrian yang berbeda-beda (Sinalungga, 2008). Fasilitas pelayanan bisa berupa *server* yang diatur secara paralel, seperti pada teller bank atau *server* bisa juga diatur menjadi bentuk seri seperti proses pada mesin yang berurutan atau bisa disusun seperti jaringan, contohnya seperti *router* pada jaringan komputer (Taha, 1996). Sistem antrian memiliki empat model struktur antrian yang sering digunakan sebagai berikut (Gross dan Haris, 1994) :

1. *Single Channel – Single Phase*

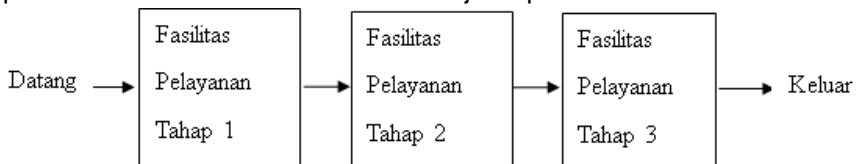
Single Channel berarti hanya ada satu jalan untuk memasuki sistem pelayanan, sedangkan *Single Phase* berarti bahwa hanya ada satu sistem pelayanan yang dapat digunakan untuk melayani pelanggan. *Single Channel – Single Phase* dapat diartikan bahwa setiap pelanggan dapat langsung keluar dari sistem pelayanan. Contohnya adalah pada loket pembayaran swalayan yang hanya memiliki satu kasir. Sistem pelayanan pada model ini disajikan pada Gambar 2



Gambar 2 *Single Channel - Single Phase*

2. *Single Channel – Multi Phase*

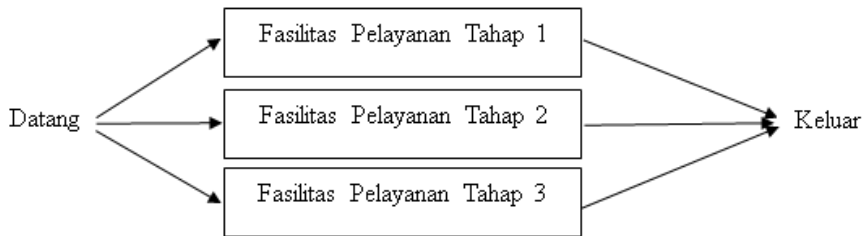
Model antrian ini merupakan model antrian yang mempunyai jalur sistem tunggal dan mempunyai tahapan pelayanan yang berganda. Berganda berarti memiliki dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan dengan fasilitas pelayanan berurutan. Contohnya adalah pencucian mobil. Model antrian ini disajikan pada Gambar 3



Gambar 3 *Single Channel - Multi Phase*

3. *Multi Chanel – Single Phase*

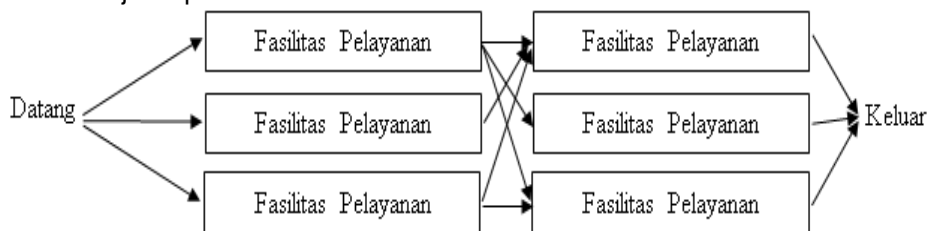
Sistem ini terjadi jika terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan tetapi hanyadilalui oleh antrian tunggal. Model antrian ini mempunyai lebih dari satu fasilitas pelayanan tetapi sistem pelayanan dalam fasilitas tersebut hanya mempunyai satu fase. Contohnya adalah sistem pelayanan di bank yang mempunyai satu sistem tetapi dilayani oleh beberapa *teller*. Model sistem ini disajikan pada Gambar 4



Gambar 4 Multi Chanel - Single Phase

4. Multi Channel – Multi Phase

Dalam model antrian ini setiap sistem mempunyai beberapa fasilitas pelayanan di setiap tahapnya, maka dalam sistem ini lebih dari satu individu dapat dilayani dalam satu waktu. Contohnya adalah pasien di rumah sakit, beberapa perawat akan mendatangi pasien secara teratur dalam memberikan penyembuhan sampai dengan pembayaran. Model ini disajikan pada Gambar 5



Gambar 5 Multi Channel - Multi Phase

1.4.1.5 Notasi Kendall

Dalam memahami dan menganalisis metode antrian diperlukan terdapat notasi yang digunakan agar proses analisis dapat berjalan dengan lebih baik dan terstruktur (Taha, 1996). Berikut ini notasi yang sering digunakan oleh para penulis dan praktisi :

$$A / B / c \quad Z / K / m$$

A = distribusi proses kedatangan

B = distribusi waktu pelayanan

c = jumlah server

Z = disiplin pelayanan

K = banyak bufer (kapasitas sistem)

m = ukuran populasi kedatangan

1.4.1.6 Model Antrian

a) Model Antrian (M/M/1)

Model ini mempunyai pola kedatangan berdistribusi poisson dan waktu pelayanan berdistribusi eksponensial. Dalam model ini, kedatangan membentuk satu jalur tunggal untuk dilayani oleh satuan sistem tunggal. Model M/M/1 dapat diterapkan dalam sistem antrian di rumah sakit atau klinik. Perumusan nilai Z_s dalam model antrian M/M/1 diperoleh berdasarkan rantai markov. Jika diasumsikan bahwa laju kedatangan adalah λ dan proporsi waktu dalam keadaan 0 adalah P_0 , maka laju dimana proses meninggalkan

keadaan 0 adalah λP_0 . Sistem menjadi kosong karena tingkat pelayanan μ dan proporsi waktu sistem memiliki tepat satu pelanggan adalah P_1 , maka laju proses memasuki keadaan 0 adalah μP_1 (Ross, 2007).

Maka berdasarkan prinsip tersebut didapatkan persamaan :

$$\lambda P_0 = \mu P_1 \quad (1.1)$$

Jika keadaan saat ini dimisalkan sebagai n , maka keadaan selanjutnya adalah $n + 1$ dan keadaan sebelumnya adalah $n - 1$ maka berdasarkan persamaan (1.1) didapatkan :

$$(\lambda + \mu) P_n = \lambda P_{n-1} + \mu P_{n+1} \quad (1.2)$$

Dari persamaan (1.1) dan (1.2) diperoleh :

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0 \quad (1.3)$$

$$P_2 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 P_0 \quad (1.4)$$

⋮

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad (1.5)$$

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

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \quad (1.6)$$

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

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n &= \sum_{n=0}^{\infty} (\rho)^n \\ &= \frac{1}{1-\rho} \end{aligned} \quad (1.7)$$

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

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \\ &= 1 - \rho \end{aligned} \quad (1.8)$$

$$P_1 = \rho P_0$$

$$P_2 = \rho^2 P_0$$

⋮

$$P_n = \rho^n P_0$$

$$= (\rho)^n (1 - \rho) \quad (1.9)$$

Maka didapatkan nilai L_s sebagai berikut :

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

Dimana $\rho^n = \rho^1 \cdot \rho^n \cdot \rho^n$, maka :

$$\begin{aligned}
L_s &= (1 - \rho)\rho \sum_{n=0}^{\infty} nP^{n-1} \\
&= (1 - \rho)\rho \frac{d}{d\rho} \left(\sum_{n=0}^{\infty} P^n \right) \\
&= (1 - \rho)\rho \frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{1 - \rho} \right) \\
&= (1 - \rho)\rho \frac{1}{(1 - \rho)^2} \\
&= \frac{\rho}{(1 - \rho)} \\
&= \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}
\end{aligned} \tag{1.10}$$

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

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \tag{1.11}$$

$$\begin{aligned}
W_q &= W - \frac{1}{\mu} \\
&= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}
\end{aligned} \tag{1.12}$$

$$\begin{aligned}
L_q &= \lambda W_q \\
&= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}
\end{aligned} \tag{1.13}$$

b) Model Antrian (M/D/1)

Model antrian M/D/1 adalah salah satu model antrian yang digunakan dalam ilmu antrian untuk menganalisis sistem antrian dengan waktu pelayanan yang deterministik (*fixed time*). Dalam model M/D/1, kedatangan pelanggan mengikuti distribusi Poisson (M), sementara waktu layanan adalah deterministik (D).

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk model M/D/1:

$$P = \frac{\lambda}{\mu} \tag{1.14}$$

$$W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)} \tag{1.15}$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \tag{1.16}$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)} \tag{1.17}$$

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \tag{1.18}$$

c) Model Antrian (G/G/1)

Model antrian G/G/1 adalah salah satu jenis model antrian yang digunakan untuk menggambarkan proses antrian dalam sistem yang memiliki kedatangan pelanggan dengan pola distribusi umum (general) dan pelayanan dengan pola distribusi umum juga.

Model ini sering digunakan dalam analisis sistem antrian dengan data kedatangan pelanggan dan data pelayanan pelanggan yang terprediksi dengan baik.

Dalam model antrian $G/G/1$, G mengacu pada distribusi kedatangan pelanggan yang umum (general), dan G juga mengacu pada distribusi pelayanan yang umum (general), dan 1 mengacu pada jumlah server yang tersedia untuk melayani pelanggan, yaitu satu server. Dalam model ini, waktu antara kedatangan pelanggan berturut-turut dianggap sebagai variabel acak yang diikuti distribusi G , sedangkan waktu pelayanan yang diberikan oleh server dianggap sebagai variabel acak yang diikuti distribusi G .

Beberapa contoh dari sistem antrian yang dapat dimodelkan dengan model antrian $G/G/1$ antara lain adalah jaringan komputer, sistem telekomunikasi, dan server basis data. Dalam analisis sistem antrian, model $G/G/1$ digunakan untuk menghitung beberapa metrik kinerja seperti waktu rata-rata antara kedatangan pelanggan, waktu rata-rata dalam antrian, dan waktu rata-rata pelayanan. Informasi ini dapat membantu manajemen dalam menentukan kebijakan yang tepat untuk mengoptimalkan kinerja sistem antrian dan meningkatkan kualitas layanan (Engelhardt 2002).

d) Model Antrian ($G/M/1$)

Model ini dapat digunakan untuk memprediksi kinerja sistem antrian dan waktu tunggu rata-rata untuk pelanggan yang masuk ke dalam sistem. Model antrian $G/M/1$ digunakan pada kondisi di mana tingkat kedatangan pelanggan tidak stabil dan terdistribusi secara acak.

Dalam model $G/M/1$, kedatangan pelanggan mengikuti distribusi umum (G), sedangkan waktu layanan mengikuti distribusi eksponensial (M). Misalnya, dalam restoran cepat saji, pelanggan mungkin tiba dengan pola yang lebih kompleks daripada distribusi Poisson, tetapi waktu pelayanan oleh kasir dapat dianggap sebagai proses (Engelhardt 2002).

e) Model Antrian ($M/G/1$)

Model antrian $M/G/1$ adalah salah satu jenis model antrian yang digunakan untuk menganalisis sistem antrian dengan waktu pelayanan yang tidak stabil dan terdistribusi secara acak dengan input kedatangan pelanggan yang stabil dan terdistribusi secara Poisson. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi kinerja sistem antrian dan waktu tunggu rata-rata untuk pelanggan yang masuk ke dalam sistem.

Dalam model $M/G/1$, kedatangan pelanggan mengikuti distribusi Poisson (M), sementara waktu layanan mengikuti distribusi umum (G). Sebagai contoh, dalam sistem layanan rumah sakit, pasien datang secara acak tetapi waktu layanan mungkin bervariasi secara signifikan, tergantung pada kompleksitas penyakit pasien (Engelhardt 2002).

f) Model Antrian ($M/D/1$)

Model antrian $M/D/1$ adalah salah satu model antrian yang digunakan dalam ilmu antrian untuk menganalisis sistem antrian dengan waktu pelayanan yang deterministik (*fixed time*). Dalam model $M/G/1$, kedatangan pelanggan mengikuti distribusi Poisson (M), sementara waktu layanan adalah deterministik (D).

1.4.2 Kondisi Steady-State

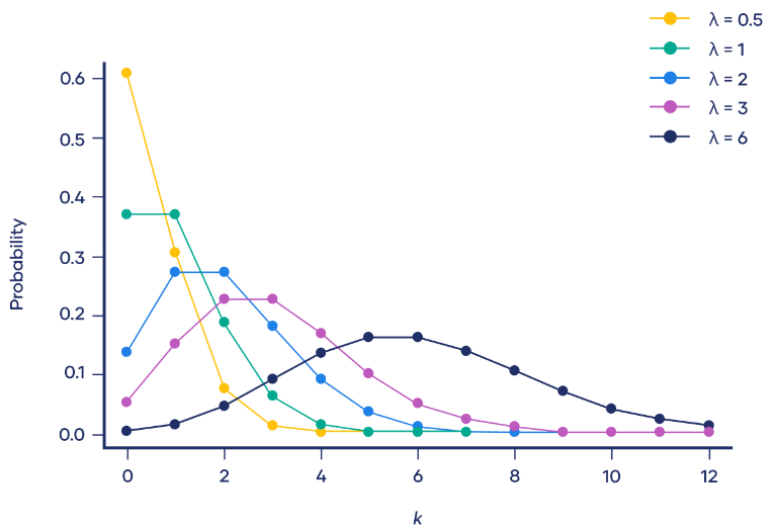
Kondisi steady-state terpenuhi jika rata-rata kedatangan tidak melebihi rata-rata pelayanan, dapat dinyatakan bahwa $\lambda < \mu$ atau $\rho < 1$. Dimana λ adalah rata-rata kedatangan pelanggan dalam per satuan waktu tertentu, μ adalah rata-rata pelayanan per satuan waktu tertentu, sedangkan ρ adalah rata-rata kedatangan dibagi dengan rata-rata pelayanan. Setelah kondisi steady-state terpenuhi maka dapat dihitung ukuran steady-state dari kinerja antrian tersebut dengan cara sederhana. Ukuran kinerja dapat digunakan untuk menganalisis kondisi antrian tersebut yang dapat digunakan untuk merekomendasikan rancangan sistem yang lebih optimal (Taha, 1996).

1.4.3 Distribusi Poisson

Distribusi Poisson sering digunakan dalam simulasi yang berkaitan dengan peristiwa kedatangan dan kepergian. Jika waktu antara kejadian berdistribusi poisson, maka jumlah kejadian yang terjadi dalam interval waktu tertentu akan berdistribusi Poisson (Sugito, 2011).

Bain dan Engelhardt (1992) dalam bukunya yang berjudul "*Introduction to Probability and Mathematical Statistics*" menyatakan bahwa peubah acak diskrit X dikatakan berdistribusi Poisson dengan parameter $\lambda > 0$ memiliki fungsi densitas peluang yang berbentuk

$$P(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \text{ Dengan } x = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1.19)$$



Gambar 6 Distribusi Poisson (sumber : google.com)

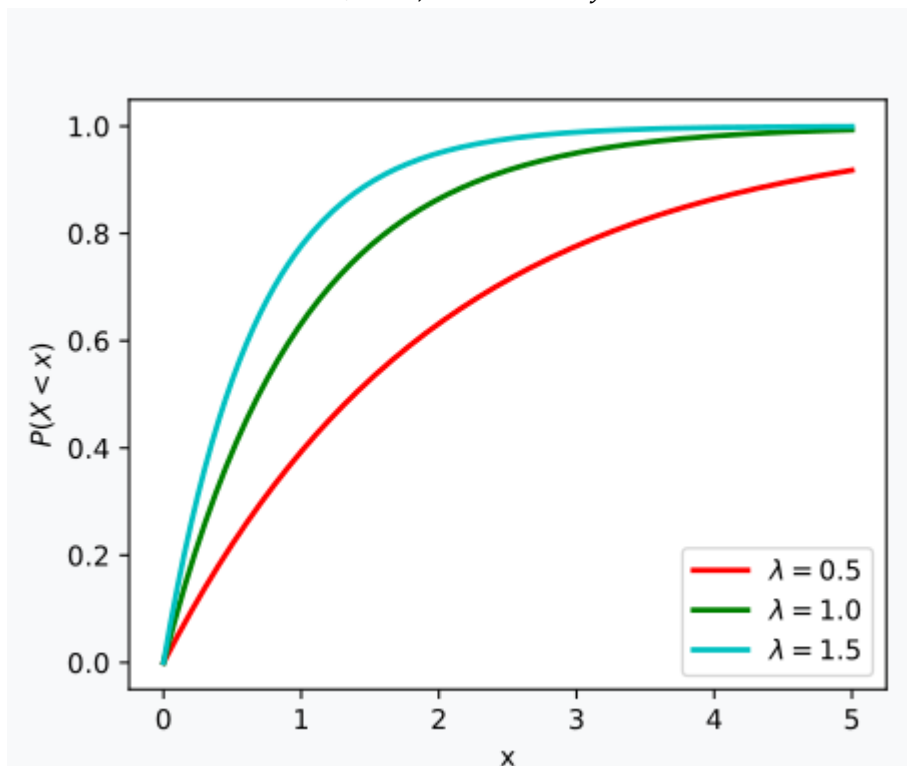
dengan λ menyatakan rata-rata banyaknya sukses yang terjadi per satuan waktu atau pada daerah tertentu. Contohnya dengan banyaknya kendaraan pada lampu lalu lintas dalam kurun waktu satu menit.

1.4.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk menggambarkan distribusi waktu pada fasilitas jasa, dimana waktu pelayanan tersebut diasumsikan bersifat bebas. Artinya, waktu untuk melayani pendatang tidak bergantung pada lama waktu yangtelah dihabiskan untuk melayani pendatang sebelumnya, dan tidak bergantung pada jumlah pendatang yang menunggu untuk dilayani (Djauhari, 1997).

Bain dan Engelhardt (1992) dalam bukunya yang berjudul “*Introduction to Probability and Mathematical Statistics*” menyatakan bawa peubah acak kontinu X dikatakan berdistribusi eksponensial dengan $\lambda > 0$ memiliki bentuk umum sebagai berikut :

$$P(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & \text{untuk } x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (1.20)$$



Gambar 7 Distribusi Eksponensial (sumber : Google.com)

1.4.5 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi digunakan untuk menentukan sampai seberapa jauh data sampel yang diamati selaras atau cocok dengan model yang digunakan. Apakah suatu populasi atau variabel acak mempunyai distribusi tertentu. Uji-uji keselarasan (*goodnes of fit*) merupakan uji kecocokan distribusi yang bermanfaat untuk mengevaluasi sampai seberapa jauh suatu model mampu mendekati situasi nyata yang digambarkannya. Salah satu uji kecocokan distribusi yang dapat digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Adapun prosedur pengujian Kolmogorov-Smirnov adalah sebagai berikut

(Daniel, 1989):

1. Menentukan hipotesis
 Hipotesis pengujian distribusi kedatangan :
 H_0 : data rata-rata kedatangan yang diamati berdistribusi poisson
 H_1 : data rata-rata kedatangan yang diamati tidak berdistribusi poisson
 Hipotesis pengujian distribusi pelayanan:
 H_0 : data rata-rata pelayanan yang diamati berdistribusi eksponensial
 H_1 : data rata-rata pelayanan yang diamati tidak berdistribusi eksponensial
2. Menentukan taraf signifikansi
 Taraf signifikansi yang akan digunakan adalah $\alpha = 5\%$ (0.05)
3. Menentukan statistik uji
 $D = \text{Sup } |S(n) - F_0(n)|$
 Dimana :
 $S(n)$: distribusi kumulatif data sampel
 $F_0(n)$: distribusi kumulatif dari distribusi yang dihipotesiskan
4. Kriteria uji
 Tolak H_0 pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$, jika nilai $D >$ nilai $D^*(\alpha)$. Nilai $D^*(\alpha)$ adalah nilai kritis yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov.

1.4.6 Lampu Lalu Lintas

Undang-undang No 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan pasal 1 didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Sedang ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung. (Dephub, 2009)

Lampu lalu lintas dapat diatur menggunakan pengaturan waktu tetap (*Fixed Time Operation*). *Fixed Time Operation* adalah pengoprasian waktu siklus dan panjang fase yang diatur terlebih dahulu dalam periode tertentu. Namun pada keadaan tertentu, pengaturan ini tidak efisien karena tidak memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi pada volume arus lalu lintas. Sehingga diperlukan alternatif yang menggunakan lebih dari satu pengaturan waktu (*multi-setting*) (Jatmika dan Andiko, 2014).

1.4.7 Karakteristik Kendaraan

Secara umum kendaraan yang beroperasi di jalan raya dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori, yaitu (MKJI 1-6, 1997) :

- a. Kendaraan Berat (HV)
 Kendaraan berat adalah kendaraan yang memiliki lebih dari 4 roda yang meliputi bus, truk dua as, truk 3 as dan truk gandeng
- b. Kendaraan Ringan (LV)
 Kendaraan ringan adalah kendaraan yang memiliki 2 as dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m. Kendaraan jenis ini meliputi mobil penumpang, mikrobus, pick up dan truk kecil
- c. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor yang memiliki dua atau tiga roda, meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

d. Kendaraan tak bermotor (UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh manusia atau hewan, meliputi sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong.

1.4.8 Simulasi Model

Simulasi adalah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata. Model pengambilan keputusan dilakukan dengan mencontoh atau mempergunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya (Hasan, 2002).

Penelitian ini menggunakan *software PTV Vissim* untuk melakukan simulasi model antrian pada simpang lima bandara Sultan Hasanuddin. Versi *PTV Vissim* yang digunakan pada penelitian ini adalah *student version*. *PTV Vissim* merupakan salah satu *software traffic simulation* yang terbaik (Lu lu dkk, 2010). Dalam penelitian ini hasil observasi pada simpang lima bandara Sultan Hasanuddin akan disimulasikan menggunakan *PTV Vissim*.

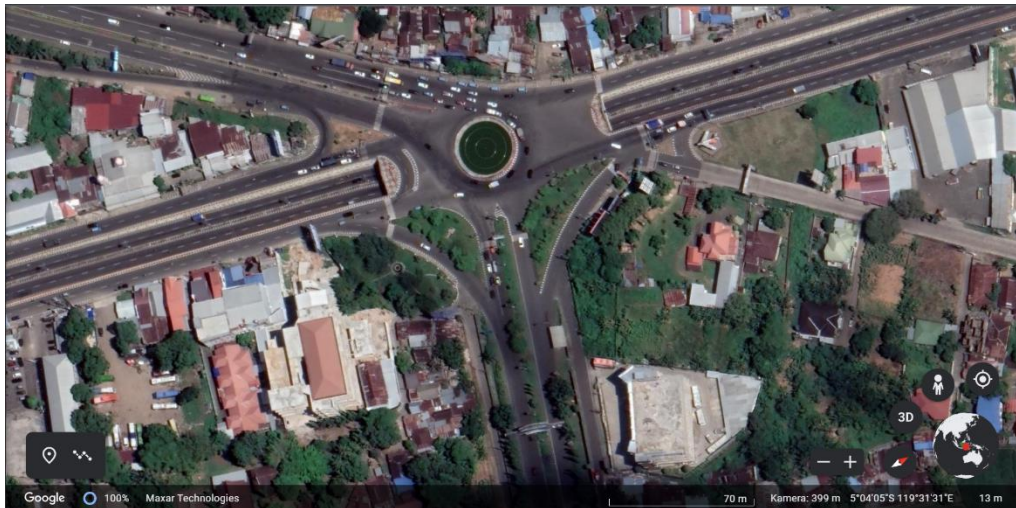
BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan merupakan data primer. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi yang akan dilaksanakan pada awal bulan juni 2023 di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin selama 7 hari pada pukul 07.00-07.30 WITA dan 17.30-18.00 WITA.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di simpang lima bandara sultan hasanuddin, simpang ini menghubungkan kota Makassar dan Maros serta kota-kota lainnya di sebelah utara Sulawesi Selatan. Gambar citra satelit simpang lima bandara Sultan Hasanuddin di sajikan pada Gambar 8



Gambar 8 Simpang Lima Bandara
(sumber : <https://maps.google.com/>)

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kendaraan yang melintasi simpang lima bandara Sultan Hasanuddin. Kendaraan yang dimaksudkan adalah kendaraan roda empat atau lebih yang terdiri dari kendaraan pribadi dan kendaraan umum berupa kendaraan ringan maupun kendaraan berat. Variabel lain yang diteliti adalah waktu kendaraan menunggu dan waktu kendaraan mampu melintasi lampu lalu lintas. Waktu kendaraan menunggu adalah waktu lampu lintas berwarna merah dan waktu kendaraan mampu melintasi lampu lalu lintas adalah waktu lampu lalu lintas berwarna hijau.

Berdasarkan sistem antrian tersebut didapatkan variabel-variabel yang lain di antaranya adalah rata-rata jumlah kedatangan kendaraan (λ), rata-rata jumlah

kendaraan meninggalkan sistem (μ), proporsi waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melewati sistem (ρ), jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem (Ls), waktu rata-rata yang dibutuhkan kendaraan dalam sistem (Ws), rata-rata jumlah kendaraan yang menunggu dalam antrian (Lq) dan waktu rata-rata yang dibutuhkan kendaraan dalam antrian (Wq).

2.4 Metode Analisis

Dalam penelitian ini teori antrian digunakan sebagai teori utama untuk melakukan analisis, penelitian ini juga menggunakan *software PTV Vissim*. Teori antrian pada penelitian ini digunakan untuk menentukan model antrian dan kinerja sistem lampu lalu lintas di simpang lima bandara Sultan Hasanuddin sedangkan *software PTV Vissim* digunakan untuk melakukan simulasi model yang diperoleh untuk melakukan analisis nilai yang optimal untuk setiap simpang.

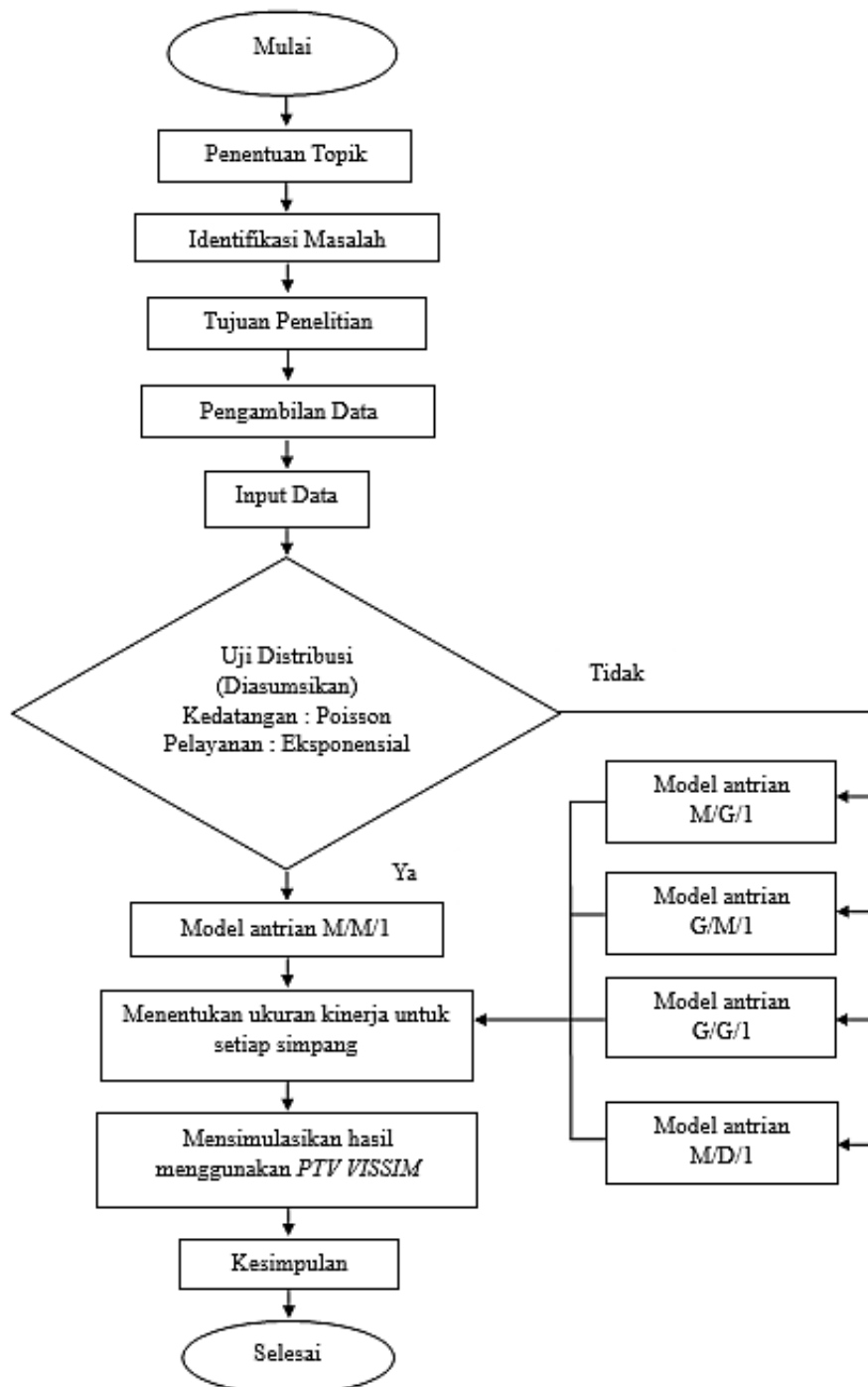
2.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil menggunakan drone yang diterbangkan di sekitar simpang lima bandara Sultan Hasanuddin. Waktu pengambilan data dilakukan selama satu pekan pada pagi dan sore hari.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah kedatangan kendaraan pada satu siklus lampu lalu lintas dan jumlah kendaraan yang melalui satu siklus lampu lalu lintas.

Jumlah kedatangan kendaraan yang dihitung adalah jumlah kendaraan yang menunggu untuk melalui lampu lalu lintas. Jumlah kendaraan yang berhasil melalui lampu lalu lintas dihitung berdasarkan banyaknya kendaraan yang mampu melalui lampu lalu lintas.

2.6 Alur Kerja Penelitian



Gambar 9 Alur Kerja Penelitian