

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu tentang Analisis Kinerja Pelayanan Gardu Tol Pada Gerbang Tol :

Berdasarkan hasil penelitian (Syofa et al., 2024) Analisis Kinerja Pelayanan Gardu Tol Pekanbaru-Dumai. Standar pelayanan minimal jalan tol terdiri dari delapan substansi pelayanan yaitu kondisi jalan tol, kecepatan tempuh rata-rata, aksesibilitas, mobilitas, keselamatan, unit pertolongan/penyelamatan dan bantuan pelayanan, lingkungan, dan tempat istirahat. Aksesibilitas merupakan ukuran pelayanan yang harus dicapai yang berkaitan dengan kemudahan interaksi antara pengguna tol dengan fasilitas pada jalan tol yaitu gardu tol. Aksesibilitas merupakan standar yang mengatur waktu pelayanan/transaksi gardu dan panjang antrian kendaraan pada gardu. Tol Pekanbaru-Dumai merupakan Gerbang Tol Otomatis (GTO) dengan sistem tertutup. Teori antrian digunakan untuk menganalisis intensitas lalu lintas dan intensitas antrian pada gardu tol. Berdasarkan analisis jumlah kedatangan kendaraan pada umur rencana jalan 15 tahun yaitu 2.811 smp/jam, dengan analisis waktu kendaraan dalam antrian (\bar{w}) adalah 44 detik dan jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) adalah 11 smp, dengan waktu pelayanan maksimal 4 detik. Hal tersebut masih sesuai dengan standar jalan tol pada gardu masuk. Namun, waktu pelayanan ≥ 5 detik, akan terjadi antrian ($\rho > 1$). Untuk meminimalisir antrian bisa diupayakan dengan meminimalisir waktu pelayanan, modifikasi tipe gardu, atau dengan membuat satu lajur baru.

Berdasarkan hasil penelitian (Ichwan & Arifin, 2022) Analisis Peningkatan Kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih, yang dimana pada saat ini penyelesaian dilakukan untuk meningkatkan kinerja Gerbang Tol Cempaka Putih demi memperpendek antrean kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan observasi dan pengumpulan data primer dan sekunder. Maka didapatkan hasil penelitian ini dengan 4 jenis analisa yaitu banyak 1434 kendaraan/jam dengan kapasitas gardu tol maksimal sebesar 423 kendaraan/jam, waktu tundaan rata-rata kendaraan sebesar 112,31 detik, panjang antrean kendaraan yang terjadi yaitu sebesar 178,61 meter. Ber dasarkan hasil yang diperoleh tersebut, panjang antrean kendaraan pada Gerbang Tol Cempaka Putih kondisi eksisting belum memenuhi standar pelayanan minimum jalan tol dengan intensitas lalu lintas berdasarkan perhitungan manual memiliki nilai lebih besar dari 1, dan kondisi panjang antrean rata-rata pada satu tahun yang akan datang berdasarkan hasil pendugaan lalu lintas dan analisis aplikasi perangkat lunak PTV VISSIM yaitu mengalami penurunan signifikan dengan kondisi eksisting, sehingga dapat diketahui bahwa dibutuhkan solusi penerapan sistem transaksi SLFF.

Berdasarkan hasil penelitian (Rosdiyani et al., 2020) Analisis Pelayanan Gerbang Tol *Existing* Pelabuhan Merak Banten. Gerbang pelabuhan Merak yang terletak di Kota Cilegon berfungsi sebagai jalan akses menuju pelabuhan tersebut dan sebagai prasarana penyebrangan laut. Gerbang ini sangat berperan terhadap kelancaran arus lalu lintas, terutama di Kecamatan Pulo Merak. Dengan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pelayanan gerbang tol pada kondisi eksisting. Data yang diperlukan terdiri dari data primer dan data sekunder. Metode analisa antrian yang dipakai adalah teori antrian FIFO. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui gerbang tol pelabuhan Merak masing-masing yaitu melayani kendaraan ringan maupun kendaraan berat. Hal ini dapat dilihat dari nilai waktu pelayanan *existing* kendaraan ringan 57,24 detik maka jumlah kendaraan yang mengantri sebanyak -4 kendaraan dengan lama waktu mengantri sebesar -149,45 detik. Untuk waktu pelayanan existing kendaraan berat 51,39

detik maka jumlah kendaraan yang mengantri sebanyak 9 kendaraan dengan lama waktu mengantri sebesar 411,43 detik. Maka dengan itu upaya meningkatkan kinerja pelayanan, dilakukan alternatif pembukaan gerbang tol pada kendaraan ringan sebanyak 2 buah gerbang, sedangkan untuk kendaraan berat sebanyak 1 buah gerbang.

Berdasarkan hasil penelitian (Alwi & Setiawan, 2020) Analisis Kinerja Dan Pelayanan Gerbang Tol Colomadu. Transportasi adalah salah satu aspek yang sangat menunjang dalam berbagai segi kehidupan. Salah satu segi transportasi yang akhir-akhir ini semakin ditingkatkan yaitu yang berkaitan dengan jalan tol. Faktor yang sering mengakibatkan kemacetan di jalan tol yaitu kondisi, kapasitas dan antrian di gerbang tol. Salah satu akibat terjadinya antrian di gerbang tol adalah tidak sesuai nya jumlah gardu tol dengan volume kendaraan yang masuk atau keluar di gerbang tol tersebut. Penelitian ini dilakukan pada gerbang tol Colomadu dengan tujuan mengetahui alternatif perbaikan layanan gerbang tol untuk meminimalisir antrian yang ditinjau dari segi tingkat kedatangan kendaraan dan tingkat pelayanan. Penyelesaian kasus ini menggunakan teori antrian dengan disiplin antrian *First In First Out* (FIFO). Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode survei lapangan untuk mencari tingkat kedatangan dan lama waktu pelayanan yang terjadi pada gerbang tol Colomadu. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada hari Kamis, Sabtu dan Senin tanggal 2, 4 dan 6 Januari 2020 didapatkan tingkat kedatangan kendaraan (λ) tertinggi pada gardu entrance terjadi pada hari Sabtu, 4 Januari 2020 pukul 17.00-18.00 sebesar 896 kendaraan/jam, tingkat kedatangan kendaraan tertinggi pada gardu exit terjadi pada hari Sabtu, 4 Januari 2020 pukul 17.00-18.00 sebesar 640 kendaraan/jam. Untuk waktu pelayanan (WP) rata-rata pada gardu entrance adalah 8,36 detik/kendaraan, dan waktu pelayanan rata-rata gardu exit adalah 17,13 detik/kendaraan. Dari hasil analisis dengan menggunakan disiplin antrian FIFO, gardu yang ada pada saat ini tidak optimal. Maka perlu adanya perbaikan pada waktu pelayanan dan penambahan gardu pada gardu entrance maupun gardu exit. Pada gardu entrance, waktu pelayanan optimal adalah 11 detik dan jumlah gardu optimal adalah 4 gardu. Pada gardu exit, waktu pelayanan optimal adalah 14 detik dan jumlah gardu tol optimal adalah 4 gardu.

Berdasarkan hasil penelitian (Rombelinggi, 2022) Pelayanan Gardu Dan Evaluasi Antrian Pada Gerbang Tol Biringkanaya Makassar. Kebutuhan akan mobilitas masyarakat di sebuah kota akan meningkat sejalan dengan berkembangnya negara. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan pembangunan jalan termasuk diantaranya jalan tol. Pembangunan jalan tol juga dimaksudkan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan, meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya. Kota Makassar berperan sebagai pusat kegiatan ekonomi khususnya di Pulau Sulawesi. Kegiatan ekonomi yang terjadi di Kota Makassar menimbulkan pergerakan yang semakin tinggi. Jalan Tol Makassar merupakan salah satu alternatif bagi masyarakat Makassar dan sekitarnya untuk bepergian serta berfungsi mengurangi kepadatan lalu lintas. Gerbang tol merupakan tempat transaksi pelayanan yang sering terjadinya kemacetan. Oleh karena itu perlu di kaji tentang bagaimana pelayanan dan evaluasi antrian pada gerbang tol Biringkanaya Makassar. Metode penelitian ini berupa metode kualitatif. Kemudian setelah diteliti dapat diketahui pelayanan gardu dan evaluasi antrian pada gerbang tol Biringkanaya Makassar. Hasil penelitian yang didapatkan pada penelitian ini adalah tingkat kedatangan paling besar 1064 kendaraan/jam. Dilihat dari pada wp 10 detik, diperoleh dari antrian sebesar 29,01 detik. Dan ketika wp 9 detik diperoleh antrian sebesar 18,03 detik. Selanjutnya pada wp 8 detik, diperoleh antrian sebesar 11,66 detik. Kemudian disusul wp 7 detik, diperoleh besar antrian 7,54 detik. Sedangkan nilai antrian yang paling kecil yaitu pada wp 6 detik, diperoleh besar antrian 4,78 detik. Dan pada wp 5 detik, diperoleh besar antrian 2,91 detik. Selanjutnya pada wp 4 detik, diperoleh besar antrian 1,65

detik. Jadi berdasarkan analisis data tersebut, tingkat kepadatan antrian cukup tinggi. Karena melampaui standar yang telah ditentukan.

2.2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Jalan Tol

Jalan tol adalah jalan sebuah bagian sistem jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (UU No. 22 Tahun 2002 yang merupakan perubahan kedua atas UU No. 38 Tahun 2004 tentang jalan). Tujuan jalan tol meliputi:

1. Memperlancar lalu lintas kendaraan.
2. Meningkatkan percepatan distribusi barang dan jasa demi pertumbuhan ekonomi.
3. Meningkatkan pemerataan pembangunan.

Sedangkan manfaat jalan tol sendiri adalah :

1. Pembangunan jalan tol akan membuat wilayah berkembang dan pertumbuhan ekonomi.
2. Meningkatkan mobilitas barang dan orang.
3. Pengguna jalan tol dapat keuntungan berupa penghematan waktu tempuh ke tempat tujuan.

2.2.1.1 Jenis Kendaraan Pada Jalan Tol

Beberapa jenis kendaraan yang diperbolehkan masuk jalan tol menurut Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 370/KPTS/M/2007 tentang penetapan golongan jenis kendaraan ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Golongan Kendaraan di Jalan Tol

GOLONGAN	JENIS KENDARAAN
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truck kecil dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar atau lebih

(Sumber : Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 370/KPTS/M/2007)

2.2.1.2 Dimensi Kendaraan Untuk Jalan Tol

Dimensi kendaraan untuk desain jalan tol berdasarkan standart konstruksi dan bangunan No. 007/BM/2009.

Tabel 2.2. Dimensi Kendaraan

Jenis Kendaraan	Dimensi kendaraan			Dimensi Tonjolan		Radius Putar Minimum
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86

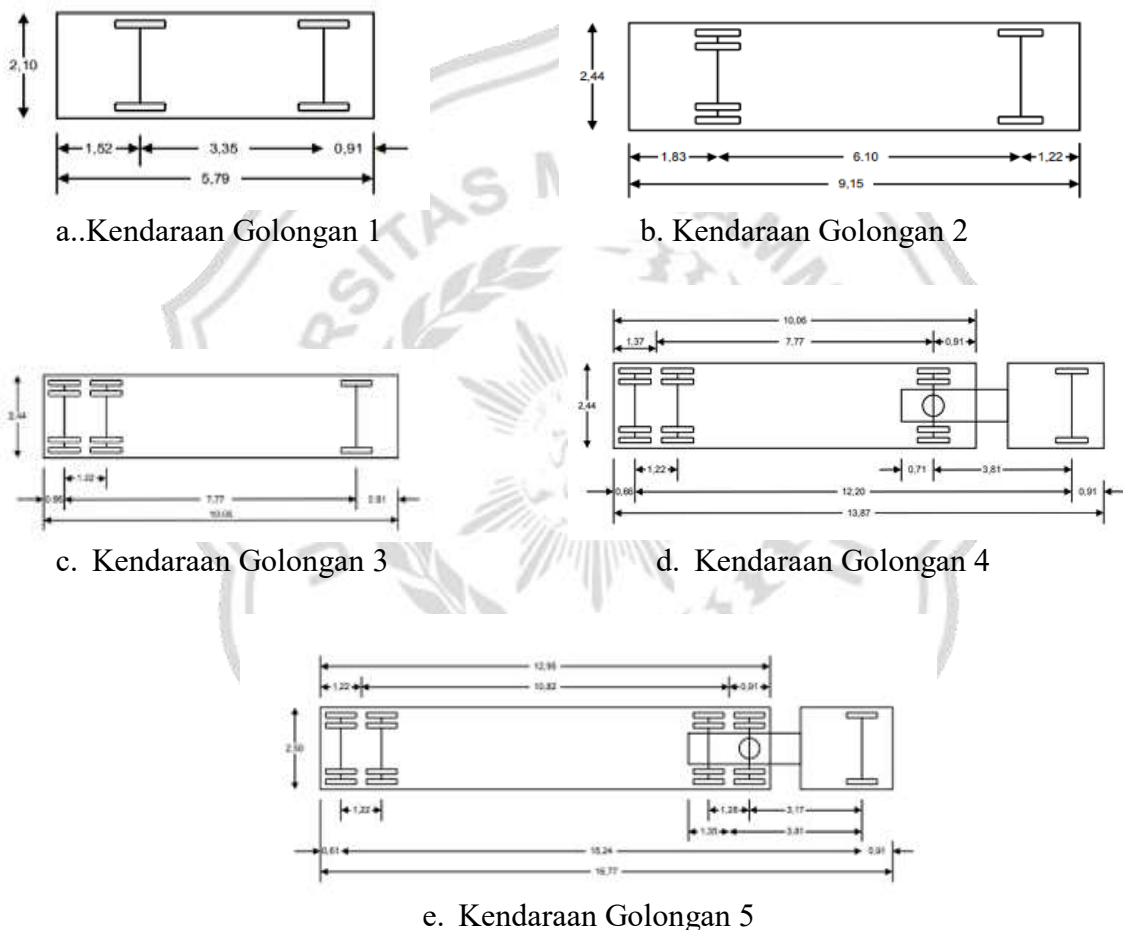
(Sumber : Bina Marga 007,2009)

Lanjutan Tabel 2.3. Dimensi Kendaraan

Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	12,80
Truk 3 as	4,1	2,4	10,1	0,9	0,7	
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,7	12,20
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,72

(Sumber : Bina Marga 007,2009)

Berdasarkan dari rekapitulasi tabel dimensi kendaraan diatas maka berikut gambar dimensi kendaraan berdasarkan golongan kendaraan :



Gambar 2.1. Dimensi Kendaraan
(Sumber : Bina Marga,2009)

2.2.1.3 Kapasitas Gerbang Tol

Besarnya kapasitas gerbang tol tiap gerbang tol berbeda tergantung pada tingkat pelayanannya. Semakin baik pelayanannya maka akan semakin besar kapasitas gerbang tol tersebut. Kapasitas gerbang tol dapat diperoleh melalui survei dari antrian kendaraan dan tingkat pelayanan pada gerbang tol. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kapasitas gerbang tol sesuai dengan standar pelayanan minimum jalan tol, kendaraan yang dapat dilayani untuk tiap gardu pada sistem tertutup harus <450 kendaraan per/jam per gardu (BPJT, 2005).

2.2.1.4 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis

Pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 16/PRT/M/2017 tentang Transaksi Nontunai di Jalan Tol, mulai tanggal 31 Oktober 2017 semua transaksi di jalan tol di Indonesia sudah harus menerapkan sistem transaksi Nontunai/Gardu Tol Otomatis (GTO). Sistem pembayaran gardu tol otomatis (GTO) adalah sistem pembayaran yang menggunakan kartu elektronik (*e-toll card*) sebagai transaksinya, *e-toll* adalah kartu elektronik yang digunakan untuk membayar biaya masuk jalan tol pada gardu tol otomatis (GTO). *E-toll* memuat saldo yang harus diisi terlebih dahulu dan digunakan untuk transaksi pada jalan tol sistem tertutup. Pelanggan jalan tol dapat menempelkan kartu *e-toll* pada *reader contactless* yang disediakan untuk melakukan transaksi. Dalam sistem tertutup pengemudi cukup menempelkan kartu *e-toll* pada gerbang masuk dan keluar dan saldo otomatis terpotong saat di pintu keluar gerbang tol.

2.2.1.5 Standart Pelayanan Minimum Jalan tol

Berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol, Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol adalah ukuran jenis dan mutu dalam pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan Jalan Tol. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16/PRT/M/2014, Standar Pelayanan Minimum (SPM) jalan tol terdiri dari beberapa pelayanan yaitu:

1. Kondisi jalan tol

Pada Standar Pelayanan Minimum (SPM) kondisi jalan tol yang menjadi standar adalah

- a. Kekesatan : $>0,33$ mm.
- b. Ketidakrataan : perkerasan kaku atau perkerasan lentur : $IRI \leq 4$ m/km.
- c. Tidak ada lubang : 100%.
- d. Tidak ada rutting : 100%.
- e. Tidak ada retak : 100%.
- f. Drainase : tidak ada endapan dan ada penampang saluran.
- g. Median : kerb, MCB (*Median Concrete Barrier*), *guard rail*, *wire rope*.
- h. Bahu jalan : tidak ada lubang, tidak ada rutting, tidak ada retak, rounding (permukaan rata selebar minimal 0,5 m dan ketinggian rumput maksimal 5 cm serta tidak masuk ke bahu jalan).

2. Kecepatan tempuh rata

Pada Standar Pelayanan Minimum (SPM) kecepatan tempuh rata-rata yang menjadi standar adalah:

- a. Jalan tol dalam kota : kecepatan minimum 40 km/jam dan kecepatan maksimum 80 km/jam.
- b. Jalan tol luar kota : kecepatan minimum 60 km/jam dan kecepatan maksimum 100 km/jam.

3. Aksebilitas

Pada Standar Pelayanan Minimum (SPM) aksebilitas yang menjadi standar adalah kapasitas gardu tol harus <450 kendaraan per jam per gardu dan jumlah antrian kendaraan per gardu maksimal 10 kendaraan dalam kondisi normal, untuk waktu pelayanan transaksi harus memenuhi SPM sebagai berikut:

1. Gerbang Tol Sistem Tertutup
 - a. Gardu Masuk : maksimal 5 detik setiap kendaraan.
 - b. Gardu Keluar : maksimal 9 detik setiap kendaraan.
2. Gerbang Tol Sistem Terbuka : maksimal 6 detik setiap kendaraan.

4. Mobilitas

- Pada Standart Pelayanan Minimum (SPM) mobilitas yang menjadi standar adalah:
- a. Kecepatan penanganan hambatan lali lintas : 30 menit setiap unit kendaraan petugas *Mobile Customer Service* (MCS).
 - b. Kecepatan penanganan patroli jalan raya : menindak kendaraan yang tidak sesuai aturan.
 - c. Kecepatan penanganan kendaraan derek : sampai di tempat kejadian <30 menit.

5. Keselamatan

Pada Standart Pelayanan Minimum (SPM) keselamatan yang menjadi standar adalah:

- a. Perambuan : jumlah 100 % dan refleksitas ≥ 80 %.
- b. Marka jalan : jumlah 100 % dan refleksitas ≥ 80 %.
- c. Guide post/reflektor sebelah kiri (merah), sebelah kanan (putih) : jumlah 100 % dengan jarak 25 m dan refleksitas ≥ 80 %.
- d. Patok kilometer : per 1 km.
- e. Patok hektometer : per 200 m.
- f. Penerangan jalan umum : lampu menyala 100 %.
- g. Anti silau : keberadaan 100 %.
- h. Pagar rumija : keberadaan 100 %.
- i. Pagar pengaman : keberadaan 100 %.
- j. Penanganan kecelakaan : korban di evakuasi ke rumah sakit dan kendaraan dibawa ke pool derek.
- k. Pangaman dan penegakan hukum : keberadaan Patrol Jalan Raya (PJR) siap panggil 24 jam.

6. Penyelamatan dan bantuan pelayanan

Pada Standart Pelayanan Minimum (SPM) penyelamatan dan bantuan pelayanan yang menjadi standar adalah:

- a. Kendaraan derek
 - a) Lalin Harian Rata-rata (LHR) >100.000 kendaraan/hari (1 unit per 5 km wajib tersedia dengan kapasitas 25 ton minimal 1 unit).
 - b) Lalin Harian Rata-rata (LHR) <100.000 kendaraan/hari (1 unit per 10 km wajib tersedia dengan kapasitas 25 ton minimal 1 unit).
- b. Patrol Jalan Raya (PJR)
 - a) Lalin Harian Rata-rata (LHR) >100.000 kendaraan/hari (1 unit per 15 km).
 - b) Lalin Harian Rata-rata (LHR) <100.000 kendaraan/hari (1 unit per 20 km).
- c. Patroli jalan tol : 1 unit per 15 km/minimal 2 unit jika <15 km.
- d. Ambulans : 1 unit per 25 km (dilengkapi standar P3K dan paramedis).
- e. Rescue : 1 unit per 50 km.
- f. Sistem informasi
 - a) Informasi dan komunikasi lalu lintas (50 meter sebelum masuk jalan tol).
 - b) Nomor telepon info tol (pada gerbang masuk/keluar tol dan pada karcis tol).

7. Lingkungan

Pada Standart Pelayanan Minimum (SPM) lingkungan yang menjadi standar adalah:

- a. Kebersihan : tidak ada sampah.
- b. Tanaman : tidak mengganggu fungsi jalan tol.
- c. Rumput : tinggi rumput <30 cm.

1. Tempat istirahat,dan tempat istirahat pelayanan

Pada Standart Pelayanan Minimum (SPM) tempat istirahat, dan tempat istirahat pelayanan yang menjadi standar adalah:

- a. Kondisi jalan : tidak ada retak, lubang dan pecah.
- b. *On/off ramp* : tidak ada retak, lubang dan pecah.
- c. Toilet : berfungsi, bersih dan gratis.
- d. Parkir kendaraan : berfungsi, teratur, dan gratis.
- e. Penerangan : berfungsi 100 %.
- f. Stasiun pengisian bahan bakar : berfungsi 100 %.
- g. Bengkel umum : berfungsi 100 %.
- h. Tempat makan dan minum : berfungsi 100 %.

2.2.2 Teori Antrian

Antrian adalah suatu kejadian yang terjadi dalam sehari-hari. Di jalan tol saat pengendara melakukan transaksi di gerbang tol. Hal ini akan menimbulkan ketidaknyamanan terhadap pelayan yang diberikan. Untuk mempertahankan kenyamanan pelanggan, sebuah perusahaan selalu berusaha untuk memberikan pelayanan yang terbaik. Pelayanan yang terbaik tersebut diantaranya adalah memberikan pelayanan yang cepat sehingga pelanggan tidak dibiarkan mengantri terlalu lama. Namun demikian, dampak pemberian layanan yang cepat ini akan menimbulkan biaya bagi perusahaan, karena harus menambah fasilitas layanan. Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kapasitas pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang datang tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian.

2.2.2.1 Parameter Antrian

Menurut Siagian (Nendra, 2020). Ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan, dan salah satunya yaitu *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO), di mana pelanggan yang terlebih dahulu datang akan dilayani terlebih dahulu, antrian kendaraan pada gerbang tol menggunakan metode tersebut. Guna menentukan panjang antrian dan waktu antrian kendaraan menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \times 3600 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \times 3600 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

- \bar{n} = jumlah kendaraan dalam sistem
- \bar{q} = jumlah kendaraan dalam antrian
- \bar{d} = waktu kendaraan menunggu dalam sistem
- \bar{w} = waktu kendaraan menunggu dalam antrian
- λ = tingkat kedatangan
- μ = tingkat pelayanan

Nilai rata-rata panjang antrian dan waktu tunggu akan bernilai positif dan bermakna secara fisik hanya jika laju kedatangan lebih kecil dari laju pelayanan ($\lambda < \mu$). Jika kondisi ini

tidak terpenuhi, maka sistem menjadi tidak stabil dan ukuran kinerja seperti waktu tunggu dan panjang antrian tidak terdefinisi, sehingga hasil perhitungan dapat bernilai negatif dan tidak memiliki interpretasi nyata.

2.2.3 Volume Lalu Lintas

Parameter penting dalam model M/M/1 adalah intensitas lalu lintas atau *traffic intensity* yang dilambangkan dengan ρ . Intensitas lalu lintas didefinisikan sebagai perbandingan antara laju kedatangan dan laju pelayanan. Guna mengetahui apakah gerbang terjadi antrian dengan perhitungan dengan menghitung nisbah.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

- λ = tingkat kedatangan
- μ = tingkat pelayanan
- ρ = syarat nilai lebih kecil dari 1

Kondisi $\rho < 1$ menyatakan bahwa kemampuan sistem pelayanan masih mampu melayani pelanggan yang datang. Apabila kondisi ini terpenuhi, sistem antrian akan mencapai keadaan stabil. Sebaliknya, jika $\rho > 1$ maka sistem menjadi tidak stabil karena laju kedatangan lebih besar daripada laju pelayanan. Dalam kondisi tersebut, panjang antrian dan waktu tunggu pelanggan akan meningkat tanpa batas, sehingga *steady state* tidak dapat dicapai. Menurut Bhat (Bisma & Sanggala, 2025), keberadaan *steady state* pada model M/M/1 sangat bergantung pada nilai intensitas lalu lintas.

2.2.4 Uji Distribusi Data

Pengujian distribusi normal adalah uji untuk mengukur apakah data memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik, Metode yang biasa digunakan adalah metode Kolomogorov Smirnov (Bisma & Sanggala, 2025). Berikut hipotesis untuk pengujian normalitas.

H₀: Data mengikuti distribusi normal.

H₁: Data tidak mengikuti distribusi normal.

Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$

Metode Kolmogorov Smirnov merupakan uji penyesuaian distribusi yang dikembangkan Kolmogorov pada tahun 1933 dan Smirnov tahun 1939. Kolmogorov mengembangkan pengujian untuk mengetahui apakah pengamatan konsisten dengan sampel yang berasal dari distribusi tertentu. Smirnov mengembangkannya menjadi pengujian apakah sampel layak dianggap berasal dari distribusi tertentu. Statistik uji Kolmogorov Smirnov ditentukan berdasarkan nilai terbesar dariselisih antara nilai fungsi distribusi kumulatif dan nilai fungsi distribusi kumulatif empiris (Shella et al., 2025). Berikut rumus D_{hitung} dari metode kolmogorov smirnov:

$$S(x_i) = \frac{F_{kum,i}}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$s = \sqrt{\frac{fkum,i(X_i - \bar{X})}{n}} \dots\dots\dots (2.7)$$

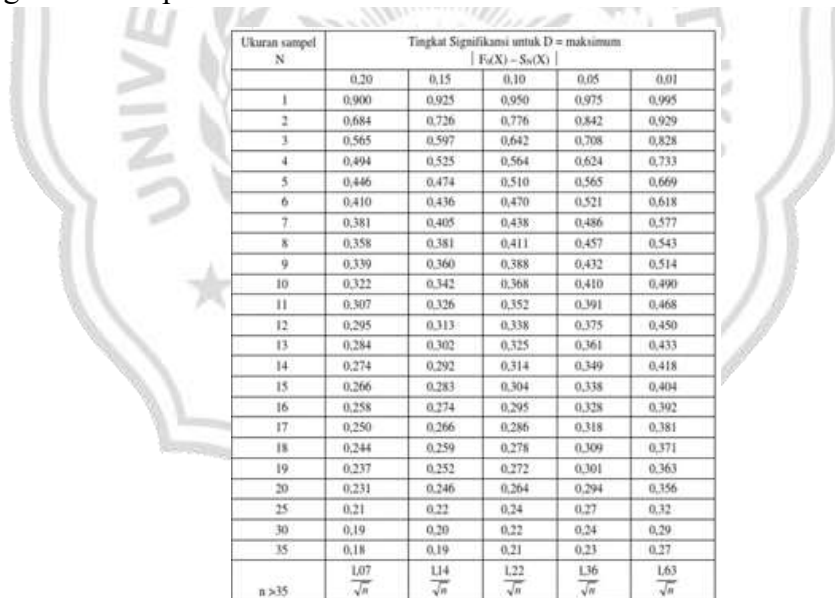
$$Z_i = \frac{(X_i - \bar{X})}{s} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$S(X_i) - F_0(X_i) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan :

- Frekuensi = jumlah data dengan nilai Xi
- Fkum,i = Frekuensi kumulatif merupakan jumlah frekuensi dari kelas pertama hingga akhir
- S(xi) = fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel
- \bar{X} = Rata-rata merupakan nilai tengah data yang dihitung berdasarkan nilai pengamatan
- Zi = Nilai Z merupakan nilai baku yang menunjukkan posisi data terhadap distribusi normal standar.
- Xi = data yang telah diurutkan
- s = standar deviasi
- n = jumlah data
- F0(Xi) = Adalah nilai peluang kumulatif distribusi normal teoritis berdasarkan nilai Z, yang diperoleh dari tabel

Setelah dilakukan perhitungan D_{hitung} lalu dibandingkan dengan D_{tabel} dengan syarat tolak H_0 jika nilai $D_{hitung} >$ nilai D_{tabel} atau syarat H_0 diterima jika nilai $D_{hitung} <$ nilai D_{tabel} . berikut untuk gambar rekapitulasi D_{tabel} .



Ukuran sampel N	Tingkat Signifikansi untuk D = maksimum				
	0,20	0,15	0,10	0,05	0,01
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,828
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,733
5	0,446	0,474	0,510	0,565	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,21	0,22	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,20	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,19	0,21	0,23	0,27
n > 35	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Gambar 2.2. Tabel Kolmogorov-Smirnov
(Sumber : Siegel, sidney, 1956)

Sedangkan berikut untuk rekapitulasi Tabel z.

Tabel 2.4. Tabel Z Negatif

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.90	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.80	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.70	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
-3.60	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.50	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.40	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005
-3.30	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007
-3.20	0.0007	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009
-3.10	0.0010	0.0010	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0013	0.0013
-3.00	0.0013	0.0014	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016	0.0017	0.0018	0.0018
-2.90	0.0019	0.0019	0.0020	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023	0.0023	0.0024	0.0025
-2.80	0.0026	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031	0.0032	0.0033	0.0034
-2.70	0.0035	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041	0.0043	0.0044	0.0045
-2.60	0.0047	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0054	0.0055	0.0057	0.0059	0.0060
-2.50	0.0062	0.0064	0.0066	0.0068	0.0069	0.0071	0.0073	0.0075	0.0078	0.0080
-2.40	0.0082	0.0084	0.0087	0.0089	0.0091	0.0094	0.0096	0.0099	0.0102	0.0104
-2.30	0.0107	0.0110	0.0113	0.0116	0.0119	0.0122	0.0125	0.0129	0.0132	0.0136
-2.20	0.0139	0.0143	0.0146	0.0150	0.0154	0.0158	0.0162	0.0166	0.0170	0.0174
-2.10	0.0179	0.0183	0.0188	0.0192	0.0197	0.0202	0.0207	0.0212	0.0217	0.0222
-2.00	0.0228	0.0233	0.0239	0.0244	0.0250	0.0256	0.0262	0.0268	0.0274	0.0281
-1.90	0.0287	0.0294	0.0301	0.0307	0.0314	0.0322	0.0329	0.0336	0.0344	0.0351
-1.80	0.0359	0.0367	0.0375	0.0384	0.0392	0.0401	0.0409	0.0418	0.0427	0.0436
-1.70	0.0446	0.0455	0.0465	0.0475	0.0485	0.0495	0.0505	0.0516	0.0526	0.0537
-1.60	0.0548	0.0559	0.0571	0.0582	0.0594	0.0606	0.0618	0.0630	0.0643	0.0655
-1.50	0.0668	0.0681	0.0694	0.0708	0.0721	0.0735	0.0749	0.0764	0.0778	0.0793
-1.40	0.0808	0.0823	0.0838	0.0853	0.0869	0.0885	0.0901	0.0918	0.0934	0.0951
-1.30	0.0968	0.0985	0.1003	0.1020	0.1038	0.1056	0.1075	0.1093	0.1112	0.1131
-1.20	0.1151	0.1170	0.1190	0.1210	0.1230	0.1251	0.1271	0.1292	0.1314	0.1335
-1.10	0.1357	0.1379	0.1401	0.1423	0.1446	0.1469	0.1492	0.1515	0.1539	0.1562
-1.00	0.1587	0.1611	0.1635	0.1660	0.1685	0.1711	0.1736	0.1762	0.1788	0.1814
-0.90	0.1841	0.1867	0.1894	0.1922	0.1949	0.1977	0.2005	0.2033	0.2061	0.2090
-0.80	0.2119	0.2148	0.2177	0.2206	0.2236	0.2266	0.2296	0.2327	0.2358	0.2389
-0.70	0.2420	0.2451	0.2483	0.2514	0.2546	0.2578	0.2611	0.2643	0.2676	0.2709
-0.60	0.2743	0.2776	0.2810	0.2843	0.2877	0.2912	0.2946	0.2981	0.3015	0.3050
-0.50	0.3085	0.3121	0.3156	0.3192	0.3228	0.3264	0.3300	0.3336	0.3372	0.3409
-0.40	0.3446	0.3483	0.3520	0.3557	0.3594	0.3632	0.3669	0.3707	0.3745	0.3783
-0.30	0.3821	0.3859	0.3897	0.3936	0.3974	0.4013	0.4052	0.4090	0.4129	0.4168
-0.20	0.4207	0.4247	0.4286	0.4325	0.4364	0.4404	0.4443	0.4483	0.4522	0.4562
-0.10	0.4602	0.4641	0.4681	0.4721	0.4761	0.4801	0.4840	0.4880	0.4920	0.4960
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359

(Sumber : Walpole, 2012)

Tabel 2.5. Tabel Z Positif

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.10	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.20	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.30	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.40	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.50	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.60	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.70	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.80	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.90	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.00	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.10	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.20	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.30	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.40	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.50	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.60	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.70	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.80	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.90	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.00	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.10	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.20	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.30	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.40	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.50	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.60	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.70	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.80	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.90	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.00	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.10	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.20	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.30	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.40	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.50	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.60	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.70	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.80	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.90	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(Sumber : Walpole, 2012)