

TUGAS AKHIR

**ANALISIS ANTRIAN KENDARAAN PADA PINTU TOL
MAKASSAR**

***ANALYSIS OF VEHICLE QUEUES AT MAKASSAR TOLL
GATE***

**CART LEWIS
D111 16 312**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

ANALISIS ANTRIAN KENDARAAN PADA PINTU TOL MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh:

CART LEWIS

D111 16 312

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 22 Januari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmitha, MSi, M.Eng.Sc, Ph.D

Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT

Nip. 196404221993031001

Nip. 195812281986012001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tiaronge, ST, M.Eng

Nip. 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cart Lewis
NIM : D11116312
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

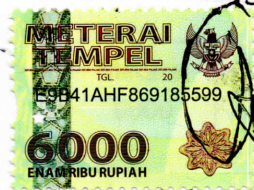
Analisis Antrian Kendaraan Pada Pintu Tol Makassar

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi/Tesis/Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 Januari 2021

Yang menyatakan,



Cart Lewis

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur patut kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir yang berjudul “**Analisis Antrian Kendaraan pada Pintu Tol Makassar**” ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dan juga kepada penulis dalam memahami karakteristik suatu daerah khususnya faktor-faktor yang mendukung terjadinya kenaikan suhu di daerah tersebut.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, petunjuk, dorongan dan perhatian dari banyak pihak. Maka dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu bapak Aris Soleh dan ibu Ester; saudara-saudara penulis, yaitu Yubelina Parlinda S., Maylani S. dan Yolanda S.; serta seluruh keluarga besar penulis atas segala kasih sayang dan dukungan yang diberikan sampai saat ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng, selaku Ketua Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dan Bapak Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli selaku Sekretaris Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Eng.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulisan tugas akhir ini hingga dapat terselesaikan.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan, arahan, didikan, dan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Seluruh staf dan Karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman anggota kosentrasi transportasi 2016 yang senantiasa membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Teman-teman PATRON 2017, atas seluruh bantuan, dorongan, dan kenangan yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu, atas seluruh bantuan yang diberikan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan luput dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharap kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Semoga Tuhan melimpahkan rahmat dan hikmat-Nya dan

semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 7 Januari 2021

Penulis

ABSTRAK

Kota Makassar menjadi tempat bagi banyak masyarakat melakukan aktivitas baik dari warga dalam kota maupun dari luar kota. Maka tidak heran akan terjadi kemacetan pada jalan tol terutama pintu tol karena arus lalu lintas baik dari dalam maupun luar kota serta peningkatan jumlah kendaraan pada pintu tol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kedatangan, waktu pelayanan dan panjang antrian pada pintu tol. Penelitian ini menggunakan data tingkat kedatangan dan waktu pelayanan kendaraan. Data tersebut dianalisis menggunakan disiplin antrian FIFO dimana parameter yang dihitung adalah panjang antrian, waktu tunggu dan waktu antrian kendaraan pada pintu tol. Hasil menunjukkan bahwa tingkat pelayanan dan waktu pelayanan pada hari kerja dan hari libur untuk gardu tol otomatis serta gardu tol *hybrid* masih memenuhi standar pelayanan minimum dimana tingkat pelayanan kurang dari 450 kendaraan/jam dan waktu pelayanan kurang dari 8 detik. Panjang antrian pada hari kerja dan libur sebesar 1 kendaraan untuk gardu tol otomatis dan *hybrid*. Waktu tunggu pada hari kerja dan libur sebesar 10 detik untuk gardu tol otomatis dan 11 detik untuk gardu tol *hybrid*. Waktu antrian pada hari kerja sebesar 4 detik sedangkan hari libur sebesar 3 detik. Dan untuk gardu tol otomatis 3 detik untuk gardu tol otomatis dan *hybrid*.

Kata Kunci : antrian, waktu pelayanan, gardu tol

ABSTRACT

Makassar City is a place for many people to carry out activities both from within the city and from outside the city. So it is not surprising that there will be congestion on toll roads, especially toll gates due to traffic flow both from inside and outside the city as well as an increase in the number of vehicles at toll booths. This study aims to analyze the arrival rate, service time and queue length at toll booths. This study uses data on the arrival rate and service time of the vehicles. The data is analyzed using FIFO queuing discipline where the calculated parameters are queue length, waiting time and vehicle queue time at toll booths. The results show that the service level and service time on weekdays and holidays for automatic toll booths and toll booths *hybrid* still meet the minimum service standards where the service level is less than 450 vehicles/hour and the service time is less than 8 seconds. The queue length on weekdays and holidays is 1 vehicle for automatic and toll booths *hybrid*. The waiting time on weekdays and holidays is 10 seconds for automatic toll booths and 11 seconds for toll booths *hybrid*. The queue time on weekdays is 4 seconds while holidays are 3 seconds. And for 3 seconds automatic toll booths for automatic and toll booths *hybrid*.

Keywords : queue, service time, toll booth

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematiks Penulisan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Jalan Tol.....	7
A.1. Definisi Jalan Tol.....	7
A.3. Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol.....	10
B. Gerbang Tol.....	13
B.1. Pengertian Gerbang Tol.....	13
B.2. Tipe Gerbang Tol (Toll gate).....	14
B.3. Kriteria Umum.....	15
C. Antrian.....	17
C.1. Teori Antrian.....	17
C.2. Sistem Antrian.....	18
C.3. Disiplin Antrian.....	22
C.4. Struktur Antrian.....	23
C.5. Tingkat Kedatangan.....	25
C.6. Tingkat Pelayanan.....	25

C.7. Uji Distribusi Waktu Pelayanan.....	26
C.8. Parameter Antrian.....	28
C.9. Disiplin Antrian FIFO.....	29
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	31
A. Kerangka Penelitian.....	31
B. Lokasi Penelitian.....	31
C. Waktu Penelitian.....	33
D. Teknik Pengumpulan Data.....	33
E. Teknik Analisa Data.....	33
E.1. Rekapitulasi Data.....	34
E.2. Perhitungan Tingkat Kedatangan.....	34
E.3. Perhitungan Waktu Pelayanan.....	34
E.4. Perhitungan Jumlah Pintu Gerbang (Gardu).....	34
E.5 Perhitungan Antrian pada Pintu Tol.....	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Rekapitulasi Data.....	35
B .Perhitungan Tingkat Kedatangan (Arrival Rate).....	35
C..Pehitungan Tingkat Pelayanan dan Waktu Pelayanan.....	36
D. Distribusi Waktu Pelayanan Kendaraan di Gerbang Tol.....	40
E .Perhitungan Jumlah Gardu Tol.....	49
F. Perhitungan Antrian pada Puntu Tol (Antrian FIFO).....	50
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
A. Kesimpulan.....	59
B. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tampak Depan Gerbang Tol	16
Gambar 2. Tampak Samping Gerbang Tol.....	16
Gambar 3. Tampak Belakang Gerbang Tol.....	16
Gambar 4. Single Channel – Single Phase.....	23
Gambar 5. Single Channel – Multi Phase.....	23
Gambar 6. Multi Channel – Single Phase.....	24
Gambar 7. Multi Channel – Multi Phase	24
Gambar 8. Lokasi Penelitian.....	31
Gambar 9. Bagan Alir Penelitian.....	32
Gambar 10. Distribusi Eksponensial pukul 07.00 – 08.00.....	42
Gambar 11. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 09.00.....	42
Gambar 12. Distribusi Eksponensial pukul 09.00 – 10.00.....	43
Gambar 13. Distribusi Eksponensial pukul 10.00 – 11.00.....	43
Gambar 14. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 12.00.....	43
Gambar 15. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 13.00.....	44
Gambar 16. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 14.00.....	44
Gambar 17. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 15.00.....	44
Gambar 18. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 16.00.....	45
Gambar 19. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 17.00.....	45
Gambar 20. Distribusi Eksponensial pukul 07.00 – 08.00.....	45
Gambar 21. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 09.00.....	46
Gambar 22. Distribusi Eksponensial pukul 09.00 – 10.00.....	46
Gambar 23. Distribusi Eksponensial pukul 10.00 – 11.00.....	46
Gambar 24. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 12.00.....	47
Gambar 25. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 13.00.....	47
Gambar 26. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 14.00.....	47
Gambar 27. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 15.00.....	48
Gambar 28. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 16.00.....	48
Gambar 29. Distribusi Eksponensial pukul 08.00 – 17.00.....	48

Gambar 30. Sketsa Antrian Gerbang Tol Biringkanaya	50
Gambar 31. Sketsa Antrian Gate 1-3.....	51
Gambar 32. Sketsa Antrian Gate 4.....	51
Gambar 33. Perbandingan jumlah gardu tol vs jumlah antrian untuk gardu tol otomatis.....	57
Gambar 34. Perbandingan jumlah gardu tol vs jumlah antrian untuk gardu tol <i>hybrid</i>	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. SPM (Standar Pelayanan Minimum) Jalan Tol.....	11
Tabel 2. Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov.....	28
Tabel 3. Tingkat kedatangan gerbang tol pada hari kerja.....	35
Tabel 4. Tingkat kedatangan gerbang tol pada hari libur.....	36
Tabel 5. Waktu pelayanan gerbang tol hari kerja.....	37
Tabel 6. Waktu pelayanan gerbang tol hari libur.....	37
Tabel 7. Perhitungan distribusi eksponensial waktu pelayanan pukul 07.00 – 08.00 pada hari kerja.....	40
Tabel 8. Perhitungan distribusi eksponensial waktu pelayanan pukul 07.00 – 08.00 pada hari libur.....	41
Tabel 9. Hasil perhitungan uji distribusi eksponensial waktu pelayanan pada hari kerja dan hari libur.....	41
Tabel 10. Perhitungan antrian gardu tol otomatis pada hari kerja.....	56
Tabel 11. Perhitungan antrian gardu tol <i>hybrid</i> pada hari kerja.....	56
Tabel 12. Perhitungan antrian gardu tol otomatis pada hari libur.....	56
Tabel 13. Perhitungan antrian gardu tol <i>hybrid</i> pada hari libur.....	56

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di Indonesia, jalan tol sering dianggap sinonim untuk jalan bebas hambatan, meskipun hal ini sebenarnya salah. Secara keseluruhan, tidak semua jalan bebas hambatan memerlukan bayaran. Jalan bebas hambatan tanpa membayar disebut *freeway* atau *expressway* sedangkan jalan bebas hambatan membayar dinamakan dengan *toll road*. Pada masa sekarang, jalan tol sangat berperan terhadap kelancaran arus lalu lintas, terutama di Indonesia sebagai salah satu solusi pemecahan kemacetan yang terjadi.

Kota Makassar adalah ibu kota provinsi Sulawesi Selatan. Banyak warga dari berbagai daerah melakukan aktivitas di kota ini. Maka tidak heran jika terjadi permasalahan termasuk kemacetan di jalan. Kemacetan sendiri menjadi permasalahan bagi masyarakat yang berakibat terhambatnya kegiatan, pergerakan lambat dan urusan yang terbengkalai. Pertumbuhan kendaraan yang meningkat menjadikan jumlah kendaraan di jalan raya dan jalan tol pun meningkat.

Jalan Tol Makassar merupakan jalan tol yang menghubungkan kota Makassar Panakkukang, Pelabuhan Soekarno Hatta, Jalan A.P. Pettarani, Kawasan Industri Makassar dan Bandar Udara Sultan Hasanuddin. Jalan tol ini memiliki panjang 11,57 km dengan lebar 2 x 2 x 3,5 meter. Artinya dua jalur, yang masing-masing dua lajur dengan lebar 3,5 meter. Jalan tol ini diresmikan pada 26 September 2008 oleh Presiden Susilo Bambang Yudhoyono. Pada jalan tol Makassar ini, ada sembilan gerbang tol yang

beroperasi, yaitu Gerbang Tol Cambaya, Gerbang Tol Tallo Timur, Gerbang Tol Kaluku Bodoa, Gerbang Tol Tallo Barat, Gerbang Tol Parangloe, Gerbang Tol Tamalanrea, Gerbang Tol Bira Barat, Gerbang Tol Bira Timur dan Gerbang Tol Biringkanaya.

Antrian adalah suatu kejadian yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Menunggu di depan loket untuk mendapatkan tiket kereta api atau tiket bioskop, pada pintu jalan tol, pada bank, pada kasir supermarket, dan situasi-situasi yang lain merupakan kejadian yang sering ditemui. Studi tentang antrian bukan merupakan hal yang baru. Dalam dunia nyata kita tidak suka menunggu, maka tak heran bila kita punya pendapat bahwa menunggu adalah pekerjaan yang paling menyebalkan.

Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Akan tetapi biaya karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan keuntungan mungkin sampai di bawah tingkat yang dapat diterima. Sebaliknya, sering timbulnya antrian yang panjang akan mengakibatkan hilangnya pelanggan.

Antrian pada jalan tol Makassar pun tidak dapat dihindarkan terutama pada pintu tol. Pada kasus antrian pada jalan tol di Makassar terutama pada gerbang tolnya terjadi salah satunya karena pertumbuhan

kendaraan yang melintasi jalan tol. Dan salah satu yang menyebabkan adanya antrian kendaraan pada pintu tol adalah waktu mengantri kendaraan yang lama yang disebabkan oleh saldo pada kartu tol yang tidak mencukupi dan sebagainya.

Kasus antrian kendaraan yang terjadi di gerbang tol dapat mengakibatkan kerugian finansial dan waktu dari kedua belah pihak baik pengguna maupun pengelola. Adanya antrian menyebabkan kemacetan pada jalan tol terutama gerbang tolnya, melihat dari fungsi dari jalan tol Makassar yang menjadi jalur bagi para pengguna jalan yang tujuannya ke pelabuhan, bandara ataupun kawasan industri menjadi terganggu dengan adanya antrian ini.. Para pengguna jalan tol tentu merasa dirugikan karena uang yang dikeluarkan tidak sepadan dengan pelayanan yang diberikan oleh pihak jalan tol. Bila tidak dilakukan suatu upaya untuk mengurangi kemacetan di jalan tol, tentunya akan mengakibatkan menurunnya jumlah pengguna jalan tol.

Metode antrian pun dilakukan analisis agar memberikan solusi tentang penempatan tenaga kerja dan jumlah server pada pintu masuk atau pintu keluar jalan tol yang ada agar mengoptimalkan waktu pelayanan. Untuk mencapai kapasitas pelayanan yang optimal, tidak hanya ditentukan oleh tersedianya fasilitas tol yang memadai, yang sangat menentukan adalah kebijakan terkait tingkat pemanfaatan fasilitas yang ada pada pintu tol dan pelayanan yang dilakukan pada jalan tol itu sendiri.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian tentang **“ANALISIS ANTRIAN KENDARAAN PADA PINTU TOL MAKASSAR ”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Seberapa besar tingkat kedatangan kendaraan dan waktu pelayanan pada pintu tol Makassar
2. Seberapa besar panjang antrian, waktu tunggu dan waktu antrian kendaraan pada pintu tol Makassar

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat kedatangan dan waktu pelayanan kendaraan pada pintu tol Makassar
2. Menganalisis panjang antrian, waktu tunggu dan waktu antrian kendaraan pada pintu tol Makassar

D. Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, ditetapkan beberapa batasan terhadap tinjauan yang dilakukan agar tidak menyimpang dari tujuan yang akan dicapai. Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada saat pandemi Covid-19, dimana pengambilan data di pintu tol Biringkanaya, Makassar

2. Penelitian dilakukan pada hari kerja dan hari libur
3. Analisis data menggunakan data yang diperoleh dari pengamatan langsung antrian kendaraan pada pintu tol Makassar.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diharapkan manfaat yang akan diperoleh sebagai berikut:

1. Mengetahui kapasitas dari pintu tol dalam melayani volume kendaraan yang datang
2. Menjadi masukan bagi pengelola jalan tol dalam mengeluarkan kebijakan terkait dengan hasil penelitian ini agar kapasitas pintu tol dapat menampung volume kendaraan dan tidak terjadi antrian yang panjang.

F. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mencoba mengikuti aturan penulisan karya ilmiah yang benar, dan mencoba membagi isi dari tugas akhir ini dalam bentuk bab-bab yang merupakan pokok-pokok uraian masalah penelitian yang disusun secara sistematis. Isi per-bab secara garis besar sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang berasal dari buku-buku maupun dari tulisan-tulisan lain yang mendukung pencapaian tujuan penelitian dan teori yang mendukung penemuan jawaban dari rumusan masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan secara rinci tentang metode, bahan penelitian, peralatan penelitian, dan cara pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian dan pengolahan data serta pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini memberikan kesimpulan dari hasil penelitian secara singkat dan jelas sebagai jawaban dari masalah yang diangkat dalam penelitian serta memberikan saran-saran sehubungan dengan analisis yang telah dilakukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. JALAN TOL

A.1. DEFINISI JALAN TOL

Jalan adalah prasarana hubungan darat yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan, orang dan hewan. Jalan dikelompokkan berdasarkan jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan untuk jalan lalu lintas untuk umum. Jalan khusus adalah jalan yang termasuk selain jalan umum. Jalan Tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai rasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Sedangkan tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk pengguna jalan tol (UU No.38/2004).

Dalam pasal 43 (UU No.38/2004), jalan tol diselenggarakan untuk :

1. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang.
2. Meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi.
3. Meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.
4. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

Pengguna tol dikenakan kewajiban membayar tol yang digunakan untuk pengembalian investasi, pemeliharaan dan pengembangan jalan tol. Keberadaan jalan tol diharapkan secara langsung dapat mengurangi beban lalu lintas, kemacetan yang terjadi di jalan umum dan mengurangi polusi udara akibat kendaraan berjalan lambat atau macet. Jalan tol memiliki

peran strategis baik untuk mewujudkan pemerataan pembangunan maupun untuk pengembangan wilayah. Pada wilayah yang tingkat perekonomiannya telah maju, mobilitas orang dan barang umumnya sangat tinggi sehingga dituntut adanya sarana perhubungan darat atau jalan dengan mutu yang andal. Tanpa adanya jalan dengan kapasitas cukup dan mutu yang andal, maka dipastikan lalu lintas orang maupun barang akan mengalami hambatan yang pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi.

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Tol merupakan sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Besarnya tarif tol berbeda untuk setiap golongan kendaraan dan ketentuan tersebut telah ditetapkan berdasarkan keputusan presiden. Sedangkan ruas jalan tol adalah bagian atau penggal dari jalan tol tertentu yang pengusahaannya dapat dilakukan oleh badan usaha tertentu (PP No. 15 Tahun 2005).

Penyelenggaraan jalan tol dimaksudkan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah dengan memperhatikan keadilan yang dapat dicapai dengan membina jaringan jalan yang dananya berasal dari pengguna jalan. Adapun tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi, guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya. Wewenang penyelenggaraan jalan tol berada pada pemerintah. Sebagian

wewenang pemerintah dalam penyelenggaraan jalan tol yang berkaitan dengan pengaturan, pengusahaan dan pengawasan badan usaha dilaksanakan oleh Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT).

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI Tahun 1997) dijelaskan mengenai definisi jalan tol sebagai jalan untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, baik merupakan jalan terbagi ataupun tak-terbagi. Adapun tipe jalan tol yaitu dua-lajur dua-arah tak terbagi (2/2 UD), empat-lajur dua-arah terbagi (4/2 D) dan jalan tol terbagi dengan lebih dari empat lajur. Jalan bebas hambatan yang dikenal dengan jalan tol memiliki beberapa kelebihan dibandingkan jalan biasa/jalan non-tol. Beberapa kelebihan ini meliputi:

1. Berkurangnya waktu tempuh jika dibandingkan pada jalan non-tol. Saat melewati persimpangan, pengguna jalan diharuskan berhenti dan menunggu sehingga kondisi tersebut menyebabkan banyak waktu yang terbuang.
2. Pertimbangan keselamatan lalu-lintas diprioritaskan. Tingkat kecelakaan pada jalan tol dipengaruhi oleh faktor geometrik jalan. Sebagai contoh, dengan pelebaran lajur, pelebaran bahu jalan, tersedianya lajur pendakian dan pemisah tengah (median) dapat mengurangi tingkat kecelakaan lalu-lintas.
3. Penghematan biaya operasi, konsumsi bahan bakar, polusi udara dan kebisingan. Pengoperasian kendaraan yang lebih halus dan penghentian kendaraan sesedikit mungkin dapat mengurangi

konsumsi bahan bakar serta operasi lainnya. Berkurangnya konsumsi bahan bakar selanjutnya mengurangi polusi udara.

4. Kendaraan dapat bergerak tanpa rintangan sepanjang waktu tanpa terhalang akibat adanya persimpangan atau perpotongan sebidang dengan jalan nontol.

A.2. Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol

Menurut Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) (berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 392/PRT/M/2005 tentang Standar Pelayanan Minimum jalan tol), Standar Pelayanan Minimum (SPM) adalah ukuran yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol. Standar Pelayanan Minimum (SPM) jalan tol mencakup kondisi jalan tol, kecepatan tempuh rata-rata, aksesibilitas, mobilitas (kecepatan penanganan hambatan lalu lintas), keselamatan dan unit pertolongan atau penyelamat dan bantuan pelayanan (berdasarkan pasal 3 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 392/PRT/M/2005 tentang Standar Pelayanan Minimum jalan tol). Besaran ukuran yang harus dicapai untuk masing-masing aspek dievaluasi secara berkala berdasarkan hasil pengawasan fungsi dan manfaat. Keseluruh aspek-aspek Standar Pelayanan Minimum (SPM) harus terpenuhi. Karena aspek-aspek tersebut menjadi penunjang utama agar pengguna jalan tol dapat aman dan merasa nyaman.

Tabel 1. SPM (Standar Pelayanan Minimum) Jalan Tol

NO	SUBSTANSI	STANDAR PELAYANAN MINIMUM			
	PELAYANAN	INDIKATOR	CAKUPAN / LINGKUP	TOLOK UKUR	
1	Kondisi Jalan Tol	Kekesatan	Seluruh Ruas Jalan Tol	> 0,33 mm	
		Ketidakrataan	Seluruh Ruas Jalan Tol	IRI < 4 m/km	
		Tidak ada Lubang	Seluruh Ruas Jalan Tol	100%	
2	Kecepatan Tempuh Rata-Rata	Kecepatan Tempuh Rata-rata	Jalan Tol Dalam Kota	>1,6 kali kecepatan tempuh rata-rata Jalan Non Tol	
			Jalan Tol Luar Kota	>1,8 kali kecepatan tempuh rata-rata Jalan Non Tol	
3	Aksesibilitas	Kecepatan Transaksi Rata-rata	Gerbang Tol sistem terbuka	< 8 detik setiap kendaraan	
			Gerbang Tol sistem tertutup :		
			Gardu masuk	< 7 detik setiap kendaraan	
			Gardu Keluar	< 11 detik setiap kendaraan	
		Jumlah Gardu Tol	Kapasitas Sistem Terbuka	< 450 kendaraan per jam per Gardu	
			Kapasitas Sistem Tertutup		
			Gardu Masuk	< 500 kendaraan per jam	
Gardu Keluar	< 300 kendaraan per jam				

4	Mobilitas	Kecepatan Penanganan Hambatan Lalu Lintas	Wilayah Pengamatan/ observasi Patroli	30 menit per siklus pengamatan
			Mulai Informasi diterima Sampai ke Tempat Kejadian	< 30 menit
			Penanganan Akibat Kendaraan Mogok	Melakukan penderekan ke Pintu Gerbang Tol terdekat/ Bengkel terdekat dengan menggunakan derek resmi (gratis)
			Patroli Kendaraan Derek	30 menit per siklus pengamatan
5	Keselamatan	Sarana Pengaturan Lalu Lintas :		
		- Perambuan	Kelengkapan dan Kejelasan Perintah dan Larangan serta Petunjuk	100%
		- Marka Jalan	Fungsi dan Manfaat	Jumlah 100 % dan Reflektifitas > 80 %
		- Guide Post / Reflektor	Fungsi dan Manfaat	Jumlah 100 % dan Reflektifitas > 80 %
		- Patok Kilometer Setiap 1 km	Fungsi dan Manfaat	100%
		Penerangan Jalan Umum (PJU) Wilayah Perkotaan	Fungsi dan Manfaat	Lampu Menyala 100%
		Pagar Rumija	Fungsi dan Manfaat	Keberadaan 100%
		Penanganan Kecelakaan	- Korban Kecelakaan	Dievakuasi gratis ke rumah sakit rujukan
			Kendaraan Kecelakaan	Melakukan penderekan gratis sampai ke pool derek (masih di dalam jalan tol)

		Pengamanan dan Penegakan Hukum	Ruas Jalan Tol	Keberadaan Polisi Patroli Jalan Raya (PJR) yang siap panggil 24 jam
6	Unit Pertolongan / Penyelamatan dan Bantuan Pelayanan	Ambulans	Ruas Jalan Tol	1 Unit per 25 km atau minimum 1 unit (dilengkapi standar P3K dan Paramedis)
		Kendaraan Derek	Ruas Jalan Tol : LHR > 100.000 kend/hari	1 Unit per 5 km atau minimum 1 unit
			LHR ≤ 100.000 kend/hari	1 Unit per 10 km atau minimum 1 unit
		Polisi Patroli Jalan Raya (PJR)	Ruas Jalan Tol : LHR > 100.000 kend/hari	1 Unit per 15 km atau minimum 1 unit
			LHR ≤ 100.000 kend/hari	1 Unit per 20 km atau minimum 1 unit
		Patroli Jalan Tol (Operator)	Ruas Jalan Tol	1 Unit per 15 km atau minimum 2 unit
		Kendaraan Rescue	Ruas Jalan Tol	1 Unit per ruas Jalan Tol (dilengkapi dengan peralatan penyelamatan)
		Sistem Informasi	Informasi dan Komunikasi Kondisi Lalu Lintas	Setiap Gerbang masuk

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 392/PRT/M/2005

B. Gerbang Tol

B.1. Pengertian Gerbang Tol

Gerbang tol atau pintu tol adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya. Penggunaan gerbang tol di atur sebagai berikut:

- a. Bangunan gerbang tol digunakan untuk pelaksanaan transaksi tol.
- b. Di gerbang tol wajib menghentikan kendaraannya untuk mengambil atau menyerahkan karcis masuk dan membayar tol.
- c. Di larang menaikkan atau menurunkan penumpang dan atau barang dan atau hewan di gerbang tol.

Gardu tol adalah ruang tempat bekerja pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada pemakai jalan tol. Berikut sistem-sistem gardu tol

- a. Pada sistem pengumpulan tol terbuka berfungsi untuk melayani pembayaran tol kepada pemakai jalan tol.
- b. Pada sistem pengumpulan tol tertutup berfungsi melakukan transaksi yang dapat dibedakan atas :
 - Gardu masuk adalah melayani pemberian karcis tanda masuk kepada pemakai jalan tol.
 - Gardu keluar adalah untuk melayani pembayaran tol kepada pemakai jalan tol.

B.2. Tipe Gerbang Tol

Berdasarkan letaknya pada jalan tol dapat dibedakan 2 gerbang tol, yaitu :

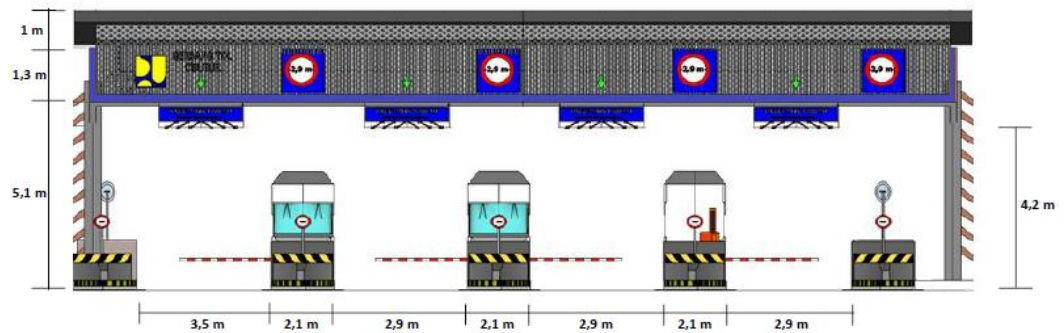
- a. Gerbang Tol Barrier, adalah gerbang tol yang terletak pada jalur utama.
- b. Gerbang Tol Simpang Susun atau Ramp, adalah gerbang tol yang terletak pada ramp simpang susun atau jalan aksesnya.

B.3. Kriteria Umum.

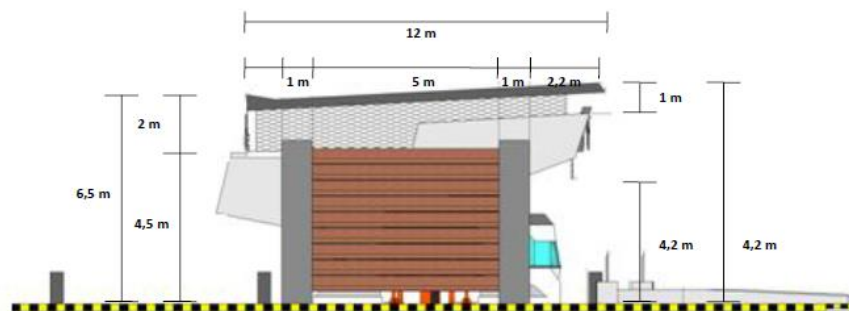
Gerbang tol harus direncanakan sesuai dengan kriteria sebagai berikut (SE/M/2017) :

- a. Bentuk konstruksi atap dan tinggi minimum gerbang tol dibuat sedemikian sehingga mempunyai ruang bebas pada lajur lalu lintas dengan tinggi minimum adalah 5,10 m.
- b. Lebar atap gerbang tol minimum 13 m dan bentuk listplanknya dibuat sedemikian sehingga memungkinkan pemasangan lampu lalu lintas ataupun *lane indicator*. Penempatan kolom gerbang harus sedemikian sehingga tidak mengganggu pandangan bebas pengumpul tol ke arah datangnya kendaraan dan kebutuhan akan ruang gerak yang memadai bagi karyawan gerbang dalam melaksanakan tugasnya di gerbang tol.
- c. Untuk gerbang tol dengan jumlah lajur lebih dari 10 lajur (9 pulau tol) disarankan dilengkapi dengan terowongan penghubung antar gardu dan ke kantor gerbang untuk keselamatan dan keamanan pengumpul tol yang sekaligus menampung utilitas.
- d. Penempatan lampu pada atap gerbang agar dibuat sedemikian hingga tidak menyilaukan pengumpul tol untuk melihat

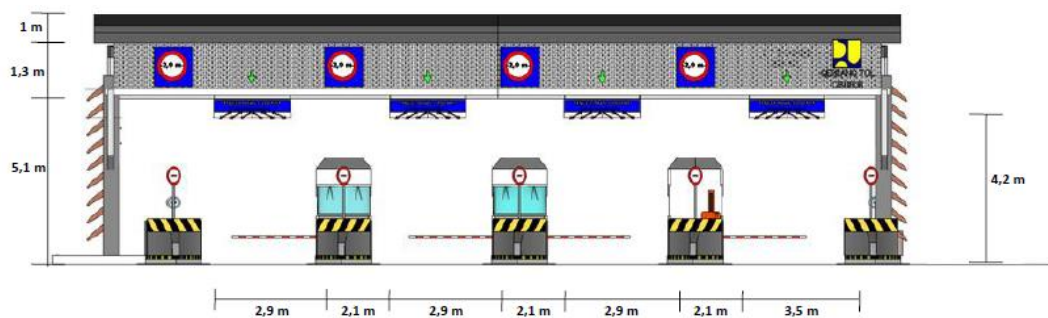
Berikut gambar standar desain gerbang tol dari tampak depan, samping dan belakang.



Gambar 1. Tampak Depan Gerbang Tol



Gambar 2. Tampak Samping Gerbang Tol



Gambar 3. Tampak Belakang Gerbang Tol

C. Antrian

C.1. Teori Antrian

Pada dasarnya, antrian dihasilkan dari permintaan sementara melebihi kapasitas layanan fasilitas, setiap kali pelanggan yang tiba tidak bisa menerima pelayanan segera karena semua server sibuk. Situasi ini adalah hampir selalu terjadi di beberapa waktu dalam setiap sistem yang memiliki kedatangan probabilistik dan pola layanan (Jensen dan Bard, 2003).

Teori antrian adalah teori yang menyangkut studi matematis dan baris-baris penungguan. Formasi ini merupakan fenomena yang sering terjadi jika kebutuhan akan sesuatu pelayanan yang tersedia untuk menyelenggarakan pelayanan tersebut (Dimiyati, 1992).

Teori tentang antrian ditemukan dan dikembangkan oleh A. K. Erlang, seorang insinyur dari Denmark yang bekerja pada perusahaan telepon di Kopenhagen pada tahun 1910. Erlang melakukan eksperimen tentang fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan dengan *automatic dialing equipment*, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Dalam waktu – waktu yang sibuk operator sangat kewalahan untuk melayani para penelepon secepatnya, sehingga para penelepon harus antri menunggu giliran, mungkin cukup lama. Persoalan aslinya Erlang hanya memperlakukan perhitungan keterlambatan (*delay*) dari seorang operator, kemudian pada tahun 1917 penelitian dilanjutkan untuk menghitung kesibukan beberapa operator. Dalam periode ini Erlang

menerbitkan bukunya yang terkenal berjudul *Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in Automatic Telephone Exchange*. Baru setelah perang dunia kedua, hasil penelitian Erlang diperluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (Supranto, 1987). Menurut Siagian (1987), antrian ialah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan). Richard Bronson (1982), proses antrian (*queueing process*) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seseorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrian) jika semua pelayannya sibuk, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut. Sebuah sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan dan suatu aturan yang mengatur kedatangan pada pelanggan dan pemroses masalahnya.

C.2. Sistem Antrian

Gross dan Haris (Gross, 2001) mengatakan bahwa sistem antrian adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan pelayanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas pelayanan (server) masih sibuk, mendapatkan pelayanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani. Pada umumnya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda-beda di mana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Menurut Hillier dan Lieberman (2005: 771-772) sistem antrian terklasifikasi menjadi beberapa system dimana teori antrian disimulasikan

dan diterapkan secara luas. Klasifikasi system antrian menurut mereka adalah sebagai berikut :

- a. Sistem Pelayanan Komersial, dimana aplikasi teori antrian dari model antrian yang digunakan untuk kepentingan komersil seperti antrian pada toko, supermarket, kafetaria dan sebagainya.
- b. Sistem Pelayanan Bisnis Industri, aplikasi teori antrian dari model antrian yang digunakan dalam cakupan lini produksi seperti sistem material handling, pergudangan dan sebagainya.
- c. Sistem Pelayanan Transportasi, aplikasi teori antrian dari model antrian yang digunakan dalam proses transportasi seperti antrian pada kereta, antrian pendaratan pesawat, dan sebagainya

Dalam sistem antrian terdapat beberapa komponen dasar proses antrian antara lain adalah:

1. Kedatangan.

Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalnya orang, mobil, panggilan telepon untuk dilayani, dan lain-lain. Unsur ini sering dinamakan proses *input*. Proses *input* meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan variabel acak. Karakteristik dari populasi yang akan dilayani dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani. Menurut ukurannya, populasi yang dilayani bisa terbatas (finite) dan

tidak terbatas (infinite). pola kedatangan bisa teratur, dapat pula bersifat acak atau random. Menurut Levin, dkk (2002), variabel acak adalah suatu variabel yang nilainya bisa berapa saja sebagai hasil dari percobaan acak. Variabel acak dapat berupa diskrit atau kontinu. Bila variabel acak hanya dimungkinkan memiliki beberapa nilai saja, maka ia merupakan variabel acak diskrit. Sebaliknya bila nilainya dimungkinkan bervariasi pada rentang tertentu, ia dikenal sebagai variabel acak kontinu.

2. Pelayanan

Pelayanan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Tiap-tiap fasilitas pelayanan kadang-kadang disebut sebagai saluran (*channel*) (Schroeder, 1997). Contohnya, jalan tol dapat memiliki beberapa pintu tol. Mekanisme pelayanan dapat hanya terdiri dari satu pelayan dalam satu fasilitas pelayanan yang ditemui pada loket seperti pada penjualan tiket di gedung bioskop. Dalam mekanisme pelayanan ini ada 3 aspek yang harus diperhatikan yaitu :

a. Tersedianya pelayanan

Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia untuk setiap saat. Misalnya dalam pertunjukan bioskop, loket penjualan karcis hanya dibuka pada waktu tertentu antara satu pertunjukan dengan pertunjukan berikutnya, sehingga saat loket ditutup mekanisme pelayanan terhenti dan petugas beristirahat.

b. Kapasitas pelayanan

Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah pelanggan yang tidak dapat dilayani secara bersamaan. Kapasitas pelayanan yang tidak selalu sama untuk setiap saat, ada yang tetap, tapi ada juga yang berubah-ubah. Karena itu, fasilitas pelayanan dapat memiliki satu atau lebih saluran. Fasilitas yang mempunyai satu saluran disebut saluran tunggal atau sistem pelayanan tunggal dan fasilitas yang mempunyai lebih dari satu saluran disebut saluran ganda atau pelayanan ganda.

c. Lama pelayanan

Lama pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seseorang pelanggan atau satu satuan. Ini harus dinyatakan secara pasti. Oleh karena itu, waktu pelayanan boleh tetap dari waktu ke waktu untuk semua pelanggan atau boleh juga berupa variabel acak. Umumnya dan untuk keperluan analisis, waktu pelayanan dianggap sebagai variabel acak yang terpancar secara bebas dan sama tidak tergantung pada waktu kedatangan.

3. Antrian

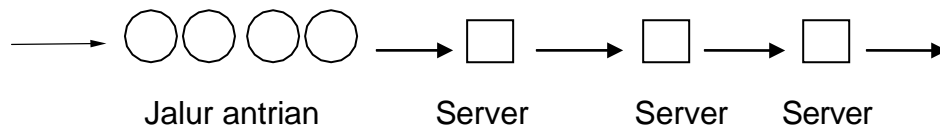
Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayanan yang menganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan (Mulyono, 1991).

C.3. Disiplin Antrian

Disiplin antrian mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. Ada dua klasifikasi dalam disiplin mengantri yaitu prioritas dan *first come first served*. Beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas, adalah (Tamin, 2003) :

1. First Come First Served (FCFS) atau First In First Out (FIFO), di mana pelanggan yang terlebih dahulu datang akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop, antrian pada loket pembelian tiket kereta api..
2. Last Come First Served (LCFS) atau Last In First Out (LIFO), di mana pelanggan yang datang paling akhir akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, sistem antrian pada elevator untuk lantai yang sama, sistem bongkar muat barang dalam truk, pasien dalam kondisi kritis, walaupun dia datang paling akhir tetapi dia akan dilayani terlebih dahulu.
3. Service In Random Order (SIRO) atau Random Selection for Service (RSS), di mana panggilan didasarkan pada peluang secara random, jadi tidak menjadi permasalahan siapa yang lebih dahulu datang. Misalnya, pada arisan di mana penarikan berdasarkan nomor undian.
4. Priority Service (PS), di mana prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan

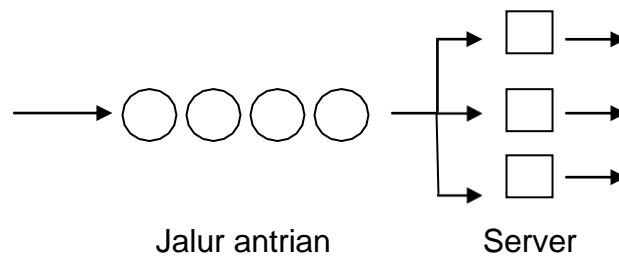
2. *Single Channel – Multi Phase*



Gambar 5. *Single Channel – Multi Phase*

Sistem antrian jalur tunggal dengan tahapan berganda ini atau menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Sebagai contoh adalah : pencucian mobil, tukang cat mobil, dan sebagainya.

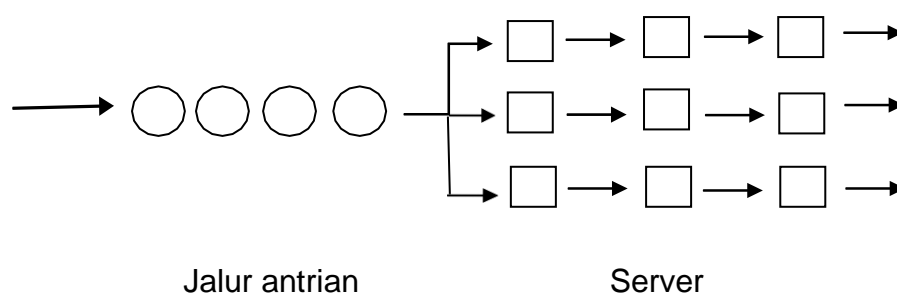
3. *Multi Channel – Single Phase*



Gambar 6. *Multi Channel – Single Phase*

Sistem *Multi Channel – Single Phase* terjadi di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Contohnya antrian pada sebuah bank dengan beberapa teller, pembelian tiket atau karcis yang dilayani oleh beberapa loket, , dan lain-lain.

4. *Multi Channel – Multi Phase*



Gambar 7. *Multi Channel – Multi Phase*

Sistem *Multi Channel – Multi Phase* ini menunjukkan bahwa setiap sistem mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap sehingga terdapat lebih dari satu pelanggan yang dapat dilayani pada waktu bersamaan. Contoh pada model ini adalah : pada pelayanan yang dibagikan kepada pasien di rumah sakit dimulai dari pendaftaran, diagnose, tindakan medis, sampai pembayaran, registrasi ulang mahasiswa baru pada sebuah universitas, dan lain-lain.

C.5. Tingkat Kedatangan

Tingkat kedatangan yang dinyatakan dengan notasi λ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang bergerak menuju satu atau beberapa tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit (Tamin, 2003).

C.6. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan yang dinyatakan dengan notasi μ adalah jumlah kendaraan atau manusia yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau orang/menit (Tamin, 2003).

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal dengan waktu pelayanan (WP) yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang biasanya dinyatakan dalam satu menit/kendaraan atau menit/orang, sehingga disimpulkan bahwa (Tamin, 2003) :

$$WP = \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots(2.1)$$

Selain itu dikenal juga notasi ρ yang didefinisikan sebagai nisbah antara tingkat kedatangan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) dengan persyaratan bahwa nilai tersebut selalu harus lebih kecil dari 1 (Tamin, 2003).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \dots\dots\dots(2.2)$$

Jika nilai $\rho > 1$, hal ini bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah panjang (Tamin, 2003).

C.7. Uji Distribusi Waktu Pelayanan

Distribusi waktu pelayanan menggambarkan waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan. Waktu pelayanan dapat diperkirakan menggunakan distribusi peluang Eksponensial. Distribusi Eksponensial adalah distribusi yang menggambarkan tingkat waktu pelayanan yang stasioner dan independen (Heizer & Render, 2011). Persamaan distribusi eksponensial adalah sebagai berikut (Harinaldi, 2008) :

$$F(x_i) = \mu e^{-x\mu} \dots\dots\dots(2.3)$$

Pembagian Interval Kelas :

$$k = 1 + 3.3 \log n \dots\dots\dots(2.4)$$

$$c = \frac{R}{k} \dots\dots\dots(2.5)$$

Rumus untuk Perhitungan Empiris :

$$Empiris = \frac{fe.xi}{\sum fe.xi} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

c = Lebar Interval Kelas

R = Kisaran data

k = Jumlah Interval Kelas

n = Jumlah Data

F(xi) = Fungsi Eksponensial

x = xi (nilai tengah)

μ = nilai rata-rata waktu pelayanan

e = 2,71828

Uji kolmogrof-smirnov merupakan uji statistic non-parametrik yang memiliki asumsi sampel dari populasi yang dipilih tidak harus terdistribusi normal seperti halnya dengan uji statistik parametrik. (Sarwono dan Budiono, 2012). Dengan menggunakan metode kolmogorov smirnov untuk melakukan uji ketepatan model distribusi. Rumus uji Kolmogorov smirnov untuk model distribusi adalah (Razali, 2011):

$$D = Max | Fo(xi) - Sn(xi) | \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

D = Deviasi Maksimum

Fo(xi) = Fungsi distribusi pengamatan

Sn(xi) = Fungsi distribusi empiris

Untuk pengujian signifikansinya dapat menggunakan tabel dbawah ini yang didasarkan pada tingkat kesalahan yang ditetapkan.

Tabel 2. Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov

n	Significance level (α)					
	0.001	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20
2	0.97764	0.92930	0.84189	0.77639	0.72614	0.68377
3	0.92063	0.82900	0.70760	0.63604	0.59582	0.56481
4	0.85046	0.73421	0.62394	0.56522	0.52476	0.49265
5	0.78137	0.66855	0.56327	0.50945	0.47439	0.44697
6	0.72479	0.61660	0.51926	0.46799	0.43526	0.41035
7	0.67930	0.57580	0.48343	0.43607	0.40497	0.38145
8	0.64098	0.54180	0.45427	0.40962	0.38062	0.35828
9	0.60846	0.51330	0.43001	0.38746	0.36006	0.33907
10	0.58042	0.48895	0.40925	0.36866	0.34250	0.32257
11	0.55588	0.46770	0.39122	0.35242	0.32734	0.30826
12	0.53422	0.44905	0.37543	0.33815	0.31408	0.29573
13	0.51490	0.43246	0.36143	0.32548	0.30233	0.28466
14	0.49753	0.41760	0.34890	0.31417	0.29181	0.27477
15	0.48182	0.40420	0.33760	0.30397	0.28233	0.26585
16	0.46750	0.39200	0.32733	0.29471	0.27372	0.25774
17	0.45440	0.38085	0.31796	0.28627	0.26587	0.25035
18	0.44234	0.37063	0.30936	0.27851	0.25867	0.24356
19	0.43119	0.36116	0.30142	0.27135	0.25202	0.23731
20	0.42085	0.35240	0.29407	0.26473	0.24587	0.23152
25	0.37843	0.31656	0.26404	0.23767	0.22074	0.20786
30	0.34672	0.28988	0.24170	0.21756	0.20207	0.19029
35	0.32187	0.26898	0.22424	0.20184	0.18748	0.17655

Sumber : Siegel, Sydney, 1956, *Non-Parametric Statistics For The Behavioral Sciences*, New York : Mc Graw-Hill Book Company.

C.8. Parameter Antrian

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrian, yaitu: n , q , d , dan w . Defenisi dari setiap parameter tersebut adalah (Tamin, 2003) :

n = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu)

q = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

d = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

w = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

C.9. Disiplin antrian FIFO

Persamaan berikut merupakan yang dapat digunakan untuk menghitung \bar{n} , \bar{q} , \bar{d} , dan \bar{w} untuk disiplin antrian *FIFO* (Tamin, 2003).

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu-\lambda)} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu-\lambda)} \times 3600 \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \times 3600 \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana:

λ = tingkat kedatangan rata-rata

μ = tingkat pelayanan rata-rata

ρ = intensitas lalu lintas atau faktor pemakaian

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO adalah (Tamin,2003):

- a. Persamaan ini hanya berlaku untuk lajur-tunggal dan dengan nilai $\rho < 1$.
Jika nilai $\rho > 1$, maka diharuskan menambah beberapa lajur-tunggal (multilajur).
- b. Jika terdapat lebih dari 1 (satu) lajur (katakana N lajur), maka diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) akan membagi dirinya

secara merata untuk setiap lajur sebesar N dimana N adalah jumlah lajur. Dengan demikian, dapat diasumsikan akan terbentuk N buah antrian berlajur-tunggal dimana setiap antrian berlajur-tunggal akan dapat menggunakan persamaan

- c. Kendaraan yang sudah antri pada suatu lajur antrian diasumsikan tidak boleh berpindah antrian ke lajur lainnya.
- d. Waktu pelayanan antar tempat pelayanan diasumsikan relatif sama (atau dengan kata lain standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan relatif kecil).