

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Dalam rangka menunjang penelitian ini, diperlukan penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi agar penelitian dapat berjalan sebagaimana seharusnya. Di bawah ini adalah referensi-referensi penelitian yang diambil :

1. **Evaluasi Kinerja dan Pelayanan Gerbang Tol (Studi Kasus: *On Ramp* Gerbang Tol Tallo Timur dan *On Ramp* Gerbang Tol Bira Barat)**

Penelitian yang membahas tentang evaluasi kinerja dan pelayanan gerbang tol di gerbang tol Tallo Timur dan tol Bira Barat ini dilakukan oleh Ikhsan Saputra dan Muhammad Fadel Pratama. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi data primer yaitu waktu pelayanan di gerbang tol, diperoleh melalui observasi langsung menggunakan alat bantu *stopwatch* dan data sekunder yaitu volume kendaraan, konfigurasi gardu, dan data geometrik dari PT Makassar Metro Network. Analisis dilakukan menggunakan rumus teori antrian FIFO dan pengolahan data melalui Microsoft Excel. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kinerja dan pelayanan gerbang tol telah memenuhi syarat Standar Pelayanan Minimum (SPM) atau belum. Hasil penelitian menunjukkan pada gerbang tol Tallo Timur untuk di gardu 1 (GTO) tingkat kedatangan 188 kendaraan/jam, waktu pelayanan rata-rata 2,47

detik, dan intensitas lalu lintas 0,129, dan di gardu 2 (*hybrid*) tingkat kedatangan 162 kendaraan/jam, waktu pelayanan 4 detik, dan intensitas 0,180. Kinerja dari pelayanan gerbang tol Bira Barat untuk di gardu 1 (GTO) tingkat kedatangan 179 kendaraan/jam, waktu pelayanan rata-rata 2,67 detik, dan intensitas 0,133, dan di gardu 2 (*hybrid*) tingkat kedatangan 134 kendaraan/jam, waktu pelayanan 3,36 detik, dan intensitas 0,125. Gerbang tol Tallo Timur dan gerbang tol Bira Barat menunjukkan kinerja yang baik, karena semua indikator berada di bawah ambang batas yang ditetapkan.

2. Evaluasi Efektifitas Kinerja Pintu Tol Terhadap Tingkat Pelayanan (Studi Kasus Gerbang Tol Kuala Namu)

Penelitian yang membahas tentang evaluasi efektifitas kinerja pintu tol terhadap tingkat pelayanan di gerbang tol Kuala Namu ini dilakukan oleh Andi Sumawijaya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode observasi lapangan dan analisis teoritis. Data yang dikumpulkan meliputi data primer yang dilakukan dengan observasi langsung di lapangan seperti waktu pelayanan, panjang antrian, tingkat kedatangan kendaraan dan data sekunder yang diperoleh dari pihak pengelola jalan tol (PT Jasa Marga), seperti volume lalu lintas dan informasi teknis jalan tol. Analisis dilakukan dengan teori antrian (FIFO) untuk mengevaluasi kinerja pelayanan gardu tol menggunakan parameter tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), rasio intensitas lalu lintas (ρ). Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui waktu pelayanan gerbang

tol Kuala Namu dalam melayani kendaraan dan tingkat kedatangan kendaraan yang semakin meningkat jumlahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kendaraan masuk sebesar 359 kendaraan/jam, sedangkan kendaraan keluar sebesar 552 kendaraan/jam. Waktu pelayanan untuk gardu masuk sebesar 20 detik dan gardu keluar sebesar 26 detik dan panjang antrian sebanyak 5 kendaraan.

3. Evaluasi Kinerja Gardu Tol pada Gerbang *Exit* Tol Waru Utama

Penelitian yang membahas tentang evaluasi kinerja gardu tol pada gerbang *exit* tol Waru Utama ini dilakukan oleh Khoirus Syahira. Penelitian dilakukan di gerbang *exit* tol Waru Utama menggunakan metode kuantitatif melalui data primer seperti waktu pelayanan, tingkat kedatangan, dan tingkat keberangkatan kendaraan yang didapatkan dari survei observasi langsung. Model analisis menggunakan metode antrian dengan parameter tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), rasio intensitas lalu lintas (ρ), waktu tunggu dan panjang antrian. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui panjang antrian, durasi rata-rata yang dibutuhkan pengemudi untuk mengantri pada gardu tol, dan jumlah gardu tol (*server*) yang dibuka untuk melayani kendaraan yang melintas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang antrian maksimum yang tercatat adalah 9 kendaraan (180 meter) di gardu 12, sedangkan waktu antri rata-rata pengguna tol berkisar antara 20 hingga 276 detik per kendaraan tergantung waktu pengamatan. Jumlah gardu tol (*server*) yang dibuka untuk melayani kendaraan yang melintas yaitu paling banyak 7 buah

gardu. Dari hasil evaluasi, gardu 2 dan gardu 16 direkomendasikan untuk mendapat tambahan *counter* pelayanan guna mengurangi potensi antrian pada jam sibuk.

B. Landasan Teori

1. Jalan Tol

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005, jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan merupakan jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Sedangkan tol (*tax on location*) sendiri adalah sejumlah uang yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Jalan tol harus mempunyai spesifikasi dan pelayanan yang lebih tinggi daripada jalan umum, serta mampu melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi.

Tujuan penyelenggaraan jalan tol adalah untuk meningkatkan efisiensi pelayanan distribusi barang dan jasa sehingga dapat mendukung pertumbuhan ekonomi, terutama di daerah yang sudah berkembang. Selain itu, penyelenggaraan jalan tol dimaksudkan untuk mencapai pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah dengan memperhatikan aspek keadilan. Hal ini dapat tercapai dengan membina jaringan jalan yang dananya berasal dari pengguna jalan.

2. Gerbang Tol

Gerbang tol adalah tempat pelayanan transaksi tol untuk pengguna tol, yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya.

Berdasarkan letaknya pada jalan tol, gerbang tol dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- a. Gerbang tol *Barrier*, yaitu gerbang tol yang terletak pada jalur utama.
- b. Gerbang tol Simping Susun (*Ramp*), yaitu gerbang tol yang terletak di *ramp* simping susun atau jalan aksesnya.



Gambar 2. 1. Gerbang Tol Pejagan

Penggunaan gerbang tol di atur sebagai berikut:

- a. Bangunan gerbang tol digunakan sebagai tempat untuk pelayanan transaksi tol.
- b. Pengguna jalan tol wajib menghentikan kendaraannya saat melakukan transaksi di gerbang tol untuk mengambil atau menyerahkan tiket masuk atau membayar tol, kecuali dengan sistem pembayaran tol elektronik
- c. Di gerbang tol dilarang untuk menaikkan ataupun menurunkan penumpang, barang dan hewan.

3. Gardu Tol

Menurut Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol, gardu tol merupakan ruang tempat berkerja pengumpul tol untuk melaksanakan kegiatan pelayanan kepada pemakai jalan. Gardu tol harus direncanakan dengan baik agar menciptakan kondisi kerja yang nyaman dan aman bagi petugas pengumpul tol. Ukuran minimal gardu tol adalah lebar 1,25 meter, panjang 2,00 meter, dan tinggi 2,5 meter. Pintu gardu tol berupa pintu geser yang diletakkan di bagian belakang gardu, dengan lebar minimum 0,60 meter.

4. Jenis Kendaraan pada Jalan Tol

Menurut Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No.370 Tahun 2007 tentang Penetapan Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi Dan Besarnya Tarif Tol Pada Beberapa Ruas Jalan Tol, golongan jenis kendaraan bermotor pada jalan tol yang sudah beroperasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1. Golongan Jenis Kendaraan Bermotor

GOLONGAN	JENIS KENDARAAN
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truk 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

(Sumber : KepMen PU No.370, 2007)

5. Kinerja Operasional Gerbang Tol

Kinerja operasional adalah ukuran efisiensi dan efektivitas suatu sistem dalam melaksanakan tugas atau fungsinya. Dalam konteks gerbang

tol, kinerja operasional gerbang tol yaitu ukuran seberapa baik sistem pelayanan di gerbang tol dalam melayani pengguna jalan secara optimal dan sesuai standar pelayanan yang ditetapkan. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kinerja operasional gerbang tol antara lain:

- Volume lalu lintas kendaraan
- Tingkat kedatangan kendaraan
- Waktu transaksi
- Waktu pelayanan
- Tingkat pelayanan
- Jumlah antrian
- Jenis dan jumlah gardu tol
- Sistem pembayaran tol
- Gangguan operasional

Kinerja operasional gerbang tol yang buruk dapat menyebabkan antrian panjang, peningkatan waktu tempuh, serta penurunan kepuasan pengguna jalan.

6. Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol

Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol adalah ukuran yang wajib dipenuhi dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol. Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol mencakup aspek pelayanan :

1. Kondisi jalan tol
2. Kecepatan tempuh rata-rata
3. Aksesibilitas

4. Mobilitas
5. Keselamatan
6. Unit pertolongan/penyelamatan dan bantuan pelayanan
7. Lingkungan; dan
8. Tempat Istirahat (TI), dan Tempat Istirahat dan Pelayanan (TIP).

Sebagai pengawas dan pelaksana, Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) wajib menjalankan SPM dan berfungsi memastikan mutu pelayanan tetap terjaga guna meningkatkan pelayanan kepada masyarakat sebagai pengguna jalan tol. Sedangkan aspek yang menjadi fokus dalam Tugas Akhir ini adalah aspek aksesibilitas.

7. Indikator Kinerja Operasional Gerbang Tol Berdasarkan SPM

Kinerja operasional gerbang tol diukur melalui beberapa indikator yang tercantum dalam Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol yang diatur dalam PerMen PUPR No. 16/PRT/M/2014 aspek aksesibilitas yang menjadi standar layanan gerbang tol. Indikator tersebut meliputi:

- Kecepatan transaksi rata-rata :
 - a. Gerbang tol sistem terbuka : maksimal 6 detik setiap kendaraan
 - b. Gerbang tol sistem tertutup
 - a. Gardu masuk : maksimal 5 detik setiap kendaraan
 - b. Gardu keluar : maksimal 9 detik setiap kendaraan
 - c. Gardu tol otomatis (GTO)
 - a. Gardu tol ambil kartu : maksimal 4 detik setiap kendaraan
 - b. Gardu tol transaksi : maksimal 5 detik setiap kendaraan

- Jumlah antrian kendaraan :
 - a. Maksimal 10 kendaraan per gardu dalam kondisi normal

8. Sistem Transaksi Jalan Tol

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol, sistem transaksi jalan tol dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Sistem Transaksi Terbuka

Sistem transaksi terbuka yaitu sistem transaksi jalan tol dimana pengguna jalan hanya melakukan transaksi sekali, yakni pada saat memasuki ataupun saat keluar jalan tol saja.

b. Sistem Transaksi Tertutup

Sistem transaksi tertutup yaitu sistem transaksi jalan tol dimana pengguna jalan tol wajib mengambil tiket masuk pada gerbang masuk dan membayar tol pada saat di gerbang keluar.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 16/PRT/M/2017 tentang Transaksi Tol Nontunai di Jalan Tol, mulai tanggal 31 Oktober 2017 seluruh transaksi jalan tol di Indonesia diharuskan untuk menerapkan sistem transaksi nontunai. Transaksi tol nontunai adalah kegiatan pengumpulan atau pembayaran tarif tol dengan menggunakan alat pembayaran selain uang tunai. Sistem transaksi nontunai di Indonesia terbagi menjadi dua jenis, yaitu sistem pembayaran dengan kartu elektronik (*e-toll card*) dan sistem pembayaran nirsentuh *Multi Lane Free Flow* (MLFF)

a. Sistem Transaksi *E-Toll*

Sistem transaksi *e-toll* adalah metode pembayaran yang menggunakan kartu prabayar atau elektronik (*e-toll card*) sebagai alat transaksi. Kartu ini memuat saldo yang wajib diisi sebelumnya dan selanjutnya digunakan untuk melakukan transaksi pada gerbang tol. Dengan adanya layanan ini, pengguna jalan tol cukup menempelkan kartu pada mesin pembaca yang disediakan untuk melakukan transaksi. Sistem ini memungkinkan transaksi lebih cepat dibandingkan dengan pembayaran tunai. Sistem ini diterapkan baik pada jalan tol dengan sistem terbuka maupun tertutup.



Gambar 2. 2. Sistem Transaksi *e-toll*

Dalam sistem terbuka yang menggunakan *e-toll*, tarif tol yang digunakan dalam transaksi terbuka yaitu tarif tetap (*flat rate*), tanpa mempertimbangkan jarak tempuh yang dibayarkan pada saat di gerbang masuk. Sedangkan dalam sistem tertutup yang menggunakan *e-toll*, pengguna tol diwajibkan membayar tol berdasarkan jarak tempuh pada saat di gerbang keluar dan saat di gerbang masuk cukup tap kartu tanpa membayar. Saldo/nilai uang dalam kartu secara

otomatis berkurang untuk membayar tarif tol sesuai jarak perjalanan (gerbang masuk ke gerbang keluar).

b. Sistem Transaksi Nirsentuh *Multi Lane Free Flow* (MLFF)

Gerbang tol dengan sistem pembayaran *Multi Lane Free Flow* (MLFF) adalah sistem pembayaran tol yang menggunakan perangkat *On-Board Unit* (OBU) yang diletakkan di dalam kendaraan. Pada sistem pembayaran ini, gerbang tol akan memindai perangkat OBU, sehingga pengguna tol ini tidak perlu membuka kaca jendela kendaraan atau menempekan kartu *e-toll* untuk melakukan transaksi. Ketika kendaraan melewati gardu tol, sensor atau satelit GPS mendeteksi lokasi dan pergerakannya, sehingga palang penghalang (*barrier*) dapat dibuka secara otomatis.



Gambar 2. 3. Sistem Transaksi MLFF

Sistem ini mencatat titik masuk dan keluar kendaraan secara otomatis. Saldo pada akun OBU langsung terpotong tanpa perlu tap kartu atau berhenti di gardu tol, tarif tol dihitung berdasarkan jarak tempuh.

9. Waktu Transaksi

Waktu transaksi adalah durasi yang dibutuhkan oleh satu kendaraan untuk melakukan transaksi di gardu tol, dimulai saat kendaraan melakukan *tapping* kartu sampai palang penghalang (*barier*) terbuka. Waktu transaksi merupakan indikator yang sangat penting, yang digunakan untuk menilai sejauh mana proses keluar masuk kendaraan di gerbang tol berlangsung cepat dan tidak menimbulkan hambatan bagi pengguna jalan.

Waktu transaksi sangat dipengaruhi oleh teknologi transaksi yang digunakan. Pada sistem manual, waktu transaksi umumnya lebih lama karena melibatkan interaksi antara petugas dengan pengguna, serta memerlukan waktu untuk penghitungan atau memasukkan uang. Pada sistem elektronik, seperti *e-money* atau gerbang tol otomatis (GTO), waktu transaksi dapat ditekan menjadi beberapa detik saja. SPM secara jelas menyatakan bahwa setiap gardu tol harus memenuhi batasan waktu transaksi tertentu agar pelayanan dianggap memenuhi standar. Mengingat sistem transaksi merupakan titik interaksi langsung antara pengguna jalan dan penyelenggara jalan tol, maka efisiensi pada titik ini sangat mempengaruhi persepsi masyarakat terhadap kualitas layanan operasional. Perhitungan untuk waktu transaksi rata-rata ditunjukkan sebagai berikut :

$$\overline{WT} = \frac{\sum WT}{n} \quad (2.1)$$

Dimana :

\overline{WT} = Waktu transaksi rata-rata (detik)

Σ_{WT} = Total waktu transaksi (detik)

N = Banyaknya transaksi

10. Teori Antrian

Menurut Siagian (1987), antrian merupakan garis tunggu dari satuan yang memerlukan layanan dari satu atau lebih fasilitas pelayanan. Teori antrian (*queueing theory*) sangat perlu dipelajari agar dapat memahami bagaimana perilaku pergerakan arus lalu lintas baik manusia maupun kendaraan. Hal ini disebabkan karena banyak sekali kejadian yang terjadi di sektor transportasi serta berbagai masalah lalu lintas yang sering muncul sehari-hari dalam sistem jaringan jalan dapat dijelaskan dan dipecahkan dengan bantuan analisis teori antrian, seperti contohnya:

1. Antrian kendaraan yang terjadi di depan pintu gerbang tol atau antrian kendaraan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan berlampu lalu lintas.
2. Antrian kendaraan truk pada saat bongkar/muat barang di pelabuhan.
3. Antrian manusia pada loket pembelian karcis di bandara, stasiun kereta api, dan lain-lain.
4. Antrian manusia pada loket pelayanan bank, loket pembayaran listrik atau telepon, serta pasar swalayan.

Sangat banyak kejadian lainnya yang terjadi sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan bantuan analisis teori antrian. Antrian dapat terjadi ketika tingkat kedatangan pelanggan lebih besar daripada kapasitas

pelayanan dalam waktu tertentu, yang dapat mengakibatkan keterlambatan dan penumpukan. Kejadian tersebut sering terjadi pada gardu tol.

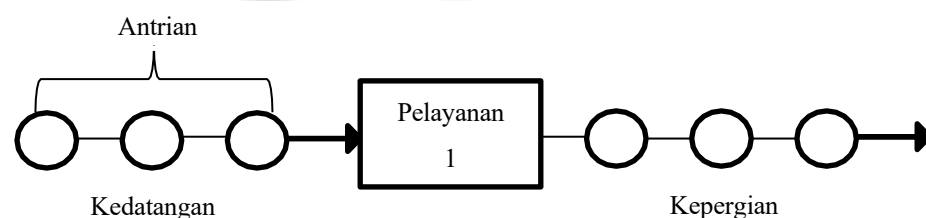
Teori antrian merupakan salah satu cara untuk menganalisa masalah terjadinya antrian panjang yang terjadi. Teori ini diperlukan untuk mengambil keputusan terkait setiap karakteristik sistem antrian tersebut.

a. Proses Sistem Antrian

Sistem antrian merupakan suatu sistem yang mencakup barisan serta gerbang pelayanan. Sedangkan populasi yang terbentuk dari waktu ke waktu berasal dari suatu sumber disebut *calling population*. Populasi tersebut datang ke dalam sistem dan bergabung membentuk barisan antrian. Populasi yang telah dilayani selanjutnya pergi meninggalkan gerbang pelayanan. Menurut Kakiay (2004), proses sistem antrian terbagi menjadi empat jenis utama berdasarkan banyaknya jalur dan tahap pelayanan yang ada, yaitu:

- *Single Channel-Single Phase*

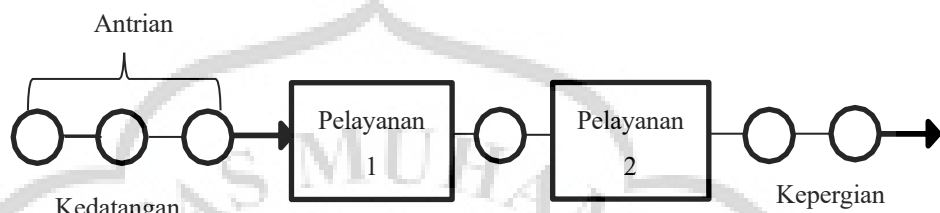
Sistem antrian *single channel-single phase* ini berarti hanya ada satu jalur pelayanan dan dalam jalur ini hanya memiliki satu tahap pelayanan saja.



Gambar 2. 4. Model *Single Channel-Single Phase*

- *Single Channel-Multi Phase*

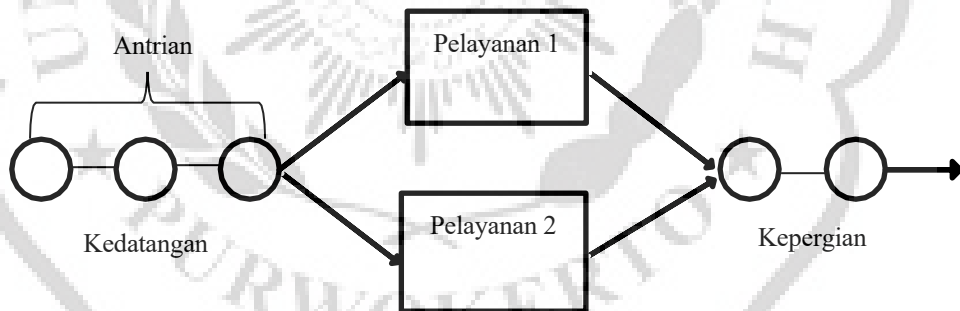
Sistem antrian *single channel-multi phase* ini hanya memiliki satu jalur pelayanan dan dalam jalur ini memiliki lebih dari satu tahap pelayanan.



Gambar 2. 5. Model *Single Channel-Multi Phase*

- *Multi Channel-Single Phase*

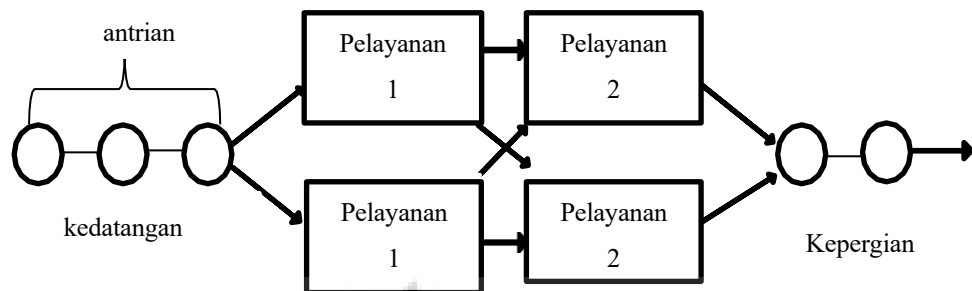
Multi channel-single phase merupakan sistem antrian dengan beberapa jalur pelayanan, tetapi hanya ada satu tahap pelayanan.



Gambar 2. 6. Model *Multi Channel-Single Phase*

- *Multi Channel-Multi Phase*

Multi channel-multi phase yakni sistem antrian dengan beberapa jalur pelayanan dan lebih dari satu tahap pelayanan.



Gambar 2. 7. Model *Multi Channel-Multi Phase*

b. Komponen Utama Antrian

Menurut Tamin (2008), untuk menjelaskan proses antrian yang baik, diperlukan penjelasan mengenai 3 komponen utama dari teori antrian yang harus diketahui dan dipahami, yaitu:

1) Tingkat Kedatangan

Menurut Tamin (2008), tingkat kedatangan yaitu jumlah kendaraan atau individu yang bergerak menuju satu atau lebih lokasi pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu. Ukuran ini biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam atau orang per menit dan dilambangkan dengan notasi λ . Untuk menentukan tingkat kedatangan, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\sum x}{n} \quad (2.2)$$

Dimana :

λ = Tingkat kedatangan (kendaraan/jam)

x = Jumlah kendaraan

n = Banyaknya waktu yang diperlukan (jam)

2) Tingkat Keberangkatan atau Pelayanan

Tingkat pelayanan adalah jumlah kendaraan atau individu yang dapat dilayani oleh satu tempat pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam atau orang per menit dan dinyatakan dengan notasi (μ). Untuk menentukan tingkat pelayanan digunakan rumus sebagai berikut :

$$\mu = \frac{3600}{\overline{WP}} \quad (2.3)$$

Dimana :

μ = Tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

\overline{WP} = Waktu pelayanan rata-rata (detik)

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal waktu pelayanan yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan menit/kendaraan atau menit/orang. Dalam konteks kinerja operasional gerbang tol, waktu pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan oleh satu gardu tol untuk dapat melayani satu kendaraan, sejak kendaraan berhenti hingga kendaraan mulai berjalan kembali. Untuk menentukan waktu pelayanan rata-rata, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\overline{WP} = \frac{\sum WP}{n} \quad (2.4)$$

Dimana :

\overline{WP} = Waktu pelayanan rata-rata (detik)

Σ_{WP} = Total waktu pelayanan (detik)

n = Banyaknya pelayanan

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

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

Dimana :

ρ = Rasio intensitas lalu lintas

λ = Tingkat kedatangan (kendaraan/jam)

μ = Tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

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

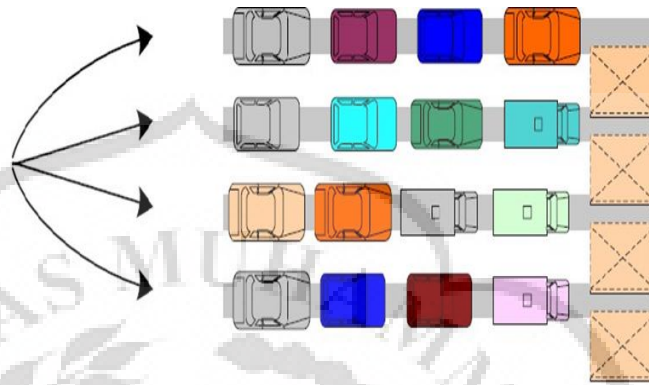
3) Disiplin Antrian

Disiplin antrian merupakan bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri (Tamin, 2008). Terdapat beberapa jenis disiplin antrian yang umum digunakan, antara lain:

1. *First In First Out* (FIFO) atau *First Come First Served* (FCFS)

Disiplin antrian FIFO sangat sering diterapkan dalam bidang transportasi, dimana individu atau kendaraan yang

pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama. Sebagai contoh disiplin FIFO yaitu antrian kendaraan yang terbentuk di gardu tol, dan banyak contoh lainnya.



Gambar 2. 8. Disiplin Antrian FIFO

Perhitungan analisis antrian FIFO atau FCFS adalah

sebagai berikut:

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \quad (2.6)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \quad (2.7)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (2.8)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.9)$$

Dimana :

λ = Tingkat kedatangan (kendaraan/jam)

μ = Tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

ρ = Rasio intensitas lalu lintas

\bar{n} = Jumlah kendaraan atau orang dalam sistem

\bar{q} = Jumlah kendaraan atau orang dalam antrian

\bar{d} = Waktu kendaraan atau orang menunggu dalam sistem
(jam)

\bar{w} = Waktu kendaraan atau orang menunggu dalam antrian
(jam)

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO adalah:

- a. Persamaan diatas 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 satu lajur (n), maka diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) akan membagi dirinya secara merata untuk setiap lajur sebesar (λ/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 diatas.
- c. Kendaraan yang sudah antri pada suatu lajur antrian diasumsikan tidak boleh berpindah antrian ke lajur lainnya.
- d. Waktu pelayanan antartempat pelayanan diasumsikan relatif sama (atau dengan kata lain standar deviasi waktu pelayanan antartempat pelayanan relatif kecil).

2. *First In Last Out (FILO)* atau *First Come Last Served (FCLS)*

Disiplin FILO juga cukup banyak digunakan dalam bidang transportasi, dimana individu atau kendaraan yang pertama tiba akan keluar paling akhir atau dilayani terakhir. Contoh penerapan disiplin FILO dapat dilihat pada antrian kendaraan pada pelayanan kapal feri di terminal penyebrangan.

3. *First Vacant First Served* (FVFS)

Dalam disiplin antrian FVFS, orang yang pertama tiba akan dilayani oleh tempat pelayanan yang pertama kosong. Dalam kasus FVFS, hanya akan terbentuk 1 (satu) antrian tunggal saja, tetapi jumlah tempat pelayanan bisa lebih dari 1 (satu).

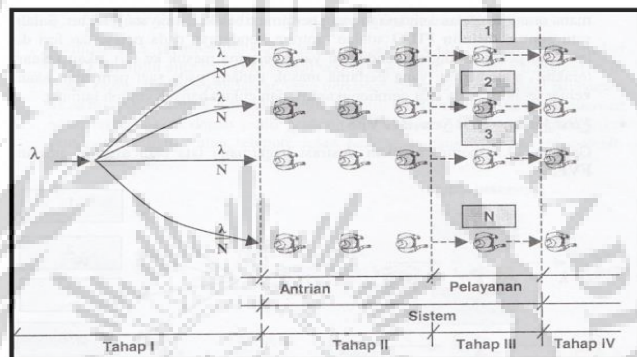
Kinerja disiplin antrian FVFS akan sangat optimal jika waktu pelayanan di setiap tempat pelayanan sangat bervariasi (atau dengan kata lain, jika standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan relatif besar). Hal ini disebabkan penggunaan disiplin FIFO akan menjadi sangat tidak efektif jika waktu pelayanan sangat bervariasi antar tempat pelayanan, sehingga menyebabkan antrian tidak merata di setiap lajur. Contoh aktivitas pelayanan yang mempunyai standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan yang sangat bervariasi adalah loket pelayanan perbankan, imigrasi, pasar swalayan, dan lain sebagainya.

Salah satu keunggulan utama dari disiplin antrian FVFS adalah hanya akan terbentuk 1 (satu) lajur antrian saja (lajur tunggal). Dalam praktiknya, antrian tersebut dapat digantikan

dengan sistem kartu tunggu sehingga secara fisik antrian tersebut tidak perlu terbentuk, karena dapat digantikan dengan nomor urut dalam kartu.

11. Proses Antrian di Pintu Tol

Proses terbentuknya antrian terdiri dari 4 (empat) tahap yang dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2. 9. Proses Antrian di Pintu Tol

- Tahap I: Pada tahap ini, arus lalu lintas (kendaraan) bergerak dengan suatu kecepatan tertentu menuju lokasi pelayanan. Besaran arus lalu lintas yang masuk dikenal sebagai tingkat kedatangan (λ). Dalam penerapan disiplin antrian FIFO dan dengan adanya lebih dari 1 (satu) tempat pelayanan (multilajur), diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) akan terdistribusi secara merata di setiap tempat pelayanan, yaitu sebesar (λ/n), di mana n adalah jumlah tempat pelayanan. Dengan demikian, dapat diasumsikan bahwa akan terbentuk n antrian dengan 1 (satu) lajur tunggal, di mana setiap antrian tersebut mengikuti disiplin FIFO.

- Tahap II: Pada tahap ini, arus lalu lintas (kendaraan) mulai bergabung dengan antrian yang menunggu untuk dilayani. Waktu antrian dapat diartikan sebagai waktu yang dimulai sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian hingga waktu kendaraan tersebut dilayani oleh suatu tempat pelayanan.
- Tahap III: Tahap ini menggambarkan situasi di mana arus lalu lintas (kendaraan) sedang dilayani oleh suatu tempat pelayanan.
- Tahap IV: Pada tahap ini, arus lalu lintas (kendaraan) meninggalkan tempat pelayanan dan melanjutkan perjalanan.

Gabungan tahap II dan III dikenal sebagai sistem antrian. Oleh karena itu, waktu dalam sistem antrian dapat didefinisikan sebagai waktu sejak kendaraan mulai bergabung dengan antrian hingga kendaraan tersebut selesai dilayani.