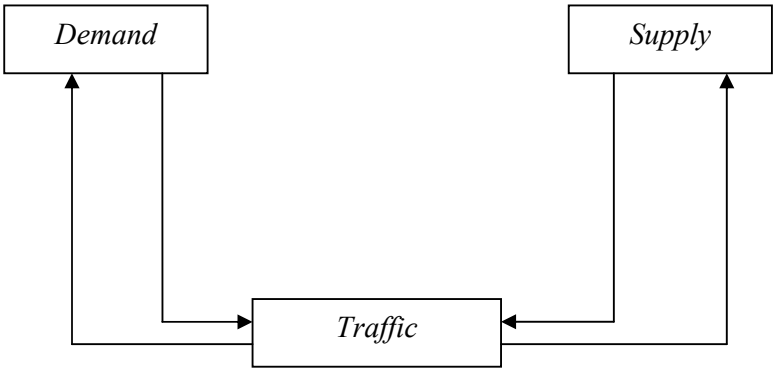
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1" PERMASALAHAN TRANSPORTASI

Transportasi adalah suatu bagian yang integral dari hampir seluruh kegiatan manusia, sehingga secara prinsip sukarlah membedakan sebab dan akibatnya **(Morlok, 1978)**. Timbulnya transportasi itu sendiri terjadi akibat kebutuhan masyarakat (*demand*) akan transportasi dan adanya prasarana (*supply*) yang telah tersedia. Transportasi merupakan sistem yang menghubungkan *demand* dengan *supply* yang saling terkait dan mempengaruhi **(Tamin, 1995)**.



Gambar 2.1 Siklus Transportasi

Tujuan utama dari sistem transportasi adalah untuk meningkatkan aksesibilitas, sebab jika aksesibilitas meningkat, maka aktifitas setiap kegiatan akan meningkat pula. Misal :

- Lapangan kerja meningkat
- Kualitas sumber daya manusia meningkat
- Pendapatan Perkapita daerah meningkat

Transportasi yang baik adalah transportasi yang cepat, aman, ekonomis, mudah, dan nyaman. Transportasi terbagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Transportasi Darat
2. Transportasi Udara
3. Transportasi Laut

Dari ketiga jenis transportasi di atas, transportasi darat yang paling banyak permasalahannya baik itu dari segi sarana maupun prasarana transportasi itu sendiri, seperti : banyaknya jumlah kendaraan, banyaknya jalan yang rusak, sering terjadinya kecelakaan dan menimbulkan kemacetan. Permasalahan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- Jumlah *demand* > *suplly*.
- Jalan sebagai komponen transportasi tidak difungsikan sebagaimana mestinya.
- Faktor pengemudi.
- Faktor kendaraan itu sendiri.

Permasalahan transpoortasi yang ada saat ini sangat dirasakan oleh masyarakat. Permasalahan ini diakibatkan oleh lalu lintas internal maupun eksternal. Oleh karena itu pembangunan jalan tol merupakan salah satu usaha untuk menghindari atau mengurangi permasalahan transportasi.

2.2" PENGERTIAN DAN MANFAAT JALAN TOL

Pegertian jalan tol yang tercantum dalam UU no. 13 tahun 1980 berbunyi : jalan bebas hambatan (tol) adalah yang mempunyai syarat teknik sebagai berikut:

- Tidak mempunyai persilangan sebidang jalan lain, sehingga kendaraan dapat melaju dengan bebas sesuai dengan kecepatan yang disyaratkan.
- Lalu lintas yang tidak searah diusahakan untuk dipisahkan oleh suatu jalan pemisah (*median*).
- Kendaraan hanya dapat memasuki lintasan jalan tersebut dengan melewati kedua ujungnya atau melewati suatu jembatan silang layang.

Manfaat jalan tol :

- Mempersingkat waktu dengan jarak tempuh menjadi dekat.
- Mengurangi kepadatan arus lalu lintas.
- Mempelancar roda perekonomian antar satu daerah dengan daerah lain.

2.3" TEORI ANTRIAN

Suatu keadaan antrian biasanya ditandai oleh adanya aliran unit kedatangan yang mendatangi suatu tempat pelayanan yang berjumlah satu atau lebih. Antrian adalah suatu garis tunggu dari suatu yang memerlukan pelayanan dari satu atau lebih tempat pelayanan. Antrian timbul bila permintaan untuk dilayani melebihi batas kemampuan yang melayani atau kecepatan kedatangan kendaraan lebih besar dari kecepatan waktu pelayanan. Didalam suatu sistem antrian terdapat komponen-komponen sebagai berikut :

1. Kecepatan kedatangan rata-rata kendaraan ke fasilitas pelayanan lebih besar daripada kecepatan rata-rata pelayanan.
2. Terbentuknya barisan antrian bila kendaraan harus menunggu sebelum dilayani.
3. Adanya disiplin dalam melayani antrian.

4. Kendaraan yang datang mempunyai distribusi kedatangan tertentu dan waktu pelayanan tertentu.
5. Adanya kendaraan yang membutuhkan pelayanan.
6. Adanya fasilitas pelayanan.

Teori **antrian (*queueing*)** sangat perlu dipelajari dalam usaha mengenal perilaku pergerakan arus lalu lintas baik manusia maupun kendaraan **(Morlok, 1978 dan Hobbs, 1979)**. Hal ini disebabkan sangat banyak kejadian yang terjadi di sektor transportasi dan permasalahan lalu lintas yang terjadi sehari-hari pada sistem jaringan jalan dapat dijelaskan dan dipecahkan dengan bantuan analisis teori antrian, seperti misalnya :

- Antrian kendaraan yang terjadi di depan pintu gerbang tol atau antrian kendaraan yang terjadi pada setiap lengan persimpangan lalu lintas;
- Antrian kendaraan truk pada saat bongkar muat barang di pelabuhan;
- Antrian kendaraan yang terjadi pada saat kendaraan ingin memasuki kapal feri di terminal penyebrangan;
- Antrian manusia pada loket pembelian karcis di bandara, stasiun kereta api, loket pelayanan bank, loket pelayanan listrik, telepon;
- Antrian kapal laut yang ingin merapat di dermaga; dan
- Sangat banyak kejadian lainnya yang terjadi sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan bantuan analisis antrian.

Antrian tersebut pada dasarnya terjadi karena proses pergerakan arus lalu lintas (manusia/kendaraan) terganggu oleh adanya suatu kegiatan pelayanan yang harus dilalui. Seperti misalnya : antrian kendaraan yang terbentuk di depan pintu gerbang tol terjadi karena pergerakan arus kendaraan tersebut terpaksa harus

terganggu oleh adanya kegiatan pengambilan/pengembalian (pembayaran) karcis tol.

Kegiatan tersebut akan menyebabkan gangguan pada proses pergerakan arus kendaraan, sehingga mengakibatkan terjadinya antrian kendaraan dimana pada suatu kondisi. Antrian kendaraan tersebut, akan dapat mengakibatkan permasalahan baik buat pengguna (dalam bentuk waktu pelayanan) maupun buat penggelola (dalam bentuk panjang antrian).

Bagi pengguna biasanya hal ini yang selalu dipermasalahkan adalah waktu menunggu selama proses mengantri, setiap pengendara akan selalu berpikir bagaimana cara agar dapat menyelesaikan antrian ini secepatnya. Sedangkan bagi pengelola, hal yang selalu dipermasalahkan biasanya adalah panjang antrian yang terjadi. Sebagai contoh : antrian kendaraan yang terlalu panjang akan dapat menyebabkan tambahan permasalahan baru berupa terganggunya sistem pergerakan arus lalu lintas lainnya akibat terhambatnya oleh antrian yang terlalu panjang tersebut.

2.4" KOMPONEN ANTRIAN

Ada 3 (tiga) komponen utama dalam teori antrian yang harus benar-benar diketahui dan dipahami, yaitu **(Wohl and Martin, 1967; Morlok, 1978; dan Hobbs, 1979)** :

- Tingkat Kedatangan (λ)
- Tingkat Pelayanan (μ), dan
- Disiplin Antrian

2.4.1" Tingkat Kedatangan (λ)

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.

2.4.2" Tingkat Pelayanan (μ)

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

Selain tingkat pelayanan, juga dikenal **Waktu pelayanan (WP)** yang dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh satu tempat pelayanan untuk dapat melayani satu kendaraan atau satu orang, biasa dinyatakan dalam satuan detik/kendaraan atau menit/orang, sehingga bisa disimpulkan bahwa :

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

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

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \qquad (2.2)$$

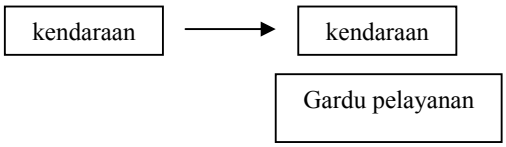
Jika nilai $\rho > 1$, hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah panjang (tidak terhingga).

Gerbang tol masuk atau keluar terdiri satu atau lebih lajur, serta terdiri satu atau lebih gardu tol yang jumlahnya diatur sesuai dengan volume dan kapasitas jalan. Ada beberapa model dan konfigurasi pelayanan :

1. Model Pelayanan Tunggal.
2. Model Pelayanan Jamak.
3. Model Pelayanan Tandem.

2.4.2.1 Model Pelayanan Tunggal (*Single Channel*)

Model pelayanan tunggal ialah model pelayanan dimana satu lajur lintasan akan dilayani oleh satu gardu pelayanan pula. Pada model pelayanan ini kendaraan yang datang langsung memasuki antrian dan ikut antri ke dalam sistem antrian sampai dilayani. Salah satu contoh : model pelayanan tunggal terjadi pada tol Baros, meski memiliki 2 (dua) gardu pelayanan keluar dan masuk, namun seringkali digunakan 1 (satu) gardu yang digunakan untuk melayani hal ini dikarenakan tingkat kedatangan relatif sedikit.



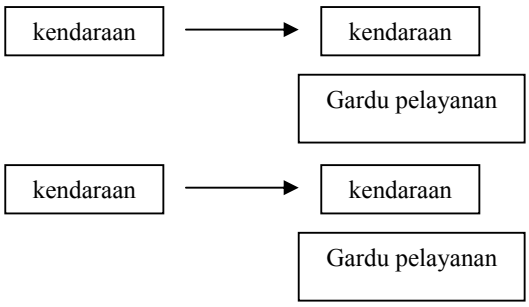
Gambar 2.2 Model Antrian Pelayanan Tunggal

2.4.2.2 Model Pelayanan Jamak (*Multiple Channel*)

Model pelayanan jamak ialah model pelayanan dimana beberapa lajur lintasan pararel yang masing-masing lintasan akan dilayani oleh satu gardu pelayanan yang letaknya diatur secara pararel. Asumsi yang digunakan pada model pelayanan ini ialah jumlah kendaraannya terbagi rata pada setiap pintu, karena

pengemudi secara otomatis menyebarkan distribusi jumlah kendaraannya pada setiap pintu.

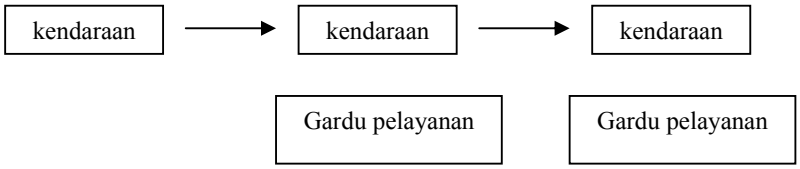
Sehingga tidak ada antrian yang sangat panjang pada satu pintu dan sangat pendek pada pintu yang lain. Asumsi lain yang digunakan adalah kendaraan yang sudah memasuki sistem antrian pada satu pintu tertentu tidak dapat pindah pada sistem antrian di pintu lainnya. Waktu pelayanan untuk setiap pintu memiliki deviasi yang kecil, sehingga dapat diabaikan.



Gambar 2.3 Model Antrian Pelayanan Jamak

2.4.2.3 Model Pelayanan Tandem

Model pelayanan tandem ialah model pelayanan dimana satu atau lebih lajur lintasan pararel yang masing-masing lajur dilayani oleh 2 gardu kembar yang letaknya berurutan (seri) dengan jarak yang cukup dekat untuk sekaligus melayani kendaraan besar ataupun kecil. Salah satu contoh tol yang menggunakan pelayanan tandem adalah tol Pasteur dan Cileunyi.



Gambar 2.4 Model Antrian Pelayanan Tandem

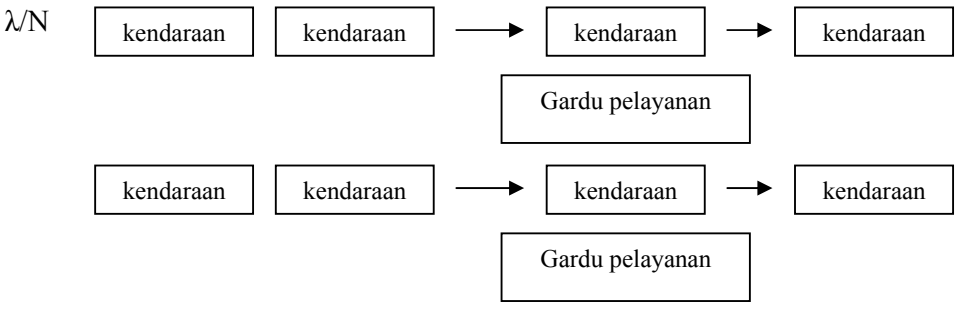
Model pelayanan tunggal merupakan model pelayanan dasar pada jalan yang memiliki kapasitas sangat terbatas, biasanya pada prinsipnya masuk atau keluarnya volume lalu lintas kecil untuk volume yang besar terutama pada awal dan ujung jalan tol diatasi dengan model ganda dan tandem. Dengan memperhitungkan atau menganalisis data dan variabel yang ada, diharapkan dapat menghasilkan kapasitas gerbang tol yang optimum dan efisien.

2.4.3" Disiplin Antrian

Disiplin Antrian mempunyai pengertian tentang bagaimana tata cara kendaraan atau manusia mengantri. Beberapa jenis disiplin antrian yang sering digunakan dalam bidang transportasi atau arus lalu lintas **(Wohl and Martin, 1967; Morlok, 1978; dan Hobbs, 1979)**.

2.4.3.1'<u>First In First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS)</u>

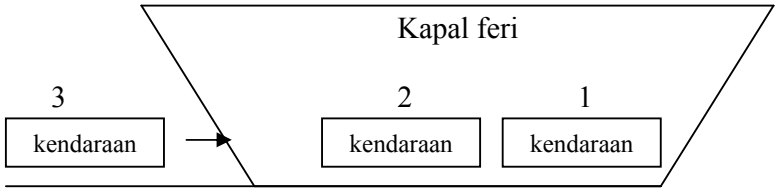
Disiplin antrian FIFO sangat sering digunakan dibidang transportasi dimana orang/kendaraan yang pertama tiba pada suatu tempat pelayanan akan dilayani pertama. Sebagai contoh disiplin FIFO adalah : antrian kendaraan yang terbentuk di depan pintu gerbang tol, antrian manusia pada loket pembayaran listrik atau telepon, loket pelayanan bank, dan banyak contoh lain.



Gambar 2.5 Disiplin Antrian FIFO

2.4.3.2 First In Last Out (FILO) atau First Come Last Served (FCLS)

Disiplin antrian FILO juga cukup sering digunakan di bidang transportasi dimana orang/kendaraan yang pertama tiba akan dilayani terakhir. Contoh disiplin FILO adalah : antrian kendaraan pada pelayanan feri di terminal penyebrangan (kendaraan yang pertama masuk ke feri, akan keluar terakhir, atau barang yang pertama masuk gudang pada saat pemuatan, akan keluar terakhir pada saat pembongkaran).

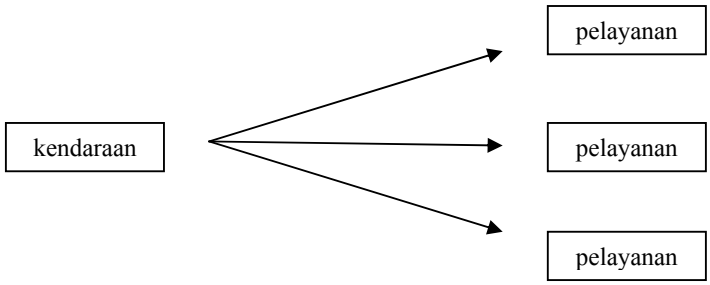


Gambar 2.6 Disiplin antrian FILO

2.4.3.3 First Vacant First Served (FVFS)

Disiplin antrian FVFS sangat sering digunakan pada beberapa loket pembayaran listrik, loket pelayanan bank, loket pembayaran rekening telepon, dan banyak contoh lainnya. Dengan disiplin antrian FVFS ini, kendaraan 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 baik jika waktu pelayanan di setiap pelayanan sangat bervariasi (atau dengan kata lain jika standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan relatif besar). Contoh kegiatan pelayanan yang mempunyai standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan yang sangat bervariasi adalah : loket pelayanan bank, imigrasi atau fabean, pasar swalayan, dan lain-lain.



Gambar 2.7 Disiplin Antrian FVFS

2.5" PARAMETER ANTRIAN

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan dalam menganalisis antrian, yaitu $\bar{n}$, $\bar{q}$, $\bar{d}$, dan $\bar{w}$. Definisi dari setiap parameter tersebut adalah :

$\bar{n}$ = jumlah kendaraan dalam sistem (kendaraan persatuan waktu)

$\bar{q}$ = jumlah kendaraan dalam antrian (kendaraan persatuan waktu)

$\bar{d}$ = waktu kendaraan dalam sistem (kendaraan persatuan waktu)

$\bar{w}$ = waktu kendaraan dalam antrian (kendaraan persatuan waktu)

Berikut beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung beberapa parameter antrian :

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \qquad (2.3)$$

$$n = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} \qquad (2.4)$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \qquad (2.5)$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \qquad (2.6)$$

2.6" TEORI VOLUME LALU LINTAS

Volume lalu lintas didefinisikan sebagai banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik di jalan raya, dalam jangka waktu tertentu. Satuan dari volume adalah kendaraan, walaupun demikian seringkali diekspresikan sebagai kendaraan per satuan waktu.

2.6.1 Volume Harian dan Kegunaannya

Periode waktu yang digunakan dalam volume adalah hari. Volume harian sering digunakan untuk perencanaan jalan raya dan observasi umum untuk melihat kecenderungan lalu lintas. Proyeksi volume lalu lintas seringkali dihitung berdasarkan volume harian. Terdapat empat parameter yang umum digunakan :

- **Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)**

  LHRT ialah rata-rata 24 jam volume lalu lintas pada suatu lokasi tertentu selama 365 hari dalam 1 tahun. Sehingga LHRT adalah total jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam 1 tahun dibagi dengan 365.

- **Lintas Harian Rata-rata Week Day (LHW)**

  LHW ialah rata-rata 24 jam lalu lintas berdasarkan week day dalam 1 tahun penuh. Volume ini dipertimbangkan untuk perilaku lalu lintas yang memiliki volume sangat ringan pada hari libur (*week day*). Sehingga LHW dapat dihitung dengan membagi total volume lalu lintas week day dalam 1 tahun dengan 260.

- **Lintas Harian Rata-rata**

  Lintas Harian Rata-rata ialah rata-rata 24 jam volume lalu lintas pada suatu lokasi tertentu untuk periode waktu tertentu yang kurang dari 1 tahun. Jika LHRT adalah untuk 1 tahun penuh, maka LHR dapat dihitung untuk 6 bulan satu musim, satu bulan, satu minggu, atau paling sedikit 2 hari.

- **Lintas Week Day Rata-rata**

  Lintas Week Day Rata-rata ialah rata-rata 24 jam volume lalu lintas berdasarkan *week day* untuk periode waktu tertentu yang kurang dari 1 tahun.

Satuan yang digunakan untuk semua parameter volume diatas adalah kendaraan/hari. Volume harian pada umumnya tidak dipisahkan oleh arah atau lajur, tetapi jumlahnya adalah total dari fasilitas pada suatu lokasi tertentu.

2.6.2" Volume Jam-jaman dan Kegunaannya

Walaupun volume harian berguna untuk perencanaan jalan, tetapi untuk kepentingan analisis desain tidak dapat digunakan, jika hanya bergantung pada data volume harian saja. Volume kendaraan dalam satu hari harus maksimum diantara jam ramai pagi dan jam ramai sore. Satu jam dengan volume tertinggi dalam satu hari tersebut biasanya disebut dengan istilah *peak hour*.

Volmue *peak hour* pada umumnya membedakan arah, sehingga biasanya digambarkan dengan volume untuk arah tertentu. Dalam sebuah desain, volume *peak hour* terkadang harus diestimasi dari sebuah volume yang berasal dari proyeksi dengan menggunakan hubungan sebagai berikut :

$$VJP = LHRT \times K \times D \qquad (2.7)$$

Dimana :

VJP = Volume jam perencanaan (kendaraan/jam)

LHRT = Lintas harian rata-rata tahunan (kendaraan/hari)

K = Proporsi dari lalu lintas harian terhadap peak hournya, ditulis dalam satu bilangan desimal.

D = Proporsi dari volume peak hour untuk arah perjalanannya, ditulis dalam bilangan desimal.

Di Indonesia dalam kajian MKJI dicantumkan bahwa nilai faktor K untuk kondisi normal kajian jalan bebas hambatan adalah 0,10.

2.6.3" Volume Sub Jam-jaman

Jika volume sub jam-jaman adalah suatu acuan umum untuk berbagai macam jenis desain lalu lintas dan analisis, maka variasi diantara dua jam tersebut perlu untuk dipertimbangkan. Kualitas dari arus lalu lintas sering kali berhubungan dengan fluktuasi jangka pendek dalam kebutuhan lalu lintas. Sebuah fasilitas mungkin saja mempunyai kapasitas yang mampu melayani kebutuhan *peak hour*nya. Namun untuk jam sibuk jangka pendek dari sebuah variasi dari *peak hour* tersebut mungkin saja melebihi kapasitas dan tentu saja hal ini akan menimbulkan masalah. Volume yang ditinjau untuk sebuah periode yang kurang dari satu jam biasanya disebut *equivalent hourly rate of flow*.

Tidak ada sebuah standar untuk penentuan interval waktu yang akan digunakan untuk observasi volume sub jamnya. Sering kali peneliti menggunakan periode diantara 1 sampai 30 menit. Untuk alasan stabilitas statistik *highway*

capacity manual tahun 1995, menyarankan menggunakan periode 15 menitan untuk berbagai macam analisis dan desain. Hubungan antara volume jam-jaman dan maksimum *rate of flow*, diantara satu jam didefinisikan sebagai *peak hour factor* (PHF).

$$PHF = \frac{HV}{4xV_{15}} \qquad (2.8)$$

Dimana :

PHF = Peak Hour Factor

HV = Volume jam sibuk 1 jam (kendaraan / jam)

V_{15} = Volume kendaraan periode 15 menitan tersibuk (kendaraan/15menit)

2.7" OPTIMASI SOLUSI DENGAN METODE SIMPLEX

Metode Simplex digunakan untuk mencari nilai optimum dari suatu bentuk persamaan:

$Z = C'x$

$Ax = b$

$X \geq 0$

Dimana semua elemen dari vektor b adalah positif, $b \geq 0$. Metode Simplex digunakan untuk meminimumkan nilai dari fungsi tujuan, untuk permasalahan memaksimumkan dapat diselesaikan dengan merubah fungsi tujuan dari memaksimumkan yang kemudian hasilnya dapat digunakan untuk mengetahui lokasi dari solusi optimum. Sehingga kita dapat menyelesaikan permasalahan memaksimumkan dan meminimumkan dengan cara yang sama.

Metode Simplex adalah salah satu metode iterasi untuk mencari solusi optimum dari persamaan matematika linier. Metode Simplex dapat dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tentukan kandidat solusi awal x^o
2. Tes kondisi awal x^o untuk menguji apakah x^o adalah solusi yang optimum x^*.
3. Jika tes pada solusi optimum gagal, maka tentukan kandidat solusi baru x^1 dan ulangi langkah 2 dan 3 sampai solusi optimal terpenuhi.

Kandidat solusi akan dibuat pada vektor yang terpisah $x^* = [X_B \; X_N]$. Kandidat basis X_B dapat ditulis sebagai variabel non basis X_N

$$X_B = A_B^{-1}b - A_B^{-1} A_N X_N$$

Nilai dari fungsi tujuan Z dapat ditulis sebagai fungsi non basis variabel X_N yaitu dengan cara mengganti kandidat solusi dari fungsi obyektifnya, dimana

$$Z = C'B^{AB} b + [(C'N - C' B^{AB} An)] Xn$$

Berikut $[(C'N - C' B^{AB} An)]$ dikenal sebagai C' atau sebagai cost Indikator. Nilai variable non basis Xn adalah sama dengan nol, maka nilai kandidat solusi Xb dan nilai kandidat solusi Z dapat ditentukan. Subtitusi Xn = 0 sehingga persamaan menjadi :

$$X_B = AB^{-1b}$$

$$Z = C' B^{AB-1} b = C' B^{XB}$$

Analisis di atas menunjukan kandidat solusi X_B dan nilai fungsi obyektif X_Z dapat ditentukan dengan menggunakan matrix A, i, yang memasuki A_B akan dipilih untuk memastikan apakah X_B akan tetap menjadi basis feabilitas solusi. Lebih jauh lagi disetiap iterasi matriks basis akan terpilih untuk memastikan

bahwa nilai baru dari X_B akan memberikan nilai hasil dari Z yang makin kecil atau setidaknya sama dengan interasi sebelumnya. Interasi dilakukan sampai nilai variabel basis bernilai positif.

2.8" TEORI PROBABILITAS

2.8.1" Distribusi Diskrit

Variabel random diskrit digunakan untuk menggambarkan kejadian random dimana nilai yang dapat muncul hanya nilai integer. Ada beberapa macam bentuk distribusi diskrit ini, antara lain :

a." Distribusi Binomial

Percobaan atau kejadian yang dilakukan atau terjadi berulang kali, kadang-kadang hanya menghasilkan dua macam yang terjadi, atau tidak terjadi. Persoalan atau kejadian yang seperti ini dapat dimodelkan dengan deret *Bernoulli* (*Bernoulli Sequence*) yang didasarkan pada asumsi berikut :

- Setiap percobaan atau kejadian hanya mempunyai dua hasil yang mungkin terjadi atau tidak terjadi suatu peristiwa.
- Probabilitas terjadinya peristiwa tersebut pada percobaan bernilai konstan.
- Percobaan secara stastitika bebas satu sama lain.

  Jika terjadinya suatu peristiwa dalam setiap percobaan n adalah p dan probabilitas untuk tidak terjadinya adalah 1 – p, maka terjadinya x kali diantara n percobaan dalam deret Bernoulli oleh (*Probability Mass Function*) binomial. Adalah :

$$P(X=x) = \left(\frac{n}{x}\right) P * (1-p)^{n-x} \qquad (2.7)$$

Dimana :

P(X=x) = Percobaan terjadinya x kali diantara n percobaan

$\left(\frac{n}{x}\right)$ = koefisien binomial

x = 0,1,2,3,4,.....,n

p = Probabilitas terjadinya suatu peristiwa dalam setiap percobaan

b." Distribusi Poisson

Suatu kejadian dikatakan mengikuti proses poisson apabila :

- Dalam setiap selang waktu tersebut (At > 0) selalu kemungkinan kendaraan datang.
- Interval-interval waktu antara 2 kedatangan berturut-turut adalah independen, artinya kemungkinan terjadinya kedatangan selang waktu t dan (t + At) hanya tergantung kepada selang At bukan kepada t.
- Kemungkinan terjadinya 2 peristiwa dalam selang waktu yang bersamaan atau dalam waktu yang sangat kecil adalah 0.

Probabilitas kejadian dalam interval waktu t adalah :

$$P(X=x) = \frac{\lambda^x}{x!} \exp^{-\lambda} \qquad (2.8)$$

Dimana :

P(X=x) = Percobaan terjadinya x kali diantara n percobaan

exp = 2,7183.....

λ = jumlah rata-rata dari kejadian dalam t

2.8.2" Distribusi Kontinu

Variabel random diskrit digunakan untuk menggambarkan kejadian random dimana nilai yang dapat muncul hanya nilai interval. Ada beberapa macam bentuk distribusi kontinu, antara lain :

a." Distribusi Normal

Variabel random, distribusinya pada 2 parameter yaitu mean (μ) dan deviasi standar (σ)

Sifat kurva normal adalah sebagai berikut :

- Mode, suatu titik pada sumbu horizontal yang memberikan harga mx kurva terjadinya pada titik μ. Sehingga $x = \mu$ (x = mode).
- Kurvanya simetris pada sumbu vertikal melalui μ nya
- Titik balik (titik pelana) kurva normal terjadi pada $x = \mu \pm \sigma$
- Kurva normal pada ujungnya mendekati sumbu horizontal secara asimtotis
- Luas daerah dibawah dari kurva yang dibentuk dari distribusi normal dan dibatasi oleh 2 ordinat $x = x_1$ dan $x = x_2$, sama dengan besar kemungkinan dari variabel random kontinu x yang harganya diantara $x = x_1$ dan $x = x_2$.

Karena itu, untuk suatu kurva normal diperoleh :

$$P(x_1 < x_1 < x_1) = \int_{x1}^{x2} n(x;\mu;\sigma)dx$$

$$= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x1}^{x2} \left[-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma} \right]^2 \right] dx$$

b." Distribusi Eksponensial

Sebuah random dikatakan mempunyai distribusi eksponensial dengan parameter $\lambda > 0$, jika fungsi kepadatannya adalah :

$F(x) = \frac{1}{\lambda} * e^{-\frac{1}{\lambda}x}$, untuk $x \geq 0$

$F(x) = 0$, untuk nilai lainnya

Distribusi eksponensial banyak digunakan untuk memodelkan waktu antar kedatangan, bila kedatangan bersifat random serta memodelkan waktu pelayanan dengan variabel yang banyak. Dalam hal ini λ adalah rata-rata kedatangan per satuan waktu atau pelayanan per satuan waktu. Besar mean dan variasi dari distribusi eksponensial adalah :

$\mu = \lambda$ dan variasi λ^2

Fungsi persamaan kumulatifnya dapat diberikan oleh persamaan integral berikut :

$F(x) = 0$, untuk nilai $x < 0$

$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{1}{\lambda}x} dt = 1 - e^{-\frac{1}{\lambda}x}$, untuk nilai $x \geq 0$

2.9" UJI STATISTIK

Data yang telah dikumpulkan perlu di uji mengenai kecukupannya dan distribusinya. Berikut ini dikemukan alat statistik yang lazim digunakan untuk menguji kecukupan dan distribusi data.

2.9.1" Uji Kecukupan Data

Apabila jumlah data yang ada lebih besar dari data yang dibutuhkan, maka data tersebut dapat dipergunakan. Tetapi bila data yang ada lebih sedikit dari yang dibutuhkan, maka akan diperoleh hasil yang kurang akurat dan data tersebut tidak mewakili keadaan yang sebenarnya.

Untuk menentukan tingkat keyakinan dapat dipakai persamaan berikut :

$$N = \left[\frac{Zcl * S}{Pl * Xr}\right]^2 \qquad (2.9)$$

Dimana :

N = Banyaknya sampel (data) yang harus diukur, agar memenuhi tingkat keyakinan (*Convined Level* atau CL) dan tingkat keyakinan (*Precisson Level* atau PL) yang diinginkan.

Zcl = Nilai pada tabel statistik untuk distribusi normal dan tingkat keyakinan CL yang diinginkan.

S = Standar Deviasi populasi $\sqrt{\frac{\sum\left(xi - \bar{x}\right)^2}{N-1}}$ (2.10)

N = Banyak data pada pengukuran

$\bar{x}$ = Harga rata-rata pada pengukuran $= \frac{\sum xi}{N}$

9.2.2 Uji Kesesuaian Pola Distribusi

Untuk mempermudah perhitungan selanjutnya, maka disini akan dicoba menyesuaikan atau menguji pola distribusi tingkat kedatangan dan waktu pelayanan hasil pengamatan dengan distribusi tertentu.

Dari beberapa metode yang ada, hanya akan diambil satu jenis metode yang dapat dilakukan untuk menguji pola distribusi, yaitu Chi Kuadrat (x^2). Distribusi x^2 dengan menggunakan bentuk matematika di bawah ini, digunakan untuk uji kesesuaian pola distribusi.

$$x^2 = \sum \frac{(f_{obs} - f_{exp})^2}{f_{exp}} \qquad (2.11)$$

Dimana :

f_{obs} = Jumlah yang diamati pada pengamatan untuk tiap kategori

f_{exp} = Jumlah yang diharapkan pada pengamatan

x^2 = Derajat kebebasan (*Degree of Fredom*), yaitu jumlah pengamatan yang tidak saling mempunyai satu sama lain.

Secara umum, jumlah derajat kebebasan dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

DoF = jumlah kategori - jumlah parameter yang tidak diketahui

Rumusan di atas merupakan penjumlahan dari kuadrat selisih antara data yang diamati dengan data yang diharapkan untuk seluruh kategori. Apabila data yang diamati mendekati data yang diharapkan, maka nilai $(f_{obs} - f_{exp})^2$ akan kecil, maka nilai x^2 nya pun menjadi kecil pula. Secara kasar dikatakan, makin besar nilai x^2 makin besar kemungkinan bahwa data tidak berasal dari populasi yang diharapkan.