

# WAKTU TUNGGU ANTREAN ANGKUTAN KOTA (ANGKOT) DI TERMINAL KAMPUNG MELAYU JAKARTA UNTUK BEROPERASI

Rini Suliyanti \*)

Badan Litbang Perhubungan Jalan Merdeka Timur Nomor 5 Jakarta Pusat

## ABSTRACT

*Decrease in interest of the community use the facilities of public transportation (public transportation) will cause the accumulation mode of public transport occur in Terminal Kampung Melayu to await the arrival of passengers. Related to the above, it is necessary to research on the queue waiting time for public transportation (public transportation) in Jakarta terminal kampung melayu to operate. From the analysis shows that the average time it takes public transportation M 18 are in the queue at the top of queue 1,753 hours, or 106 minutes*

*Keywords: public transport, queues, waiting time*

## PENDAHULUAN

Permasalahan transportasi di Indonesia yang paling mendasar adalah ketidakseimbangan antara volume moda transportasi dengan kapasitas jalan atau prasarana dasar transportasi. Dan pengelolaan sistem transportasi yang masih kurang. Sehingga permasalahan-permasalahan transportasi yang ada di Indonesia masih belum bisa diatasi terutama kemacetan. Kemacetan seolah menjadi sesuatu yang biasa di dalam kehidupan perkotaan. Karena kemacetan, banyak hal dapat menyebabkan kerugian bagi manusia dalam hidupnya. Misalnya banyaknya penundaan dalam melaksanakan aktivitas.

Banyak hal yang menjadi penyebab terjadinya kemacetan tersebut. Seperti buruknya sistem transportasi, karena pengelolaan sistem transportasi yang kurang maksimal dan kurang baik menyebabkan terjadinya permasalahan transportasi. Dengan semakin tingginya mobilitas manusia, bila diimbangi dengan perbaikan sistem transportasi akan jadi penyebab terjadinya kemacetan. Selain itu, kurangnya kontrol dari pemerintah terhadap penyelenggaraan transportasi akan menyebabkan sistem transportasi menjadi tidak terkendali. Padahal pemerintah sudah membuat peraturan atau undang-undang yang mengatur tentang transportasi, tetapi karena kurang dikontrol menyebabkan hanya pelanggaran-pelanggaran peraturan yang terjadi.

Perencanaan transportasi umum untuk perkotaan tidak terlepas dari simpul-simpul moda transportasi seperti terminal. Penyelenggaraan terminal penumpang meliputi kegiatan pengelolaan, pemeliharaan, dan penertiban terminal. Kewenangan pengelolaan terminal berada pada Pemerintah Daerah Tingkat II dengan Dinas LLAJ sebagai penyelenggaraannya, sedang Direktorat Jenderal Perhubungan Darat sebagai pembinanya. Demikian halnya dengan Terminal Kampung Melayu yang berada di Jakarta Timur. Terminal ini melayani penumpang untuk transportasi antar kota baik di wilayah DKI Jakarta maupun di luar DKI Jakarta terutama menuju Kota Bekasi. Pola pergerakan penumpang di terminal ini mulai terjadi perubahan sejak mudahnya masyarakat mendapatkan angsuran pembelian sepeda

motor. Sejak saat itu jasa transportasi perkotaan seperti angkot mengalami penurunan penghasilan sangat tajam. Kondisi ini berpengaruh pada menumpuknya angkutan kota (angkot) menunggu datangnya penumpang. Meskipun masih terlihat ramai, pada umumnya penumpang lebih memilih sarana publik transport seperti Transjakarta (Busway) karena kenyamanannya. Sementara itu, angkot yang beroperasi di terminal ini lebih banyak berfungsi sebagai fider.

Penurunan minat masyarakat memanfaatkan fasilitas angkutan kota (angkot) akan menyebabkan terjadi penumpukan moda transportasi umum di Terminal Kampung Melayu untuk menunggu kedatangan penumpang. Terkait dengan hal tersebut diatas, maka diperlukan penelitian terhadap waktu tunggu antrean angkutan kota (angkot) di terminal kampung melayu jakarta untuk beroperasi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Transportasi dan Angkutan Umum

1. Berdasarkan, *Juknis LLAJ*, 1995, Terminal Transportasi merupakan:
  - a. Titik simpul dalam jaringan transportasi jalan yang berfungsi sebagai pelayanan umum.
  - b. Tempat pengendalian, pengawasan, pengaturan dan pengoperasian lalu lintas.
  - c. Prasarana angkutan yang merupakan bagian dari sistem transportasi untuk melancarkan arus penumpang dan barang.
  - d. Unsur tata ruang yang mempunyai peranan penting bagi efisiensi kehidupan kota.
2. Berdasarkan, *Juknis LLAJ*, 1995. Fungsi Terminal Angkutan Jalan dapat ditinjau dari 3 unsur:
  - a. **Fungsi terminal bagi penumpang**, adalah untuk kenyamanan menunggu, kenyamanan perpindahan dari satu moda atau kendaraan ke moda atau kendaraan lain, tempat fasilitas-fasilitas informasi dan fasilitas parkir kendaraan pribadi.
  - b. **Fungsi terminal bagi pemerintah**, adalah dari segi perencanaan dan manajemen lalu lintas untuk menata lalulintas dan angkutan serta menghindari dari kemacetan, sumber pemungutan retribusi dan sebagai pengendali kendaraan umum.
  - c. **Fungsi terminal bagi operator/pengusaha** adalah pengaturan operasi bus, penyediaan fasilitas istirahat dan informasi bagi awak bus dan sebagai fasilitas pangkalan.
3. Berdasarkan, *Juknis LLAJ*, 1995, Terminal dibedakan berdasarkan jenis angkutan, menjadi:
  - a. **Terminal Penumpang**, adalah prasarana transportasi jalan untuk keperluan menaikkan dan menurunkan penumpang, perpindahan intra dan/atau antar moda transportasi serta pengaturan kedatangan dan pemberangkatan kendaraan umum.
  - b. **Terminal Barang**, adalah prasarana transportasi jalan untuk keperluan membongkar dan memuat barang serta perpindahan intra dan/atau antar moda transportasi.

4. **Pola tata guna lahan** adalah pelayanan angkutan umum diusahakan mampu menyediakan aksesibilitas yang baik. Untuk memenuhi hal itu, lintasan trayek angkutan umum diusahakan melewati tata guna tanah dengan potensi permintaan yang tinggi.
5. **Pola pergerakan penumpang angkutan umum** adalah rute angkutan yang baik adalah arah yang mengikuti pola pergerakan penumpang.
6. **Kepadatan penduduk**, adalah salah satu faktor yang menjadi prioritas pelayanan angkutan umum adalah wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi, yang pada umumnya merupakan wilayah yang mempunyai potensi permintaan yang tinggi.
7. **Daerah pelayanan** selain memperhatikan wilayah-wilayah potensial pelayanan, juga menjangkau semua wilayah perkotaan yang ada.
8. **Karakteristik jaringan jalan** adalah kondisi jaringan jalan akan menentukan pola pelayanan trayek angkutan umum.
9. Berdasarkan ciri pelayanannya dan kawasan yang dihubungkan trayek terbagi atas:
  - a. **Trayek utama** melayani angkutan antar kawasan utama, antara kawasan utama dan kawasan pendukung dengan ciri-ciri melakukan perjalanan ulang-alik secara tetap dengan pengangkutan yang bersifat massal
  - b. **Trayek cabang** melayani angkutan antar kawasan pendukung, antara kawasan pendukung dan kawasan pemukiman
  - c. **Trayek Ranting** melayani angkutan dalam kawasan pemukiman
  - d. **Trayek Langsung** melayani angkutan antar kawasan secara tetap yang bersifat massal dan langsung
10. Menurut **Warpani (2002)**, transportasi atau perangkutan adalah kegiatan perpindahan orang dan barang dari satu tempat (asal) ke tempat lain (tujuan) dengan menggunakan sarana (kendaraan). Dalam sistem transportasi, keseimbangan antara moda transportasi dengan jumlah barang atau orang yang diangkut. Jika keseimbangan ini tidak bisa terpenuhi yang terjadi hanyalah masalah-masalah transportasi. Kapasitas moda angkutan yang lebih kecil dari jumlah barang atau orang yang diangkut maka yang terjadi semakin rendah tingkat keamanan dan kenyamanan. Tetapi apabila kapasitas moda angkutan lebih besar dari barang atau orang yang diangkut maka yang terjadi adalah semakin tinggi tingkat keamanan dan kenyamanan.
11. **Lalu lintas (traffic)** adalah kegiatan lalu lalang atau gerak kendaraan, orang, atau hewan di jalanan. Menurut **Blunden:1971** dalam **Warpani:1990**, usaha memindahkan orang atau barang hamper selalu menimbulkan lalu lintas. Ketidakseimbangan antara kapasitas jalan dengan volume pengguna jalan dapat mengakibatkan masalah lalu lintas, seperti kemacetan dan kecelakaan lalu lintas.
12. Menurut **Morlok (1991)**, komponen utama dalam transportasi adalah sebagai berikut :
  - a. Manusia dan barang (yang diangkut)
  - b. Kendaraan (alat angkut)

- c. Jalan (tempat pergerakan)
  - d. Terminal (simpul sistem transportasi)
13. Menurut Warpani (2002), fungsi dasar dari transportasi adalah sebagai penunjang, pemacu, dan pemicu. Berfungsi sebagai penunjang dan pemicu apabila dipandang dari sisi melayani dan meningkatkan pembangunan serta melayani dan mendorong berbagai kebutuhan lain. Berfungsi sebagai pemicu bila dipandang sebagai pembangkit perkembangan dan pertumbuhan suatu wilayah untuk mendukung aktivitas manusia. Transportasi sebagai pendukung aktivitas manusia seperti aktivitas ekonomi, sosial, pendidikan, rekreasi dan hiburan, dan kebudayaan. Moda untuk melakukan aktivitas itu tergantung dengan kebutuhan pengguna transportasi tersebut.

Berdasarkan pendapat-pendapat ahli-ahli tersebut, sistem transportasi dalam suatu kota merupakan gabungan dari elemen-elemen jalan dan terminal, kendaraan, dan sistem pengoperasian yang saling terkait dan tetap harus seimbang. Organisasi yang mengelola sistem perangkutan di Indonesia pada tingkat nasional adalah Kementerian Perhubungan.

## B. Pelayanan Publik

Pelayanan publik atau pelayanan umum dapat didefinisikan sebagai segala bentuk jasa pelayanan, baik dalam bentuk barang publik maupun jasa publik yang pada prinsipnya menjadi tanggung jawab dan dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah di Pusat, di Daerah, dan di lingkungan Badan Usaha Milik Negara atau Badan Usaha Milik Daerah, dalam rangka upaya pemenuhan kebutuhan masyarakat maupun dalam rangka pelaksanaan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ada lima karakteristik yang dapat dipakai untuk membedakan ketiga jenis penyelenggaraan pelayanan publik tersebut, yaitu:

1. Adaptabilitas layanan. Ini berarti derajat perubahan layanan sesuai dengan tuntutan perubahan yang diminta oleh pengguna.
2. Posisi tawar pengguna/klien. Semakin tinggi posisi tawar pengguna/klien, maka akan semakin tinggi pula peluang pengguna untuk meminta pelayanan yang lebih baik.
3. Type pasar. Karakteristik ini menggambarkan jumlah penyelenggara pelayanan yang ada, dan hubungannya dengan pengguna/klien.
4. *Locus kontrol*, Karakteristik ini menjelaskan siapa yang memegang kontrol atas transaksi, apakah pengguna ataukah penyelenggara pelayanan.
5. Sifat pelayanan. Hal ini menunjukkan kepentingan pengguna atau penyelenggara pelayanan yang lebih dominan.

## C. Teori Antrean Dalam Matematika

Matematika telah lama ada, dan terus bersama-sama dengan adanya pikiran manusia. Dari sejarah telah terbukti bahwa matematika telah dimanfaatkan untuk kebutuhan praktis yang dapat diamati.

Terhadap matematika telah diberikan berbagai definisi, oleh para matematikawan, namun belum ada satupun definisi yang mendapat kesepakatan oleh para matematikawan sebagai satu-satunya definisi matematika. Para matematikawan saling berbeda dalam mendefinisikan matematika, dan definisi itu saling melengkapi. John dan Rising (dalam Ruseffendi, 1993 : 28) mengatakan,

Matematika adalah pola pikir, pola mengorganisasikan pembuktian yang logik; matematika itu adalah bahasa yang menggunakan istilah yang didefinisikan dengan cermat, jelas dan akurat, representasinya dengan simbol dan padat, lebih berupa bahasa simbol mengenai ide (gagasan) daripada mengenai bunyi; matematika adalah pengetahuan struktur yang terorganisasikan sifat-sifat atau teori-teori itu dibuat secara deduktif berdasarkan unsur-unsur yang didefinisikan atau tidak didefinisikan, aksioma-aksioma, sifat-sifat, atau teori-teori yang telah dibuktikan kebenarannya; matematika adalah ilmu tentang pola, keteraturan pola atau ide; dan matematika itu keterampilan.

Menurut Hudoyo (1988 : 3), pada hakekatnya, "Matematika adalah bekenaan dengan ide-ide atau konsep-konsep abstrak yang tersusun secara hirarkhis dan penalarannya deduktif". Slamet Dajono (dalam Sukahar, 1997 : 41) mengemukakan tiga macam pengertian elementer matematika, yaitu:

1. Matematika sebagai ilmu pengetahuan tentang bilangan dan ruang.
2. Matematika sebagai studi ilmu pengetahuan tentang klasifikasi dan konstruksi serbagai struktur dan pola yang dapat diimajinasikan.
3. Matematika sebagai kegiatan yang dilakukan oleh para matematisi.

Dari pendapat di atas nampak perbedaan dari definisi matematika yang dikemukakan. Meskipun terdapat perbedaan matematika dari definisi yang dikemukakan, ada kesamaan pandangan tentang ciri-ciri khusus matematika, seperti yang dikemukakan (Soedjadi, 1995),

1. Obyek-obyek matematika adalah abstrak.
2. Simbol-simbol yang kosong dari arti.
3. Kesepakatan dan pemikiran deduktif aksiomatik.
4. Ketaatazasan dan anti kontradiksi.
5. Kesemestaan sebagai pembatas pembahasan.

Untuk mencari kebenaran di dalam matematika digunakan metode deduktif. Walaupun di dalam matematika ada kalanya digunakan cara induktif, intuitif atau coba-coba sebagai awal mencari kebenaran, namun generalisasi yang diperoleh tersebut harus dibuktikan secara deduktif. Penemuan cara induktif, intuitif atau coba-coba tersebut harus diorganisasikan dengan pembuktian secara deduktif. Hal ini disebabkan dalam matematika suatu generalisasi, sifat dan teorema belum dapat diterima kebenarannya sebelum dibuktikan secara deduktif. Teorema-teorema yang diperoleh secara deduktif, digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam matematika juga dalam dunia nyata.

Salah satu ciri atau karakteristik matematika, obyeknya abstrak dan hanya ada dalam pikiran

manusia. Menurut Begle (dalam Soedjadi, 1985 : 10), "Obyek matematika terdiri dari fakta, konsep, operasi dan prinsip". Bell (dalam Yarman 1997 : 11) membagi obyek matematika atas dua bagian, Obyek langsung dan obyek tidak langsung. Obyek langsung terdiri dari skill/keterampilan, konsep dan prinsip atau dalil. Obyek tak langsung meliputi transfer belajar, kemampuan inquiri, kemampuan memecahkan masalah.

Secara umum pendapat Begle dengan Bell sama, perbedaannya menurut Bell bahwa skill/keterampilan meliputi operasi dan prosedur keterampilan matematika adalah semua operasi dan prosedur yang diharapkan untuk dimiliki siswa dan matematikawan secara cepat dan tepat. Siswa yang telah menguasai suatu keterampilan apabila dapat menunjukkan keterampilan tersebut secara tepat dengan menyelesaikan berbagai jenis masalah yang memerlukan keterampilan atau menerapkan keterampilan dalam berbagai situasi.

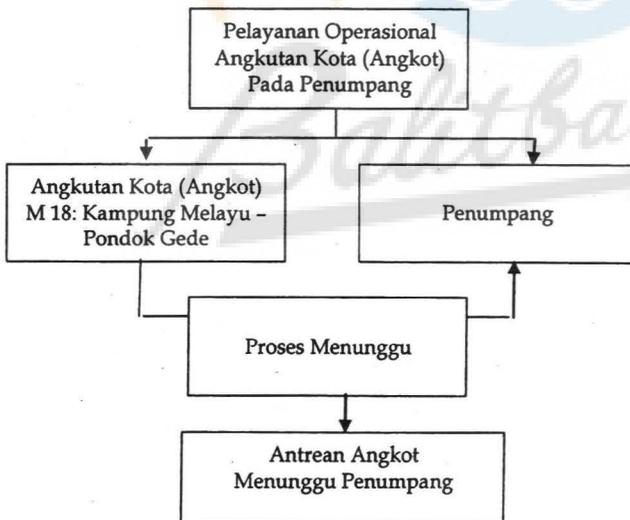
Penyajian struktur matematika selalu dipergunakan simbol untuk menata hubungan antar ide/konsep, aturan dengan operasi tertentu untuk pembentukan konsep baru. Menurut Soedjadi (1985 : 13), "Simbol-simbol di dalam matematika masih kosong dari arti, sehingga dapat diberi arti sesuai lingkup semestanya".

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, dapat dikatakan hakikat matematika merupakan kumpulan ide-ide bersifat abstrak, struktur-struktur dan hubungannya diatur menurut aturan logis.

Teori Antrian berkenaan dengan seluruh aspek dari situasi dimana pelanggan harus antri untuk mendapatkan suatu layanan. Antrian merupakan bagian dari kehidupan manusia sehari-hari. Antrian terbentuk bilamana banyaknya yang akan dilayani melebihi kapasitas layanan yang tersedia. Dalam banyak hal, penambahan jumlah layanan dapat dipenuhi untuk mengurangi antrian atau menghindari antrian yang terus membesar.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Dari gambar tersebut diatas terlihat bahwa untuk melakukan mobilisasi sebagian masyarakat di Propinsi DKI Jakarta dan sekitarnya memerlukan sarana transportasi. Salah satu transportasi yang beroperasi melayani penumpang dari terminal Kampung Melayu ke Pondok Gede Bekasi dan sebaliknya adalah Angkutan Kota dengan kode trayek M-18.

Dengan semakin banyaknya masyarakat memanfaatkan sarana transportasi berupa kendaraan pribadi baik sepeda motor maupun mobil akan menyebabkan proses menunggu penumpang yang membutuhkan layanan transportasi Angkutan Kota semakin lama sehingga menimbulkan antrean yang panjang.

## B. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan menghitung antrean Angkutan Kota untuk melayani penumpang.

## C. Metode Pengolahan Data

### 1. Model Antrian

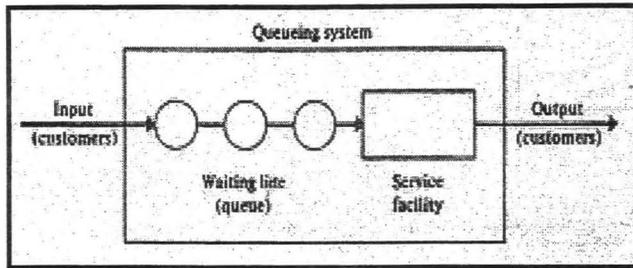
Sistem antrian mencakup angkutan kota (angkot) M 18 yang datang dengan laju konstan atau bervariasi untuk beroperasi melayani penumpang di Terminal Kampung Melayu. Jika Angkot M 18 yang datang dapat beroperasi melayani penumpang. Jika Angkot M 18 harus menunggu dilayani, mereka berpartisipasi atau membentuk antrian, dan akan berada dalam antrian hingga mereka dapat giliran untuk beroperasi melayani penumpang. Mereka akan beroperasi melayani penumpang dengan laju yang konstan atau bervariasi dan akhirnya meninggalkan sistem.

Terdapat beberapa tipe sistem antrian, akan tetapi semua itu dapat diklasifikasikan kedalam ciri-ciri berikut:

- a. **Proses input atau kedatangan:** proses ini mencakup banyaknya kedatangan per satuan waktu, jumlah antrian yang dapat dibuat, maksimum panjang antrian, dan maksimum jumlah pelanggan potensial (yang menghendaki layanan).
- b. **Proses layanan:** proses ini mencakup sebaran waktu untuk melayani seorang pelanggan, banyaknya layanan yang tersedia, dan pengaturan layanan (paralel atau seri).
- c. **Disiplin antrian:** ini merupakan bentuk dimana pelanggan membentuk antrian : yang datang duluan dilayani duluan atau FIFO (*First In First Out*), yang datang terakhir dilayani duluan atau LIFO (*Last In First Out*), pemilihan secara acak, pemilihan berdasarkan prioritas, dan lain sebagainya.

Dalam bagian ini, kita asumsikan bahwa:

- a. Layanan mengikuti aturan siapa datang dahulu, akan beroperasi melayani penumpang dahulu pula (FIFO)
- b. Datangnya Angkot M 18 benar-benar secara acak namun dengan laju tertentu.
- c. Sistem antrian berada dalam kondisi *steady-state*.



Gambar 2. Antrean Dengan Model FIFO (*First In First Out*)

Ketiga asumsi ini valid dalam kebanyakan system antrian yang systematic dan akan digunakan untuk menggambarkan penggunaan teori antrian dengan asumsi:

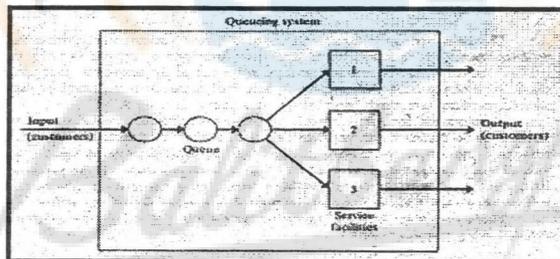
1. menerangkan bahwa pelanggan yang system duluan akan dilayani terlebih dulu tak peduli apakah calon penumpang akan berada dalam antrian atau tidak.
2. menerangkan bahwa kedatangan memiliki kesempatan yang sama kapan saja dan tidak tergantung oleh waktu yang telah berlalu sejak kedatangan terakhir. Ini setara dengan mengatakan bahwa banyaknya kedatangan per satuan waktu merupakan peubah acak (*random variable*) yang menyebar menurut sebaran Poisson. Dimana bila  $X$  = banyaknya kedatangan per satuan waktu, maka

$$P(X) = P(X = x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots \quad \lambda > 0$$

dan  $\lambda$

$$E(X) = \lambda$$

Dimana  $\lambda$  : banyaknya kedatangan per satuan waktu. Hasil menarik lainnya (asumsi (b)) adalah bahwa waktu diantara dua kedatangan berturutan,  $T$  (juga sering disebut dengan *interarrival time*) memiliki sebaran eksponensial dengan parameter yang sama,  $\lambda$ .



Gambar 3. Antrean Dengan Model Secara Acak Namun Dengan Laju Tertentu

Dengan demikian apabila  $T$  = waktu diantara dua kedatangan, maka

$$g(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \lambda > 0 \quad t > 0$$

dan

$$E(T) = \frac{1}{\lambda}$$

Jadi dapat disimpulkan, jika banyaknya kedatangan persatuan waktu memiliki sebaran *Poisson* dengan rata-rata  $\lambda$ , maka waktu diantara dua kedatangan memiliki sebaran eksponensial dengan rata-rata  $1/\lambda$ . Sistem antrian seperti ini dikatakan memiliki *input Poisson*, dan pelanggan dikatakan datang mengikuti *Proses Poisson*.

Asumsi (c) berarti bahwa sistem antrian telah beroperasi cukup lama bebas dari keadaan awal sistem dan tidak tergantung dari waktu. Yang dimaksudkan disini adalah sistem telah berada pada suatu keadaan seimbang berdasarkan waktu. Sebaran jumlah kedatangan per satuan waktu dan sebaran waktu layanan tidak berubah berdasarkan waktu.

Misalkan

- = Banyaknya calon penumpang yang berada di dalam system
- = Peluang  $n$  calon penumpang berada dalam 1 system pada waktu  $t$
- = Rataan laju kedatangan apabila  $n$  calon penumpang berada di dalam system (sedang menunggu atau dilayani)
- = Rataan laju layanan apabila  $n$  calon penumpang berada di dalam sistem

Sistem yang berada dalam kondisi *steady-state* tidak berimplikasi bahwa laju kedatangan dan laju layanan bebas akan banyaknya pelanggan dalam sistem. Untuk antrian terhingga, sumber yang terbatas, dan model layanan-ganda,  $\lambda_n$  dan  $\mu_n$  merupakan fungsi dari jumlah pelanggan dalam system. Dalam kondisi *steady-state*, kita akan gunakan notasi  $P_n$  peluang  $n$  pelanggan berada dalam system kapan saja.

### A. Model Antrian Tak Hingga - Sumber Tak Hingga Layanan Tunggal

Masih berkaitan dengan *input Poisson* dan layanan *Eksponensial*, dimana antrian diasumsikan dapat berukuran besar sekali, demikian juga kedatangan potensial (sumber) juga sangat besar serta hanya terdapat satu layanan saja dalam sistem. Asumsi lain yang perlu ditambahkan adalah

- a. Rata-rata laju kedatangan konstan,  $\lambda_n = \lambda$  untuk semua  $n$ .
- b. Rata-rata laju layanan konstan,  $\mu_n = \mu$  untuk semua  $n$ .
- c. Rata-rata laju kedatangan lebih kecil dari rata-rata laju layanan,  $\lambda < \mu$ .

Dengan asumsi ini, kita dapat menentukan  $P_0, P_1, P_2, \dots$  sebagai berikut

$$\sum_{N=0}^{\infty} P_N = \sum_{N=0}^{\infty} \left[\frac{\lambda}{\mu}\right]^N P_0 = \frac{P_0}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} = 1$$

Dengan demikian kita peroleh

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{dan}$$

$$P_N = \left[\frac{\lambda}{\mu}\right]^N \left[1 - \frac{\lambda}{\mu}\right] \quad \text{untuk } n = 1, 2, 3, \dots$$

Untuk model ini, misalkan  $X$  = banyaknya kedatangan per satuan waktu, maka

$$f(X) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad \lambda > 0 \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots \quad \text{dan } E(X) = \lambda.$$

Parameter  $\lambda$  merupakan rata-rata laju kedatangan per satuan waktu.

Misalkan juga  $T$  = waktu untuk melayani calon penumpang, maka

$$g(t) = \mu e^{-\mu t} \quad \mu > 0 \quad t > 0 \quad \text{dan } E(T) = 1/\mu.$$

Telah kita bicarakan sebelumnya, apabila banyaknya kedatangan angkutan kota per satuan waktu menyebar menurut sebaran Poisson dengan parameter  $\lambda$ , maka waktu antar kedatangan berurutan menyebar menurut sebaran eksponensial dengan parameter yang sama yaitu  $\lambda$ . Sebagaimana hal ini, jika waktu layanan menyebar menurut sebaran eksponensial dengan parameter  $\mu$ , maka banyaknya angkutan kota yang beroperasi persatuan waktu juga menyebar menurut sebaran *Poisson* dengan parameter  $\mu$ .

Secara umum  $\lambda$  disebut sebagai laju kedatangan dan  $\mu$  disebut sebagai laju layanan. Kita tertarik dalam pemodelan dari sistem ini dan mempelajari ciri penting darinya untuk menentukan jika hasilnya dapat digunakan untuk memodifikasi sistem antrian. Modifikasi dapat dilakukan, misalnya dengan menambah jumlah layanan, menyediakan ruang yang lebih untuk tempat antrian, atau membeli alat baru untuk menaikkan waktu layanan. Kebanyakan keputusan berdasarkan dari beberapa quantity berikut:

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \text{Rata-rata banyaknya angkutan kota berada dalam sistem}$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \text{Rata-rata banyaknya angkutan kota dalam antrian}$$

$$L_w = \frac{\mu}{\mu - \lambda} = \text{Rata-rata banyaknya angkutan kota dalam antrian yang tak kosong}$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \text{Rata-rata waktu yang diperlukan angkutan kota berada dalam sistem}$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \text{Rata-rata waktu yang diperlukan angkutan kota berada dalam antrian}$$

$$P(n > k) = \left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^{k+1} = \text{Peluang terdapat lebih dari } k \text{ angkutan kota berada di dalam sistem}$$

$$P(T > t) = e^{-\mu t} = \text{Peluang waktu angkutan kota berada dalam sistem sedikitnya } t \text{ satuan waktu}$$

Dari informasi tersebut diperoleh hubungan bahwa  $L = \lambda W$ ,  $L_q = \lambda W_q$  dan .

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \text{ dan } T = T_q + \frac{1}{\mu}$$

Dengan pengecualian untuk model antrian terbatas dan sumber terbatas, hubungan ini berlaku untuk semua model.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Laju kedatangan angkutan kota M-18

Jumlah angkutan kota M-18 yang masuk didalam antrian dihitung setiap satu menit pada saat *peak hour* yaitu sore hari saat pada umumnya masyarakat pulang dari bekerja. Dari hasil survei dapat dilihat laju kedatangan angkutan kota M-18 (I) pada Terminal Kampung Melayu adalah 18 kendaraan permenit seperti terlihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1.  $\lambda$  Kedatangan Angkot M 18

No	T (Detik)	$\lambda$ Kedatangan Angkot M 18
1	0-60	3
2	61-120	2
3	121-180	0
4	181-240	2
5	241-300	1
6	301-360	1
7	361-420	3
8	421-480	2
9	481-540	4
10	541-600	0
	Rata-rata ( $\lambda$ )	18

Sumber: Data Primer diolah

- Waktu yang diperlukan oleh Angkutan Kota M18 untuk dapat beroperasi melayani penumpang

Masing-masing Angkot M 18 dapat beroperasi melayani penumpang dengan waktu yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah kedatangan penumpang pada setiap waktu tertentu. Waktu kedatangan penumpang tersebut seperti terlihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Waktu Yang Diperlukan Angkot M 18 Untuk Menunggu Penuhnya Penumpang

Angkot M 18	Waktu Menunggu Penuhnya Penumpang / Angkot (M) (Detik)
1	300
2	420
3	600
4	420
5	360
6	660
7	780
8	480
9	480
10	300
Rata-rata	480

Sumber: Data Primer diolah

Berdasarkan tabel tersebut diatas, maka dapat diketahui bahwa waktu yang diperlukan oleh setiap Angkot M 18 untuk menunggu penuhnya penumpang rata-rata 480 detik atau 8 menit.

### 3. Rata-rata banyaknya angkot M 18 menunggu dalam antrian

Sebelum menghitung rata-rata banyaknya angkot M 18 menunggu dalam antrian, maka perlu diketahui peluang angkot dapat beroperasi tanpa harus menunggu.

$$P_0 \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu}} + \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^2 + \frac{1}{6} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^3 \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{3\mu}}$$

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{1 + (18/480) + \frac{1}{2} (18/480)^2 + \frac{1}{6} (18/480) (1/(1-18/(3 \times 480)))} \\ &= \frac{1}{1 + 0,0375 + \frac{1}{2} (0,0375)^2 + \frac{1}{6} (0,0375)^3 (1/(1- 0,0125))} \\ &= \frac{1}{1,0375 + 0,0007 + 0,0000267} \\ &= 0,963 \end{aligned}$$

Dengan diketahuinya peluang angkot dapat beroperasi tanpa harus menunggu sebesar 0.963 maka rata-rata banyaknya angkot M 18 yang menunggu didalam antrian adalah:

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$L = 18 / (480-18)$$

$$L = 0,039$$

$$LQ = 0,039 - (1-0,963)$$

$$= 0,039 - 0,037$$

$$= 0,002$$

Nilai laju efektif dari banyaknya Angkot M 18 yang menunggu didalam antrian adalah:

$$\lambda_{\text{eff}} = 480 \text{ detik} \times (1 - 0,002)$$

$$= 8 \text{ menit} \times (0,998)$$

$$= 7,98$$

Dari hasil perhitungan tersebut diatas, maka dapat diketahui bahwa setiap menitnya terdapat 8 angkot M 18 menunggu.

### 4. Rata-rata waktu yang diperlukan Angkot M 18 berada dalam sistem

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

W = Rata-rata yang diperlukan oleh Angkot M 18 berada didalam sistem adalah sebagaiberikut:

$$W = 1 / (480-18) \\ = 26,66$$

5. Rata-rata waktu yang diperlukan Angkot M 18 berada dalam antrian

$$W_{\theta} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$W_q = 18 / (480 (480-18))$$

$$W_q = 18 / 3696$$

$$W_q = 0,0048$$

Satuan waktu untuk menunggu penuhnya penumpang adalah menit, maka:

$$T = 0,0048 \times 360 = 1,753 \text{ jam, atau } 106 \text{ menit}$$

## PENUTUP

Dari hasil analisis dapat dilihat beberapa hal sebagai berikut:

1. Laju kedatangan angkutan kota M-18 (l) pada Terminal Kampung Melayu adalah 18 kendaraan permenit
2. Waktu untuk menunggu penuhnya penumpang pada setiap angkot M 18 (i) rata-rata adalah 480 detik atau 8 menit.
3. Rata-rata waktu yang diperlukan Angkot M 18 berada dalam antrian saat peak hours adalah 1,753 jam, atau 106 menit

## DAFTAR PUSTAKA

Morlok EK, 1995, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga

Sistranas, 2003, *Sistem Transportasi Nasional*, Departemen Perhubungan

Tamin OZ, 2000, *Perencanaan dan Permodelan Transportasi, Edisi ke-2*, ITB Bandung

\*) Lahir di Purworejo Jawa Tengah 6 Juni 1956, Peneliti Badan Litbang Perhubungan