

Pemodelan dan Simulasi Antrian Kendaraan di Gerbang Tol

Laporan Kemajuan Pekerjaan 2004

oleh

Wahju Sediono

Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Informasi dan Elektronika
BPPT Gedung II Lt. 4, Jl. M. H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340

Pendahuluan

Kondisi lalu lintas di kota-kota besar Indonesia, terutama di Jakarta, telah begitu parah sehingga kemacetan selalu terjadi setiap hari di seluruh bagian kota. Di pagi hari kemacetan lalu lintas terjadi terutama di ruas-ruas jalan masuk menuju Jakarta. Pada sore harinya, saat pulang kerja, kemacetan dilaporkan sering terjadi di ruas-ruas jalan di pinggir kota yang menuju ke luar Jakarta. Sementara itu, pada akhir pekan atau hari-hari libur, kemacetan muncul di ruas-ruas jalan yang menjadi akses menuju pusat-pusat hiburan massal atau daerah peristirahatan. Kecenderungan ini tampaknya akan terjadi dan menyebar ke berbagai daerah lain, sejalan dengan perkembangan pembangunan fisik di seluruh wilayah Indonesia.

Kondisi lalu lintas yang semrawut dan kemacetan yang parah ini telah menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Saat terjadi kemacetan pada umumnya kendaraan hanya dapat merambat maju ke depan dengan kecepatan rendah, sehingga gas buang yang ditimbulkan pada suatu saat di daerah tertentu dapat menyebabkan

pencemaran udara yang parah. Selain itu kebisingan yang terjadi saat kondisi macet pun dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan yang serius. Dapat dipahami apabila kondisi yang tidak nyaman ini dapat meningkatkan stress baik bagi pengguna jalan maupun bagi penduduk di sekitarnya. Dalam jangka panjang, kemacetan lalu lintas ini dapat menyebabkan penurunan produktifitas kerja di semua sektor kehidupan masyarakat.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kelancaran lalu lintas di jalan raya. Yang pertama adalah kondisi jalan raya itu sendiri. Jalan raya yang rusak atau terlalu sempit dapat menimbulkan kemacetan lalu lintas. Selain itu, arus masuk dan keluar kendaraan yang melebihi kapasitas jalan raya pun dapat menjadi penyebab kemacetan. Tidak kalah pentingnya adalah perilaku pengguna jalan saat berlalu lintas. Faktor lainnya adalah rambu-rambu lalu lintas yang sering membingungkan pelaku lalu lintas di jalanan.

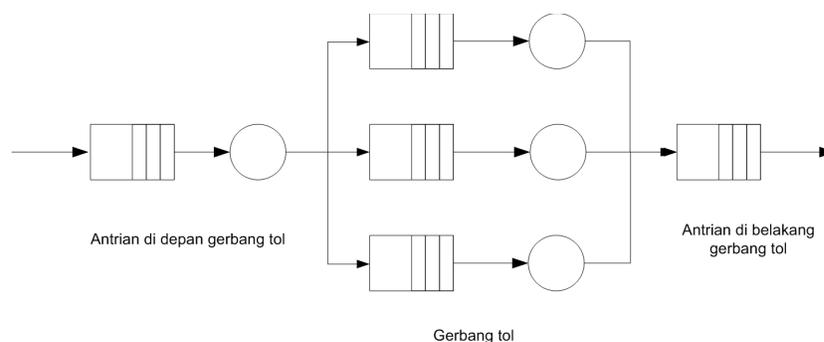
Dengan mengambil contoh kasus antrian kendaraan yang terjadi di gerbang tol, penulis telah membuat model situasi lalu lintas yang berbasis pada arus masuk dan arus keluar kendaraan. Model antrian ini telah diimplementasikan ke dalam sebuah program komputer, dan cukup fleksibel sehingga dapat diterapkan untuk berbagai problem antrian, seperti antrian di bank dan antrian di kasir-kasir toko. Dengan program aplikasi ini kita dapat membuat simulasi arus kendaraan di gerbang tol. Analisa-analisa sederhana mengenai berbagai kondisi arus kendaraan pun dapat dikerjakan dengan program ini.

Model Antrian

Dalam bentuknya yang mendasar suatu sistem antrian dapat digambarkan dengan sebuah model yang terdiri dari komponen antrian dan komponen

pemroses [Wal91, Dai92]. Untuk kasus antrian di gerbang tol, panjang komponen antrian ditentukan oleh berbagai faktor seperti kondisi fisik jalan raya, kondisi fisik kendaraan, perilaku pengguna jalan raya dan arus kendaraan di jalan tol. Kondisi jalan raya yang buruk atau penyempitan jalan dapat menimbulkan antrian yang panjang. Kelayakan kendaraan juga sangat mempengaruhi situasi antrian, misalnya: mobil tua yang sudah tidak layak pakai dapat memperlambat arus kendaraan apabila tetap dipaksakan untuk digunakan di jalan tol. Perilaku pengemudi yang kurang mentaati peraturan berlalu-lintas di jalan tol juga dapat memperlambat arus kendaraan. Bahkan, tidak jarang kebiasaan para pengemudi yang jelek ini dapat menyebabkan kemacetan total pada saat terjadi kecelakaan.

Komponen pemroses berfungsi menentukan cepat lambatnya sebuah kendaraan masuk ke dalam atau keluar dari antrian. Dalam kasus antrian di gerbang tol kecepatan pemrosesan ini sangat dipengaruhi oleh kecekatan petugas melayani transaksi pembayaran tol, kecepatan mesin/hardware pemroses dan kehandalan software yang mendukung proses di gerbang tol.



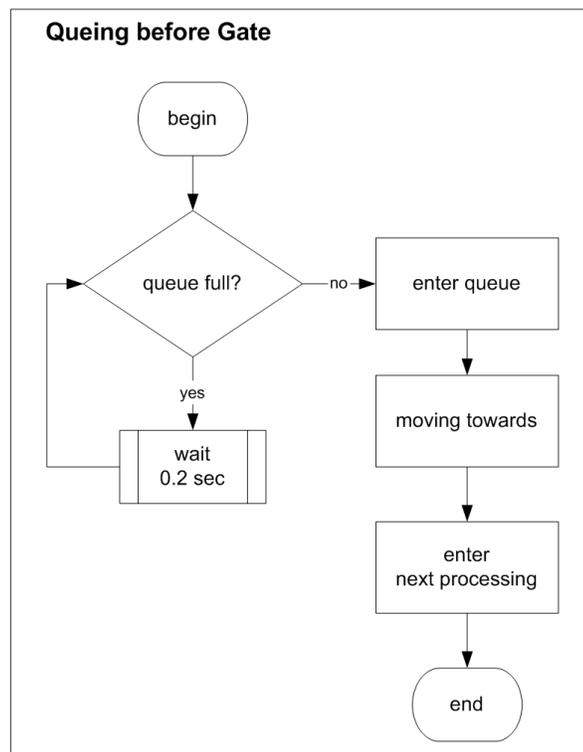
Gambar 1: Model antrian kendaraan di gerbang tol

Dalam implementasinya ke dalam program software, sifat-sifat kedua komponen antrian terutama ditentukan oleh dua parameter berikut:

panjang (kapasitas) antrian l dan waktu pemrosesan t . Selain kedua faktor l dan t , arus kendaraan yang menjadi indikator kemacetan lalu lintas ditentukan pula oleh jumlah jalur m sebelum gerbang tol, jumlah gerbang tol g dan jumlah jalur n sesudah gerbang tol [Lie97]. Dalam gambar 1 ditampilkan sebuah sistem antrian di gerbang tol yang terdiri dari jalur $m = 1$, $n = 1$ dan $g = 3$.

Algoritma dan Simulasi

Struktur data simulasi dapat diturunkan dari model yang telah disepakati di atas (gambar 1). Dengan menentukan parameter-parameter l , t , m , n , dan g kita dapat membuat model suatu sistem antrian di gerbang tol.



Gambar 2: Alur diagram untuk antrian di depan gerbang tol

Setelah struktur data ditentukan kita masih perlu membuat alur diagram untuk menggambarkan perilaku sistem antrian. Sebuah contoh alur diagram sederhana ditampilkan dalam gambar 2. Untuk menggambarkan peralihan dari antrian sebelum dan di dalam gerbang tol masih diperlukan sebuah strategi efisien dalam memilih gerbang tol dengan jumlah antrian terpendek. Dalam sistem pemrograman berorientasi object hal ini dapat diimplementasikan dengan membuat sebuah object konektor yang sesuai.

Untuk menyusun algoritma yang dapat menggambarkan kondisi di jalan tol, sistem antrian di atas perlu dibagi-bagi menjadi komponen dasar yang lebih kecil, seperti yang diuraikan di bawah ini.

Queing A (antrian di depan gerbang tol):

Kondisi jalan di tol terdiri dari beberapa jalur. Situasi ini disederhanakan dan disimbolkan dengan satu jalur antrian.

Process B (komponen pemroses di depan gerbang tol):

Dalam fase ini pengemudi mulai menentukan pilihannya untuk masuk ke salah satu gerbang tol yang tersedia.

Queing C (antrian di dalam gerbang tol):

Antrian kendaraan di depan masing-masing gerbang masuk tol.

Process D (komponen pemroses di dalam gerbang tol):

Pengambilan tiket atau pembayaran ongkos tol.

Queing E (antrian di belakang gerbang tol):

Kondisi normal di jalan tol yang terdiri dari beberapa jalur.

Setelah pembagian ke dalam komponen yang lebih kecil, proses yang terjadi di setiap komponen tersebut masih perlu dirinci lagi. Misalnya saja, untuk antiran A (queing A) di depan gerbang tol, proses kerja yang harus dilakukan oleh simulator adalah sebagai berikut.

Queing A:

1. Jika antrian tidak kosong, maka kendaraan menempati status “antri/tunggu”
2. Jika antrian kosong, maka kendaraan “masuk Process B”

A.1. “Antri/tunggu”:

1. Jika antrian tidak kosong, maka kendaraan harus menunggu di belakang kendaraan lain yang sebelumnya juga sedang menunggu. Lakukan “action A”
2. Jika antrian kosong, maka tunggu/diam di antrian paling depan. Lakukan “action A”

“Action A”:

- Tentukan posisi kendaraan di dalam antrian
- Gambar 1 kotak di posisi tersebut
- Warnai kotak dengan merah

A.2. “Masuk Process B”

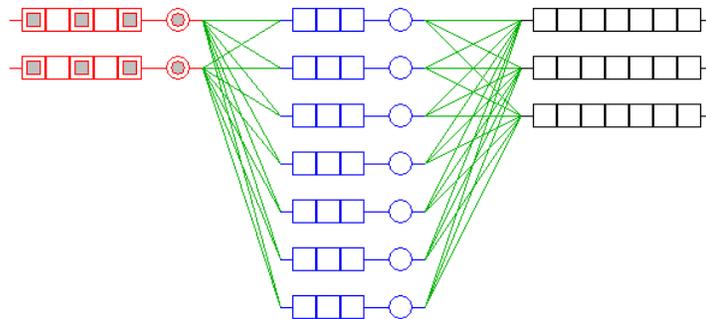
1. Jika process tidak kosong, maka kembali ke “antri/tunggu”
2. Jika process sedang kosong, maka “diam sejenak”. Lakukan “Process B”

Begitu seterusnya, hingga akhirnya semua entity model berhasil dirinci menjadi proses-proses yang cukup sederhana untuk diterjemahkan ke dalam kode program/software.

Pada dasarnya, dengan menyediakan struktur data dan algoritma yang pas kita telah dapat membuat simulasi antrian kendaraan di gerbang tol. Namun untuk lebih memudahkan pengoperasiannya kita masih harus merancang 'user interface' program simulasi ini [Kra98]. Dalam makalah ini topik ini tidak akan dibahas lebih jauh lagi karena sudah berada di luar konteks pembicaraan.

Diskusi

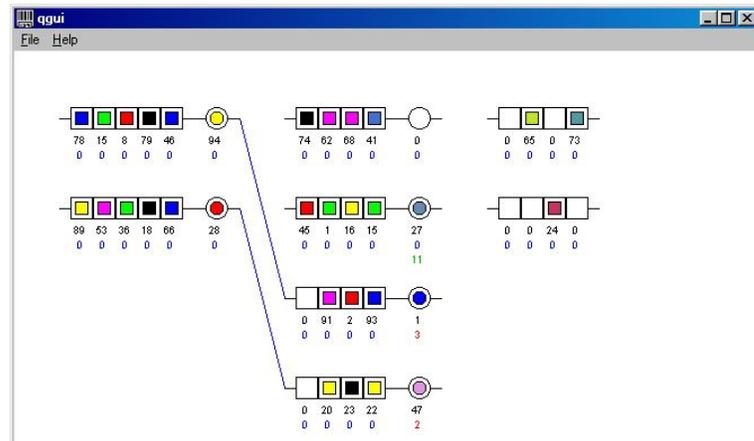
Pemodelan antrian yang terdiri dari beberapa komponen dihubungkan satu sama dengan garis-garis konektor, seperti ditampilkan dalam gambar 3. Semua garis konektor yang mungkin menghubungkan komponen di depan (before), di dalam (within) dan di belakang (after) gerbang tol ditampilkan dengan garis warna hijau.



Gambar 3: Garis-garis konektor yang menghubungkan setiap komponen antrian di *depan*, di *dalam* dan di *belakang* pintu gerbang tol

Sebuah simulasi sistem antrian 2,4,2 (terdiri dari antrian 2 jalur di depan gerbang tol, 4 gerbang tol aktif dan antrian 2 jalur di belakang gerbang tol) ditampilkan dalam gambar 4. Kedua garis biru adalah dua konektor yang menggambarkan peralihan arus kendaraan dari antrian di depan gerbang tol ke dalam antrian di gerbang tol. Angka-angka hitam di bawah setiap

kotak/lingkaran menunjukkan identitas setiap kendaraan, sedangkan angka biru menunjukkan waktu tunggu setiap kendaraan di dalam antrian.



Gambar 4: Simulasi sistem antrian gerbang tol 2,4,2

Dalam simulasi sederhana ini hanya arus kendaraan yang menjadi fokus pembicaraan. Arus kendaraan terutama ditentukan oleh waktu pemrosesan di gerbang tol dan rasio jumlah jalur di depan gerbang tol dan jumlah gerbang yang aktif. Hasil simulasi menunjukkan bahwa panjang antrian yang kita inginkan sangat ditentukan oleh arus kendaraan yang telah didefinisikan sebelumnya (parameter t , m dan g).

Kesimpulan

Telah ditunjukkan dalam diskusi di atas bahwa pemodelan kondisi antrian di gerbang tol telah berhasil diimplementasikan ke dalam software yang sederhana. Atas dasar prinsip yang mudah dipahami, dengan membuat struktur data dan alur diagram yang sesuai, software ini cukup fleksibel untuk diaplikasikan pada berbagai kondisi antrian lainnya, seperti antrian yang biasa ditemui di bank ataupun di depan kasir-kasir supermarket. Dari diskusi di atas dapat disimpulkan bahwa panjang antrian yang diinginkan

dapat diatur dengan melakukan kontrol terhadap arus kendaraan masuk dan keluar.

Daftar Pustaka

[Dai92] J. N. Daigle, *Queueing Theory for Telecommunications*, Addison-Wesley, Reading, 1992

[Dwi02] D. Handoko, Desain Simulator Kendaraan, Proc. KOMMIT 2002, pp. B-16 – B20, 2002

[Kra98] U. Kramer and M. Neulau, *Simulationstechnik*, Hanser, Muenchen, 1998

[Lie97] E. Lieberman and A. K. Rathi, "Traffic Simulation", *Traffic Flow Theory*, Oak Ridge National Laboratory, 1997

[Rus03] A. Rusdiutomo, D. Handoko, Disain Simulator Trafik Kendaraan, *Pros. Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2003*, Jakarta, 2003

[Wal91] B. Walke, *Datenfernverarbeitung II: Verkehrstheoretische Modell von Echtzeitsystemen und Rechnernetzen*, RWTH, Aachen, 1991