

Analisa Efisiensi Gardu Tol Pada Saat *Peak Hours* Di Gerbang Tol Serang Timur

Alam Kurnia M¹, Faula Arina², Ratna Ekawati³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

alamkurniam@gmail.com¹, faula.arina@yahoo.com², ratna_ti@ft-untirta.ac.id³

ABSTRAK

Efisiensi adalah perbandingan yang terbaik antara input (masukan) dan output (hasil antara keutungan dengan sumber-sumber yang dipergunakan), seperti halnya juga hasil optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber yang terbatas SP. Hasibuan (2007). Pengoperasian jumlah gardu yang berlebihan akan terjadi ketidakefisienan dimana waktu menganggur petugas gardu menjadi lebih besar dan pengeluaran perusahaan juga menjadi lebih besar yang mengakibatkan kerugian perusahaan dalam pengeluaran keuangan salah satunya yang terjadi pada gerbang tol Serang Timur. Oleh karena itu diperlukan fasilitas pelayanan yang optimal agar pelayanan tidak tertunda dan tidak menimbulkan pengeluaran biaya yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi gardu dilihat dari minimnya tingkat antrian pada saat peak hour, selain itu mengetahui berapa banyak jumlah gardu yang seharusnya digunakan pada tiap jamnya, dan menghitung lama waktu kendaraan berada didalam sistem setelah dilakukan perbaikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi yang diolah menggunakan software Promodel. Dengan melihat persentase hambatan akan diketahui panjang antrian yang terjadi pada saat itu. Dari hasil penelitian menunjukan bahwa pada pukul 14.00 – 15.00 jumlah pengoperasian gardu yang optimal adalah 3 gardu, pada pukul 15.00 – 19.00 jumlah pengoperasian gardu yang optimal adalah 4 gardu dan pukul 19.00 – 21.00 jumlah pengoperasian gardu yang optimal adalah 2 gardu dan hasil simulasi model pada kondisi eksisting menunjukkan waktu rata-rata kendaraan berada di dalam sistem pelayanan adalah selama 1377,40 detik = 22,96 menit dan usulan perbaikan menunjukkan waktu rata-rata kendaraan berada di dalam sistem pelayanan adalah selama 131,4 detik = 2,19 menit.

Kata Kunci : *Persentase Hambatan, Simulasi, Teori Antrian, Utilitas.*

PENDAHULUAN

Pembangunan di Provinsi Banten pada saat ini membutuhkan sarana dan prasarana transportasi yang baik, lancar dan efisien. Karena keberhasilan pembangunan akan meningkatkan taraf kehidupan ekonomi, juga pergerakan manusia dari suatu tempat ke tempat lain terus meningkat dengan berbagai macam kehidupan. Pada sektor transportasi, khususnya transportasi darat melalui jalan bebas hambatan berperan besar dalam menentukan laju perekonomian dan tingkat kemakmuran masyarakat. Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (PP No.15 Tahun 2005 Bab 1 Pasal 1). Tujuan dari jalan tol adalah untuk meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya (PP No.15 Tahun 2005 Bab 2 Pasal 2). Oleh sebab itu untuk mewujudkan arus bebas hambatan yang sempurna, jalan tol harus memiliki tingkat pelayanan minimal yang mencakup kondisi jalan tol, kecepatan

tempuh rata-rata, aksesibilitas, mobilitas dan keselamatan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kelancaran lalu lintas yang menimbulkan antrian di gerbang tol antara lain adalah kondisi jalan itu sendiri dan jalan yang rusak atau terlalu sempit dapat menimbulkan kemacetan lalu lintas. Selain itu kapasitas jalan tol yang tidak dapat menampung jumlah kendaraan yang datang dan jumlah gardu yang tidak mencukupi dapat menghambat kelancaran lalu lintas. Dalam hal ini tentunya terjadinya antrian tersebut dipengaruhi oleh waktu antar kendaraan yang cepat, waktu pelayanan yang lama dan jumlah gardu yang terbatas. Selain itu pada waktu tertentu dimana terjadi jam sibuk (*peak hour*), para pengguna jalan tol harus melakukan antrian yang dibarengi dengan gerakan percepatan, perlambatan dan berhenti berkali-kali. Menurut ketentuan PT. Marga Mandalasakti (MMS), kondisi *peak hour* terjadi jika lalin kendaraan yang datang berada pada puncak arus kendaraan. Dengan demikian terbatasnya gardu tol sangat mempengaruhi kelancaran arus kendaraan yang lewat. Keberadaan gerbang tol Serang Timur yang melalui kota Serang berpengaruh terhadap berbagai

kegiatan di wilayah tersebut. Jalan tol ini berfungsi sebagai jalan antar kota, yaitu sebagai alternatif utama dalam pencapaian jarak dengan waktu yang lebih singkat. Volume kendaraan yang hendak masuk dan keluar jalan tol mempunyai sifat fluktuatif, sehingga banyaknya gardu tol yang beroperasi disesuaikan berdasarkan volume kendaraan yang masuk dan keluar menuju gerbang tol tersebut.

Pertambahan volume kendaraan tiap tahun bisa jadi salah satu penyebab kemacetan terjadi sehingga dapat menghambat proses transaksi jalan tol. Selain itu waktu pelayanan selama 8 detik/kendaraan, masih belum bisa mengatasi antrian panjang digerbang. Hal ini membuat kenyamanan dan kepuasan pengguna jalan tol terganggu yang akhirnya akan menurunkan citra PT. Marga Mandalasakti (MMS) tersebut khususnya pada cabang Gerbang tol Serang Timur. Di lain pihak penambahan jumlah gardu memerlukan biaya dan mungkin hanya akan menyebabkan inefisiensi, yaitu setelah server ditambah ternyata banyak server yang menganggur karena tidak ada pelanggan dalam antrian. Selain itu pengoperasian jumlah gardu yang berlebihan akan terjadi ketidakefisienan dimana waktu menganggur petugas gardu menjadi lebih besar dan pengeluaran perusahaan juga menjadi lebih besar yang mengakibatkan kerugian perusahaan dalam pengeluaran keuangan. Oleh karena itu diperlukan fasilitas pelayanan yang optimal agar pelayanan tidak tertunda dan tidak menimbulkan pengeluaran biaya yang berlebihan.

METODE PENELITIAN

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan studi pendahuluan untuk mendapatkan data sekunder perusahaan melalui observasi lapangan lalu memahami permasalahan yang terjadi untuk selanjutnya dilakukan studi literatur guna menentukan model yang sesuai untuk permasalahan yang terdapat di PT. Marga Mandalasakti. Setelah permasalahan dipahami selanjutnya menentukan tujuan dari penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan mengumpulkan informasi perusahaan yang terkait dengan kebutuhan data penelitian seperti waktu pelayanan transaksi gardu, Standar Pelayanan Minimum (SPM), volume lalu lintas kendaraan, waktu antar kedatangan kendaraan yang hendak keluar dari pintu tol Serang Timur untuk periode harian, mingguan, bulanan dan tahunan, gambaran umum tentang lokasi penelitian dan data umum perusahaan. Langkah selanjutnya yaitu pengolahan data di mana terdapat beberapa tahapan. Tahapan pertama yaitu melakukan pengujian statistic terhadap data wakt pelayanan, selanjutnya menentukan bentuk distribusi dari waktu pelayanan agar data yang digunakan bisa dimodelkan sesuai dengan kondisi nyata. Setelah melakukan serangkaian uji statistik, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan model simulasi

antrian dengan membuat model konseptual terlebih dahulu. Model konseptual yang menggambarkan sistem antrian pada pelayanan gerbang tol Serang Timur. Langkah selanjutnya adalah merancang usulan dari hasil simulasi antrian, sehingga didapat perbaikan terhadap sistem nyata yang pada akhirnya bisa membuat antrian digerbang tol Serang Timur berkurang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pertama yaitu mengumpulkan data yang terkait dengan kebutuhan dalam penelitian seperti data waktu pelayanan, data volume kendaraan dan data waktu antar kedatangan. Fluktuasi arus lalu lintas kedatangan dalam jangka pendek dapat menjadi sangat penting untuk mengetahui kondisi operasional lalu lintas dengan rentang waktu pengamatan 15 menitan maka dapat diketahui volume jam puncak pada rentang waktu yang sangat spesifik seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan

Interval waktu	Jumlah kendaraan	Interval waktu	Jumlah kendaraan
14.00 - 14.15	167	17.30 - 17.45	223
14.15 - 14.30	177	17.45 - 18.00	229
14.30 - 14.45	197	18.00 - 18.15	210
14.45 - 15.00	175	18.15 - 18.30	221
15.00 - 15.15	187	18.30 - 18.45	208
15.15 - 15.30	175	18.45 - 19.00	195
15.30 - 15.45	187	19.00 - 19.15	86
15.45 - 16.00	218	19.15 - 19.30	72
16.00 - 16.15	197	19.30 - 19.45	75
16.15 - 16.30	235	19.45 - 20.00	74
16.30 - 16.45	233	20.00 - 20.15	66
16.45 - 17.00	234	20.15 - 20.30	67
17.00 - 17.15	221	20.30 - 20.45	63
17.15 - 17.30	220	20.45 - 21.00	60

Dari hasil pengamatan didapat bahwa keadaan saat dimulainya kondisi lalu lintas padat dimulai dari pukul 14.00 WIB sampai dengan pukul 19.00 WIB, data tersebut nantinya akan digunakan untuk simulasi menggunakan *software Promodel*.

Pada tahap selanjutnya dilakukan pengujian distribusi menggunakan *software promodel* dengan aplikasi *stat:fit* yang bertujuan untuk memutuskan bentuk distribusi dari data yang akan diteliti secara otomatis dengan *auto fit*. Dimana data yang diujikan adalah waktu pelayanan.

distribution	rank	acceptance
Lognormal(7.72, 1.37, 0.24)	100	do not reject
Triangular(9.82, 14.2, 11.3)	83.4	do not reject
Normal(11.8, 0.97)	15.7	do not reject
Uniform(10.1, 13.9)	0.371	reject
Exponential(10.1, 1.72)	5.82e-004	reject

Gambar 1 Uji Distribusi Pada Waktu Pelayanan

Dari hasil *statfit* pada gambar 1 yang diperoleh, terlihat bahwa nilai *rank* yang paling tinggi adalah distribusi Lognormal dengan persentase 100% dan penerimaannya “do not reject”.

Karena distribusi yang terpilih adalah distribusi Lognormal, maka parameter yang digunakan yaitu *mean* dan *standar deviasi* yang dapat dilihat dari hasil *statistik deskriptif* yaitu *mean* = 11,77 dan *standar deviasi* = 0,977.

Selanjutnya di uji dengan uji *goodness of fit* dengan tujuan membandingkan histogram data sampel dengan kepadatan distribusinya apakah benar data waktu pelayanan tersebut memiliki bentuk distribusi Lognormal.

Kriteria pengujian sebagai berikut:

H_0 : Data waktu pelayanan kendaraan memiliki bentuk distribusi Lognormal.

H_1 : Data waktu pelayanan kendaraan tidak memiliki bentuk distribusi Lognormal.

Table 2 Perhitungan Uji Chi-Square

Batas Kelas	$Z = \frac{Xi - \bar{X}}{s}$	F(Z)	Probabilitas Kejadian (Pi)	Frekuensi Observasi (Oi)	Ekspektasi Frekuensi (Ei=N*Pi)	$\chi^2 = \sum \frac{(Oi - Ei)^2}{Ei}$
10.598	-1.20	0.1151	0.115	7	8.172	0.168
11.143	-0.65	0.2578	0.143	12	10.132	0.345
11.687	-0.09	0.4641	0.206	19	14.647	1.293
12.232	0.47	0.6808	0.217	14	15.386	0.125
12.776	1.02	0.8461	0.165	5	11.736	3.866
13.321	1.58	0.9429	0.097	8	6.873	0.185
13.865	2.14	0.9838	0.041	6	2.904	3.301
Total			1	63		χ^2 hitung = 9,283

Dari hasil tabel 2, nilai χ^2 hitung = 9,283 < χ^2 tabel = 12,592 dengan demikian hipotesis H_0 diterima yang berarti bahwa data waktu pelayanan kendaraan berdistribusi Lognormal.

Lokasi area kerja pada pelayanan di gerbang tol Serang Timur merupakan tempat dimana terjadinya aktivitas proses pelayanan, mulai dari kendaraan yang datang akan keluar tol melewati gerbang Serang Timur hingga kendaraan meninggalkan gerbang setelah selesai proses transaksi. Menurut ketentuan PT MMS, bahwa terdapat batas – batas jalan yang disebut *ring*. Ring 1 berjarak 100 m dari gardu, ring 2 berjarak 200 m dari gardu dan ring 3 berjarak 300 m dari gardu. Jika kendaraan berada pada ring 1 kondisi lalu lintas lancar, jika kendaraan yang berada di ring 2, menunjukkan kondisi lalu lintas yang padat dan jika kendaraan yang berada di ring 3, menunjukkan kondisi lalu lintas macet. Berikut adalah data lokasi tersebut yang akan digunakan sebagai pendukung pembuatan simulasi dengan perangkat lunak (*software*) *Promodel*.

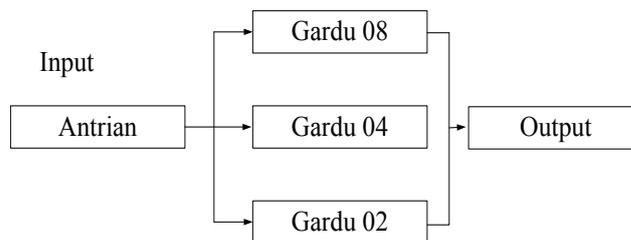
Model simulasi eksisting merupakan model dari sistem antrian gerbang tol Serang Timur yang menyerupai sistem nyata. Kondisi saat eksisting pada sistem nyata adalah mengoperasikan 3 gardu *exit*. Pada perancangan simulasi antrian menggunakan *Pro Model 2001*, model yang dibuat mengikuti kondisi sistem nyata pada gerbang tol Serang Timur saat ini, yaitu mengoperasikan 3 gardu. Selanjutnya dibuat lokasi – lokasi antrian gardu dan baris antrian kendaraan,

dimana fungsi dari lokasi tersebut adalah menganalisa panjang antrian kendaraan yang dilihat dari *ouput* yaitu % *blocked* pada *Promodel*. Disiplin pelayanan pada gerbang tol Serang Timur mengikuti aturan dimana yang datang terlebih dahulu adalah yang dilayani dahulu atau *First in First out* (FIFO). Bentuk sistem antriannya memiliki bentuk *Multi Channel Single Phase* atau terdapat satu jalur sistem antrian dengan gardu yang lebih dari satu. Simulasi yang dibuat hanya pada shift 2 karena pada jam-jam tersebut terjadi lalu lintas yang padat dan menghasilkan jam – jam puncak (*peak hours*). Berikut adalah data lokasi tersebut yang akan digunakan sebagai pendukung pembuatan simulasi dengan perangkat lunak (*software*) *Promodel*.

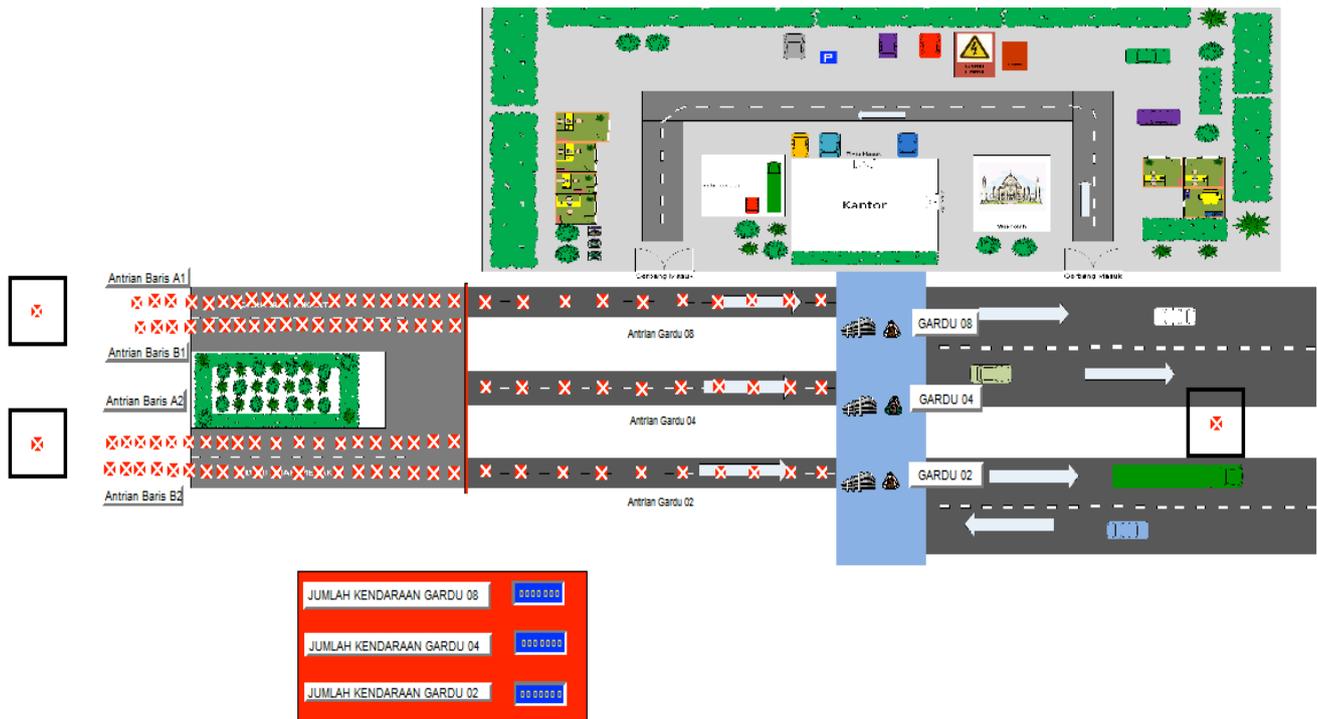
Tabel 3 Lokasi Area Kerja Gerbang Tol

Lokasi	Atribut	Variabel
Batas antrian luar jalur dari arah Jakarta	Kapasitas	20 Kendaraan
	Jumlah	2 Area
Batas antrian luar jalur dari arah Merak	Kapasitas	20 Kendaraan
	Jumlah	2 Area
Jalur masuk ke gardu 08	Kapasitas	10 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Jalur masuk ke gardu 04	Kapasitas	10 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Jalur masuk ke gardu 02	Kapasitas	10 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Jalur masuk ke gardu 06	Kapasitas	10 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Gardu 08	Kapasitas	1 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Gardu 04	Kapasitas	1 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Gardu 02	Kapasitas	1 Kendaraan
	Jumlah	1 Area
Gardu 06	Kapasitas	1 Kendaraan
	Jumlah	1 Area

Setelah data yang diperlukan untuk membuat model simulasi diolah serta diuji validitasnya, kemudian data-data tersebut digunakan pada model simulasi. Untuk mempermudah dalam pembuatan model simulasi, pertama-tama dibuat model konseptual yang menggambarkan sistem antrian pada pelayanan gerbang tol Serang Timur. Model simulasi yang akan dibuat adalah sistem antrian pada pelayanan gerbang tol Serang Timur, mulai dari kendaraan datang untuk keluar tol menuju gerbang tol Serang Timur kemudian kendaraan tersebut dilayani hingga kendaraan meninggalkan gardu setelah selesai dilayani. Berikut ini adalah model konseptual pada pelayanan gardu tol Serang Timur PT. Marga Mandalasakti:



Gambar 2 Model Simulasi Konseptual



Gambar 3 Lay Out Model Simulasi Eksisting

Replikasi digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata *output* dari model simulasi antrian. Replikasi pada simulasi antrian gerbang tol Serang Timur diuji sebanyak 10 kali. Fungsinya memberikan suatu dugaan dari *error* percobaan, meningkatkan ketelitian suatu percobaan melalui pengurangan simpangan baku dari nilai tengah perlakuan, memperluas cakupan penarikan kesimpulan dari suatu percobaan, dan mengendalikan *error varian*. Berikut ini merupakan hasil (*output*) yang didapatkan pada pelayanan gerbang tol Serang Timur dengan menggunakan aplikasi simulasi dari *software Pro Model* dengan replikasi sebanyak sepuluh kali.

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{(10-1), 0.05/2} = 2,262$$

$$s = 0,91$$

$$n = 10$$

$$e = \left[\frac{(t_{n-1, \alpha/2})s}{\sqrt{n}} \right] = \frac{2,262 \times 0,91}{\sqrt{10}} = \frac{2,05842}{3,162} = 0,651$$

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2 = \left[\frac{(Z_{0,05/2})s}{e} \right]^2 = \left[\frac{1,96 \times 0,91}{0,651} \right]^2 = 7,5 \approx 8$$

Jadi jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah 8, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan replikasi 10 kali telah mencukupi replikasi minimal yang diperlukan.

Berdasarkan hasil perhitungan replikasi diatas diketahui $n' < n$, maka dapat disimpulkan bahwa data telah mencukupi.

Setelah dilakukan uji replikasi selanjutnya uji verifikasi. Verifikasi dilakukan untuk menentukan apakah model simulasi konseptual sudah dapat diubah kedalam program simulasi computer dengan benar. Hal ini dapat

dilakukan melalui pengamatan visual maupun melalui proses *debug*. Pemrograman model simulasi dengan menggunakan *Pro Model* dapat diverifikasi dengan memanfaatkan menu *trace* yang dapat ditampilkan pada saat simulasi sedang dijalankan. Fasilitas *trace* ini dapat digunakan oleh pemrograman untuk mengetahui proses – proses yang sedang terjadi dalam model yang telah dibuat sehingga dapat diketahui apakah proses operasi yang ada pada model simulasi telah sesuai dengan aliran proses yang terjadi pada system nyata yang sedang disimulasikan. Contoh hasil *output trace* dari simulasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

```

TR/
00:06:11.947 baris_antrian_A2_19 is selected for routing.
00:06:11.947 The main entity is routed out as KENDARAAN.
00:06:11.947 Output is named as KENDARAAN.
00:06:11.947 Start move to baris_antrian_A2_19.
00:06:11.947 For KENDARAAN at baris_antrian_A2_20:
00:06:11.947 Process completed.
00:06:11.947 Release the captured capacity.
00:06:12.389 KENDARAAN arrives at baris_antrian_A1_13.
00:06:12.389 For KENDARAAN at baris_antrian_A1_13:
00:06:12.389 KENDARAAN enters baris_antrian_A1_13.
00:06:12.389 Select route from route block #1; output quantity is 1.
00:06:12.389 For KENDARAAN at baris_antrian_A1_13:
00:06:12.389 baris_antrian_A1_12 is selected for routing.
00:06:12.389 The main entity is routed out as KENDARAAN.
00:06:12.389 Output is named as KENDARAAN.
00:06:12.389 Start move to baris_antrian_A1_12.
00:06:12.389 For KENDARAAN at baris_antrian_A1_13:
00:06:12.389 Process completed.
00:06:12.389 Release the captured capacity.
00:06:12.497 KENDARAAN arrives at baris_antrian_B1_20.
00:06:12.497 For KENDARAAN at baris_antrian_B1_20:
00:06:12.497 KENDARAAN enters baris_antrian_B1_20.
00:06:12.497 Select route from route block #1; output quantity is 1.
00:06:12.497 For KENDARAAN at baris_antrian_B1_20:
00:06:12.497 baris_antrian_B1_19 is selected for routing.
00:06:12.497 The main entity is routed out as KENDARAAN.
00:06:12.497 Output is named as KENDARAAN.
00:06:12.497 Start move to baris_antrian_B1_19.
00:06:12.497 For KENDARAAN at baris_antrian_B1_20:
00:06:12.497 Process completed.
00:06:12.497 Release the captured capacity.
00:06:12.508 For KENDARAAN at gardu_08:
00:06:12.508 Select route from route block #1; output quantity is 1.

```

Gambar 4 Hasil Trace Model Simulasi Eksisting

Setelah data hasil simulasi awal diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menggunakan data tersebut untuk menilai validitas model simulasi yang telah dibuat. Sebuah model simulasi dikatakan valid secara kuantitas apabila model tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem nyata pada setiap ukuran kinerja sistem. Secara kualitatif, model dikatakan valid apabila memiliki alur logika yang sesuai dengan sistem nyata yang diamati. Karena ukuran validitas secara kualitatif memiliki sifat yang obyektif, maka dalam penelitian ini akan lebih menitik beratkan pada validasi secara kuantitatif.

Tujuan dilakukan uji validasi adalah untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat sudah mewakili sistem nyata yang ada. Data yang digunakan dalam uji validasi model yaitu data yang telah melalui uji replikasi dan dibandingkan dengan data hasil pengamatan pada sistem nyata yang ada. Untuk melakukan uji validasi didapatkan dengan cara perbandingan *ouput* kendaraan terlayani pada simulasi dan jumlah kendaraan pada kondisi nyata. Uji validasi menggunakan *Independent Sample T-Test* pada *SPSS 16.0* karena pengujian *Independent Sample T-Test* ingin mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata (*mean*) antara dua populasi, dengan melihat rata-rata dua sampelnya.

		Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-Test for Equality of Means							95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper		
Jumlah_Kendaraan	Equal variances assumed	.560	.454	.947	18	.356	34000	35909	-.41443	1.09443		
	Equal variances not assumed			.947	16.680	.357	34000	35909	-.41873	1.08973		

Gambar 5 Output Uji Validitas Lama Kendaraan Menunggu Menggunakan Independent Sample T-Test

Hipotesis:

$H_0 ; \mu_1 = \mu_2$: Rata-rata lama kendaraan menunggu didalam sistem nyata = rata-rata *ouput* lama kendaraan menunggu didalam model simulasi.

$H_1 ; \mu_1 \neq \mu_2$: Rata-rata lama kendaraan menunggu didalam sistem nyata \neq rata-rata *ouput* lama kendaraan menunggu didalam model simulasi.

Pengambilan keputusan:

Berdasarkan perbandingan t Hitung dengan t Tabel:

- 1) Jika statistik hitung (angka t *ouput*) > statistik tabel (tabel t) maka H_0 ditolak.
- 2) Jika statistik hitung (angka t *ouput*) < statistik tabel (tabel t) maka H_0 diterima.

Kesimpulan:

Dari tabel t, didapat t_(0,025 ; 9) adalah 2,262. Dari hasil yang diperoleh t hitung terletak pada daerah H_0 diterima, maka bisa disimpulkan bahwa rata-rata waktu lama kendaraan valid, antara simulasi antrian dengan kondisi nyatanya. Ini terlihat bahwa nilai t *ouput* adalah 0,947 dan nilai t tabel 2,262. Oleh karena 0,947 < 2,262, maka H_0 diterima; atau simulasi dengan sistem nyata dinyatakan valid.

Setelah melalui uji validitas maka dapat dikatakan bahwa model simulasi awal memiliki kesamaan dengan sistem nyata. Sehingga dengan kata lain model simulasi awal yang telah dibangun dapat mewakili sistem nyata pada gerbang tol Serang Timur. Dari model simulasi awal diperoleh informasi sebagai berikut:

Tabel 4 Output Simulasi Antrian Eksisting

Interval Waktu	Total Kendaraan	Jumlah Kendaraan Terlayani	Jumlah Kendaraan Belum Terlayani	Jumlah Gardu	Utilitas Gardu 08 (%)	Utilitas Gardu 04 (%)	Utilitas Gardu 02 (%)
14.00-15.00	716	683	33	3	74.35	75.28	73.3
15.00-16.00	767	698	69	3	74.83	78.92	73.47
16.00-17.00	899	723	176	3	75.88	78.93	78.85
17.00-18.00	893	725	168	3	77.32	78.73	78.77
18.00-19.00	834	725	109	3	78.09	78.09	78.09
19.00- 20.00	307	299	8	3	26.65	26.65	26.65
20.00-21.00	256	247	9	3	22.43	22.43	22.43

Dari hasil simulasi antrian eksisting didapat bahwa pada saat pukul 16.00 terjadi peningkatan kendaraan jika dilihat dari hasil *ouput* pada tabel 3. Terdapat 176 kendaraan yang belum terlayani dan menunjukkan bahwa akan terjadi antrian jika dilihat dari % *blocked* pada tiap lokasi antrian pada simulasi. Berikut adalah persentase hambatan (% *blocked*) yang menunjukkan bahwa, jika lokasi antrian tersebut mempunyai nilai % *blocked*, maka lokasi tersebut terhambat oleh adanya kendaraan yang berhenti.

Dari hasil *ouput* simulasi pada tabel 3 menunjukkan bahwa pada tiap jam pada lokasi yang berbeda menunjukkan persentase hambatan (% *blocked*). Berdasarkan hasil tersebut ada beberapa hal yang dapat diamati dari simulasi antrian ini, antara lain:

1. Berdasarkan tabel 3 pada pukul 14.00 – 15.00 yang mempunyai nilai persentase terkecil berada pada baris antrian B1 3, baris antrian B2 2, baris antrian A1 2 dan baris antrian A2 3. Menurut ketentuan PT MMS bahwa kendaraan yang berada pada ring 3 kondisi lalu lintas digerbang tersebut macet dan untuk mengurangi antrian maka pengawas gardu harus membuka gardu tambahan.
2. Pukul 15.00 – 18.00 yang mempunyai nilai persentase terkecil berada pada baris antrian B1 20, baris antrian B2 20, baris antrian A1 20 dan baris antrian A2 20. Menurut ketentuan PT MMS bahwa kendaraan yang berada pada ring 3 kondisi lalu lintas digerbang tersebut macet dan untuk mengurangi antrian maka pengawas gardu harus membuka gardu tambahan.
3. Pukul 19.00 – 21.00 menunjukkan bahwa lokasi terakhir yang mempunyai nilai persentase terkecil berada pada antrian gardu 8 4, antrian gardu 4 4 dan antrian gardu 2 3. Dilihat dari tabel 3 nilai utilitas menunjukkan penurunan dari jam sebelumnya, sehingga dapat dikatakan waktu menganggur petugas lebih besar

Setelah dilakukan analisa pada hasil *ouput* simulasi antrian eksisting didapat hasil yang kurang seimbang antara kendaraan yang datang dengan jumlah gardu

yang ada saat ini. Dari model simulasi eksisting yang telah dibangun kemudian dilakukan perubahan terhadap model awal untuk mengetahui perbandingan perbedaan sistem jika dilakukan perubahan – perubahan tertentu. Setelah analisa yang dilakukan pada model eksisting, perubahan yang dilakukan adalah dengan menambahkan atau mengurangi jumlah gardu yang dibutuhkan sesuai dengan jumlah kendaraan yang datang, hal tersebut dilakukan agar mengetahui kondisi optimal kebutuhan gardu. Dari hasil simulasi yang dilakukan didapat informasi sebagai berikut:

Tabel 5 Output Perbaikan Simulasi Antrian

Interval Waktu	Total Kendaraan	Jumlah Kendaraan Terlayani	Jumlah Kendaraan Belum Terlayani	Jumlah Gardu	Utilitas Gardu 08 (%)	Utilitas Gardu 04 (%)	Utilitas Gardu 02 (%)	Utilitas Gardu 06 (%)	Rata-Rata Utilitas Gardu (%)
14.00-15.00	716	683	33	3	74.35	75.28	73.3		74.31
15.00-16.00	767	736	31	4	62.34	62.34	62.34	62.34	62.34
16.00-17.00	899	867	32	4	68.29	70.83	73.58	71.99	71.17
17.00-18.00	893	850	43	4	70.65	71.99	67.81	68.93	69.85
18.00-19.00	834	806	28	4	70.64	63.26	67.85	64.06	66.45
19.00-20.00	307	299	8	2	40.69	57.13			48.91
20.00-21.00	256	247	9	2	41.97	38.82			40.40

Dari hasil *output* simulasi pada tabel 4 menunjukkan bahwa pada tiap jam pada lokasi yang berbeda menunjukkan persentase hambatan (% *blocked*). Berdasarkan hasil tersebut ada beberapa hal yang dapat diamati dari simulasi antrian ini, antara lain:

1. Berdasarkan tabel 4 dilihat dari persentase hambatan pada baris antrian dipukul 15.00 – 19.00 nilai persentase terkecil berada pada baris antrian B2 1. Yang berarti bahwa kendaraan berada pada ring 1, hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas digerbang tersebut lancar dengan mengoperasikan 4 gardu pada jam tersebut.
2. Pada pukul 19.00 – 21.00 nilai persentase terkecil berada pada antrian gardu 4 5. Yang berarti bahwa kendaraan berada pada ring 1, hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas digerbang tersebut lancar dengan mengoperasikan 2 gardu pada jam tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

Efisiensi gardu dapat meningkat jika, terdapat keseimbangan antara jumlah pengoperasian gardu dan tingkat kedatangan kendaraan. Karena berdasarkan data yang ada, jumlah kendaraan pada tiap jamnya berbeda sehingga jumlah gardu yang dibutuhkan pada pukul 14.00 – 15.00 adalah 3 gardu, pada pukul 15.00 – 19.00 adalah 4 gardu dan pada pukul 19.00 – 21.00 adalah 2 gardu. Sedangkan lama kendaraan berada didalam sistem adalah selama 131,4 detik = 2,19 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, 2005. *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*, Erlangga. Jakarta.
- Anaviroh. 2011. Model Antrian Satu Server Dengan Pola Kedatangan Berkelompok (*Batch Arrival*). *Tugas Akhir*, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. (Tidak Dipublikasikan)
- Dimiyati, T. T. Ahmad. 2003. *Operations Research (Model-model Pengambilan Keputusan)*. Sinar Baru Algensindo. Jakarta.
- Gaspersz, Vincent. 1992. *Analisis Sistem Terapan, Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Tarsito, Bandung.
- Harrell, C., Gosh, K.B., dan Bowden, OR. 2000. *Simulation Using Promodel, Third Edition*. Mcgraw-Hill Companies Inc : New York
- Hasibuan Malayu, S.P. 1984. *Manajemen Dasar dan Suatu Pengantar*. Jakarta: Haji Masagung.
- Hutahaean M. 2007. Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Tanjung Morawa. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil. FT Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara. (Tidak Dipublikasikan)
- Pangestu S., Marwan A., T. Hani Handoko. 1983. *Dasar-dasar Operations Research*. Edisi ke-2. BPFE. Yogyakarta.
- Purnomo, H., 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sandi. S, 1991. *Simulasi Teknik Pemrograman dan Metode Analisis*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Sinungan, Muchdarsyah, 1992, “*Produktivitas Apa dan Bagaimana*”, Bumi Akasara, Jakarta.
- Siswanto. 2007. *Operations Research, Jilid Ke-2*. Erlangga. Jakarta.
- Spiegel, R. Murray. 2009. *Probability and Statistics Third Edition*. The McGraw-Hill Companies Inc, New York.
- Sutalaksana, I.Z., Anggawisastra, R., dan Tjakraatmaja, J.H. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja Edisi Kedua*. ITB : Bandung.
- Taha, A. H., 1997. *Riset Operasi, Edisi Ke-5, Jilid Ke-2*. Binarupa Aksara. Jakarta
- Thomas. J. K. 2004. *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Trisnawati, N. 2013. Rancangan Perbaikan Pelayanan Puskesmas Kecamatan Jombang dengan Pendekatan Lean Healthcare dan Simulasi. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri. FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (Tidak Dipublikasikan)
- Walpole, R.E. 1992. *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Zuhdi, A. 2004. *Pelatihan Dasar Optimasi Proses Produksi dengan Metode Simulasi*. Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.