PENGGUNAAN METODE SIMULASI UNTUK MENENTUKAN JUMLAH OPTIMAL GARDU *ENTRANCE* DAN *EXIT* DARI GERBANG TOL KOPO DI PT. JASA MARGA (PERSERO), TBK CABANG PURBALEUNYI

Deri Willdan Nugraha

Teknik Industri
Universitas Komputer Indonesia, Bandung, Indonesia
E-mail: willdan.deri@hotmail.com

Abstrak - Objek dalam penelitian ini adalah gardu *entrance* dan *exit* di gerbang tol Kopo, yang terlihat adanya perbedaan kepadatan lalu lintas dalam setiap jamnya. Terlihat pada saat jam masuk kerja kepadatan terjadi di gardu *entrance* sedangkan pada saat jam pulang kerja kepadatan terjadi di gardu *exit*. Model simulasi merupakan salah satu altematif pendekatan untuk melihat performansi pelayanan gardu dari hasil ststistik yang diperoleh. Hal ini sangat mendukung karena perubahan keadaan (state) sistem di jalan tol bersifat probabilistik dan pemecahan dengan cara analitik akan sangat sulit. Jumlah kendaraan yang akan masuk maupun keluar tidak bisa dipastikan karena sering berubah-ubah, tetapi sifat dari perubahan tersebut bisa dimodelkan berdasarkan pengamatan data lapangan. Pada saat simulasi, jumlah kedatangan maupun tingkat pelayanan dihasilkan berdasakan bilangan acak (random) yang dibangkitkan dari model distribusi data yang paling sesuai. Adapun maksud didalam penelitian ini adalah untuk menganalisa apakah jumlah gardu tol yang ada saat ini sudah cukup didalam melayani pelanggan jalan tol atau tidak. Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang dilakukan dapat dianalisis bahwa keadaan pelayanan gardu yang ada saat ini masih masih kurang optimal yang dilihat dari utilitas pelayanan gardu, waktu antar kedatangan kendaraan, panjang antrian, waktu kendaraan dalam sistem dan waktu kendaraan beroperasi. Dapat disimpulkan bahwa jumlah gardu yang optimal pada keadaan saat ini untuk gardu *entrance* dibuka 2 gardu pada pukul 5.30 s.d. 21.30 dan dibuka 1 gardu pada pukul 21.30 s.d. 5.30. sedangkan untuk gardu *exit* dibuka 3 gardu pada pukul 6.30 s.d. 21.30 dan dibuka 2 gardu pada pukul 21.30 s.d. 6.30.

Kata kunci : gardu *entrance*, gardu *exit*, simulasi, optimal.

I. PENDAHULUAN

DALAM penelitian ini, yang menjadi objeknya adalah gardu tol *entrance* dan *exit* di gerbang tol Kopo, yang terlihat adanya perbedaan kepadatan lalu lintas dalam setiap jamnya. Terlihat pada saat jam masuk kerja kepadatan terjadi di gardu *entrance* sedangkan pada saat jam pulang kerja kepadatan terjadi di gardu *exit*.

PT Jasa Marga (Persero), Tbk sendiri memberlakukan waktu kerja pada pekerja/operator gerbang dalam 3 bagian/*shift* kerja yaitu pada pukul 5.30-13.30 untuk *shift* 1, pukul 13.30-21-30 untuk *shift* 2, dan pukul 21.30-5.30 unruk *shift* 3. Sesuai dengan aturan dari PT. Jasa Marga (Persero), Tbk. kantor pusat semua gardu tol harus dioperasikan 16 jam atau pada *shift* 1 dan *shift* 2 untuk semua gardunya sebagai optimalitas kualitas pelayanan jalan tol namun pada *shift* 3 jumlah gardu dikurangi dan disesuaikan dengan banyaknya jumlah kendaraan yang masuk dan keluar.

A. Simulasi

P. Siagian menjelaskan dalam bukunya yang berjudul Penelitian Operasional bahwa simulasi ialah suatu meteologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata. Sedangkan ide dasarnya ialah menggunakan beberapa perangkat untuk meniru sistem nyata guna mempelajari dan memahami sifat-sifat, tingkah laku (perangai) dan karakter operasinya. Oleh karena itu, simulasi terutama sekali berkenaan dengan percobaan untuk menaksir tingkah laku (perangai) dari sistem nyata untuk maksud perancangan sistem atau pengubahan tingkah laku sistem.

Perangai yang kita sebut diatas, boleh berupa fisik atau matematik yang menggambarkan sifat-sifat dari sistem nyata secara efektif untuk mana seorang manajer ingin mempelajari, menganalisis, memahami, merancang, menggambarkan sistem dimaksud.

B. Langkah-langkah Proses Simulasi

Semua simulasi yang baik memerlukan perencanaan dan organisasi yang baik. Meskipun demikian, simulasi tidak tetap untuk selamanya tetapi berubah dari waktu ke waktu. Dalam hal ini , simulasi dapat dianggap sebagai prototipe alat virtual untuk menunjukkan bukti dari konsep. Prosedur untuk melakukan simulasi yang mengikuti metode ilmiah, yaitu:

1. Merumuskan hipotesis
2. Menyiapkan eksperimen/percobaan
3. Uji hipotesis dengan menggunakan eksperimen yang telah disiapkan
4. Menarik kesimpulan dan validasi dari hipotesis

C. Optimisasi

Optimisasi adalah proses mencoba berbagai kombinasi nilai untuk variabel yang dapat dikontrol untuk mencari kombinasi nilai-nilai yang menyediakan output yang paling diinginkan dari model simulasi.

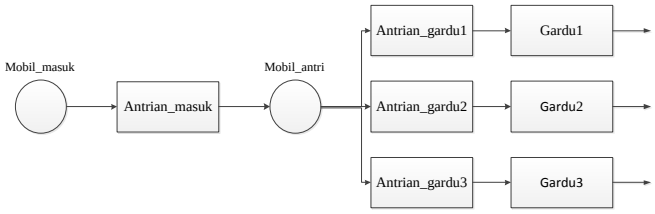
Menemukan solusi optimal bukanlah tugas yang mudah. Bahkan, itu seperti menemukan jarum di tumpukan jerami. Cara paling pasti untuk mencari solusi optimal adalah mengikuti langkah-langkah berikut ini: (Akbay 1996)

Langkah 1. Identifikasi semua variabel keputusan yang mungkin mempengaruhi output sistem.
Langkah 2. Berdasarkan nilai yang mungkin dari masing-masing variable keputusan, identifikasi semua kemungkinan solusi.
Langkah 3. Evaluasi masing-masing solusi tersebut.
Langkah 4. Bandingkan setiap solusi.
Langkah 5. Catat jawaban terbaik.

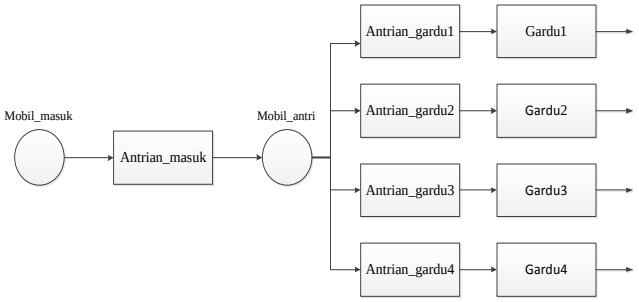
II. PENGOLAHAN

A. Aliran Entitas

Aliran entitas ini adalah langkah – langkah pergerakan suatu entitas dalam sistem dari mulai entitas datang sampai dengan selesai dilayani. Dalam antrian tol ini pergerakan entitas mobil_masuk di lokasi antrian_masuk sampai dengan entitas mobil_antri keluar dari lokasi gardu.



Gambar 1. Diagram Aliran Entitas Mobil Masuk



Gambar 2. Diagram Aliran Entitas Mobil Keluar

B. Deskripsi Operasi

Dari penjelasan pada pengumpulan data dapat dijelaskan kembali deskripsi operasi pada antrian tol ini yang disesuaikan dengan aliran entitas pada subbab sebelumnya.

Tabel 1. Deskripsi Proses Operasi Antrian Tol Masuk

Lokasi	Entitas Awal	Output Entitas	Lokasi Tujuan	Move Logic
Antrian_masuk	Mobil_masuk	Mobil_antri	Antrian_gardu1	By Turn
			Antrian_gardu2	By Turn
			Antrian_gardu3	By Turn
Antrian_gardu1	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu1	First Available
Antrian_gardu2	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu2	First Available
Antrian_gardu3	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu3	First Available
Gardu1	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available
Gardu2	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available
Gardu3	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available

Tabel 2. Deskripsi Proses Operasi Antrian Tol Keluar

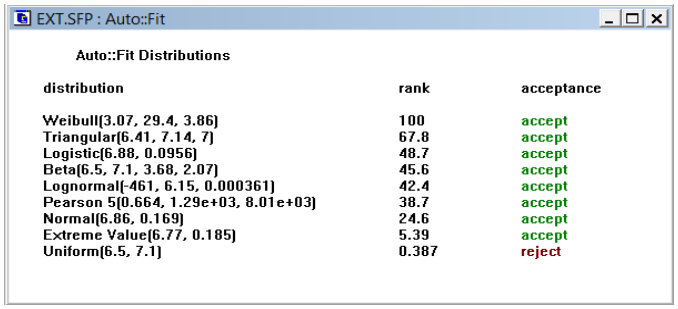
Lokasi	Entitas Awal	Output Entitas	Lokasi Tujuan	Move Logic
Antrian_masuk	Mobil_masuk	Mobil_antri	Antrian_gardu1	By Turn
			Antrian_gardu2	By Turn
			Antrian_gardu3	By Turn
			Antrian_gardu4	By Turn
Antrian_gardu1	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu1	First Available
Antrian_gardu2	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu2	First Available
Antrian_gardu3	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu3	First Available
Antrian_gardu4	Mobil_antri	Mobil_antri	Gardu4	First Available
Gardu1	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available
Gardu2	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available
Gardu3	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available
Gardu4	Mobil_antri	Mobil_antri	*Exit*	First Available

C. Distribusi Probabilitas

Hasil dari pengolahan waktu kedatangan kendaraan ini nantinya akan dijadikan sebagai data untuk dimasukan kedalam frequency dalam model yang akan dibuat. Dalam Software Promodel 7.5 rata – rata waktu kedatangan ini di masukan kedalam Arrivals dalam cell frequency. Untuk distribusi probabilitas kedatangan kendaraan keluar dari setiap jamnya, nilai distribusi tertinggi terjadi pada pukul 2.30 s.d. 3.30 yaitu bernilai E(28,26) dan terrendah terjadi pada pukul 15.30 s.d. 16.30 yang bernilai E(3,54). Untuk distribusi probabilitas kedatangan kendaraan masuk dari setiap jamnya, nilai distribusi tertinggi terjadi pada pukul 1.30 s.d. 2.30 yaitu bernilai E(30,60) dan terrendah terjadi pada pukul 6.30 s.d. 7.30 yang bernilai E(3,92).

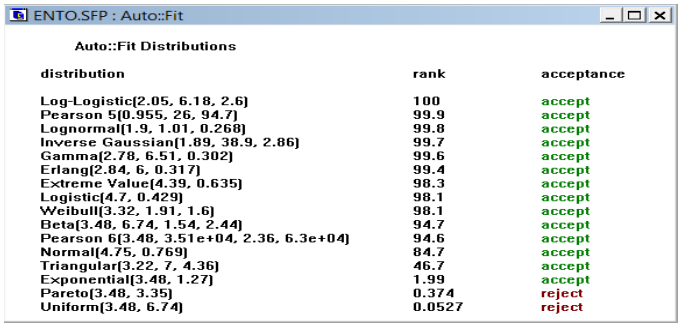
Hasil dari pengolahan waktu transaksi gardu tol ini nantinya akan dijadikan sebagai data untuk dimasukan kedalam Operation dalam model yang akan dibuat. Dalam Software Promodel 7.5 rata – rata waktu transaksi ini di masukan kedalam Processing dalam cell Operation.

Dari pengujian dengan menggunakan software Stat::Fit dapat diketahui pola distribusi pada waktu transaksi gardu tol *exit* yang dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.

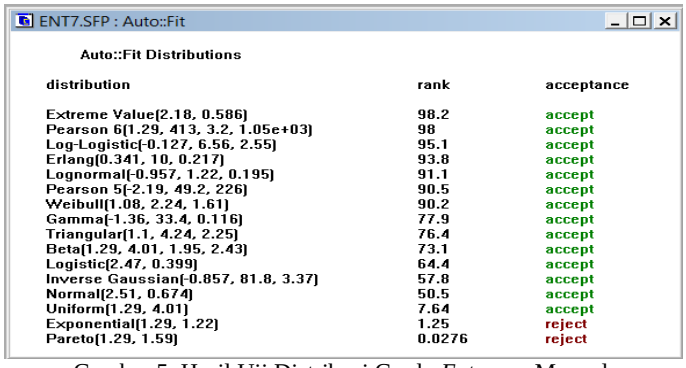


Gambar 3. Hasil Uji Distribusi Gardu *Exit*

Sedangkan untuk data hasil observasi pengukuran waktu transaksi gardu tol *entrance* yang terbagi menjadi dua jenis gardu yaitu gardu otomatis dan gardu manual menggunakan operator. Dapat dilihat hasil pengujian pola distribusi menggunakan software Stat::Fit pada gambar 4 untuk gardu otomatis dan 5 untuk gardu manual di bawah ini.



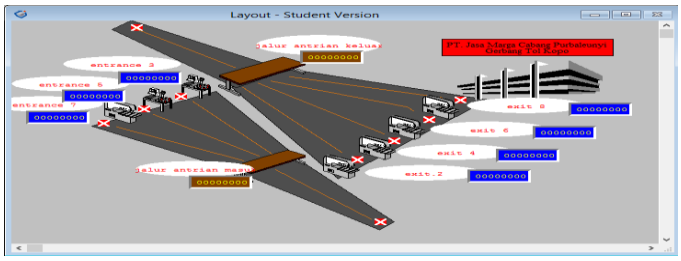
Gambar 4. Hasil Uji Distribusi Gardu *Entrance* Otomatis



Gambar 5. Hasil Uji Distribusi Gardu *Entrance* Manual

D. Perancangan Model

Dalam perancangan model ini menggunakan satuan waktu yaitu detik dan jarak dalam model ini menggunakan meter. Model yang dibuat bernama "Simulasi_Antrian_GT.Kopo".



Gambar 6. Model Simulasi

III. HASIL

A. Model Per Jam

Dari hasil menjalankan model simulasi yang dilakukan pada setiap jam dalam waktu 24 jam didapatkan data-data yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya, yang telah direkapitulasi pada tabel tabel di bawah ini

Tabel 3. Utilitas Gardu

Jam Ke-	Nama Gardu						
	entrance 3 (%)	*entrance* 5 (%)	*entrance* 7* (%)	*exit* 2 (%)	*exit* 4 (%)	*exit* 6 (%)	*exit* 8 (%)
1	38,34	34,52	15,19	18,62	18,56	18,51	18,51
2	50,04	50,48	20,91	32,29	32,26	32,22	32,13
3	44,87	51,68	20,12	38,68	38,69	38,57	38,52
4	49,48	48,58	20,64	38,74	38,69	38,69	38,66
5	48,11	50,14	20,95	41,17	41,14	41,10	41,08
6	49,88	46,85	20,17	41,31	41,22	41,22	41,11
7	48,47	44,16	19,15	39,95	39,91	39,84	39,85
8	42,53	44,95	18,09	40,27	40,27	40,25	40,16
9	47,66	47,93	20,05	44,79	44,71	44,65	44,58
10	49,33	47,10	19,96	46,05	46,01	45,99	45,92
11	43,90	43,96	18,44	46,61	46,49	46,37	46,42
12	42,47	44,88	18,11	45,27	45,25	45,29	45,16
13	37,58	39,75	15,79	41,29	41,32	41,27	41,22
14	34,24	37,28	14,54	38,00	37,92	37,93	37,95
15	33,97	33,74	13,69	36,04	35,99	35,87	35,85
16	23,13	26,29	9,99	30,46	30,39	30,36	30,33
17	18,60	19,42	7,79	32,91	32,81	32,82	0
18	11,91	14,46	5,50	23,22	24,23	21,46	0
19	8,81	10,32	4,18	16,69	15,91	16,54	0
21	7,42	6,89	2,83	10,78	9,41	8,49	0
22	5,66	7,45	2,58	8,02	7,66	8,64	0
23	8,42	9,57	3,64	10,07	9,14	9,30	0
24	15,73	15,82	5,98	12,24	12,48	11,93	0

Ket: * gardu otomatis

Tabel 4. Rata-Rata Waktu dalam Sistem Antrian Per Jam

Interval Waktu		Nama Entitas	
		mobil entrance antri (detik)	mobil exit antri
5:30	6:30	71,11	69,59
6:30	7:30	74,41	69,62
7:30	8:30	74,08	69,71
8:30	9:30	72,84	69,70
9:30	10:30	72,66	69,73
10:30	11:30	73,73	69,74
11:30	12:30	74,41	69,73
12:30	13:30	72,67	69,74
13:30	14:30	74,17	69,78
14:30	15:30	73,27	69,79
15:30	16:30	72,46	69,79
16:30	17:30	71,76	69,80
17:30	18:30	72,28	69,74
18:30	19:30	71,08	69,72
19:30	20:30	71,55	69,68
20:30	21:30	70,18	69,65
21:30	22:30	68,69	71,28
22:30	23:30	68,43	70,71
23:30	0:30	67,57	70,23
0:30	1:30	67,82	70,01
1:30	2:30	68,16	69,94
2:30	3:30	68,22	69,92
3:30	4:30	67,68	69,93
4:30	5:30	68,46	70,09

Tabel 5. Rata-Rata Waktu Entitas Operasi Per Jam

Interval Waktu		Nama Entitas	
		mobil *entrance* antri (detik)	mobil *exit* antri (detik)
5:30	6:30	69,92	69,58
6:30	7:30	72,75	69,58
7:30	8:30	72,48	69,58
8:30	9:30	71,30	69,58
9:30	10:30	71,11	69,58
10:30	11:30	72,14	69,58
11:30	12:30	72,82	69,58
12:30	13:30	71,26	69,58
13:30	14:30	72,57	69,58
14:30	15:30	71,74	69,58
15:30	16:30	70,99	69,58
16:30	17:30	70,34	69,58
17:30	18:30	70,97	69,58
18:30	19:30	69,88	69,58
19:30	20:30	70,30	69,58
20:30	21:30	69,22	69,58
21:30	22:30	68,08	69,85
22:30	23:30	68,02	69,70
23:30	0:30	67,49	69,61
0:30	1:30	67,64	69,60
1:30	2:30	67,84	69,60
2:30	3:30	67,94	69,59
3:30	4:30	67,53	69,60
4:30	5:30	68,00	69,64

Tabel 6. Entitas dalam Antrian

Interval Waktu		Nama Antrian						
		entrance 3	*entrance* 5	*entrance* 7*	*exit* 2	*exit* 4	*exit* 6	*exit* 8
5:30	6:30	8,2	7,6	3,4	2	2	2,2	2,4
6:30	7:30	14,4	12,4	4	3	2,8	2,8	2,8
7:30	8:30	14,2	9,6	4	3	3,4	3,4	3
8:30	9:30	10	10,2	4,4	3	3	3	3
9:30	10:30	10,8	12,2	4,2	3	3,2	3,2	3
10:30	11:30	12,8	11,4	4,4	3,2	3,4	3,2	3
11:30	12:30	13,2	9,6	4	3,4	3,4	3,4	3,4
12:30	13:30	8,2	11,8	3,8	3	3,4	3	3,2
13:30	14:30	11,8	12	4,2	3,6	3,4	3,6	3,4
14:30	15:30	10,4	13,4	4	3,6	3,6	3,2	3,2
15:30	16:30	10	9,6	4,4	3,6	3	3,2	3,4
16:30	17:30	6,6	11,2	4	3,6	3,6	3,4	3,2
17:30	18:30	8,4	8	3,6	3	3,2	3,2	3,2
18:30	19:30	8,8	7,8	3,6	3	3	3,2	3
19:30	20:30	6,8	9,4	3,6	3	3	3	3
20:30	21:30	4	5,8	3	2,8	2,6	2,8	2,8
21:30	22:30	3,8	2,6	2,2	5,6	5,2	4,8	0
22:30	23:30	2,2	3	2	4,4	4,8	3,4	0
23:30	0:30	2	2	2	3,6	3,8	3,2	0
0:30	1:30	1,8	1,8	1,8	3,4	2,8	3	0
1:30	2:30	1,8	1,8	1,4	3	3	2,4	0
2:30	3:30	1,8	1,8	1,6	3	2,2	2,4	0
3:30	4:30	2	2	2,2	3	2,4	2,4	0
4:30	5:30	2,4	2,4	2	4,2	3,2	2,8	0

Ket: * gardu otomatis

B. Model Harian

Dari hasil menjalankan model simulasi yang dilakukan pada 24 jam atau satu hari didapatkan data-data yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya yang dapat dilihat pada tabel tabel di bawah ini.

Tabel 7. Utilitas Gardu Harian

Nama Gardu	Utilitas (%)
entrance 3	33,44
entrance 5	31,64
entrance 7	13,59
exit 2	34,32
exit 4	30,19
exit 6	30,19
exit 8	39,11

Tabel 8. Rata-Rata Waktu dalam Sistem Harian

Nama Entitas	Rata-rata Waktu Entitas Dalam Sistem (Detik)
mobil *entrance* antri	77,88
mobil *exit* antri	69,78

Tabel 9. Rata-Rata Waktu Operasi Harian

Nama Entitas	Rata-rata Waktu Entitass Operasi (Detik)
mobil *entrance* antri	76,58
mobil *exit* antri	69,59

Tabel 10. Entitas dalam Antrian

Nama Antrian	Entitas dalam Antrian
entrance 3	24
entrance 5	86
entrance 7	16
exit 2	6
exit 4	4
exit 6	4
exit 8	4

IV. OPTIMISASI

A. Jumlah Pelayanan Gardu *Entrance*

Dalam skenario ini kemungkinan yang terjadi bila jumlah pelayanan gardu diuji coba dari satu sampai dengan tiga gardu. Setelah dilakukan pengujian terhadap model maka dapat dilihat dampaknya terhadap utilitas, jumlah kendaraan yang terdapat dalam antrian, waktu entitas dalam sistem, dan waktu operasi entitas di jalur gardu lainnya yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 11. Dampak Perubahan Jumlah Gardu *Entrance*

		Jumlah Gardu Dibuka		
	Nama Gardu	1	2	3
Utilitas (%)	*entrance* 3	0	0	50,04
	entrance 5	0	77,66	50,48
	entrance 7	63,34	31,28	20,91
Jumlah Entitas dalam Antrian (Unit)	*entrance* 3	0	0	14,4
	entrance 5	0	25	12,4
	entrance 7	14	9	4
Waktu Entitas dalam Sistem (Detik)	mobil *entrance* antri	67,42	82,12	74,41
Waktu Operasi Entitas (Detik)	mobil *entrance* antri	66,24	79,61	72,75

B. Jumlah Pelayanan Gardu *Exit*

Dalam skenario ini kemungkinan yang terjadi bila jumlah pelayanan gardu diuji coba dari satu sampai dengan empat gardu. Setelah dilakukan pengujian terhadap model maka dapat dilihat dampaknya terhadap utilitas, jumlah kendaraan yang terdapat dalam antrian, waktu entitas dalam sistem, dan waktu operasi entitas di jalur gardu lainnya yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 12. Dampak Perubahan Jumlah Gardu *Exit*

		Jumlah Gardu Dibuka			
	Nama Gardu	1	2	3	4
Utilitas (%)	*exit* 2	98,26	93,21	61,19	46,61
	exit 4	0	93,20	61,33	46,49
	exit 6	0	0	60,29	46,37
	exit 8	0	0	0	46,42
Jumlah Entitas dalam Antrian (Unit)	*exit* 2	100	22,8	7,40	3,6
	exit 4	0	18,4	7,60	3
	exit 6	0	0	8,40	3,2
	exit 8	0	0	0	3,4
Waktu Entitas dalam Sistem (Detik)	mobil *exit* antri	907,65	113,32	74,68	69,79
Waktu Operasi Entitas (Detik)	mobil *exit* antri	897,04	107,25	71,57	69,58

C. Peningkatan Jumlah Kendaraan *Entrance*

Dalam skenario ini kemungkinan yang terjadi bila jumlah kedatangan kendaraan meningkat secara signifikan dari keadaan normal sampai dengan peningkatan 200 %. Dari keadaan tersebut lalu di uji coba menggunakan model per jam pada saat jam terpadat, yaitu antara pukul 6.30 s.d. 7.30. Setelah dilakukan pengujian terhadap model maka dapat dilihat dampaknya terhadap utilitas, jumlah kendaraan yang terdapat dalam antrian, waktu entitas dalam sistem, dan waktu operasi entitas di jalur gardu lainnya yang dapat dilihat pada tabel 16.

D. Peningkatan Jumlah Kendaraan *Exit*

Dalam skenario ini kemungkinan yang terjadi bila jumlah kedatangan kendaraan meningkat secara signifikan dari keadaan normal sampai dengan peningkatan 200 %. Dari keadaan tersebut lalu di uji coba menggunakan model per jam pada saat jam terpadat, yaitu antara pukul 15.30 s.d. 16.30. Setelah dilakukan pengujian terhadap model maka dapat dilihat dampaknya terhadap utilitas, jumlah kendaraan yang terdapat dalam antrian, waktu entitas dalam sistem, dan waktu operasi entitas di jalur gardu lainnya yang dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 13. Dampak Peningkatan Jumlah Kendaraan *Entrance*

Kenaikan	Jumlah Kendaraan	Frekuensi	Utiltas Gardu (%)			Entitas dalam Antrian (Unit)			Rata-rata Waktu Entitas dalam Antrian	Rata-rata Waktu Entitas Operasi
			entrance 3	*entrance* 5	*entrance* 7*	*entrance* 3	*entrance* 5	*entrance* 7	mobil enrance antri	mobil enrance antri
0%	975	E(3,69)	50,04	50,48	20,91	14,4	12,4	4	74,41	72,75
20%	1170	E(3,08)	64,29	57,14	25,77	18,2	10,2	4,8	78,69	76,7
40%	1365	E(2,64)	71,72	71,90	30,53	24,8	28,4	5,8	87,88	85,4
60%	1560	E(2,31)	79,45	76,81	34,14	42,8	22,6	5,6	92,23	89,5
80%	1755	E(2,05)	89,09	90,13	39,20	40,4	39,4	6	116,04	112,68
100%	1950	E(1,85)	93,18	96,47	42,74	44,2	66,4	6,8	158,82	155,23
120%	2145	E(1,68)	96,23	96,36	45,39	84,8	74	7,6	231,13	227,23
140%	2340	E(1,54)	94,37	97,28	45,28	78,4	90	8,6	351,93	347,44
160%	2535	E(1,42)	96,57	96,23	46,39	98,4	89,2	9	435,88	431,26
180%	2730	E(1,32)	98,01	97,90	47,39	95,2	100	8,4	503,6	498,75
200%	2925	E(1,23)	97,02	98,12	46,40	86,6	100	8,6	584,33	579,33

Tabel 14. Dampak Peningkatan Jumlah Kendaraan *Exit*

Kenaikan	Jumlah Kendaraan	Frekuensi	Utiltas Gardu (%)				Entitas dalam Antrian (Unit)				Rata-rata Waktu dalam Antrian	Rata-rata Waktu Operasi
			exit 2	*exit* 4	*exit* 6	*exit* 8	*exit* 2	*exit* 4	*exit* 6	*exit* 8	mobil *exit* antri	mobil *exit* antri
0%	1040	E(3,46)	48,16	48,05	48,06	47,91	3,4	3,6	3,6	3,6	69,84	69,58
20%	1248	E(2,88)	56,61	56,58	56,58	56,48	3,8	4	4	4	70,03	69,59
40%	1456	E(2,47)	66,16	66,04	66,13	65,92	4,8	4,2	4,4	4,6	70,54	69,63
60%	1664	E(2,16)	74,81	74,73	74,68	74,64	5,4	5,4	5,2	5,2	71,3	69,79
80%	1872	E(1,92)	84,87	84,80	84,78	84,82	6,4	6,4	6,6	6,4	73,57	70,81
100%	2080	E(1,73)	92,38	92,37	92,35	92,27	9	9,2	9,2	9	80,68	76,1
120%	2288	E(1,57)	97,97	97,93	97,89	97,84	27,4	27,2	27,6	27	143,9	137,4
140%	2496	E(1,44)	98,16	98,10	98,05	98,02	71,8	71,6	71,6	71,8	262,59	256,02
160%	2704	E(1,33)	98,23	98,20	98,15	98,11	99,2	99,2	99,2	99,2	369,23	362,62
180%	2912	E(1,24)	98,23	98,20	98,15	98,11	100	100	100	99,8	478,22	471,28
200%	3120	E(1,15)	98,23	98,18	98,13	98,10	100	100	100	100	546,07	538,96

V. KESIMPULAN

A. Jumlah Pelayanan Gardu *Entrance* Optimal

Jumlah pelayanan gardu *entrance* yang optimal dibuka pada saat kendaraan padat dan cukup padat, yaitu antara pukul 5.30 s.d. 21.30 (shift 1 dan 2) hanya dibuka dua gardu saja (satu gardu otomati dan satu gardu manual) yang awalnya tiga gardu (2 gardu otomatis dan 1 gardu manual). Sedangkan untuk kendaraan lengang gardu bisa di buka hanya satu gardu saja (gardu manual), yaitu pada pukul 21.30 s.d. 5.30 (shift 3).

B. Jumlah Pelayanan Gardu *Exit* Optimal

Jumlah pelayanan gardu *exit* yang optimal dibuka pada saat kendaraan padat dan cukup padat, yaitu antara pukul 6.30 s.d. 21.30 cukup dibuka tiga gardu saja yang awalnya dibuka empat gardu. Sedangkan untuk kendaraan lengang gardu bisa di buka hanya dua gardu saja yang awalnya dibuka tiga gardu, yaitu pada pukul 21.30 s.d. 6.30.

C. Tingkat Peningkatan Jumlah Kendaraan *Entrance*

Pelayanan gardu yang optimal dibuka semua (tiga gardu) adalah pada saat frekuensi waktu antar kedatangan kendaraan selama 2,64 detik dengan keadaan jumlah kedatangan kendaraan gardu, waktu rata-rata kendaraan dalam sistem,

waktu rata-rata kendaraan beroperasi, dan panjang antrian yang tidak melebihi 100 meter.

D. Tingkat Peningkatan Jumlah Kendaraan *Exit*

Pelayanan gardu yang optimal dibuka semua (empat gardu) adalah pada saat frekuensi waktu antar kedatangan kendaraan selama 1,73 detik dengan keadaan jumlah kedatangan kendaraan 2080 kendaraan. Keadaan ini dilihat dari utilitas pelayanan gardu, waktu rata-rata kendaraan dalam sistem antrian, waktu rata-rata kendaraan beroperasi, dan panjang antrian yang tidak melebihi 100 meter.

VI. DAFTAR PUSTAKA

• Siagian, P. 1987. Penelitian Operasional : Teori dan Praktek. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

• Taha, A Hamdy. (1997). Riset Operasi : Suatu Pengantar. Jakarta: Binarupa Aksara.

• Riyanto, Agus.(2012). Analisis Simulasi Antrian Nasabah di Bank BNI 46. Tridharma Perguruan Tinggi, Unikom Bandung.

• Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. (2000). Simulation Using Promodel. United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc.

• Santosa, P. B., & Ashari. (2005). Analisis Satistik dengan Microsoft Excel & SPSS. Yogyakarta: ANDI.

VII. RIWAYAT PENULIS



Deri Willdan Nugraha lahir di Cianjur 18 Februari 1992. Menyelesaikan S1 di program studi Teknik Industri tahun 2015 dari Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM) Bandung.