Bab 6
Eksperimentasi Model

6.1. Penetapan Jumlah Replikasi

Pada saat melakukan eksperimen terhadap model yang dibuat diperlukan beberapa kali replikasi model dijalankan agar diperoleh hasil statistik merupakan estimasi akurat mengenai parameter yang diuji. Pada eksperimentasi model simulasi antrian gerbang tol Cileunyi, parameter yang diestimasi adalah rata-rata volume lalu lintas harian menggunakan rata-rata sampel dan standar deviasi. Data yang digunakan adalah sampel volume harian bulan Februari dan Maret 2015. Data ditunjukan pada tabel 6.1.

Tabel 6.1. Data lalu lintas harian bulan Februari dan Maret 2015

Tanggal	Bulan	
	Februari	Maret
1	24843	25532
2	27135	27195
3	26686	26579
4	26938	27082
5	27697	27921
6	30735	30554
7	30812	31050
8	26705	26368
9	26928	27426
10	26425	26723
11	27024	26630
12	27262	26903
13	29390	29751
14	30635	29744
15	25947	24904
16	27626	27152
17	26272	26565
18	31486	27359
19	26646	28185
20	29386	35186
21	29030	30976
22	24669	24928

Tabel 6.1. Data lalu lintas harian bulan Februari dan Maret 2015 (lanjutan)

Tanggal	Bulan	
	Februari	Maret
23	27867	28014
24	26455	26661
25	27302	26772
26	27755	28271
27	30111	29860
28	31036	29508
29		24391
30		27514
31		26642
Σ	805646	862346

(sumber : hasil pengolahan data)

Perhitungan replikasi dilakukan dengan persamaan 6.1 sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e}\right]^2 \quad (6.1)$$

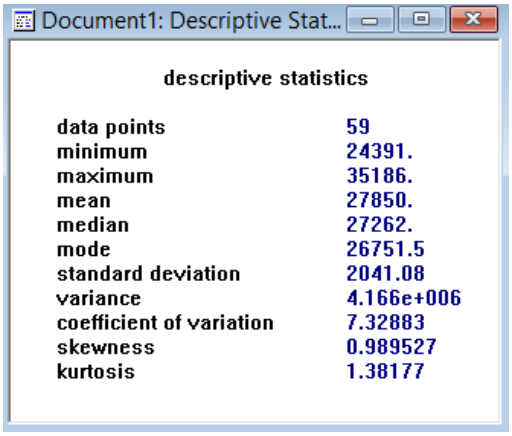
Dimana:

n = jumlah replikasi

e = estimasi tingkat error parameter

s = standar deviasi data sampel

Dimana nilai e yang digunakan untuk mengestimasi parameter rata-rata populasi harian adalah 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, dan 4000. Selanjutnya adalah menentukan rata-rata dan standar deviasi sampel, dihitung menggunakan Stat::fit dan hasil perhitungan ditunjukan pada gambar 6.1. Diperoleh nilai rata-rata dari ukuran sampel n =59 sebesar 27850 dengan standar deviasi sebesar 2041.



Gambar 6.1. Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi Stat::Fit

Kemudiah dihitung jumlah replikasi yang diperlukan menggunakan persamaan (6.1) untuk menghasilkan estimasi rata-rata populasi pada setiap tingkat error e yang digunakan dengan taraf kepercayaan 95% ($Z\alpha/2 = 1.96$) dengan standar deviasi 2041. Hasil perhitungan ditunjukan pada tabel 6.2.

Tabel 6.2. Jumlah replikasi (n) setiap tingkat estimasi *error* (e)

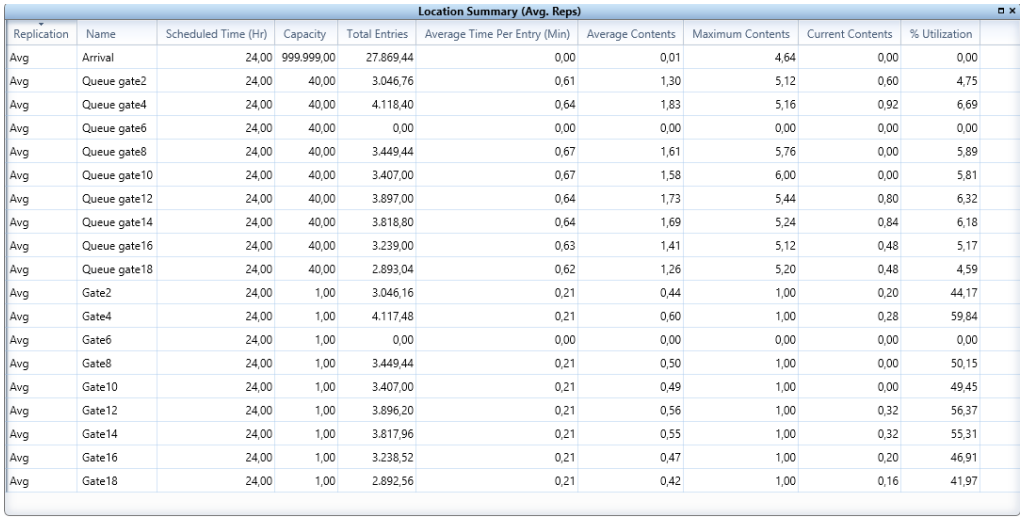
Estimasi error (e)	**Jumlah Replikasi Diperlukan (n)**
500	64.012
600	44.452
700	32.659
800	25.005
900	19.757
1000	16.003
1500	7.112
2000	4.001
2500	2.560
3000	1.778
3500	1.306
4000	1.000

Berdasarkan hasil pada tabel 6.2. maka jumlah replikasi yang digunakan untuk setiap skenario dipilih sebanyak 25 replikasi dengan tingkat estimasi error 800 mobil. Artinya diperlukan 25 replikasi dijalankan pada setiap skenario agar rata-rata populasi volume lalu lintas harian berada pada rentang $\bar{x} \pm 800$ mobil.

6.2. Skenario Eksperimen

6.2.1. Identifikasi Tingkat Performansi Harian Sistem Aktual

Untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual, model simulasi dijalankan sebanyak 25 replikasi dengan keadaan jumlah gardu dibuka pada shift 1 dan shift 2 sebanyak 8 gardu dan pada shift 3 sebanyak 6 gardu dengan penutupan gardu 8 dan gardu 10. Tingkat performansi yang diukur adalah tingkat utilisasi dan panjang antrian maksimum. Hasil simulasi untuk rata-rata *output* setiap replikasi ditunjukan pada gambar 6.2 sedangkan untuk rincian hasil setiap replikasi ditunjukan pada tabel 6.3, tabel 6.4 dan 6.5.



Location Summary (Avg. Reps)

Replication	Name	Scheduled Time (Hr)	Capacity	Total Entries	Average Time Per Entry (Min)	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Avg	Arrival	24,00	999.999,00	27.869,44	0,00	0,01	4,64	0,00	0,00
Avg	Queue gate2	24,00	40,00	3.046,76	0,61	1,30	5,12	0,60	4,75
Avg	Queue gate4	24,00	40,00	4.118,40	0,64	1,83	5,16	0,92	6,69
Avg	Queue gate6	24,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	Queue gate8	24,00	40,00	3.449,44	0,67	1,61	5,76	0,00	5,89
Avg	Queue gate10	24,00	40,00	3.407,00	0,67	1,58	6,00	0,00	5,81
Avg	Queue gate12	24,00	40,00	3.897,00	0,64	1,73	5,44	0,80	6,32
Avg	Queue gate14	24,00	40,00	3.818,80	0,64	1,69	5,24	0,84	6,18
Avg	Queue gate16	24,00	40,00	3.239,00	0,63	1,41	5,12	0,48	5,17
Avg	Queue gate18	24,00	40,00	2.893,04	0,62	1,26	5,20	0,48	4,59
Avg	Gate2	24,00	1,00	3.046,16	0,21	0,44	1,00	0,20	44,17
Avg	Gate4	24,00	1,00	4.117,48	0,21	0,60	1,00	0,28	59,84
Avg	Gate6	24,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	Gate8	24,00	1,00	3.449,44	0,21	0,50	1,00	0,00	50,15
Avg	Gate10	24,00	1,00	3.407,00	0,21	0,49	1,00	0,00	49,45
Avg	Gate12	24,00	1,00	3.896,20	0,21	0,56	1,00	0,32	56,37
Avg	Gate14	24,00	1,00	3.817,96	0,21	0,55	1,00	0,32	55,31
Avg	Gate16	24,00	1,00	3.238,52	0,21	0,47	1,00	0,20	46,91
Avg	Gate18	24,00	1,00	2.892,56	0,21	0,42	1,00	0,16	41,97

Gambar 6.2. *Output* tingkat performansi sistem aktual

Tabel 6.3. %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual

		%Utilisasi							
Replikasi	**Arrival**	**Gardu2**	**Gardu4**	**Gardu8**	**Gardu 10**	**Gardu 12**	**Gardu 14**	**Gardu 16**	**Gardu 18**
1	27139	42.49	57.96	48.75	48.02	55.22	53.65	45.59	40.68
2	29381	47.56	63.14	51.83	51.73	59.43	58.67	50.02	45.62
3	27118	42.72	58.03	49.47	48.54	54.53	53.17	45.12	40.76
4	27236	43.07	58.26	49.24	48.55	55.11	54.52	45.19	41.30
5	28535	45.58	60.67	50.63	49.90	58.23	56.55	48.37	43.41
6	28284	45.87	60.85	50.45	49.96	56.97	55.54	48.18	42.18
7	29149	46.56	63.13	51.74	51.17	59.28	57.69	49.29	44.18
8	30227	49.61	64.67	53.48	51.94	61.20	60.33	51.58	46.09
9	25357	38.95	55.00	46.88	46.04	51.47	50.59	41.55	37.07
10	29540	47.51	62.62	52.17	51.90	60.35	59.11	50.58	45.43
11	28417	44.89	60.85	50.79	50.32	57.15	56.28	48.06	43.02
12	28339	44.86	60.92	50.52	50.67	57.58	56.43	47.71	42.74
13	26293	40.53	56.76	47.97	47.63	52.71	51.70	43.71	39.10
14	27358	42.74	58.78	50.16	48.67	55.62	54.47	47.02	40.66
15	30465	50.26	64.82	53.13	52.77	61.65	60.24	52.02	47.38

Tabel 6.3. %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual (lanjutan)

Replikasi	Arrival	%Utilisasi							
		Gardu2	Gardu4	Gardu8	Gardu 10	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
16	28997	46.66	62.72	52.05	51.22	58.35	57.75	48.95	43.74
17	27101	42.65	57.87	49.20	48.09	54.28	54.04	44.75	41.08
18	26788	41.81	57.55	49.17	48.30	54.75	53.37	44.75	39.82
19	26923	42.18	57.93	48.95	48.53	54.03	53.86	44.58	40.86
20	24901	38.14	53.89	46.19	45.53	50.54	49.77	41.19	36.10
21	26670	41.08	57.69	49.46	47.42	53.45	52.32	45.07	39.04
22	26875	42.43	58.05	49.10	48.43	54.34	53.07	44.98	40.18
23	27878	43.99	60.30	49.76	49.42	56.79	55.22	46.59	41.75
24	27835	44.28	59.53	49.84	49.02	56.45	55.02	46.86	41.63
25	29930	47.88	64.09	52.72	52.38	59.90	59.47	51.06	45.48

Tingkat utilisasi juga ditunjukan dalam setiap interval untuk rata-rata dari setiap replikasi untuk setiap gardu, hasil ini ditunjukan pada tabel 6.4.

Tabel 6.4. Tingkat utilisasi rata-rata replikasi per jam

Interval waktu		Arrivals	%utilisasi rata-rata replikasi								
			Gardu 2	Gardu 4	Gardu 8	Gardu 10	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18	Rata-rata
05:30:00	06:30:00	849.40	22.15%	41.81%	55.23%	54.07%	37.45%	35.97%	26.86%	22.21%	36.97%
06:30:00	07:30:00	1121.68	35.36%	53.54%	67.86%	66.00%	49.82%	47.81%	37.43%	31.80%	48.70%
07:30:00	08:30:00	1403.24	48.62%	67.69%	78.30%	77.26%	63.03%	61.03%	50.29%	43.50%	61.22%
08:30:00	09:30:00	1514.08	53.28%	72.26%	82.15%	80.63%	68.17%	66.09%	56.18%	48.73%	65.94%
09:30:00	10:30:00	1603.32	58.05%	75.66%	84.97%	83.54%	71.72%	70.22%	60.20%	54.37%	69.84%
10:30:00	11:30:00	1584.92	57.64%	75.04%	84.16%	83.55%	71.07%	68.98%	59.25%	52.72%	69.05%
11:30:00	12:30:00	1471.52	51.27%	70.32%	80.22%	80.45%	66.03%	64.36%	52.92%	46.36%	63.99%
12:30:00	13:30:00	1363.60	46.38%	65.56%	76.62%	75.68%	59.81%	59.01%	48.71%	41.91%	59.21%
13:30:00	14:30:00	1517.28	53.75%	72.21%	82.28%	81.20%	68.18%	66.34%	55.27%	49.00%	66.03%
14:30:00	15:30:00	1606.56	58.53%	75.44%	84.80%	83.59%	71.37%	69.87%	59.60%	53.98%	69.65%
15:30:00	16:30:00	1681.80	62.15%	79.19%	86.92%	86.26%	75.46%	74.71%	64.19%	57.97%	73.36%
16:30:00	17:30:00	1756.44	66.32%	81.56%	89.11%	88.43%	78.17%	76.55%	68.38%	61.60%	76.27%
17:30:00	18:30:00	1688.24	62.56%	79.95%	86.76%	86.53%	75.83%	73.65%	65.15%	58.06%	73.56%
18:30:00	19:30:00	1515.84	53.44%	71.91%	81.28%	80.68%	68.13%	66.65%	55.17%	49.09%	65.79%
19:30:00	20:30:00	1379.44	47.25%	65.46%	77.54%	76.27%	62.43%	59.18%	48.84%	42.35%	59.92%
20:30:00	21:30:00	1179.32	37.65%	57.44%	70.38%	68.95%	51.77%	50.66%	39.61%	34.28%	51.34%
21:30:00	22:30:00	1035.40	49.23%	71.26%	0.82%	0.83%	68.22%	67.20%	53.64%	47.85%	44.88%
22:30:00	23:30:00	822.40	36.35%	60.36%	-	-	56.77%	55.18%	42.18%	35.23%	47.68%
23:30:00	00:30:00	668.16	26.11%	51.09%	-	-	47.40%	46.01%	33.50%	27.50%	38.60%
00:30:00	01:30:00	595.60	21.28%	46.49%	-	-	43.47%	41.17%	29.67%	24.19%	34.38%
01:30:00	02:30:00	484.08	14.54%	40.24%	-	-	36.15%	34.47%	23.89%	19.19%	28.08%
02:30:00	03:30:00	439.36	12.45%	37.56%	-	-	31.92%	32.33%	21.12%	16.86%	25.37%
03:30:00	04:30:00	460.48	13.94%	38.76%	-	-	34.15%	33.83%	23.07%	17.71%	26.91%
04:30:00	05:30:00	506.08	16.42%	40.95%	-	-	36.50%	36.08%	24.44%	20.54%	29.16%

Tabel 6.5. Panjang antrian maksimum skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual

Replikasi	Arrival	Panjang antrian maksimum							
		Gardu2	Gardu4	Gardu8	Gardu10	Gardu12	Gardu14	Gardu16	Gardu18
1	27139	6	5	5	6	5	6	5	4
2	29381	5	5	6	6	6	5	5	5
3	27118	6	5	7	6	5	5	5	5
4	27236	6	5	5	7	5	5	6	5
5	28535	5	5	6	6	6	6	5	6
6	28284	5	5	5	6	5	5	6	5
7	29149	5	6	7	7	6	6	6	6
8	30227	5	6	6	6	5	6	6	6
9	25357	4	5	6	5	5	4	4	4
10	29540	7	5	6	7	6	5	5	5
11	28417	5	6	6	6	5	5	6	5
12	28339	4	6	6	6	5	5	5	5
13	26293	4	5	5	6	6	5	4	5
14	27358	5	5	5	6	5	5	5	6
15	30465	5	5	6	6	5	6	5	6
16	28997	6	5	6	6	6	5	5	6
17	27101	5	5	5	6	5	4	6	5
18	26788	4	4	6	5	5	5	5	4
19	26923	6	6	5	6	6	5	5	6
20	24901	4	5	5	8	5	5	5	4
21	26670	4	5	6	6	6	5	4	6
22	26875	7	5	6	5	5	6	5	5
23	27878	5	5	6	5	5	6	5	4
24	27835	5	5	6	6	7	5	5	5
25	29930	5	5	6	5	6	6	5	7

6.2.2. Identifikasi Jumlah Gardu Optimal Setiap Jam Berdasarkan Volume Kendaraan

Identifikasi jumlah gardu optimal yang dibuka pada setiap jam dilakukan dengan mencoba respon model simulasi jika diberikan volume mobil per jam secara deterministik yang berbeda pada setiap konfigurasi buka/tutup gardu. Penentuan jumlah gardu tol optimal yang dibuka dibatasi oleh ketentuan SPM (standar pelayanan minimal) dari Kementrian PU yang mensyaratkan setiap gardu hanya bisa melayani maksimal 500 kendaraan per jam untuk sistem transaksi terbuka dan 450 kendaraan per jam gardu masuk dan 300 kendaraan per jam gardu keluar pada sistem transaksi tertutup. Skenario eksperimen yang dilakukan ditunjukan pada tabel 6.6.

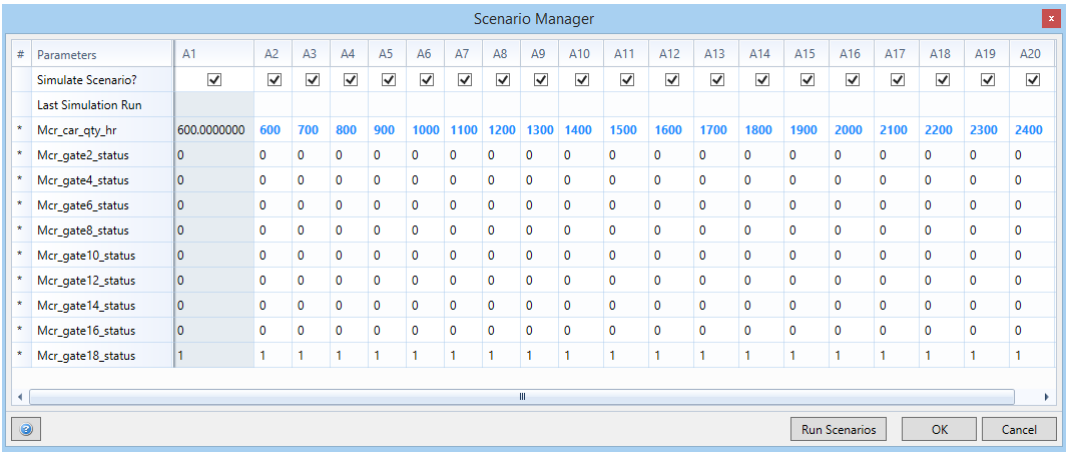
Tabel 6.6. Tabel Skenario Identifikasi Jumlah Gardu Optimal Setiap Jam

		Volume Mobil per Jam										
		500	**600**	**700**	**800**	**900**	**1000**	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**
Gardu Dibuka	**1**	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
	2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
	3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	4	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
	5	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
	6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
	7	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
	8	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11

Tabel 6.6. Tabel Skenario Identifikasi Jumlah Gardu Optimal Setiap Jam (lanjutan)

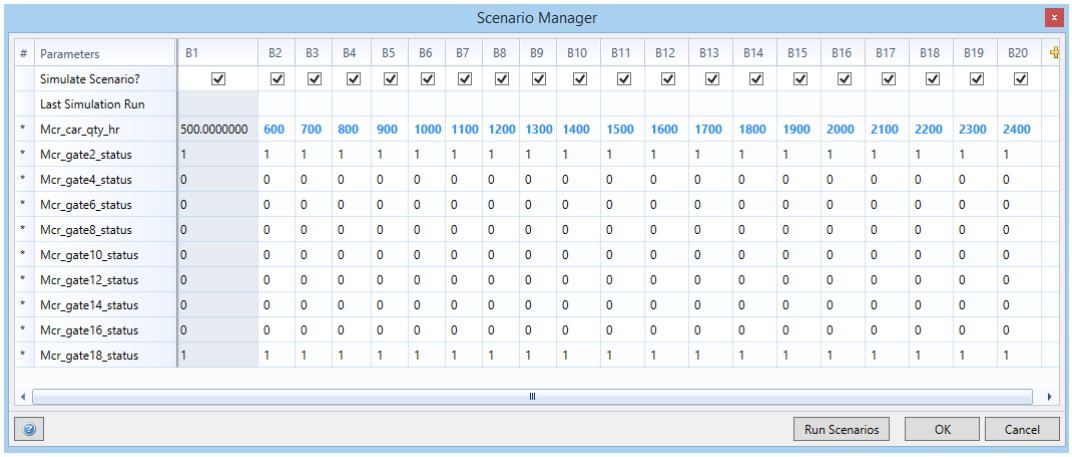
		Volume Mobil per Jam								
		1600	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**
Gardu Dibuka	**1**	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
	2	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20
	3	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
	4	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20
	5	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
	6	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
	7	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
	8	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20

Skenario tersebut dijadikan output untuk *scenario manager* di ProModel untuk setiap skenario A1 hingga H20. Input *scenario manager* ditunjukan pada gambar 6.3 hingga gambar 6.10.

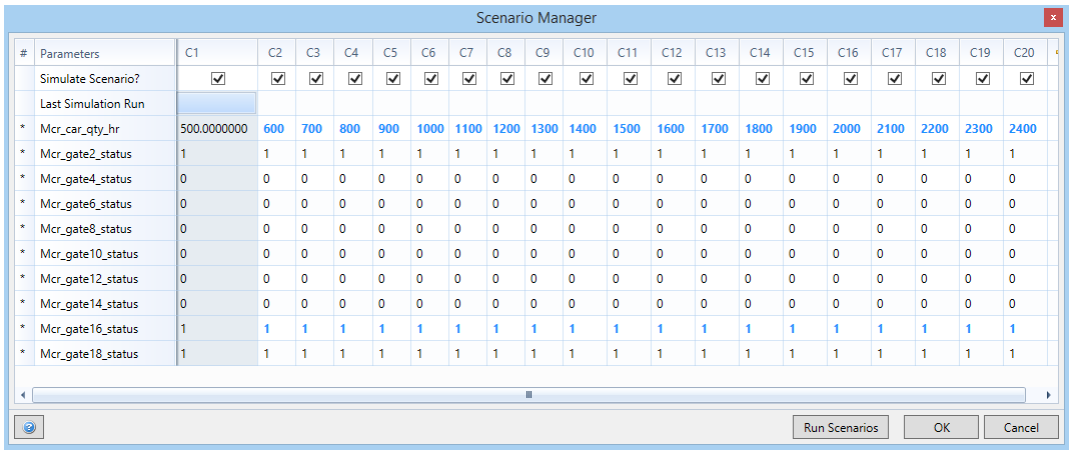


#	Parameters	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
	Simulate Scenario?	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
	Last Simulation Run																				
*	Mcr_car_qty_hr	600.0000000	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
*	Mcr_gate2_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate4_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate6_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate8_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate10_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate12_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate14_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate16_status	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*	Mcr_gate18_status	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

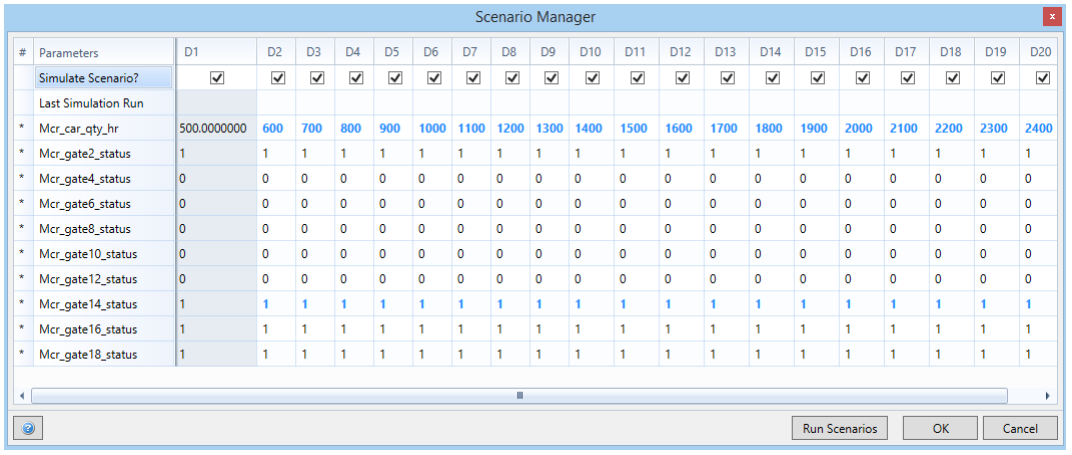
Gambar 6.3. *Input scenario manager* skenario A1 – A20



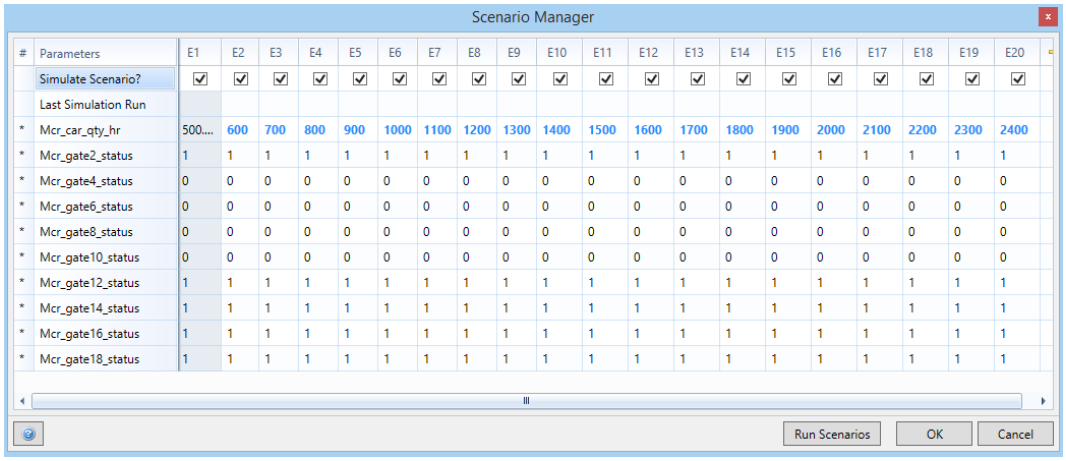
Gambar 6.4. *Input scenario manager* skenario B1 – B20



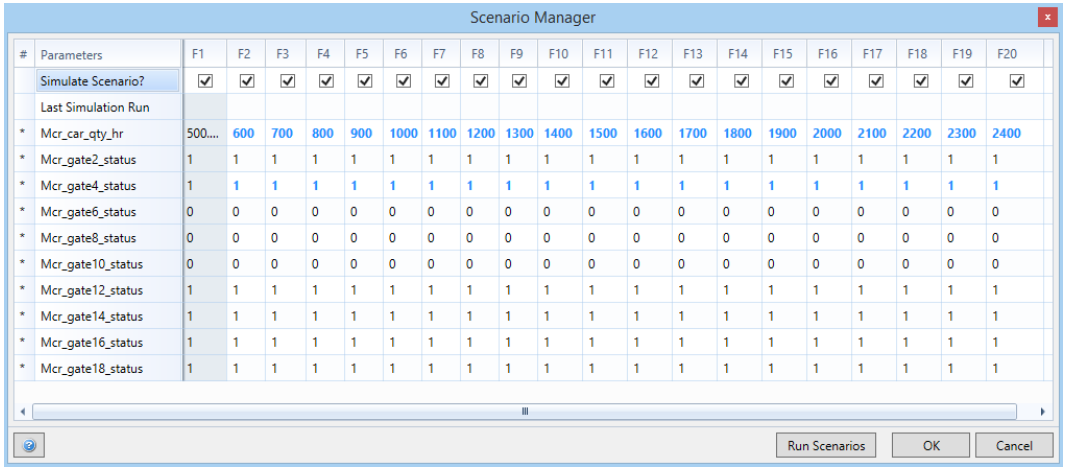
Gambar 6.5. *Input scenario manager* skenario C1 – C20



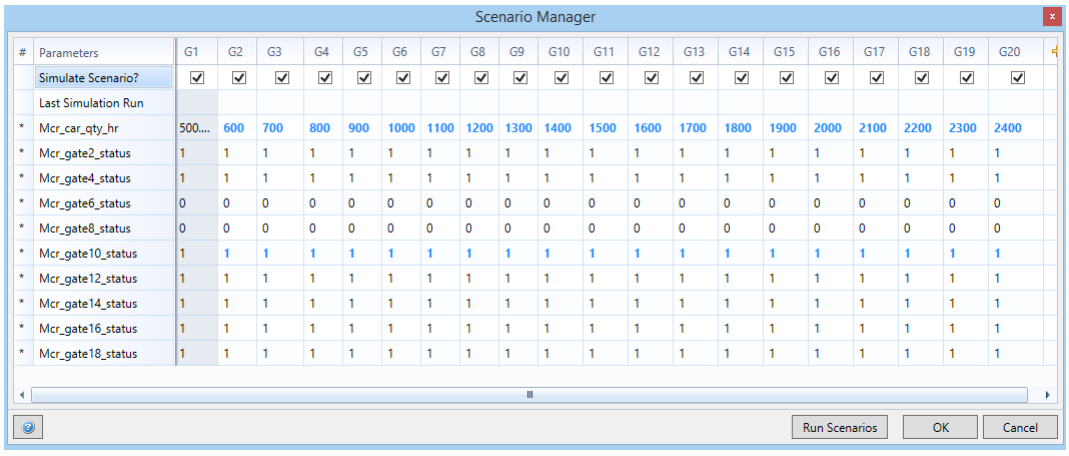
Gambar 6.6. *Input scenario manager* skenario D1 – D20



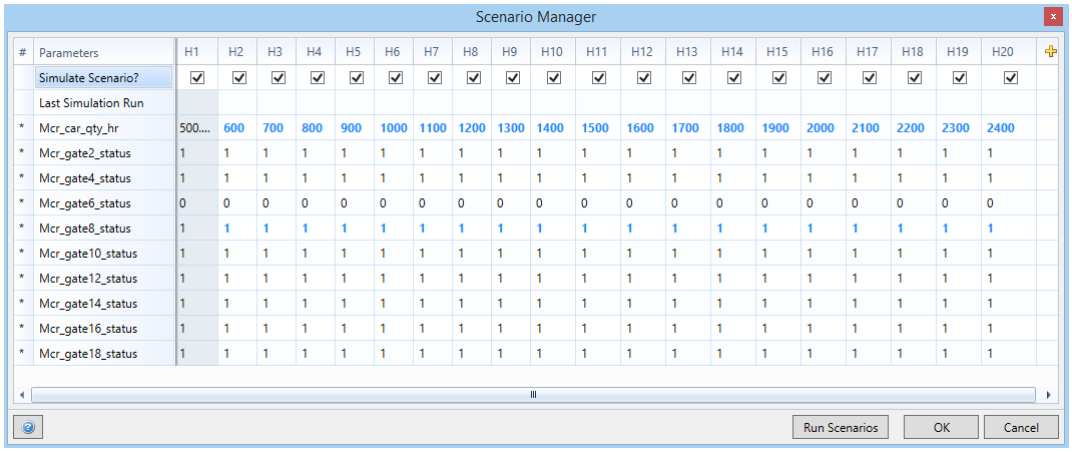
Gambar 6.7. *Input scenario manager* skenario E1 – E20



Gambar 6.8. *Input scenario manager* skenario F1 – F20



Gambar 6.9. *Input scenario manager* skenario G1 – G20



Gambar 6.10. *Input scenario manager* skenario H1 – H20

Adapun hasil *output* setiap skenario A hingga H ditunjukan pada tabel 6.7 hingga tabel 6.14. Hasil tersebut menunjukan bagaimana perubahan %utilisasi, panjang antrian rata-rata dan jumlah kendaraan yang dilayani pada setiap gardu sebagai respon terhadap perubahan volume kendaraan per jam yang memasuki sistem.

Tabel 6.7. *Output* skenario A1 – A20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum Gardu18	%utilisasi Gardu18	Jumlah Kendaraan yang dilayani Gardu18
A1	500	30.00	98.77	289.00
A2	600	30.00	98.77	289.00
A3	700	31.00	98.88	285.00
A4	800	31.00	98.87	281.00
A5	900	33.00	98.80	286.00
A6	1000	31.00	98.84	286.00
A7	1100	31.00	98.94	283.00
A8	1200	30.00	98.75	278.00
A9	1300	31.00	98.83	294.00
A10	1400	31.00	98.85	288.00
A11	1500	31.00	98.85	298.00
A12	1600	31.00	98.97	283.00
A13	1700	30.00	98.88	295.00
A14	1800	30.00	98.91	283.00
A15	1900	31.00	98.77	295.00
A16	2000	30.00	98.90	282.00
A17	2100	31.00	98.94	284.00
A18	2200	31.00	98.84	275.00
A19	2300	31.00	98.97	274.00
A20	2400	31.00	98.79	285.00

Tabel 6.8. *Output* skenario B1 – B20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum		%utilisasi		Jumlah Kendaraan yang Dilayani	
		Gardu 2	Gardu 18	Gardu 2	Gardu 18	Gardu 2	Gardu 18
B1	500	11	11	97.403	95.897	275	275
B2	600	11	11	97.403	95.897	275	275
B3	700	19	19	98.695	98.867	284	288
B4	800	23	23	98.893	98.865	276	284
B5	900	24	24	98.692	98.672	276	275
B6	1000	24	25	98.713	98.708	285	275
B7	1100	25	25	98.917	98.770	277	287
B8	1200	25	25	98.897	98.752	290	276
B9	1300	26	26	98.610	98.867	280	277
B10	1400	26	26	98.792	98.683	284	289
B11	1500	25	26	98.722	98.833	282	291
B12	1600	26	26	98.800	98.773	279	276
B13	1700	26	26	98.953	98.865	283	277
B14	1800	25	27	98.820	98.812	288	290
B15	1900	27	26	98.833	98.877	285	281
B16	2000	26	27	98.835	98.813	290	289
B17	2100	26	25	98.797	98.703	285	279
B18	2200	26	26	98.937	98.752	288	298
B19	2300	26	27	98.780	98.718	283	283
B20	2400	25	26	98.945	98.895	277	289

Tabel 6.9. *Output* skenario C1 – C20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum			%utilisasi		
		Gardu 2	Gardu 16	Gardu 18	Gardu 2	Gardu 16	Gardu 18
C1	500	5	5	5	52.788	64.022	55.558
C2	600	5	6	5	65.045	76.113	69.850
C3	700	7	9	7	78.330	86.247	80.330
C4	800	9	9	9	90.652	94.988	90.368
C5	900	25	26	26	96.685	97.088	95.692
C6	1000	28	31	29	98.495	98.458	98.412
C7	1100	30	30	29	98.715	98.817	98.888
C8	1200	30	30	30	98.975	98.512	98.683
C9	1300	31	30	30	98.877	98.645	98.705
C10	1400	30	31	31	98.687	98.710	98.842
C11	1500	30	31	33	98.858	98.770	98.787
C12	1600	31	31	33	98.583	98.712	98.905
C13	1700	30	31	30	98.583	98.800	98.875
C14	1800	30	31	33	98.873	98.925	98.592
C15	1900	30	31	30	98.688	98.853	98.548
C16	2000	31	30	31	98.865	98.653	98.878
C17	2100	31	31	31	98.530	98.908	98.818
C18	2200	31	30	28	98.893	98.855	98.822
C19	2300	30	31	30	98.853	98.770	98.857
C20	2400	31	31	30	98.690	98.778	98.767

Tabel 6.9. *Output* skenario C1 – C20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	Jumlah Kendaraan yang Dilayani		
		Gardu 2	Gardu 16	Gardu 18
C1	500	150	183	162
C2	600	190	210	193
C3	700	218	237	235
C4	800	265	260	260
C5	900	271	277	275
C6	1000	277	285	279
C7	1100	284	267	280
C8	1200	278	282	279
C9	1300	278	284	281
C10	1400	288	283	279
C11	1500	294	281	277
C12	1600	287	276	281
C13	1700	283	283	279
C14	1800	284	282	279
C15	1900	274	280	286
C16	2000	279	288	275
C17	2100	311	273	284
C18	2200	287	279	279
C19	2300	282	274	284
C20	2400	307	296	285

Tabel 6.10. *Output* skenario D1 – D20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum				%utilisasi			
		Gardu 2	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18	Gardu 2	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
D1	500	3	4	3	3	34.985	54.245	45.758	36.695
D2	600	4	4	4	4	43.013	59.822	54.843	47.003
D3	700	5	5	5	5	52.157	68.570	61.765	54.235
D4	800	5	5	5	5	63.877	77.517	70.078	64.857
D5	900	6	6	6	6	71.888	87.430	80.478	75.550
D6	1000	8	9	9	9	80.073	89.532	86.143	82.790
D7	1100	11	11	11	11	89.718	95.827	91.193	90.153
D8	1200	23	24	23	22	97.098	97.998	97.107	96.552
D9	1300	28	30	29	28	98.512	98.515	98.420	98.722
D10	1400	30	31	28	30	98.682	98.867	98.723	98.712
D11	1500	30	31	29	31	98.728	98.880	98.745	98.792
D12	1600	31	31	30	28	98.720	98.882	98.697	98.825
D13	1700	31	28	30	30	98.695	98.868	98.792	98.630
D14	1800	31	31	30	28	98.832	98.733	98.928	98.835
D15	1900	30	31	30	30	98.640	98.942	98.825	98.800
D16	2000	29	31	30	30	98.637	98.800	98.607	98.860
D17	2100	31	30	30	31	98.522	98.800	98.903	98.802
D18	2200	31	31	31	30	98.743	98.947	98.808	98.748
D19	2300	31	30	33	29	98.828	98.935	98.950	98.772
D20	2400	31	30	30	31	98.822	99.007	98.862	98.835

Tabel 6.10. *Output* skenario D1 – D20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	Jumlah Kendaraan yang Dilayani			
		Gardu 2	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
D1	500	103	154	132	106
D2	600	131	176	152	134
D3	700	156	200	182	153
D4	800	182	222	204	182
D5	900	211	238	225	214
D6	1000	236	256	248	235
D7	1100	258	271	279	262
D8	1200	271	281	275	285
D9	1300	286	283	275	267
D10	1400	289	271	282	292
D11	1500	276	277	279	289
D12	1600	298	276	293	295
D13	1700	288	279	286	272
D14	1800	280	294	280	301
D15	1900	283	277	288	280
D16	2000	270	278	294	289
D17	2100	291	272	275	285
D18	2200	288	280	295	284
D19	2300	282	284	285	277
D20	2400	279	269	283	277

Tabel 6.11. *Output* skenario E1 – E20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum				
		Gardu 2	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
E1	500	3	4	3	3	2
E2	600	3	3	3	3	3
E3	700	4	4	4	4	3
E4	800	3	4	4	4	4
E5	900	4	4	7	4	4
E6	1000	5	5	5	5	4
E7	1100	5	6	6	5	5
E8	1200	5	6	6	6	5
E9	1300	7	8	8	7	7
E10	1400	10	10	11	10	10
E11	1500	20	21	21	20	20
E12	1600	27	28	31	29	27
E13	1700	28	28	30	27	31
E14	1800	28	31	31	28	30
E15	1900	31	30	31	28	28
E16	2000	31	30	30	30	30
E17	2100	31	30	33	30	28
E18	2200	30	30	30	30	30
E19	2300	30	31	28	33	28
E20	2400	30	31	28	31	30

Tabel 6.11. *Output* skenario E1 – E20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	%utilisasi				
		Gardu 2	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
E1	500	24.985	42.190	42.925	32.133	27.713
E2	600	32.402	51.442	52.400	39.510	31.697
E3	700	41.395	56.532	58.113	44.883	39.672
E4	800	50.833	65.113	60.080	54.272	43.243
E5	900	54.983	72.277	72.073	61.490	51.835
E6	1000	63.812	76.342	76.942	70.403	60.767
E7	1100	70.828	81.247	80.848	75.282	68.423
E8	1200	78.927	86.700	89.917	81.302	77.258
E9	1300	87.825	92.538	92.450	91.867	87.408
E10	1400	94.555	96.145	97.112	93.975	92.177
E11	1500	97.265	97.437	97.732	97.927	97.868
E12	1600	98.115	98.583	98.843	98.287	98.343
E13	1700	98.705	98.680	98.755	98.675	98.608
E14	1800	98.722	98.728	98.725	98.703	98.748
E15	1900	98.725	98.688	98.812	98.788	98.688
E16	2000	98.727	98.825	98.693	98.815	98.832
E17	2100	98.722	98.693	98.727	98.688	98.735
E18	2200	98.813	98.887	98.705	98.970	98.813
E19	2300	98.763	98.925	98.935	98.913	98.660
E20	2400	98.825	98.845	98.818	98.458	98.670

Tabel 6.11. *Output* skenario E1 – E20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	Jumlah Kendaraan yang Dilayani				
		Gardu 2	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
E1	500	76	125	123	92	79
E2	600	95	144	145	112	96
E3	700	115	161	165	134	117
E4	800	139	183	180	156	133
E5	900	154	202	200	175	158
E6	1000	181	222	216	193	175
E7	1100	200	239	238	211	200
E8	1200	225	253	256	234	219
E9	1300	247	256	272	253	251
E10	1400	260	280	281	267	269
E11	1500	288	285	281	273	275
E12	1600	272	290	272	279	276
E13	1700	282	282	281	279	276
E14	1800	290	287	287	283	288
E15	1900	280	292	282	287	283
E16	2000	280	282	285	297	276
E17	2100	282	276	273	281	277
E18	2200	288	291	288	284	291
E19	2300	286	276	269	276	288
E20	2400	273	285	278	286	293

Tabel 6.12. *Output* skenario F1 – F20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum					
		Gardu 2	Gardu 4	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
F1	500	2	2	3	3	2	2
F2	600	2	3	3	3	2	2
F3	700	3	4	4	3	3	3
F4	800	3	4	3	3	3	4
F5	900	4	4	4	4	3	5
F6	1000	3	4	4	4	4	3
F7	1100	4	5	4	6	5	4
F8	1200	4	5	5	5	5	4
F9	1300	4	5	5	5	5	5
F10	1400	5	6	6	6	6	5
F11	1500	6	7	7	7	6	6
F12	1600	7	8	8	8	8	8
F13	1700	9	10	11	10	10	10
F14	1800	18	18	18	18	18	18
F15	1900	26	27	28	28	27	27
F16	2000	27	28	27	30	28	26
F17	2100	27	30	31	28	28	29
F18	2200	29	30	29	28	28	28
F19	2300	30	28	29	30	28	28
F20	2400	28	28	30	30	30	30

Tabel 6.12. *Output* skenario F1 – F20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	%utilisasi					
		Gardu 2	Gardu 4	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
F1	500	19.713	36.683	35.077	35.193	25.558	20.425
F2	600	25.207	44.128	44.843	40.492	30.483	26.232
F3	700	29.340	52.010	45.497	46.757	35.820	32.540
F4	800	40.147	54.453	54.927	49.252	41.960	32.703
F5	900	43.748	57.897	57.878	57.932	48.573	40.648
F6	1000	50.450	68.008	63.335	60.418	55.763	48.325
F7	1100	55.542	74.758	70.018	68.597	55.890	51.697
F8	1200	61.233	75.930	73.833	74.975	66.497	59.080
F9	1300	69.622	83.130	81.643	80.735	70.848	61.713
F10	1400	75.848	88.102	84.697	84.538	81.885	73.470
F11	1500	81.790	91.513	90.468	87.893	83.607	79.802
F12	1600	88.050	94.970	91.283	94.503	89.830	87.648
F13	1700	94.157	96.657	97.245	97.058	94.405	92.830
F14	1800	97.075	98.757	98.732	98.460	98.170	96.637
F15	1900	98.372	98.753	98.730	98.708	98.032	98.243
F16	2000	98.632	98.618	98.878	98.787	98.602	98.825
F17	2100	98.647	98.825	98.812	98.653	98.570	98.780
F18	2200	98.750	98.843	98.367	98.862	98.518	98.648
F19	2300	98.578	98.885	98.628	98.743	98.378	98.862
F20	2400	98.593	98.825	98.937	98.748	98.612	98.275

Tabel 6.12. *Output* skenario F1 – F20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	Jumlah Kendaraan yang Dilayani					
		Gardu 2	Gardu 4	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
F1	500	56	109	103	100	67	60
F2	600	76	123	118	116	85	75
F3	700	90	142	138	134	101	86
F4	800	108	160	156	148	119	99
F5	900	122	175	171	165	135	122
F6	1000	137	190	185	182	158	137
F7	1100	158	207	194	201	172	154
F8	1200	177	219	216	216	186	175
F9	1300	193	235	231	231	207	192
F10	1400	219	243	247	241	222	211
F11	1500	237	256	259	257	244	225
F12	1600	254	272	257	276	260	252
F13	1700	273	277	283	268	275	270
F14	1800	280	278	282	285	284	286
F15	1900	282	282	293	282	276	271
F16	2000	283	284	284	279	272	270
F17	2100	283	284	280	285	280	287
F18	2200	287	287	287	277	293	287
F19	2300	290	292	286	294	289	293
F20	2400	296	294	270	284	289	293

Tabel 6.13. *Output* skenario G1 – G20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum						
		Gardu 2	Gardu 4	Gardu 10	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
G1	500	1	2	2	2	2	2	2
G2	600	2	2	3	2	2	2	2
G3	700	2	3	4	3	3	2	2
G4	800	2	3	3	3	3	3	2
G5	900	2	3	4	3	3	3	3
G6	1000	3	4	4	3	3	3	3
G7	1100	3	4	4	4	3	3	3
G8	1200	3	4	4	4	4	4	3
G9	1300	4	4	4	4	4	4	4
G10	1400	4	5	5	5	5	4	4
G11	1500	4	5	5	5	5	4	5
G12	1600	5	6	5	6	5	5	6
G13	1700	6	6	6	7	6	6	6
G14	1800	5	6	7	7	6	6	6
G15	1900	8	9	9	8	8	8	7
G16	2000	14	12	12	12	12	12	11
G17	2100	18	18	19	18	19	18	18
G18	2200	26	26	30	29	26	27	27
G19	2300	27	28	30	30	29	33	27
G20	2400	30	27	26	27	30	27	26

Tabel 6.13. *Output* skenario G1 – G20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	%utilisasi						
		Gardu 2	Gardu 4	Gardu 10	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
G1	500	15.037	28.672	38.508	25.082	28.998	19.972	15.813
G2	600	19.308	35.115	45.555	35.782	30.485	23.558	20.340
G3	700	25.335	41.827	50.130	36.953	34.468	27.293	26.110
G4	800	32.265	48.107	56.855	43.598	42.828	31.370	26.277
G5	900	32.935	52.382	58.395	47.837	45.842	36.937	30.582
G6	1000	37.030	55.137	61.032	54.488	53.563	42.230	34.652
G7	1100	43.192	60.630	68.738	61.105	56.827	51.487	41.802
G8	1200	47.783	66.842	73.127	61.933	62.107	52.328	48.342
G9	1300	54.778	72.273	75.485	65.272	67.903	57.212	53.052
G10	1400	58.552	75.028	85.540	73.732	67.463	64.282	58.390
G11	1500	64.402	80.560	83.652	76.525	74.368	71.807	63.140
G12	1600	70.493	84.037	86.367	81.845	82.285	78.370	70.548
G13	1700	77.677	86.162	90.190	84.717	84.482	80.767	73.382
G14	1800	85.475	92.743	93.940	88.360	89.878	85.617	82.070
G15	1900	88.713	93.655	94.405	96.032	91.383	89.078	88.818
G16	2000	95.875	97.322	97.980	98.158	97.493	96.510	95.443
G17	2100	97.713	98.475	98.597	98.320	98.235	97.445	96.770
G18	2200	98.375	98.788	98.810	98.723	98.912	98.115	98.107
G19	2300	98.675	98.722	98.622	98.533	98.807	98.840	98.703
G20	2400	98.658	98.675	98.858	98.825	98.437	98.712	98.493

Tabel 6.13. *Output* skenario G1 – G20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	Jumlah Kendaraan yang Dilayani						
		Gardu 2	Gardu 4	Gardu 10	Gardu 12	Gardu 14	Gardu 16	Gardu 18
G1	500	43	84	109	77	79	58	45
G2	600	53	100	127	96	91	64	62
G3	700	71	118	140	108	103	79	73
G4	800	91	130	165	120	117	89	78
G5	900	95	144	174	143	136	112	87
G6	1000	110	160	180	160	154	122	104
G7	1100	126	174	194	165	167	137	126
G8	1200	141	187	210	186	177	154	133
G9	1300	158	201	219	195	192	167	156
G10	1400	174	223	223	209	204	188	164
G11	1500	190	227	241	220	222	196	187
G12	1600	208	235	253	238	234	215	197
G13	1700	223	249	251	246	254	229	221
G14	1800	240	253	271	259	262	243	240
G15	1900	259	270	262	276	283	264	242
G16	2000	282	268	274	275	275	270	285
G17	2100	291	289	285	273	276	287	277
G18	2200	281	286	278	276	278	296	291
G19	2300	280	274	289	281	282	280	280
G20	2400	274	299	279	291	278	282	294

Tabel 6.14. *Output* skenario H1 – H20

Skenario	Arrival	Panjang Antrian Maksimum							
		Gardu 2	**Gardu 4**	**Gardu 8**	**Gardu 10**	**Gardu 12**	**Gardu 14**	**Gardu 16**	**Gardu 18**
H1	500	1	2	2	2	2	2	1	2
H2	600	2	2	3	2	2	2	2	2
H3	700	2	3	3	3	2	2	2	3
H4	800	2	3	3	4	3	2	2	2
H5	900	2	3	3	3	3	3	3	2
H6	1000	3	3	4	4	3	3	3	2
H7	1100	2	3	3	3	3	3	3	3
H8	1200	3	3	5	4	3	3	4	3
H9	1300	3	3	4	4	4	3	3	3
H10	1400	3	5	4	5	4	4	3	3
H11	1500	4	4	5	5	4	4	4	4
H12	1600	4	4	5	5	5	4	4	4
H13	1700	4	5	5	5	5	5	5	4
H14	1800	4	5	6	7	5	6	5	5
H15	1900	5	5	6	6	6	5	6	5
H16	2000	5	6	6	6	6	6	6	5
H17	2100	6	7	9	7	6	6	6	6
H18	2200	9	10	10	10	10	10	9	11
H19	2300	10	13	12	11	11	11	11	11
H20	2400	20	21	21	21	21	21	21	20

Tabel 6.14. *Output* skenario H1 – H20 (lanjutan)

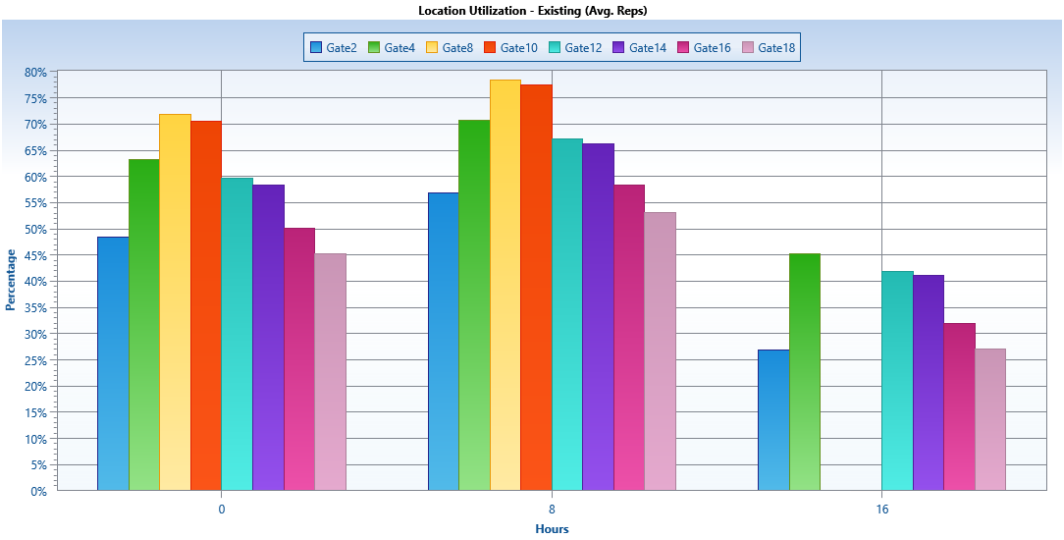
Skenario	Arrival	%utilisasi							
		Gardu 2	**Gardu 4**	**Gardu 8**	**Gardu 10**	**Gardu 12**	**Gardu 14**	**Gardu 16**	**Gardu 18**
H1	500	9.458	22.883	34.318	33.902	21.883	19.512	15.930	14.717
H2	600	11.523	29.185	37.530	36.827	25.428	26.430	18.232	16.548
H3	700	22.972	33.405	43.458	43.268	30.057	28.752	24.062	17.793
H4	800	21.603	39.920	49.775	48.482	31.300	34.260	26.183	25.107
H5	900	28.308	41.550	52.242	51.442	39.232	38.577	29.445	27.692
H6	1000	33.935	46.627	59.853	58.668	42.227	41.728	34.187	29.332
H7	1100	35.202	50.955	63.620	58.153	48.542	48.497	36.953	35.875
H8	1200	41.130	59.073	65.628	62.830	51.557	52.308	45.598	36.928
H9	1300	45.088	57.942	63.847	64.338	56.272	55.247	50.223	40.667
H10	1400	51.160	64.450	71.830	75.123	64.073	58.858	54.382	44.660
H11	1500	57.418	68.835	74.183	75.208	64.825	65.503	59.173	49.280
H12	1600	59.878	72.095	80.368	79.060	72.217	73.813	64.182	56.665
H13	1700	65.720	79.182	83.822	85.077	73.942	76.505	72.163	58.015
H14	1800	68.868	83.053	85.912	83.417	77.992	76.672	72.442	65.313
H15	1900	73.117	84.092	91.660	89.837	82.485	81.533	77.508	70.557
H16	2000	80.967	89.448	92.203	92.967	84.113	88.223	79.050	75.935
H17	2100	88.330	91.455	94.505	93.528	91.092	86.730	85.727	82.058
H18	2200	93.213	96.855	96.133	96.045	94.952	95.070	91.108	91.662
H19	2300	95.157	96.783	97.310	97.893	97.153	97.050	94.178	93.535
H20	2400	97.243	98.452	98.628	98.775	98.180	97.492	96.987	96.385

Tabel 6.14. *Output* skenario H1 – H20 (lanjutan)

Skenario	Arrival	Jumlah Kendaraan yang Dilayani							
		Gardu 2	**Gardu 4**	**Gardu 8**	**Gardu 10**	**Gardu 12**	**Gardu 14**	**Gardu 16**	**Gardu 18**
H1	500	27	71	97	94	60	56	45	45
H2	600	37	84	112	108	76	76	52	48
H3	700	58	94	127	124	86	86	64	53
H4	800	69	107	140	137	95	95	75	73
H5	900	82	116	156	148	118	110	87	74
H6	1000	94	140	169	161	127	120	99	79
H7	1100	104	151	177	168	145	136	109	98
H8	1200	117	160	190	183	153	152	127	107
H9	1300	129	174	197	195	166	165	138	123
H10	1400	145	185	209	203	180	175	152	136
H11	1500	159	196	221	222	185	184	170	147
H12	1600	175	210	230	234	198	200	175	160
H13	1700	190	227	238	241	213	208	189	175
H14	1800	203	233	247	246	226	228	204	190
H15	1900	220	239	252	253	242	241	218	209
H16	2000	237	260	268	261	247	247	232	220
H17	2100	238	267	274	274	256	267	249	244
H18	2200	264	271	292	280	270	260	273	243
H19	2300	281	287	279	297	269	264	273	274
H20	2400	280	284	283	273	284	290	273	274

6.2.3. Identifikasi Beban Kerja Operator

Untuk mengidentifikasi beban kerja setiap gardu pada setiap shift pada sistem aktual, model dijalankan sebanyak 25 replikasi dengan keadaan jumlah gardu dibuka pada shift 1 dan shift 2 sebanyak 8 gardu dan pada shift 3 sebanyak 6 gardu dengan penutupan gardu 8 dan gardu 10. Beban kerja setiap gardu dilihat dari rata-rata tingkat utilisasi gardu pada setiap shift. Hasil *output* simulasi ditunjukan pada gambar 6.11 yang memperlihatkan tingkat utilisasi yang beragam pada setiap gardu pada setiap shift.



Gambar 6.11. *Output* tingkat utilisasi setiap gardu pada setiap shift

Nilai utilisasi untuk setiap gardu pada setiap shift pada gambar 6.11 ditunjukan secara rinci pada tabel 6.15.

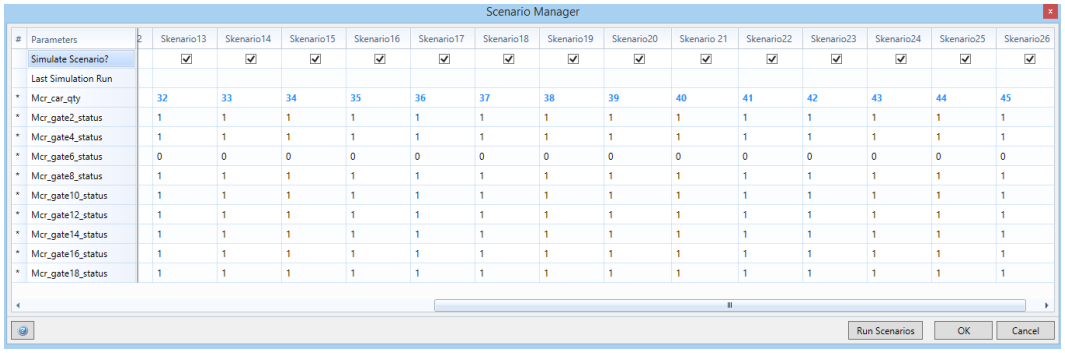
Tabel 6.15. %Utilisasi setiap gardu pada setiap shift skenario sistem aktual

Shift	%Utilisasi								Rata-rata
	Gardu2	Gardu4	Gardu8	Gardu10	Gardu12	Gardu14	Gardu16	Gardu18	
Shift1	48.53	63.37	71.85	70.7	59.77	58.44	50.22	45.42	58.5375
Shift2	56.93	70.91	78.46	77.53	67.32	66.32	58.4	53.27	66.1425
Shift3	27.06	45.25	0	0	42.03	41.18	32.12	27.22	26.8575

Pada tabel 6.15 tampak ketidakseimbangan beban kerja antara shift 1, 2 dan shift 3.

6.2.4. Identifikasi Volume Lalu Lintas Maksimum Harian yang Dapat Ditangani Sistem Aktual

Identifikasi volume lalu lintas maksimum harian berkaitan dengan kapasitas maksimum mobil yang dapat ditangani oleh sistem tanpa menimbulkan kemacetan sepanjang 100 meter atau 20 mobil. Skenario dijalankan dengan input scenario parameter seperti yang ditunjukan pada gambar 6.12.



Gambar 6.12. *Input scenario manager* identifikasi kapasitas maksimum

Adapun hasil skenario ditunjukan oleh tabel 6.15.

Tabel 6.16. *Output scenario manager* identifikasi kapasitas maksimum

Skenario	**Volume Harian**	**Antrian Maksimum**
Skenario1	20000	3
Skenario2	21000	4
Skenario3	22000	5
Skenario4	23000	5
Skenario5	24000	5
Skenario6	25000	5
Skenario7	26000	6
Skenario8	27000	6
Skenario9	28000	6
Skenario10	29000	6
Skenario11	30000	7
Skenario12	31000	7
Skenario13	32000	8
Skenario14	33000	8
Skenario15	34000	9
Skenario16	35000	11
Skenario17	36000	13
Skenario18	37000	15
Skenario19	38000	25
Skenario20	39000	30
Skenario21	40000	31
Skenario22	41000	33
Skenario23	42000	33
Skenario24	43000	33
Skenario25	44000	33
Skenario26	45000	33