# Bab 7
# Eksperimentasi Model

## 7.1 Penetapan Jumlah Replikasi Simulasi

### 7.1.1 Simulasi Gerbang Tol Pasir Koja

Pada saat melakukan eksperimen terhadap model yang dibuat diperlukan beberapa kali replikasi model dijalankan agar diperoleh hasil statistik yang akurat mengenai parameter yang diuji. Pada eksperimentasi model simulasi gerbang tol Pasir Koja, 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 2016. Data ditunjukan pada tabel 7.1.

Tabel 7.1 data total lalu lintas harian mobil bulan Februari dan Maret 2016 gerbang tol Pasir Koja

| Tanggal | Bulan | |
|---|---|---|
| | Februari | Maret |
| 1 | 16160 | 15958 |
| 2 | 16152 | 16019 |
| 3 | 16015 | 15414 |
| 4 | 16012 | 14867 |
| 5 | 16696 | 16572 |
| 6 | 18678 | 14884 |
| 7 | 15370 | 16369 |
| 8 | 13765 | 16949 |
| 9 | 16497 | 12117 |
| 10 | 15921 | 16759 |
| 11 | 16149 | 16869 |
| 12 | 16347 | 14824 |
| 13 | 16492 | 14690 |
| 14 | 12700 | 15901 |
| 15 | 16249 | 14926 |
| 16 | 15653 | 15702 |
| 17 | 15598 | 15878 |
| 18 | 16055 | 16486 |
| 19 | 16348 | 16018 |
| 20 | 16111 | 14227 |
| 21 | 12150 | 16616 |
| 22 | 15914 | 15855 |
| 23 | 15394 | 16180 |
| 24 | 15772 | 16558 |
| 25 | 15975 | 15137 |
| 26 | 16473 | 15332 |
| 27 | 16374 | 14896 |

Tabel 7.1 data total lalu lintas harian mobil bulan Februari dan Maret 2016 gerbang tol Pasir Koja (lanjutan)

| Tanggal | Bulan | |
|---|---|---|
| | Februari | Maret |
| 28 | 12696 | 16781 |
| 29 | 16080 | 15588 |
| 30 | | 15905 |
| 31 | | 15566 |

Perhitungan replikasi dilakukan dengan persamaan 7.1 sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e}\right]^2 \quad (7.1)$$

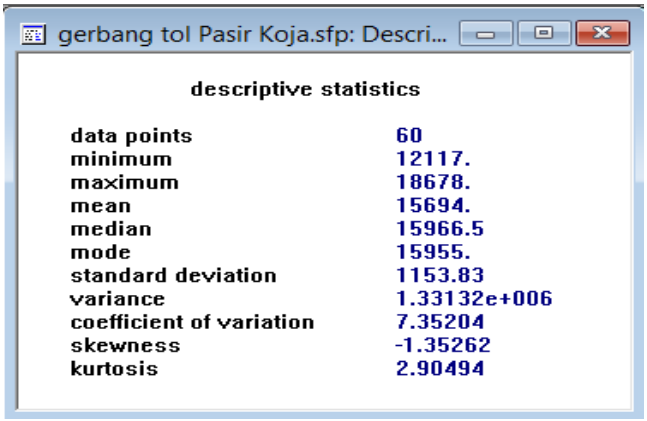
Dimana:

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 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1500 dan 2000. Selanjutnya adalah menentukan rata-rata dan standar deviasi sampel, dihitung menggunakan Stat::fit dan hasil perhitungan ditunjukan pada gambar 7.1. Diperoleh nilai rata-rata dari ukuran sampel n =60 sebesar 15694 dengan standar deviasi sebesar 1154.




Gambar 7.1. Hasil Perhitungan Rata-rata dan Standar deviasi Data Gerbang Tol Pasir Koja dengan Stat::Fit

Kemudiah dihitung jumlah replikasi yang diperlukan menggunakan persamaan (7.1) untuk menghasilkan estimasi rata-rata populasi pada setiap tingkat error e yang digunakan dengan taraf kepercayaan 95%, dengan standar deviasi 2041. Hasil perhitungan ditunjukan pada tabel 6.2. Untuk nilai didapat $Z\alpha/2$ = diperoleh dari: Nilai Z = 1 - 0,95 = 0,05 = $Z_{0.05/2}$ = $Z_{0.025}$ jadi nilai $Z_{0.025}$ adalah 1.96 dilihat dari tabel distribusi T-student dan tabel distribusi normal.

Tabel 7.2. Jumlah replikasi (n) setiap tingkat estimasi *error* (e) data gerbang tol Pasir Koja

| **Estimasi *error* (e)** | **Jumlah Replikasi Diperlukan (n)** |
|---|---|
| 300 | 56,84 |
| 400 | 31,97 |
| 500 | 20,46 |
| 600 | 14,21 |
| 700 | 10,44 |
| 800 | 7,99 |
| 900 | 6,32 |
| 1000 | 5,12 |
| 1500 | 2,27 |
| 2000 | 1,28 |

Berdasarkan hasil pada tabel 7.2, maka jumlah replikasi yang digunakan untuk setiap skenario dipilih sebanyak 21 replikasi dengan tingkat estimasi *error* 500 mobil. Artinya diperlukan 21 replikasi dijalankan pada model simulasi untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual.

### 7.1.2 Simulasi Gerbang Tol Kopo

Pada saat melakukan eksperimen terhadap model yang dibuat diperlukan beberapa kali replikasi model dijalankan agar diperoleh hasil statistik yang akurat mengenai parameter yang diuji. Pada eksperimentasi model simulasi gerbang tol Kopo, 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 2016. Data ditunjukan pada tabel 7.3.

Tabel 7.3 data total lalu lintas harian mobil bulan Februari dan Maret 2016 gerbang tol Kopo

| Tanggal | Bulan | |
|---|---|---|
| | Februari | Maret |
| 1 | 15086 | 16036 |
| 2 | 15139 | 13432 |
| 3 | 15580 | 14167 |
| 4 | 15695 | 14818 |
| 5 | 16255 | 15231 |
| 6 | 15887 | 15293 |
| 7 | 14629 | 15612 |
| 8 | 16536 | 16336 |
| 9 | 15037 | 15224 |
| 10 | 15192 | 13084 |
| 11 | 15205 | 14920 |
| 12 | 15302 | 15060 |
| 13 | 15251 | 15027 |
| 14 | 16031 | 15434 |
| 15 | 16822 | 16144 |
| 16 | 15548 | 15235 |
| 17 | 13593 | 15312 |
| 18 | 15656 | 15029 |
| 19 | 14817 | 14853 |
| 20 | 15694 | 14747 |
| 21 | 15455 | 15556 |
| 22 | 16477 | 15835 |
| 23 | 14591 | 14934 |
| 24 | 15525 | 15194 |
| 25 | 15455 | 15109 |
| 26 | 15405 | 15045 |
| 27 | 15130 | 15130 |
| 28 | 15540 | 15540 |
| 29 | 15175 | 16331 |
| 30 | | 14987 |
| 31 | | 14998 |

Perhitungan replikasi dilakukan dengan persamaan 7.2 sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e}\right]^2 \quad (7.2)$$

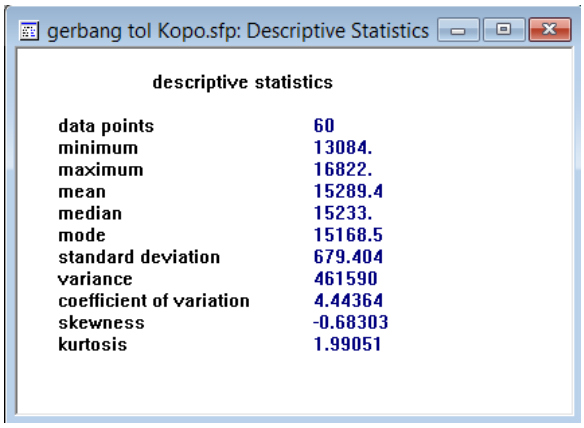
Dimana:

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 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1500, 2000. Selanjutnya adalah menentukan rata-rata dan standar deviasi sampel, dihitung menggunakan Stat::fit dan hasil perhitungan ditunjukan pada gambar 7.2. Diperoleh nilai rata-rata dari ukuran sampel n =60 sebesar 15289 dengan standar deviasi sebesar 679.




Gambar 7.2. Hasil Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Data Gerbang Tol Kopo dengan Stat::Fit

Kemudiah dihitung jumlah replikasi yang diperlukan menggunakan persamaan (7.2) untuk menghasilkan estimasi rata-rata populasi pada setiap tingkat error e yang digunakan dengan taraf kepercayaan 95%, dengan standar deviasi 2041. Hasil perhitungan ditunjukan pada tabel 6.2. Untuk nilai didapat $Z\alpha/2$ = diperoleh dari: Nilai Z = 1 - 0,95 = 0,05 = $Z_{0.05/2}$ = $Z_{0.025}$ jadi nilai $Z_{0.025}$ adalah 1.96 dilihat dari tabel distribusi T-student dan tabel distribusi normal.

Tabel 7.4. Jumlah replikasi (n) setiap tingkat estimasi *error* (e) data gerbang tol Pasir Koja

| **Estimasi *error* (e)** | **Jumlah Replikasi Diperlukan (n)** |
|---|---|
| 300 | 19,68 |
| 400 | 11,07 |
| 500 | 7,08 |
| 600 | 4,92 |
| 700 | 3,61 |
| 800 | 2,77 |
| 900 | 2,19 |
| 1000 | 1,77 |
| 1500 | 0,79 |
| 2000 | 0,44 |

Berdasarkan hasil pada tabel 7.4, maka jumlah replikasi yang digunakan untuk setiap skenario dipilih sebanyak 20 replikasi dengan tingkat estimasi *error* 300 mobil. Artinya diperlukan 20 replikasi dijalankan pada model simulasi untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual.

### 7.1.3 Simulasi Gerbang Tol Mohammad Toha

Pada saat melakukan eksperimen terhadap model yang dibuat diperlukan beberapa kali replikasi model dijalankan agar diperoleh hasil statistik yang akurat mengenai parameter yang diuji. Pada eksperimentasi model simulasi gerbang tol Mohammad Toha, 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 2016. Data ditunjukan pada tabel 7.5.

Tabel 7.5 data total lalu lintas harian mobil bulan Februari dan Maret 2016 gerbang tol Mohammad Toha

| **Tanggal** | **Bulan** | |
|---|---|---|
| | **Februari** | **Maret** |
| 1 | 14369 | 13723 |
| 2 | 13235 | 12049 |
| 3 | 9760 | 13569 |
| 4 | 15287 | 14148 |
| 5 | 13760 | 13379 |
| 6 | 13619 | 13374 |
| 7 | 13804 | 14495 |
| 8 | 14393 | 13048 |
| 9 | 12701 | 12122 |
| 10 | 8902 | 13737 |
| 11 | 13546 | 14115 |
| 12 | 13549 | 14023 |
| 13 | 13524 | 14901 |
| 14 | 13514 | 10612 |
| 15 | 14478 | 12229 |
| 16 | 14369 | 13723 |
| 17 | 13235 | 12049 |
| 18 | 9760 | 13569 |
| 19 | 15287 | 14148 |
| 20 | 13760 | 13379 |
| 21 | 13619 | 13374 |
| 22 | 13804 | 14495 |
| 23 | 14393 | 13048 |
| 24 | 12701 | 12122 |

Tabel 7.5 data total lalu lintas harian mobil bulan Februari dan Maret 2016 gerbang tol Mohammad Toha (lanjutan)

| Tanggal | Bulan | |
|---|---|---|
| | Februari | Maret |
| 25 | 8902 | 13737 |
| 26 | 13546 | 14115 |
| 27 | 13238 | 12754 |
| 28 | 9317 | 13689 |
| 29 | 13600 | 13474 |
| 30 | | 13875 |
| 31 | | 13843 |

Perhitungan replikasi dilakukan dengan persamaan 7.3 sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e}\right]^2 \quad (7.3)$$

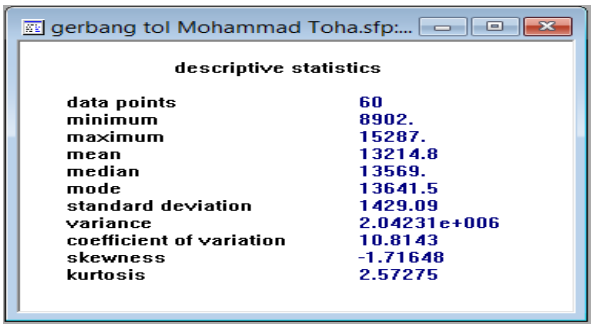
Dimana:

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 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1500, 2000. Selanjutnya adalah menentukan rata-rata dan standar deviasi sampel, dihitung menggunakan Stat::fit dan hasil perhitungan ditunjukan pada gambar 7.3. Diperoleh nilai rata-rata dari ukuran sampel n =60 sebesar 13215 dengan standar deviasi sebesar 1429.




Gambar 7.3. Hasil Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Data Gerbang Tol ohammad Toha dengan Stat::Fit

Kemudiah dihitung jumlah replikasi yang diperlukan menggunakan persamaan (7.3) untuk menghasilkan estimasi rata-rata populasi pada setiap tingkat error e yang digunakan dengan taraf kepercayaan 95%, dengan standar deviasi 2041. Hasil perhitungan ditunjukan pada tabel 6.2. Untuk nilai didapat $Z\alpha/2$ = diperoleh dari: Nilai Z = 1 - 0,95 = 0,05 = $Z_{0.05/2}$ = $Z_{0.025}$ jadi nilai $Z_{0.025}$ adalah 1.96 dilihat dari tabel distribusi T-student dan tabel distribusi normal.

Tabel 7.6. Jumlah replikasi (n) setiap tingkat estimasi *error* (e) data gerbang tol Pasir Koja

| **Estimasi *error* (e)** | **Jumlah Replikasi Diperlukan (n)** |
|---|---|
| 300 | 87,16 |
| 400 | 49,03 |
| 500 | 31,38 |
| 600 | 21,79 |
| 700 | 16,01 |
| 800 | 12,26 |
| 900 | 9,68 |
| 1000 | 7,84 |
| 1500 | 3,49 |
| 2000 | 1,96 |

Berdasarkan hasil pada tabel 7.6, maka jumlah replikasi yang digunakan untuk setiap skenario dipilih sebanyak 22 replikasi dengan tingkat estimasi *error* 600 mobil. Artinya diperlukan 22 replikasi dijalankan pada model simulasi untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual.

### 7.1.4 Simulasi Gerbang Tol Buah Batu

Pada saat melakukan eksperimen terhadap model yang dibuat diperlukan beberapa kali replikasi model dijalankan agar diperoleh hasil statistik yang akurat mengenai parameter yang diuji. Pada eksperimentasi model simulasi gerbang tol Buah Batu, 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 2016. Data ditunjukan pada tabel 7.7.

Tabel 7.5 data total lalu lintas harian mobil bulan Februari dan Maret 2016 gerbang tol Buah Batu

| Tanggal | Bulan | |
|---|---|---|
| | Februari | Maret |
| 1 | 19706 | 21388 |
| 2 | 19215 | 19966 |
| 3 | 20009 | 17411 |
| 4 | 20295 | 20045 |
| 5 | 22303 | 19942 |
| 6 | 21985 | 19722 |
| 7 | 19512 | 20547 |
| 8 | 17971 | 21307 |
| 9 | 20371 | 20614 |
| 10 | 20064 | 18407 |
| 11 | 20268 | 19944 |
| 12 | 20988 | 20119 |
| 13 | 19290 | 17692 |
| 14 | 17571 | 19938 |
| 15 | 19891 | 21547 |
| 16 | 19431 | 20108 |
| 17 | 19504 | 18411 |
| 18 | 19760 | 20320 |
| 19 | 21005 | 19703 |
| 20 | 19728 | 19965 |
| 21 | 16906 | 20119 |
| 22 | 20704 | 21840 |
| 23 | 19720 | 20321 |
| 24 | 19754 | 17793 |
| 25 | 20012 | 20257 |
| 26 | 21604 | 20192 |
| 27 | 20287 | 19479 |
| 28 | 17643 | 19871 |
| 29 | 19924 | 18501 |
| 30 | | 18399 |
| 31 | | 19062 |

Perhitungan replikasi dilakukan dengan persamaan 7.4 sebagai berikut:

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e}\right]^2 \quad (7.4)$$

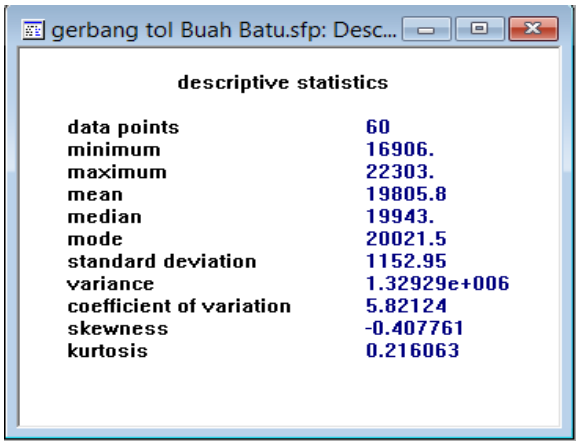
Dimana:

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 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1500, 2000. Selanjutnya adalah menentukan rata-rata dan standar deviasi sampel, dihitung menggunakan Stat::fit dan hasil perhitungan ditunjukan pada gambar 7.4. Diperoleh nilai rata-rata dari ukuran sampel n =60 sebesar 19806 dengan standar deviasi sebesar 1153.




Gambar 7.4. Hasil Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Data Gerbang Tol Buah Batu dengan Stat::Fit

Kemudiah dihitung jumlah replikasi yang diperlukan menggunakan persamaan (7.4) untuk menghasilkan estimasi rata-rata populasi pada setiap tingkat error e yang digunakan dengan taraf kepercayaan 95%, dengan standar deviasi 2041. Hasil perhitungan ditunjukan pada tabel 6.2. Untuk nilai didapat $Z\alpha/2$ = diperoleh dari: Nilai Z = 1 - 0,95 = 0,05 = $Z_{0.05/2}$ = $Z_{0.025}$ jadi nilai $Z_{0.025}$ adalah 1.96 dilihat dari tabel distribusi T-student dan tabel distribusi normal.

Tabel 7.8. Jumlah replikasi (n) setiap tingkat estimasi *error* (e) data gerbang tol Buah Batu

| **Estimasi *error* (e)** | **Jumlah Replikasi Diperlukan (n)** |
|---|---|
| 300 | 56,75 |
| 400 | 31,92 |
| 500 | 20,43 |
| 600 | 14,19 |
| 700 | 10,42 |
| 800 | 7,98 |
| 900 | 6,31 |
| 1000 | 5,11 |
| 1500 | 2,27 |
| 2000 | 1,28 |

Berdasarkan hasil pada tabel 7.8, maka jumlah replikasi yang digunakan untuk setiap skenario dipilih sebanyak 21 replikasi dengan tingkat estimasi *error* 500 mobil. Artinya diperlukan 21 replikasi dijalankan pada model simulasi untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual.

## 7.2 Skenario Ekperimen

### 7.2.1 Simulasi Gerbang Tol Pasir koja

#### 7.2.1.1 Identifikasi Tingkat Performansi Harian Sistem Aktual

Untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Pasir Koja, model simulasi dijalankan sebanyak 21 replikasi dengan keadaan gardu terbuka seluruhnya. Tingkat performansi yang diukur adalah jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu, tingkat utilisasi masing-masing gardu dan panjang antrian maksimum. Hasil simulasi untuk rata-rata *output* setiap replikasi ditunjukan pada gambar 7.5.

Location Summary (Avg. Reps)

| Replication | Name | Scheduled Time (Min) | Capacity | Total Entries | Average Time Per Entry (Sec) | Average Contents | Maximum Contents | Current Contents | % Utilization |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avg | kedatangan | 1.440,00 | 999.999,00 | 15.801,71 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Avg | antrian gardu 02 | 1.440,00 | 30,00 | 3.495,67 | 139,56 | 5,65 | 20,71 | 2,29 | 18,82 |
| Avg | antrian gardu 04 etoll | 1.440,00 | 30,00 | 2.455,95 | 138,62 | 3,94 | 15,76 | 1,95 | 13,13 |
| Avg | antrian gardu 06 | 1.440,00 | 30,00 | 3.679,57 | 139,59 | 5,95 | 21,24 | 2,14 | 19,82 |
| Avg | antrian gardu 08 | 1.440,00 | 30,00 | 3.381,33 | 139,58 | 5,46 | 20,29 | 2,48 | 18,21 |
| Avg | antrian gardu 10 | 1.440,00 | 30,00 | 2.789,19 | 139,25 | 4,50 | 17,33 | 1,95 | 14,98 |
| Avg | gardu 02 | 1.440,00 | 1,00 | 3.493,38 | 5,30 | 0,21 | 1,00 | 0,05 | 21,42 |
| Avg | gardu 04 etoll | 1.440,00 | 1,00 | 2.454,00 | 3,10 | 0,09 | 1,00 | 0,00 | 8,81 |
| Avg | gardu 06 | 1.440,00 | 1,00 | 3.677,43 | 5,20 | 0,22 | 1,00 | 0,19 | 22,11 |
| Avg | gardu 08 | 1.440,00 | 1,00 | 3.378,86 | 5,43 | 0,21 | 1,00 | 0,05 | 21,24 |
| Avg | gardu 10 | 1.440,00 | 1,00 | 2.787,24 | 5,34 | 0,17 | 1,00 | 0,14 | 17,24 |

Gambar 7.5 *Output* tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Pasir Koja

Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu dipaparkan pada tabel 7.9.

Tabel 7.9 Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu pada gerbang tol Pasir Koja

| **Replikasi** | **Kedatangan** | **Jumlah Kendaraan (Unit)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** | **Gardu 10** |
| 1 | 14225 | 3219 | 2215 | 3280 | 3044 | 2454 |
| 2 | 15051 | 3440 | 2307 | 3534 | 3148 | 2617 |
| 3 | 16422 | 3616 | 2584 | 3925 | 3491 | 2794 |

Tabel 7.9 Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu pada gerbang tol Pasir Koja (lanjutan)

| Replikasi | Kedatangan | Jumlah Kendaraan (Unit) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 4 | 16428 | 3574 | 2504 | 3821 | 3599 | 2917 |
| 5 | 15454 | 3392 | 2326 | 3619 | 3308 | 2804 |
| 6 | 14654 | 3246 | 2262 | 3370 | 3116 | 2648 |
| 7 | 14690 | 3252 | 2323 | 3394 | 3111 | 2598 |
| 8 | 17180 | 3801 | 2657 | 4043 | 3625 | 3045 |
| 9 | 13918 | 3149 | 2175 | 3195 | 2963 | 2423 |
| 10 | 16782 | 3830 | 2588 | 3949 | 3498 | 2911 |
| 11 | 15542 | 3424 | 2455 | 3689 | 3203 | 2765 |
| 12 | 16494 | 3681 | 2511 | 3812 | 3461 | 3013 |
| 13 | 15444 | 3318 | 2368 | 3579 | 3417 | 2752 |
| 14 | 15873 | 3537 | 2503 | 3655 | 3470 | 2700 |
| 15 | 16831 | 3667 | 2703 | 3843 | 3517 | 3086 |
| 16 | 17720 | 3878 | 2734 | 4121 | 3861 | 3115 |
| 17 | 15638 | 3436 | 2394 | 3597 | 3436 | 2762 |
| 18 | 15518 | 3375 | 2481 | 3529 | 3377 | 2745 |
| 19 | 15412 | 3308 | 2401 | 3663 | 3315 | 2709 |
| 20 | 16015 | 3585 | 2433 | 3756 | 3450 | 2783 |
| 21 | 16545 | 3633 | 2610 | 3852 | 3546 | 2891 |

Tingkat utulisasi pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.10 berikut.

Tabel 7.10 %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Pasir Koja

| Replikasi | Kedatangan | %Utilisasi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 1 | 14225 | 19,75 | 7,93 | 19,72 | 19,02 | 15,11 |
| 2 | 15051 | 21,10 | 8,24 | 21,14 | 19,85 | 16,14 |
| 3 | 16422 | 22,05 | 9,30 | 23,64 | 21,89 | 17,27 |
| 4 | 16428 | 21,93 | 8,96 | 23,11 | 22,72 | 18,16 |
| 5 | 15454 | 20,73 | 8,36 | 21,75 | 20,89 | 17,53 |
| 6 | 14654 | 19,93 | 8,08 | 20,18 | 19,64 | 16,36 |
| 7 | 14690 | 20,05 | 8,32 | 20,40 | 19,63 | 16,09 |
| 8 | 17180 | 23,24 | 9,47 | 24,39 | 22,72 | 18,91 |
| 9 | 13918 | 19,26 | 7,80 | 19,33 | 18,57 | 14,89 |
| 10 | 16782 | 23,46 | 9,34 | 23,56 | 21,86 | 17,95 |
| 11 | 15542 | 21,07 | 8,79 | 22,20 | 20,16 | 17,24 |
| 12 | 16494 | 22,63 | 9,04 | 22,79 | 21,78 | 18,58 |
| 13 | 15444 | 20,30 | 8,46 | 21,67 | 21,67 | 17,00 |
| 14 | 15873 | 21,64 | 9,06 | 22,03 | 21,81 | 16,72 |
| 15 | 16831 | 22,54 | 9,74 | 23,13 | 22,16 | 19,19 |
| 16 | 17720 | 23,90 | 9,78 | 24,75 | 23,94 | 19,28 |
| 17 | 15638 | 20,96 | 8,65 | 21,49 | 21,63 | 17,03 |
| 18 | 15518 | 20,50 | 8,93 | 21,25 | 21,25 | 17,01 |
| 19 | 15412 | 20,28 | 8,61 | 22,12 | 20,87 | 16,66 |
| 20 | 16015 | 22,09 | 8,76 | 22,53 | 21,63 | 17,29 |
| 21 | 16545 | 22,31 | 9,35 | 23,21 | 22,32 | 17,75 |

Tingkat utilisasi juga ditunjukan dalam setiap interval untuk rata-rata dari setiap replikasi untuk setiap gardu, hasil ini ditunjukan pada tabel 7.11.

Tabel 7.11 Tingkat utilisasi rata-rata replikasi per jam gerbang tol Pasir Koja

| Interval waktu | | %utilisasi rata-rata replikasi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 5:30:00 | 6:30:00 | 6,39% | 1,69% | 7,82% | 3,68% | 3,88% |
| 6:30:00 | 7:30:00 | 4,99% | 0,95% | 2,98% | 4,94% | 3,49% |
| 7:30:00 | 8:30:00 | 1,49% | 1,50% | 4,52% | 4,45% | 2,97% |
| 8:30:00 | 9:30:00 | 2,52% | 1,36% | 3,48% | 3,81% | 2,50% |
| 9:30:00 | 10:30:00 | 2,81% | 1,73% | 3,38% | 4,52% | 3,93% |
| 10:30:00 | 11:30:00 | 5,10% | 3,56% | 6,03% | 6,67% | 4,62% |
| 11:30:00 | 12:30:00 | 18,16% | 7,93% | 15,25% | 20,41% | 13,27% |
| 12:30:00 | 13:30:00 | 25,56% | 12,21% | 27,41% | 29,74% | 21,75% |
| 13:30:00 | 14:30:00 | 32,01% | 12,12% | 26,21% | 26,41% | 22,63% |
| 14:30:00 | 15:30:00 | 30,63% | 11,10% | 27,68% | 29,79% | 24,04% |
| 15:30:00 | 16:30:00 | 33,54% | 12,54% | 32,50% | 27,43% | 21,72% |
| 16:30:00 | 17:30:00 | 29,36% | 11,85% | 35,05% | 27,24% | 23,52% |
| 17:30:00 | 18:30:00 | 30,73% | 11,25% | 29,81% | 24,75% | 20,97% |
| 18:30:00 | 19:30:00 | 30,93% | 12,18% | 29,88% | 23,33% | 24,11% |
| 19:30:00 | 20:30:00 | 29,32% | 13,90% | 30,26% | 29,77% | 22,29% |
| 20:30:00 | 21:30:00 | 32,53% | 11,41% | 29,61% | 34,56% | 22,70% |
| 21:30:00 | 22:30:00 | 31,70% | 10,76% | 30,37% | 27,38% | 23,95% |
| 22:30:00 | 23:30:00 | 29,18% | 10,13% | 30,05% | 28,97% | 21,79% |
| 23:30:00 | 0:30:00 | 25,07% | 9,41% | 25,91% | 25,53% | 19,52% |
| 0:30:00 | 1:30:00 | 22,44% | 9,27% | 22,63% | 23,71% | 14,58% |
| 1:30:00 | 2:30:00 | 17,68% | 7,99% | 17,96% | 16,47% | 17,47% |
| 2:30:00 | 3:30:00 | 12,74% | 6,42% | 16,00% | 15,51% | 11,51% |
| 3:30:00 | 4:30:00 | 11,13% | 5,04% | 11,14% | 9,75% | 9,09% |
| 4:30:00 | 5:30:00 | 7,94% | 4,07% | 7,25% | 7,68% | 6,37% |

Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.12 berikut.

Tabel 7.12 Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Pasir Koja

| Replikasi | Kedatangan | Panjang rata-rata antrian (Unit) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 1 | 14225 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 2 | 15051 | 7 | 5 | 7 | 6 | 5 |
| 3 | 16422 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 4 | 16428 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 5 | 15454 | 6 | 5 | 7 | 6 | 5 |
| 6 | 14654 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 7 | 14690 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 8 | 17180 | 7 | 5 | 8 | 7 | 6 |
| 9 | 13918 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 10 | 16782 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 11 | 15542 | 7 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| 12 | 16494 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 13 | 15444 | 6 | 5 | 7 | 7 | 5 |
| 14 | 15873 | 7 | 5 | 7 | 7 | 5 |
| 15 | 16831 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 16 | 17720 | 7 | 5 | 8 | 7 | 6 |

Tabel 7.12 Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Pasir Koja (lanjutan)

| Replikasi | Kedatangan | Panjang rata-rata antrian (Unit) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 17 | 15638 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 18 | 15518 | 6 | 5 | 7 | 6 | 5 |
| 19 | 15412 | 6 | 5 | 7 | 6 | 5 |
| 20 | 16015 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 21 | 16545 | 7 | 5 | 7 | 7 | 6 |

### 7.2.1.2 Identifikasi Beban Kerja Setiap Gardu

Untuk mengidentifikasi beban kerja setiap gardu pada setiap shift pada sistem aktual, model dijalankan sebanyak 21 replikasi dengan keadaan gardu dibuka seluruhnya. Beban kerja setiap gardu dilihat dari rata-rata tingkat utilisasi gardu pada setiap shift. Nilai utilisasi untuk setiap gardu pada setiap shift ditunjukan secara rinci pada tabel 7.13.

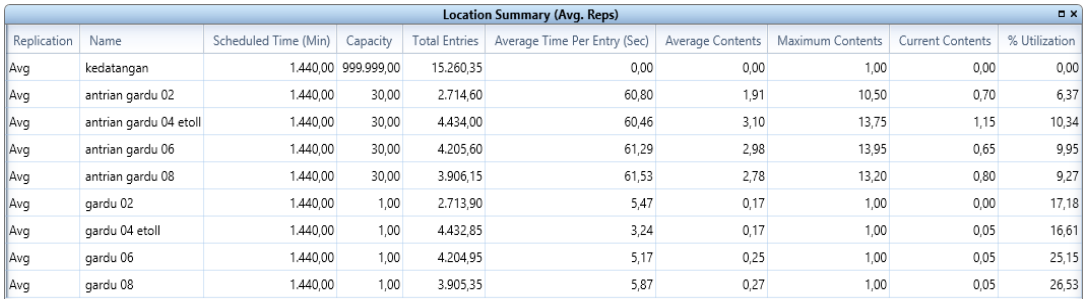
Tabel 7.13. %Utilisasi setiap gardu pada setiap shift skenario sistem aktual gerbang tol Pasir Koja

| Shift | %Utilisasi | | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 | |
| Shift1 | 9,97% | 4,21% | 10,10% | 10,00% | 7,98% | 8,57% |
| Shift2 | 32,60% | 13,36% | 33,97% | 32,27% | 26,36% | 28,05% |
| Shift3 | 21,68% | 8,85% | 22,27% | 21,45% | 17,39% | 18,56% |

## 7.2.2 Simulasi Gerbang Tol Kopo

### 7.2.2.1 Identifikasi Tingkat Performansi Harian Sistem Aktual

Untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Kopo, model simulasi dijalankan sebanyak 20 replikasi dengan keadaan gardu terbuka seluruhnya. Tingkat performansi yang diukur adalah jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu, tingkat utilisasi masing-masing gardu dan panjang antrian maksimum. Hasil simulasi untuk rata-rata *output* setiap replikasi ditunjukan pada gambar 7.6.



Location Summary (Avg. Reps)

| Replication | Name | Scheduled Time (Min) | Capacity | Total Entries | Average Time Per Entry (Sec) | Average Contents | Maximum Contents | Current Contents | % Utilization |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avg | kedatangan | 1.440,00 | 999.999,00 | 15.260,35 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Avg | antrian gardu 02 | 1.440,00 | 30,00 | 2.714,60 | 60,80 | 1,91 | 10,50 | 0,70 | 6,37 |
| Avg | antrian gardu 04 etoll | 1.440,00 | 30,00 | 4.434,00 | 60,46 | 3,10 | 13,75 | 1,15 | 10,34 |
| Avg | antrian gardu 06 | 1.440,00 | 30,00 | 4.205,60 | 61,29 | 2,98 | 13,95 | 0,65 | 9,95 |
| Avg | antrian gardu 08 | 1.440,00 | 30,00 | 3.906,15 | 61,53 | 2,78 | 13,20 | 0,80 | 9,27 |
| Avg | gardu 02 | 1.440,00 | 1,00 | 2.713,90 | 5,47 | 0,17 | 1,00 | 0,00 | 17,18 |
| Avg | gardu 04 etoll | 1.440,00 | 1,00 | 4.432,85 | 3,24 | 0,17 | 1,00 | 0,05 | 16,61 |
| Avg | gardu 06 | 1.440,00 | 1,00 | 4.204,95 | 5,17 | 0,25 | 1,00 | 0,05 | 25,15 |
| Avg | gardu 08 | 1.440,00 | 1,00 | 3.905,35 | 5,87 | 0,27 | 1,00 | 0,05 | 26,53 |

Gambar 7.6 *Output* tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Kopo

Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu dipaparkan pada tabel 7.14.

Tabel 7.14 Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu pada gerbang tol Kopo

| **Replikasi** | **Kedatangan** | **Jumlah Kendaraan (Unit)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** |
| 1 | 14328 | 2555 | 4198 | 3899 | 3671 |
| 2 | 15314 | 2686 | 4502 | 4246 | 3876 |
| 3 | 15183 | 2668 | 4427 | 4229 | 3855 |
| 4 | 14359 | 2519 | 4151 | 3942 | 3741 |
| 5 | 15951 | 2824 | 4563 | 4420 | 4142 |
| 6 | 14502 | 2607 | 4153 | 3979 | 3761 |
| 7 | 17104 | 3123 | 4892 | 4636 | 4453 |
| 8 | 15787 | 2903 | 4549 | 4416 | 3914 |
| 9 | 16300 | 2961 | 4787 | 4428 | 4119 |
| 10 | 14705 | 2663 | 4283 | 4013 | 3742 |
| 11 | 15364 | 2712 | 4584 | 4244 | 3820 |
| 12 | 14703 | 2598 | 4268 | 3993 | 3841 |
| 13 | 15579 | 2769 | 4455 | 4326 | 4023 |
| 14 | 15361 | 2678 | 4563 | 4235 | 3882 |
| 15 | 15126 | 2658 | 4327 | 4248 | 3892 |
| 16 | 15537 | 2781 | 4443 | 4316 | 3995 |
| 17 | 14218 | 2497 | 4161 | 3901 | 3657 |
| 18 | 14972 | 2639 | 4398 | 4105 | 3828 |
| 19 | 14835 | 2674 | 4286 | 4061 | 3811 |
| 20 | 15979 | 2763 | 4667 | 4462 | 4084 |

Tingkat utulisasi pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.15 berikut.

Tabel 7.15 %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Kopo

| **Replikasi** | **Kedatangan** | **%utilisasi** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** |
| 1 | 14328 | 16,25 | 15,76 | 23,37 | 24,79 |
| 2 | 15314 | 16,90 | 17,03 | 25,38 | 26,40 |
| 3 | 15183 | 16,92 | 16,65 | 25,39 | 26,12 |
| 4 | 14359 | 15,91 | 15,68 | 23,50 | 25,27 |
| 5 | 15951 | 17,73 | 17,00 | 26,37 | 28,19 |
| 6 | 14502 | 16,48 | 15,65 | 23,73 | 25,63 |
| 7 | 17104 | 19,75 | 18,35 | 27,87 | 30,39 |
| 8 | 15787 | 18,40 | 17,00 | 26,55 | 26,52 |

Tabel 7.15 %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Kopo (lanjutan)

| Replikasi | Kedatangan | %utilisasi | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 |
| 9 | 16300 | 18,62 | 18,00 | 26,33 | 27,90 |
| 10 | 14705 | 16,98 | 15,96 | 23,89 | 25,21 |
| 11 | 15364 | 17,46 | 17,21 | 25,22 | 26,01 |
| 12 | 14703 | 16,53 | 15,99 | 23,90 | 26,26 |
| 13 | 15579 | 17,66 | 16,78 | 26,12 | 27,26 |
| 14 | 15361 | 16,93 | 17,15 | 25,36 | 26,43 |
| 15 | 15126 | 16,65 | 16,16 | 25,35 | 26,31 |
| 16 | 15537 | 17,52 | 16,62 | 25,92 | 27,22 |
| 17 | 14218 | 15,67 | 15,51 | 23,34 | 24,94 |
| 18 | 14972 | 16,71 | 16,32 | 24,42 | 26,02 |
| 19 | 14835 | 17,05 | 16,13 | 24,27 | 26,08 |
| 20 | 15979 | 17,48 | 17,33 | 26,71 | 27,66 |

Tingkat utilisasi juga ditunjukan dalam setiap interval untuk rata-rata dari setiap replikasi untuk setiap gardu, hasil ini ditunjukan pada tabel 7.16.

Tabel 7.16 Tingkat utilisasi rata-rata replikasi per jam gerbang tol Kopo

| Interval waktu | | %utilisasi rata-rata replikasi perjam | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 |
| **5:30:00** | **6:30:00** | 11,03% | 11,25% | 16,80% | 17,84% |
| **6:30:00** | **7:30:00** | 21,00% | 20,55% | 32,02% | 31,83% |
| **7:30:00** | **8:30:00** | 23,91% | 23,48% | 35,79% | 37,46% |
| **8:30:00** | **9:30:00** | 23,09% | 21,75% | 32,85% | 34,63% |
| **9:30:00** | **10:30:00** | 23,90% | 23,18% | 34,35% | 36,78% |
| **10:30:00** | **11:30:00** | 23,05% | 23,31% | 34,28% | 37,91% |
| **11:30:00** | **12:30:00** | 24,26% | 22,65% | 34,61% | 36,96% |
| **12:30:00** | **13:30:00** | 22,87% | 22,42% | 33,59% | 34,39% |
| **13:30:00** | **14:30:00** | 23,47% | 22,94% | 35,19% | 37,08% |
| **14:30:00** | **15:30:00** | 25,29% | 23,60% | 36,09% | 38,12% |
| **15:30:00** | **16:30:00** | 25,14% | 24,47% | 37,17% | 38,62% |
| **16:30:00** | **17:30:00** | 26,30% | 24,98% | 37,33% | 39,52% |
| **17:30:00** | **18:30:00** | 23,20% | 22,08% | 33,86% | 36,62% |
| **18:30:00** | **19:30:00** | 21,19% | 20,31% | 30,63% | 31,45% |
| **19:30:00** | **20:30:00** | 19,43% | 19,22% | 28,91% | 30,78% |
| **20:30:00** | **21:30:00** | 17,43% | 17,57% | 25,63% | 27,18% |
| **21:30:00** | **22:30:00** | 14,67% | 14,40% | 21,79% | 23,08% |
| **22:30:00** | **23:30:00** | 10,98% | 10,33% | 16,03% | 16,98% |
| **23:30:00** | **0:30:00** | 7,71% | 7,12% | 11,18% | 11,52% |
| **0:30:00** | **1:30:00** | 5,52% | 5,25% | 7,93% | 8,28% |
| **1:30:00** | **2:30:00** | 4,34% | 4,11% | 6,20% | 6,90% |
| **2:30:00** | **3:30:00** | 4,08% | 4,07% | 6,27% | 6,53% |
| **3:30:00** | **4:30:00** | 4,56% | 4,23% | 6,84% | 6,87% |
| **4:30:00** | **5:30:00** | 5,90% | 5,47% | 8,27% | 9,38% |

Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.17 berikut.

Tabel 7.17 Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Kopo

| Replikasi | Kedatangan | Panjang rata-rata antrian maksimum (Unit) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 |
| 1 | 14328 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 15314 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 15183 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 14359 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 15951 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 6 | 14502 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 7 | 17104 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 8 | 15787 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 9 | 16300 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 10 | 14705 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 11 | 15364 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 12 | 14703 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 13 | 15579 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 14 | 15361 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 15 | 15126 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 16 | 15537 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 17 | 14218 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 18 | 14972 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 19 | 14835 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 20 | 15979 | 3 | 4 | 4 | 4 |

### 7.2.2.2 Identifikasi Beban Kerja Setiap Gardu

Untuk mengidentifikasi beban kerja setiap gardu pada setiap shift pada sistem aktual, model dijalankan sebanyak 20 replikasi dengan keadaan gardu dibuka seluruhnya. Beban kerja setiap gardu dilihat dari rata-rata tingkat utilisasi gardu pada setiap shift. Nilai utilisasi untuk setiap gardu pada setiap shift ditunjukan secara rinci pada tabel 7.18.

Tabel 7.18. %Utilisasi setiap gardu pada setiap shift skenario sistem aktual gerbang tol Kopo

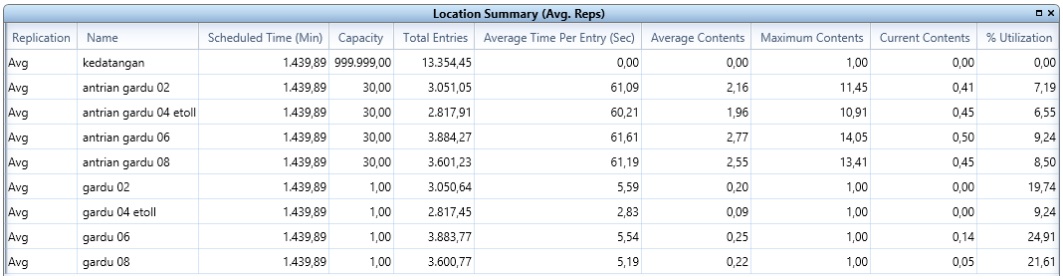
| *Shift* | %Utilisasi | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 | |
| *Shift*1 | 21,64% | 21,07% | 31,79% | 33,48% | 27,00% |
| *Shift*2 | 22,68% | 21,90% | 33,10% | 34,92% | 28,15% |
| *Shift*3 | 7,22% | 6,87% | 10,56% | 11,19% | 8,96% |

## 7.2.3 Simulasi Gerbang Tol Mohammad Toha

### 7.2.3.1 Identifikasi Tingkat Performansi Harian Sistem Aktual

Untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Mohammad Toha, model simulasi dijalankan sebanyak 22 replikasi dengan keadaan gardu terbuka seluruhnya. Tingkat performansi yang diukur adalah jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu, tingkat utilisasi masing-masing

gardu dan panjang antrian maksimum. Hasil simulasi untuk rata-rata *output* setiap replikasi ditunjukan pada gambar 7.7.



Location Summary (Avg. Reps)

| Replication | Name | Scheduled Time (Min) | Capacity | Total Entries | Average Time Per Entry (Sec) | Average Contents | Maximum Contents | Current Contents | % Utilization |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avg | kedatangan | 1.439,89 | 999.999,00 | 13.354,45 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Avg | antrian gardu 02 | 1.439,89 | 30,00 | 3.051,05 | 61,09 | 2,16 | 11,45 | 0,41 | 7,19 |
| Avg | antrian gardu 04 etoll | 1.439,89 | 30,00 | 2.817,91 | 60,21 | 1,96 | 10,91 | 0,45 | 6,55 |
| Avg | antrian gardu 06 | 1.439,89 | 30,00 | 3.884,27 | 61,61 | 2,77 | 14,05 | 0,50 | 9,24 |
| Avg | antrian gardu 08 | 1.439,89 | 30,00 | 3.601,23 | 61,19 | 2,55 | 13,41 | 0,45 | 8,50 |
| Avg | gardu 02 | 1.439,89 | 1,00 | 3.050,64 | 5,59 | 0,20 | 1,00 | 0,00 | 19,74 |
| Avg | gardu 04 etoll | 1.439,89 | 1,00 | 2.817,45 | 2,83 | 0,09 | 1,00 | 0,00 | 9,24 |
| Avg | gardu 06 | 1.439,89 | 1,00 | 3.883,77 | 5,54 | 0,25 | 1,00 | 0,14 | 24,91 |
| Avg | gardu 08 | 1.439,89 | 1,00 | 3.600,77 | 5,19 | 0,22 | 1,00 | 0,05 | 21,61 |

Gambar 7.7 *Output* tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Mohammad Toha

Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu dipaparkan pada tabel 7.19.

Tabel 7.19 Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu pada gerbang tol Mohammad Toha

| **Replikasi** | **Kedatangan** | **Jumlah Kendaraan (Unit)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** |
| 1 | 11870 | 2777 | 2481 | 3418 | 3192 |
| 2 | 10880 | 2553 | 2271 | 3138 | 2918 |
| 3 | 15276 | 3493 | 3283 | 4473 | 4026 |
| 4 | 15067 | 3385 | 3227 | 4399 | 4053 |
| 5 | 13222 | 2999 | 2741 | 3937 | 3540 |
| 6 | 14481 | 3298 | 2994 | 4185 | 4002 |
| 7 | 12253 | 2737 | 2603 | 3593 | 3317 |
| 8 | 13593 | 3104 | 2854 | 3951 | 3682 |
| 9 | 13681 | 3169 | 2925 | 3969 | 3615 |
| 10 | 15093 | 3473 | 3119 | 4427 | 4073 |
| 11 | 14411 | 3336 | 3085 | 4134 | 3854 |
| 12 | 12393 | 2832 | 2613 | 3615 | 3330 |
| 13 | 12296 | 2851 | 2568 | 3558 | 3319 |
| 14 | 13725 | 3139 | 2848 | 3950 | 3786 |
| 15 | 14579 | 3272 | 3096 | 4252 | 3956 |
| 16 | 12971 | 3001 | 2806 | 3739 | 3421 |
| 17 | 13489 | 3160 | 2807 | 3883 | 3636 |
| 18 | 14117 | 3175 | 2937 | 4143 | 3861 |
| 19 | 14384 | 3211 | 3080 | 4164 | 3929 |
| 20 | 11180 | 2537 | 2362 | 3280 | 3001 |
| 21 | 11192 | 2548 | 2449 | 3190 | 3005 |
| 22 | 13645 | 3064 | 2835 | 4045 | 3701 |

Tingkat utulisasi pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.20 berikut.

Tabel 7.20 %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Mohammad Toha

| Replikasi | Kedatangan | %utilisasi | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 |
| 1 | 11870 | 17,79 | 8,08 | 21,79 | 19,10 |
| 2 | 10880 | 16,46 | 7,40 | 20,20 | 17,42 |
| 3 | 15276 | 22,66 | 10,82 | 28,70 | 24,11 |
| 4 | 15067 | 22,10 | 10,61 | 28,06 | 24,37 |
| 5 | 13222 | 19,65 | 9,05 | 25,38 | 21,35 |
| 6 | 14481 | 21,36 | 9,86 | 27,10 | 23,99 |
| 7 | 12253 | 17,85 | 8,49 | 22,97 | 20,01 |
| 8 | 13593 | 20,03 | 9,40 | 25,41 | 22,10 |
| 9 | 13681 | 20,52 | 9,61 | 25,19 | 21,77 |
| 10 | 15093 | 22,43 | 10,21 | 28,40 | 24,39 |
| 11 | 14411 | 21,62 | 10,00 | 26,31 | 23,03 |
| 12 | 12393 | 18,28 | 8,56 | 22,94 | 20,05 |
| 13 | 12296 | 18,59 | 8,47 | 22,80 | 19,91 |
| 14 | 13725 | 20,33 | 9,41 | 25,48 | 22,92 |
| 15 | 14579 | 21,14 | 10,05 | 27,39 | 23,83 |
| 16 | 12971 | 19,31 | 9,34 | 23,92 | 20,62 |
| 17 | 13489 | 20,33 | 9,20 | 24,97 | 21,90 |
| 18 | 14117 | 20,50 | 9,70 | 26,53 | 23,05 |
| 19 | 14384 | 20,74 | 10,08 | 26,70 | 23,39 |
| 20 | 11180 | 16,21 | 7,69 | 21,11 | 17,95 |
| 21 | 11192 | 16,52 | 8,01 | 20,54 | 17,98 |
| 22 | 13645 | 19,95 | 9,25 | 26,04 | 22,28 |

Tingkat utilisasi juga ditunjukan dalam setiap interval untuk rata-rata dari setiap replikasi untuk setiap gardu, hasil ini ditunjukan pada tabel 7.21.

Tabel 7.21 Tingkat utilisasi rata-rata replikasi per jam gerbang tol Mohammad Toha

| Interval waktu | | %utilisasi rata-rata replikasi perjam | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 |
| **5:30:00** | **6:30:00** | 7,17% | 3,55% | 9,76% | 8,07% |
| **6:30:00** | **7:30:00** | 20,54% | 9,94% | 26,46% | 22,73% |
| **7:30:00** | **8:30:00** | 31,82% | 14,82% | 40,36% | 34,22% |
| **8:30:00** | **9:30:00** | 30,20% | 13,95% | 37,72% | 32,91% |
| **9:30:00** | **10:30:00** | 30,20% | 14,53% | 38,39% | 33,17% |
| **10:30:00** | **11:30:00** | 31,23% | 14,62% | 40,43% | 35,46% |
| **11:30:00** | **12:30:00** | 31,27% | 14,57% | 39,96% | 34,65% |
| **12:30:00** | **13:30:00** | 29,08% | 13,54% | 36,20% | 31,78% |
| **13:30:00** | **14:30:00** | 29,04% | 13,40% | 35,95% | 32,20% |
| **14:30:00** | **15:30:00** | 31,24% | 14,18% | 37,80% | 33,02% |
| **15:30:00** | **16:30:00** | 30,85% | 14,60% | 39,01% | 33,70% |
| **16:30:00** | **17:30:00** | 31,13% | 14,31% | 39,04% | 33,78% |
| **17:30:00** | **18:30:00** | 29,93% | 14,11% | 38,48% | 33,24% |
| **18:30:00** | **19:30:00** | 25,07% | 11,96% | 30,71% | 27,77% |
| **19:30:00** | **20:30:00** | 20,61% | 9,46% | 25,86% | 21,76% |
| **20:30:00** | **21:30:00** | 16,16% | 7,44% | 19,94% | 17,48% |
| **21:30:00** | **22:30:00** | 12,63% | 6,02% | 15,93% | 13,19% |
| **22:30:00** | **23:30:00** | 9,56% | 4,24% | 12,09% | 10,45% |
| **23:30:00** | **0:30:00** | 6,92% | 3,15% | 8,39% | 7,66% |
| **0:30:00** | **1:30:00** | 4,42% | 2,31% | 6,25% | 5,41% |
| **1:30:00** | **2:30:00** | 3,52% | 1,67% | 4,65% | 4,09% |
| **2:30:00** | **3:30:00** | 3,12% | 1,69% | 4,36% | 3,43% |
| **3:30:00** | **4:30:00** | 3,58% | 1,52% | 4,15% | 3,82% |
| **4:30:00** | **5:30:00** | 4,56% | 2,22% | 5,80% | 4,72% |

Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.22 berikut.

Tabel 7.22 Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Mohammad Toha

| **Replikasi** | **Kedatangan** | **Panjang rata-rata antrian maksimum (Unit)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** |
| 1 | 11870 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 10880 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 15276 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 4 | 15067 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 5 | 13222 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 6 | 14481 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 7 | 12253 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 8 | 13593 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 9 | 13681 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 10 | 15093 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 11 | 14411 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 12 | 12393 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 13 | 12296 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 14 | 13725 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 15 | 14579 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 16 | 12971 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 17 | 13489 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 18 | 14117 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 19 | 14384 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 20 | 11180 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 21 | 11192 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 22 | 13645 | 3 | 3 | 4 | 4 |

### 7.2.3.2 Identifikasi Beban Kerja Setiap Gardu

Untuk mengidentifikasi beban kerja setiap gardu pada setiap shift pada sistem aktual, model dijalankan sebanyak 22 replikasi dengan keadaan gardu dibuka seluruhnya. Beban kerja setiap gardu dilihat dari rata-rata tingkat utilisasi gardu pada setiap shift. Nilai utilisasi untuk setiap gardu pada setiap shift ditunjukan secara rinci pada tabel 7.23.

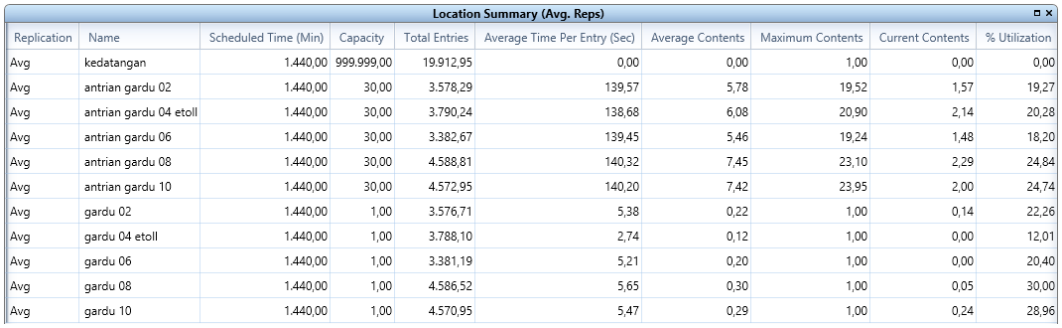
Tabel 7.23. %Utilisasi setiap gardu pada setiap shift skenario sistem aktual gerbang tol Mohammad Toha

| ***Shift*** | **%Utilisasi** | | | | **Rata-rata** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** | |
| *Shift*1 | 26,44% | 12,44% | 33,66% | 29,12% | 25,42% |
| *Shift*2 | 26,75% | 12,43% | 33,35% | 29,12% | 25,41% |
| *Shift*3 | 6,04% | 2,85% | 7,70% | 6,60% | 5,80% |

### 7.2.4 Simulasi Gerbang Tol Buah Batu

#### 7.2.4.1 Identifikasi Tingkat Performansi Harian Sistem Aktual

Untuk mengidentifikasi tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Buah Batu, model simulasi dijalankan sebanyak 21 replikasi dengan keadaan gardu terbuka seluruhnya. Tingkat performansi yang diukur adalah jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu, tingkat utilisasi masing-masing gardu dan panjang antrian maksimum. Hasil simulasi untuk rata-rata *output* setiap replikasi ditunjukan pada gambar 7.8.



Location Summary (Avg. Reps)

| Replication | Name | Scheduled Time (Min) | Capacity | Total Entries | Average Time Per Entry (Sec) | Average Contents | Maximum Contents | Current Contents | % Utilization |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avg | kedatangan | 1.440,00 | 999.999,00 | 19.912,95 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Avg | antrian gardu 02 | 1.440,00 | 30,00 | 3.578,29 | 139,57 | 5,78 | 19,52 | 1,57 | 19,27 |
| Avg | antrian gardu 04 etoll | 1.440,00 | 30,00 | 3.790,24 | 138,68 | 6,08 | 20,90 | 2,14 | 20,28 |
| Avg | antrian gardu 06 | 1.440,00 | 30,00 | 3.382,67 | 139,45 | 5,46 | 19,24 | 1,48 | 18,20 |
| Avg | antrian gardu 08 | 1.440,00 | 30,00 | 4.588,81 | 140,32 | 7,45 | 23,10 | 2,29 | 24,84 |
| Avg | antrian gardu 10 | 1.440,00 | 30,00 | 4.572,95 | 140,20 | 7,42 | 23,95 | 2,00 | 24,74 |
| Avg | gardu 02 | 1.440,00 | 1,00 | 3.576,71 | 5,38 | 0,22 | 1,00 | 0,14 | 22,26 |
| Avg | gardu 04 etoll | 1.440,00 | 1,00 | 3.788,10 | 2,74 | 0,12 | 1,00 | 0,00 | 12,01 |
| Avg | gardu 06 | 1.440,00 | 1,00 | 3.381,19 | 5,21 | 0,20 | 1,00 | 0,00 | 20,40 |
| Avg | gardu 08 | 1.440,00 | 1,00 | 4.586,52 | 5,65 | 0,30 | 1,00 | 0,05 | 30,00 |
| Avg | gardu 10 | 1.440,00 | 1,00 | 4.570,95 | 5,47 | 0,29 | 1,00 | 0,24 | 28,96 |

Gambar 7.8 *Output* tingkat performansi sistem aktual simulasi gerbang tol Buah Batu

Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu dipaparkan pada tabel 7.24.

Tabel 7.24 Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu pada gerbang tol Buah Batu

| **Replikasi** | **Kedatangan** | **Jumlah Kendaraan (Unit)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** | **Gardu 10** |
| 1 | 18156 | 3318 | 3440 | 3093 | 4131 | 4162 |
| 2 | 18685 | 3445 | 3537 | 3195 | 4246 | 4251 |
| 3 | 19838 | 3529 | 3744 | 3405 | 4603 | 4543 |
| 4 | 21389 | 3807 | 4019 | 3636 | 4913 | 5011 |
| 5 | 20306 | 3667 | 3813 | 3379 | 4678 | 4762 |
| 6 | 18790 | 3366 | 3564 | 3232 | 4355 | 4263 |
| 7 | 18636 | 3358 | 3569 | 3140 | 4321 | 4240 |
| 8 | 19785 | 3505 | 3774 | 3366 | 4663 | 4467 |
| 9 | 18548 | 3364 | 3611 | 3155 | 4205 | 4206 |
| 10 | 18432 | 3277 | 3509 | 3169 | 4159 | 4308 |
| 11 | 20283 | 3649 | 3788 | 3430 | 4657 | 4752 |
| 12 | 21690 | 3948 | 4109 | 3703 | 4969 | 4955 |
| 13 | 21101 | 3732 | 4010 | 3540 | 4898 | 4912 |
| 14 | 20689 | 3657 | 3948 | 3507 | 4823 | 4746 |
| 15 | 19921 | 3573 | 3779 | 3367 | 4663 | 4528 |
| 16 | 18510 | 3374 | 3509 | 3162 | 4217 | 4235 |
| 17 | 20623 | 3746 | 3920 | 3442 | 4822 | 4681 |
| 18 | 21613 | 3798 | 4101 | 3720 | 4984 | 4999 |
| 19 | 19988 | 3570 | 3872 | 3346 | 4588 | 4605 |

Tabel 7.24 Jumlah kendaraan yang memasuki masing-masing gardu pada gerbang tol Buah Batu (lanjutan)

| Replikasi | Kedatangan | Jumlah Kendaraan (Unit) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 20 | 19424 | 3583 | 3740 | 3313 | 4423 | 4351 |
| 21 | 21765 | 3845 | 4194 | 3705 | 4999 | 5013 |

Tingkat utulisasi pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.25 berikut.

Tabel 7.25 %utilisasi skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Buah Batu

| Replikasi | Kedatangan | %utilisasi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 1 | 18156 | 20,61 | 10,93 | 18,85 | 27,08 | 26,30 |
| 2 | 18685 | 21,44 | 11,20 | 19,29 | 27,74 | 27,06 |
| 3 | 19838 | 21,93 | 11,81 | 20,70 | 30,19 | 28,74 |
| 4 | 21389 | 23,87 | 12,78 | 21,71 | 32,15 | 32,04 |
| 5 | 20306 | 22,70 | 12,09 | 20,37 | 30,49 | 30,06 |
| 6 | 18790 | 21,01 | 11,35 | 19,44 | 28,52 | 27,05 |
| 7 | 18636 | 20,89 | 11,28 | 18,94 | 28,25 | 26,65 |
| 8 | 19785 | 21,66 | 11,99 | 20,13 | 30,23 | 28,47 |
| 9 | 18548 | 21,06 | 11,50 | 18,87 | 27,64 | 26,69 |
| 10 | 18432 | 20,41 | 11,12 | 19,23 | 27,29 | 27,42 |
| 11 | 20283 | 22,80 | 12,10 | 20,65 | 30,50 | 29,91 |
| 12 | 21690 | 24,63 | 12,96 | 22,21 | 32,59 | 31,62 |
| 13 | 21101 | 23,05 | 12,69 | 21,39 | 32,01 | 31,08 |
| 14 | 20689 | 22,80 | 12,40 | 21,16 | 31,45 | 29,99 |
| 15 | 19921 | 22,38 | 12,00 | 20,31 | 30,53 | 28,98 |
| 16 | 18510 | 21,01 | 11,24 | 19,12 | 27,69 | 26,92 |
| 17 | 20623 | 23,22 | 12,43 | 21,10 | 31,49 | 29,53 |
| 18 | 21613 | 23,89 | 13,03 | 22,48 | 32,57 | 31,56 |
| 19 | 19988 | 22,20 | 12,25 | 20,07 | 29,96 | 29,04 |
| 20 | 19424 | 22,21 | 11,90 | 19,98 | 28,84 | 27,38 |
| 21 | 21765 | 23,79 | 13,23 | 22,35 | 32,71 | 31,67 |

Tingkat utilisasi juga ditunjukan dalam setiap interval untuk rata-rata dari setiap replikasi untuk setiap gardu, hasil ini ditunjukan pada tabel 7.25.

Tabel 7.25 Tingkat utilisasi rata-rata replikasi per jam gerbang tol Buah Batu

| Interval waktu | | %utilisasi rata-rata replikasi perjam | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| **5:30:00** | **6:30:00** | 15,16% | 7,97% | 11,73% | 22,08% | 20,47% |
| **6:30:00** | **7:30:00** | 25,49% | 15,23% | 24,38% | 28,94% | 31,38% |
| **7:30:00** | **8:30:00** | 29,55% | 14,68% | 25,95% | 34,19% | 39,37% |
| **8:30:00** | **9:30:00** | 28,23% | 14,89% | 25,83% | 42,76% | 36,25% |
| **9:30:00** | **10:30:00** | 28,84% | 15,43% | 29,97% | 35,32% | 38,44% |
| **10:30:00** | **11:30:00** | 31,31% | 16,57% | 26,41% | 36,29% | 38,43% |
| **11:30:00** | **12:30:00** | 31,41% | 16,71% | 24,27% | 36,88% | 35,75% |
| **12:30:00** | **13:30:00** | 26,19% | 15,90% | 22,71% | 36,92% | 36,77% |
| **13:30:00** | **14:30:00** | 30,19% | 14,90% | 26,38% | 38,33% | 36,80% |
| **14:30:00** | **15:30:00** | 30,81% | 14,03% | 27,36% | 42,03% | 37,77% |
| **15:30:00** | **16:30:00** | 30,90% | 16,28% | 27,86% | 42,39% | 39,20% |
| **16:30:00** | **17:30:00** | 30,74% | 17,18% | 29,80% | 42,06% | 37,80% |
| **17:30:00** | **18:30:00** | 27,25% | 16,32% | 30,37% | 38,60% | 40,49% |

Tabel 7.25 Tingkat utilisasi rata-rata replikasi per jam gerbang tol Buah Batu (lanjutan)

| Interval waktu | | %utilisasi rata-rata replikasi perjam | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 etoll | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| **18:30:00** | **19:30:00** | 26,78% | 12,28% | 24,85% | 33,76% | 35,53% |
| **19:30:00** | **20:30:00** | 21,70% | 12,00% | 20,11% | 32,72% | 29,22% |
| **20:30:00** | **21:30:00** | 21,03% | 9,62% | 17,74% | 25,73% | 27,44% |
| **21:30:00** | **22:30:00** | 16,08% | 8,79% | 14,85% | 17,67% | 19,79% |
| **22:30:00** | **23:30:00** | 12,50% | 6,65% | 10,39% | 18,52% | 11,03% |
| **23:30:00** | **0:30:00** | 7,85% | 5,10% | 8,34% | 10,01% | 8,59% |
| **0:30:00** | **1:30:00** | 5,06% | 2,86% | 5,36% | 8,84% | 6,78% |
| **1:30:00** | **2:30:00** | 3,48% | 2,23% | 3,68% | 6,18% | 5,11% |
| **2:30:00** | **3:30:00** | 4,49% | 1,97% | 4,77% | 4,19% | 5,39% |
| **3:30:00** | **4:30:00** | 3,14% | 2,09% | 4,02% | 6,55% | 4,98% |
| **4:30:00** | **5:30:00** | 6,57% | 2,68% | 5,23% | 8,87% | 8,33% |

Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual pada masing-masing gardu ditunjukkan pada tabel 7.26 berikut.

Tabel 7.26 Panjang rata-rata antrian skenario identifikasi tingkat performansi sistem aktual gerbang tol Buah Batu

| Replikasi | Kedatangan | Panjang rata-rata antrian maksimum (Unit) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gardu 02 | Gardu 04 *e-toll* | Gardu 06 | Gardu 08 | Gardu 10 |
| 1 | 18156 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 2 | 18685 | 7 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 3 | 19838 | 7 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 4 | 21389 | 7 | 8 | 7 | 9 | 9 |
| 5 | 20306 | 7 | 7 | 6 | 9 | 9 |
| 6 | 18790 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 7 | 18636 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 8 | 19785 | 7 | 7 | 6 | 9 | 8 |
| 9 | 18548 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 10 | 18432 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 11 | 20283 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| 12 | 21690 | 7 | 8 | 7 | 9 | 9 |
| 13 | 21101 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| 14 | 20689 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| 15 | 19921 | 7 | 7 | 6 | 9 | 8 |
| 16 | 18510 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 17 | 20623 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| 18 | 21613 | 7 | 8 | 7 | 9 | 9 |
| 19 | 19988 | 7 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 20 | 19424 | 7 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| 21 | 21765 | 7 | 8 | 7 | 9 | 9 |

### 7.2.4.2 Identifikasi Beban Kerja Setiap Gardu

Untuk mengidentifikasi beban kerja setiap gardu pada setiap shift pada sistem aktual, model dijalankan sebanyak 21 replikasi dengan keadaan gardu dibuka seluruhnya. Beban kerja setiap gardu dilihat dari rata-rata tingkat utilisasi gardu pada setiap shift. Nilai utilisasi untuk setiap gardu pada setiap shift ditunjukan secara rinci pada tabel 7.27.

Tabel 7.27. %Utilisasi setiap gardu pada setiap shift skenario sistem aktual gerbang tol Buah Batu

| ***Shift*** | **%Utilisasi** | | | | | **Rata-rata** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Gardu 02** | **Gardu 04 *e-toll*** | **Gardu 06** | **Gardu 08** | **Gardu 10** | |
| *Shift*1 | 28,79% | 15,78% | 26,46% | 39,11% | 37,91% | 29,61% |
| *Shift*2 | 29,76% | 15,94% | 27,29% | 39,95% | 38,51% | 30,29% |
| *Shift*3 | 8,24% | 4,32% | 7,44% | 10,94% | 10,46% | 8,28% |