

BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

4.1 Analisa Tingkat Kedatangan

Untuk menganalisis tingkat kedatangan, diperlukan survei awal untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintasi gerbang tol yang sedang dianalisis. Dalam analisis ini, yang dievaluasi adalah tingkat kedatangan kendaraan berdasarkan jumlah kendaraan aktual, yaitu jumlah kendaraan yang diperoleh melalui survei di gerbang tol yang sedang analisis.

Rekapitulasi hasil survei tingkat kedatangan kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading dibagi berdasarkan 2 jenis gardu tol, kemudian untuk perhitungan analisis tingkat kedatangan, digunakan volume kendaraan aktual pada gerbang tol yang ditinjau yaitu:

1. Gerbang tol kelapa gading GTO *single*

- Tempat : Gerbang tol Kelapa Gading arah keluar (Gardu Tol Otomoatis) GTO *Single* dengan tinggi maksimum 2,1 m.
 Tanggal/hari : Senin, 4 November 2024
 Waktu : 06:00 WIB – 10:00 WIB

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Data Survei Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single*

Golongan/ Pukul (WIB)	1	2	3	4	5	Jumlah Kendaraan
06:00-07:00	645	0	0	0	0	645
07:00-08:00	870	0	0	0	0	870
08:00-09:00	749	0	0	0	0	749
09:00-10:00	377	0	0	0	0	377
Total	2641	0	0	0	0	2641
Proporsi(%)	100%	0%	0%	0%	0%	100

Dari tabel 4.1 tentang dapat dilihat untuk kendaraan gardu *Single* dalam menghitung Tingkat kedatangan menggunakan persamaan (2.2), sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\lambda_2 = \frac{2641}{4} = 660 \text{ kendaraan/jam}$$

Maka didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* adalah 660 kendaraan/jam.

2. Gerbang tol kelapa gading GTO *multi*

Tempat : Gerbang tol Kelapa Gading arah keluar (Gardu Tol Otomoatis) GTO *Multi* dengan tinggi maksimum 4,2 m.
 Tanggal/hari : Senin, 4 November 2024
 Waktu : 06:00 WIB – 10:00 WIB

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Data Survei Tingkat Kedatangan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi*

Golongan Pukul (WIB)	1	2	3	4	5	Jumlah Kendaraan
06:00-07:00	575	7	1			583
07:00-08:00	688	6		1		695
08:00-09:00	532	18		1		551
09:00-10:00	270	25			1	296
Total	2065	56	1	2	1	2125
Proporsi(%)	97,18%	2,64%	0,05%	0,09%	0,05%	100

Dari tabel 4.2 diatas dapat dilihat untuk kendaraan gardu *Single* dalam menghitung Tingkat kedatangan dapat menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$\lambda_1 = \frac{2125}{4} = 531 \text{ kendaraan/jam}$$

Maka didapat tingkat kedatangan kendaraan untuk gerbang tol Kelapa Gading untuk GTO *Multi* adalah 531 kendaraan/jam.

Proporsi kendaraannya yaitu golongan I = 98,74%; golongan II = 1,17%; golongan III = 0,02%; golongan IV = 0,04%; golongan V = 0,02%. Kendaraan golongan 1 bisa memasuki gardu tol Multi dan Single sehingga pembagiannya yaitu 98,74% x 1191 (total hasil survei untuk kedua gerbang tol) = 1175 kend. Dari hasil survei didapat kendaraan gol 1 untuk gardu Single adalah 660 kend, $(660/1175) \times 100\% = 56\%$. Sehingga proporsi kendaraan golongan I yang dapat masuk tiap gardu yaitu GTO Multi = 44%, GTO Single = 56%.

3. Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2024 dilakukan menggunakan metode *forecasting* dari data tahun - tahun sebelumnya menggunakan regresi linier. Data tingkat kedatangan tahunan didapatkan dari PT. Jakarta Tollroad Development, data tersebut merupakan data dari tahun 2021 – 2023. Untuk data 2021 adalah data yang dihitung sejak tol tersebut

diresmikan beroperasi, oleh karena itu data tersebut adalah data setengah tahun. Kemudian untuk data tahun 2022 sampai data tahun 2023 adalah data 1 tahun penuh, terjadi pelonjakan dua kali lipat antara data tahun 2022 dengan 2023, hal tersebut karena pada tahun 2022 merupakan peralihan PPKM (Peralihan Pembatasan Kegiatan Masyarakat) di Indonesia kepada masyarakat pengguna jalan tol.

Tabel 4. 3 Total Volume Lalu Lintas Tahunan Gerbang Tol Kelapa Gading

Tahun	Kendaraan
2021	432.000
2022	1.684.908
2023	2.254.396

Sumber: PT Jakarta Tollroad Development

Tabel 4. 4 Hasil Regresi Linear dari Volume Lalu Lintas Tahun 2021-2023

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,977354178
R Square	0,955221189
Adjusted R Square	0,910442379
Standard Error	279005,0467
Observations	3

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	1,66056E+12	1,66056E+12	21,33199109	0,135741351
Residual	1	7784381606	7784381606		
Total	2	1,73841E+12			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	1840985255	398913053,4	4,615003793	0,135845568	6909656183	3227685674	6909656183	3227685674
Y	911198	197286,3605	4,618656849	0,135741351	1595562,888	3417958,888	1595562,888	3417958,888

Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap volume lalu lintas yang ditampilkan pada tabel 4.4, volume lalu lintas untuk tahun 2024 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Lalu Lintas} &= a + bx \\
 &= -1840985255 + (911198 \times 2024) \\
 &= -1840985255 + 1844264752 \\
 &= 3.279.497 \text{ Kendaraan}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk menentukan tingkat kedatangan kendaraan selama arus jam puncak, jumlah kendaraan per tahun perlu dibagi dengan 365 hari agar diperoleh volume lalu lintas harian, yaitu $3.279.497/365 \text{ hari} = 8985 \text{ kendaraan/hari}$. Agar dapat menentukan arus jam puncak berdasarkan LHRT, diperlukan faktor K yang dapat digunakan untuk menghitung JBH, maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), Sehingga didapat $8985 \times 0,11 = 988 \text{ kendaraan/jam} = 494 \text{ kendaraan/jam/gardu}$. Dengan pembagian GTO Multi (44% dari kendaraan golongan 1) = 435 kendaraan/jam; GTO Single (56% dari kendaraan golongan 1) = 553 kendaraan/jam.

4.2 Analisa Waktu Pelayanan

Untuk menganalisis waktu pelayanan, diperlukan untuk mengukur durasi pelayanan setiap kendaraan yang melakukan transaksi di gerbang tol yang sedang diteliti. Kemudian, data waktu pelayanan tersebut akan diproses untuk menghasilkan grafik frekuensi kumulatif dari gerbang tol yang dianalisis.

Hasil perhitungan analisa waktu pelayanan berdasarkan pada jumlah kendaraan aktual pada gerbang tol yang ditinjau yaitu:

1. Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single*

- *Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

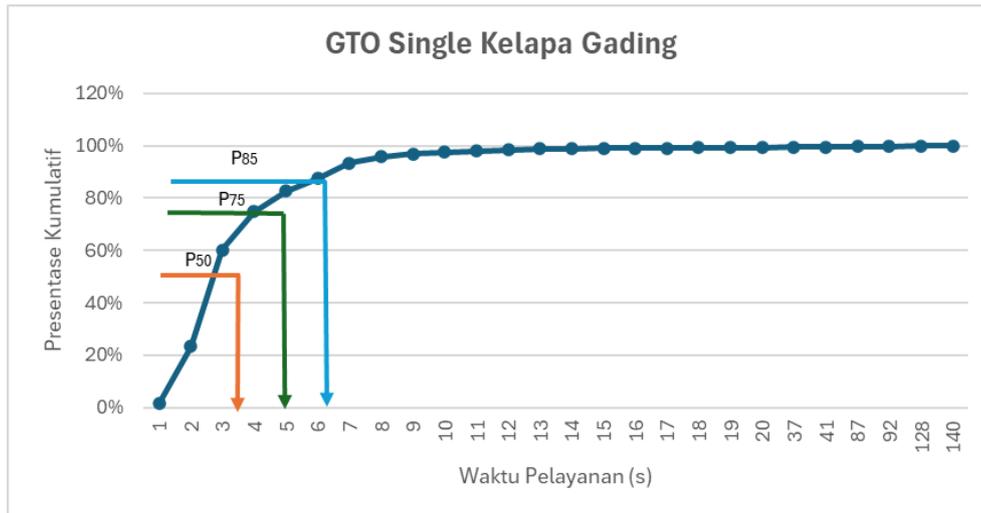
Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.5:

Tabel 4. 5 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase Presentase	Presentase Kumulatif (%)
1	12	12	1,41%	1,41%
2	187	199	21,90%	23,30%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif (%)
3	315	514	36,89%	60,19%
4	126	640	14,75%	74,94%
5	67	707	7,85%	82,79%
6	41	748	4,80%	87,59%
7	49	797	5,74%	93,33%
8	21	818	2,46%	95,78%
9	10	828	1,17%	96,96%
10	6	834	0,70%	97,66%
11	3	837	0,35%	98,01%
12	4	841	0,47%	98,48%
13	3	844	0,35%	98,83%
14	1	845	0,12%	98,95%
15	1	846	0,12%	99,06%
16	0	846	0,00%	99,06%
17	0	846	0,00%	99,06%
18	2	848	0,23%	99,30%
19	0	848	0,00%	99,30%
20	0	848	0,00%	99,30%
37	1	849	0,12%	99,41%
41	1	850	0,12%	99,53%
87	1	851	0,12%	99,65%
92	1	852	0,12%	99,77%
128	1	853	0,12%	99,88%
140	1	854	0,12%	100,00%
Total	854	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.5 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *single Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

Dari tabel 4.5 dan grafik 4.1 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 3 detik
- Modus = 3 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 4,43 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 2,72 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 4,01 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 5,46 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50%, yaitu 2,72 detik \approx 3 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 3 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

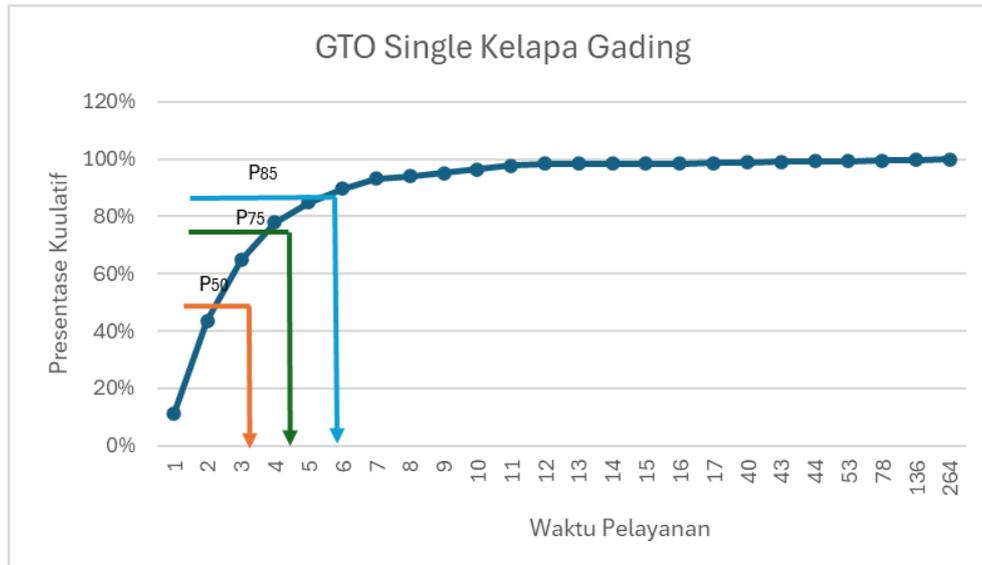
- *Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.6:

Tabel 4. 6 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading
GTO Single *Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	56	56	11,22%	11,22%
2	162	218	32,46%	43,69%
3	105	323	21,04%	64,73%
4	66	389	13,23%	77,96%
5	35	424	7,01%	84,97%
6	24	448	4,81%	89,78%
7	17	465	3,41%	93,19%
8	4	469	0,80%	93,99%
9	6	475	1,20%	95,19%
10	6	481	1,20%	96,39%
11	7	488	1,40%	97,80%
12	3	491	0,60%	98,40%
13	0	491	0,00%	98,40%
14	0	491	0,00%	98,40%
15	0	491	0,00%	98,40%
16	0	491	0,00%	98,40%
17	1	492	0,20%	98,60%
40	1	493	0,20%	98,80%
43	1	494	0,20%	99,00%
44	1	495	0,20%	99,20%
53	1	496	0,20%	99,40%
78	1	497	0,20%	99,60%
136	1	498	0,20%	99,80%
264	1	499	0,20%	100,00%
Total	499	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.6 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *single Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

Dari tabel 4.6 dan grafik 4.2 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 3 detik
- Modus = 2 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 4,67 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 2,3 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 3,77 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 5,01 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,3 detik \approx 2,5 detik. Nilai 2,5 detik didapatkan dari rata – rata antara nilai modus sebesar 2 detik dan nilai median sebesar 3 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan

sebesar 2,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

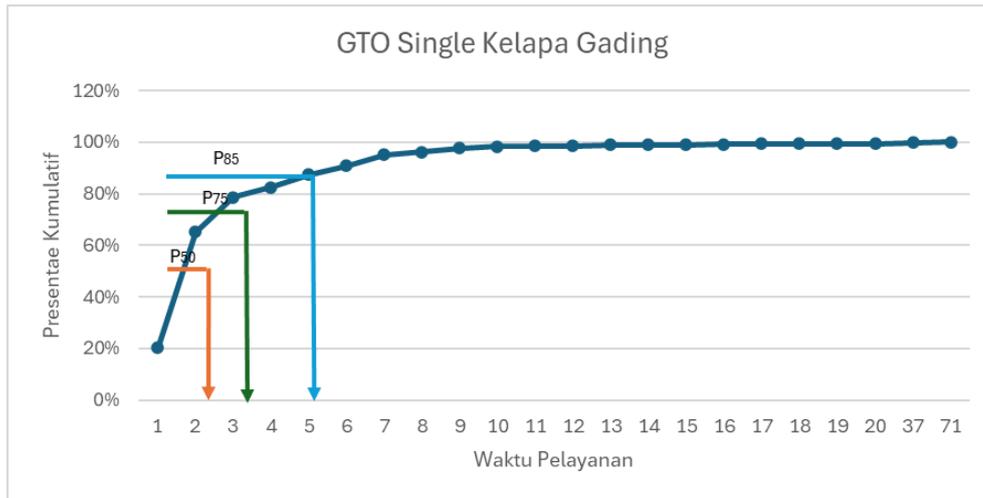
- *Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.7:

Tabel 4. 7 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading
GTO *Single Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	87	87	20,23%	20,23%
2	193	280	44,88%	65,12%
3	58	338	13,49%	78,60%
4	17	355	3,95%	82,56%
5	21	376	4,88%	87,44%
6	15	391	3,49%	90,93%
7	18	409	4,19%	95,12%
8	5	414	1,16%	96,28%
9	6	420	1,40%	97,67%
10	3	423	0,70%	98,37%
11	1	424	0,23%	98,60%
12	0	424	0,00%	98,60%
13	2	426	0,47%	99,07%
14	0	426	0,00%	99,07%
15	0	426	0,00%	99,07%
16	1	427	0,23%	99,30%
17	1	428	0,23%	99,53%
18	0	428	0,00%	99,53%
19	0	428	0,00%	99,53%
20	0	428	0,00%	99,53%
37	1	429	0,23%	99,77%
71	1	430	0,23%	100,00%
Total	430	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.7 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *single weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

Dari tabel 4.7 dan grafik 4.3 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 2 detik
- Modus = 2 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 3,11 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 1,66 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 2,73 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 4,5 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 1,66 detik \approx 2 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 2 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

- *Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

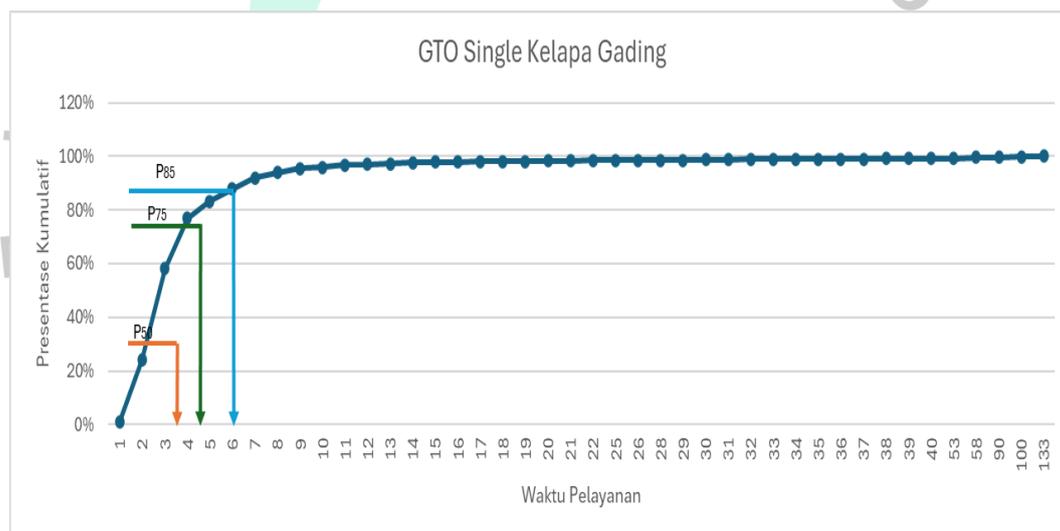
Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.8:

Tabel 4. 8 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading
GTO Single *Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	6	6	0,87%	0,87%
2	160	166	23,15%	24,02%
3	236	402	34,15%	58,18%
4	130	532	18,81%	76,99%
5	43	575	6,22%	83,21%
6	32	607	4,63%	87,84%
7	29	636	4,20%	92,04%
8	13	649	1,88%	93,92%
9	10	659	1,45%	95,37%
10	3	662	0,43%	95,80%
11	7	669	1,01%	96,82%
12	1	670	0,14%	96,96%
13	2	672	0,29%	97,25%
14	2	674	0,29%	97,54%
15	2	676	0,29%	97,83%
16	0	676	0,00%	97,83%
17	1	677	0,14%	97,97%
18	0	677	0,00%	97,97%
19	1	678	0,14%	98,12%
20	1	679	0,14%	98,26%
21	0	679	0,00%	98,26%
22	1	680	0,14%	98,41%
25	1	681	0,14%	98,55%
26	0	681	0,00%	98,55%
28	0	681	0,00%	98,55%
29	0	681	0,00%	98,55%
30	1	682	0,14%	98,70%
31	0	682	0,00%	98,70%
32	1	683	0,14%	98,84%
33	0	683	0,00%	98,84%
34	0	683	0,00%	98,84%
35	0	683	0,00%	98,84%
36	1	684	0,14%	98,99%
37	0	684	0,00%	98,99%
38	1	685	0,14%	99,13%
39	0	685	0,00%	99,13%
40	0	685	0,00%	99,13%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
53	1	686	0,14%	99,28%
58	2	688	0,29%	99,57%
90	1	689	0,14%	99,71%
100	1	690	0,14%	99,86%
133	1	691	0,14%	100,00%
Total	691	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.8 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *single weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

Dari tabel 4.8 dan grafik 4.4 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 3 detik
- Modus = 3 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 4,76 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 2,76 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 3,89 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 5,38 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,76 detik \approx 3 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 3 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

2. Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi*

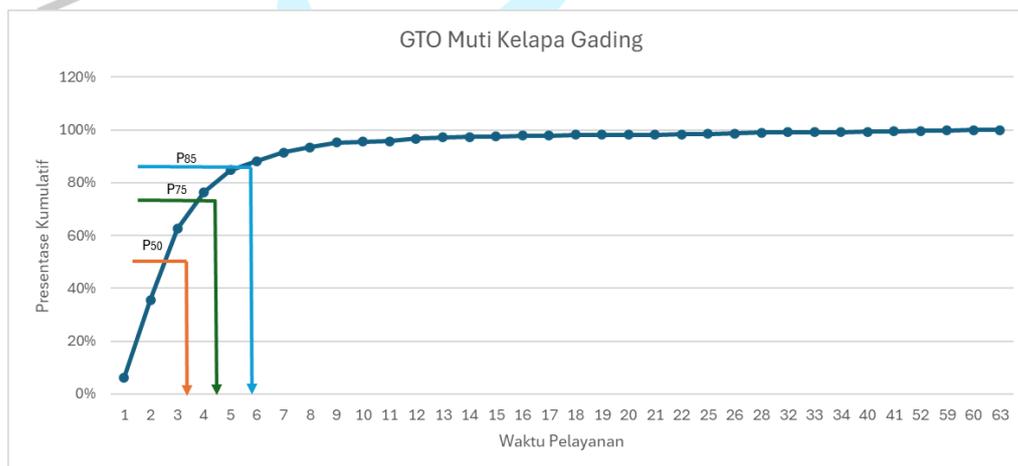
- *Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB)
 - Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.9:

Tabel 4. 9 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	48	48	6,30%	6,30%
2	223	271	29,27%	35,56%
3	206	477	27,03%	62,60%
4	106	583	13,91%	76,51%
5	63	646	8,27%	84,78%
6	26	672	3,41%	88,19%
7	25	697	3,28%	91,47%
8	15	712	1,97%	93,44%
9	13	725	1,71%	95,14%
10	3	728	0,39%	95,54%
11	1	729	0,13%	95,67%
12	8	737	1,05%	96,72%
13	4	741	0,52%	97,24%
14	1	742	0,13%	97,38%
15	1	743	0,13%	97,51%
16	2	745	0,26%	97,77%
17	1	746	0,13%	97,90%
18	2	748	0,26%	98,16%
19	0	748	0,00%	98,16%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
20	0	748	0,00%	98,16%
21	0	748	0,00%	98,16%
22	1	749	0,13%	98,29%
25	2	751	0,26%	98,56%
26	1	752	0,13%	98,69%
28	2	754	0,26%	98,95%
32	1	755	0,13%	99,08%
33	0	755	0,00%	99,08%
34	1	756	0,13%	99,21%
40	1	757	0,13%	99,34%
41	1	758	0,13%	99,48%
52	1	759	0,13%	99,61%
59	1	760	0,13%	99,74%
60	1	761	0,13%	99,87%
63	1	762	0,13%	100,00%
Total	762	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.9 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

Dari tabel 4.9 dan grafik 4.5 frekuensi waktu pelayanan di atas didapatkan data sebagai berikut:

- Median = 3 detik
- Modus = 3 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 4,76 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 2,53 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 3,89 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 5,06 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,53 detik \approx 3 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 3 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

- *Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.10:

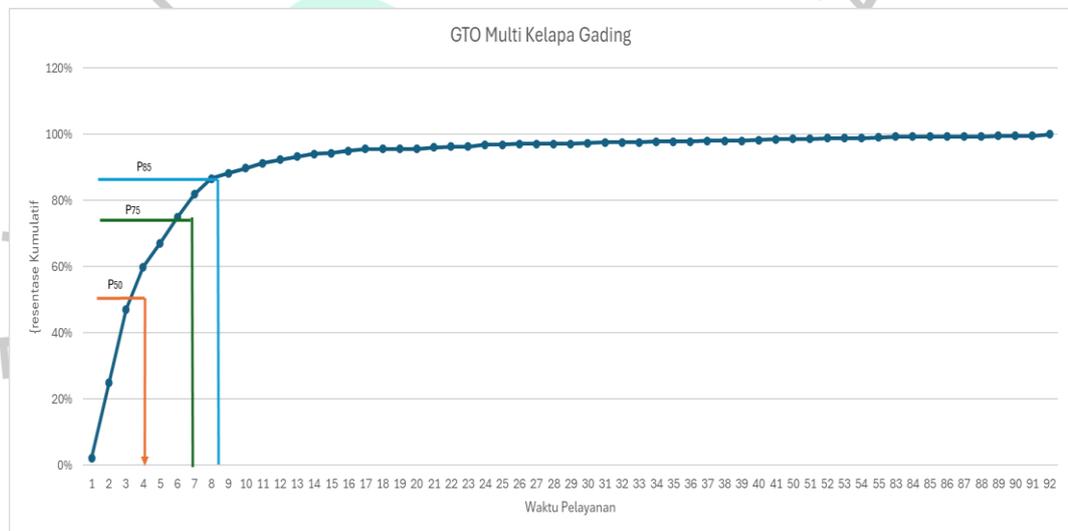
Tabel 4. 10 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	10	10	2,18%	2,18%
2	105	115	22,88%	25,05%
3	101	216	22,00%	47,06%
4	59	275	12,85%	59,91%
5	33	308	7,19%	67,10%
6	36	344	7,84%	74,95%
7	32	376	6,97%	81,92%
8	22	398	4,79%	86,71%
9	7	405	1,53%	88,24%
10	7	412	1,53%	89,76%
11	7	419	1,53%	91,29%
12	5	424	1,09%	92,37%
13	4	428	0,87%	93,25%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
14	4	432	0,87%	94,12%
15	1	433	0,22%	94,34%
16	3	436	0,65%	94,99%
17	3	439	0,65%	95,64%
18	0	439	0,00%	95,64%
19	0	439	0,00%	95,64%
20	0	439	0,00%	95,64%
21	2	441	0,44%	96,08%
22	1	442	0,22%	96,30%
23	0	442	0,00%	96,30%
24	3	445	0,65%	96,95%
25	0	445	0,00%	96,95%
26	1	446	0,22%	97,17%
27	0	446	0,00%	97,17%
28	0	446	0,00%	97,17%
29	0	446	0,00%	97,17%
30	1	447	0,22%	97,39%
31	1	448	0,22%	97,60%
32	0	448	0,00%	97,60%
33	0	448	0,00%	97,60%
34	1	449	0,22%	97,82%
35	0	449	0,00%	97,82%
36	0	449	0,00%	97,82%
37	1	450	0,22%	98,04%
38	0	450	0,00%	98,04%
39	0	450	0,00%	98,04%
40	1	451	0,22%	98,26%
41	1	452	0,22%	98,47%
50	1	453	0,22%	98,69%
51	0	453	0,00%	98,69%
52	1	454	0,22%	98,91%
53	0	454	0,00%	98,91%
54	0	454	0,00%	98,91%
55	1	455	0,22%	99,13%
83	1	456	0,22%	99,35%
84	0	456	0,00%	99,35%
85	0	456	0,00%	99,35%
86	0	456	0,00%	99,35%
87	0	456	0,00%	99,35%
88	0	456	0,00%	99,35%
89	1	457	0,22%	99,56%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
90	0	457	0,00%	99,56%
91	0	457	0,00%	99,56%
92	2	459	0,44%	100,00%
Total	459	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.10 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

Dari tabel 4.10 dan grafik 4.6 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 4 detik
- Modus = 3 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 6,34 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 3,22 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 6,01 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 7,64 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%.

Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 3,2 detik \approx 3,5 detik. Nilai 3,5 detik didapatkan dari rata – rata antara nilai modus sebesar 3 detik dan nilai median sebesar 4 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 3,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

- *Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

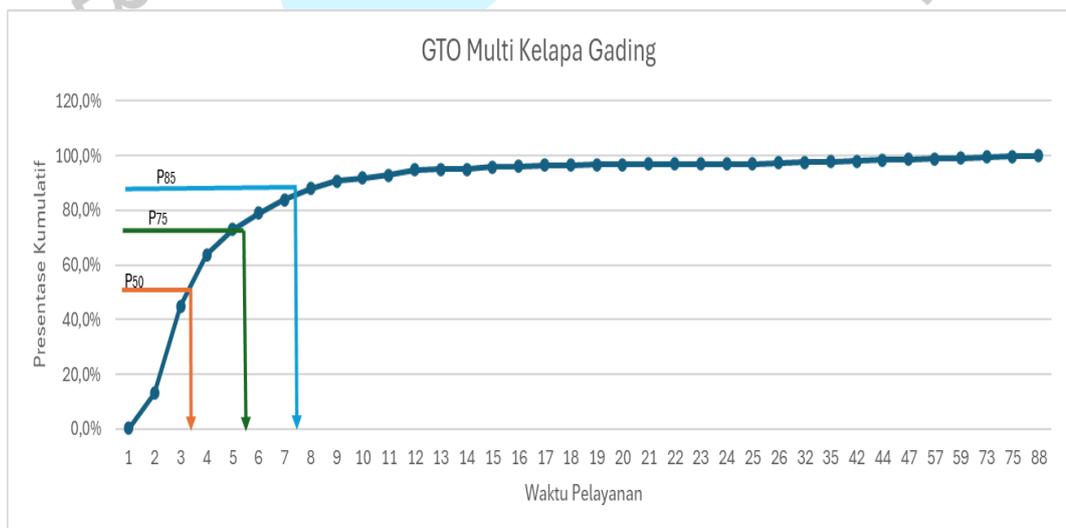
Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.11:

Tabel 4. 11 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	1	1	0,27%	0,27%
2	47	48	12,81%	13,08%
3	117	165	31,88%	44,96%
4	69	234	18,80%	63,76%
5	34	268	9,26%	73,02%
6	22	290	5,99%	79,02%
7	18	308	4,90%	83,92%
8	15	323	4,09%	88,01%
9	10	333	2,72%	90,74%
10	4	337	1,09%	91,83%
11	4	341	1,09%	92,92%
12	7	348	1,91%	94,82%
13	1	349	0,27%	95,10%
14	0	349	0,00%	95,10%
15	3	352	0,82%	95,91%
16	1	353	0,27%	96,19%
17	1	354	0,27%	96,46%
18	0	354	0,00%	96,46%
19	1	355	0,27%	96,73%
20	0	355	0,00%	96,73%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
21	1	356	0,27%	97,00%
22	0	356	0,00%	97,00%
23	0	356	0,00%	97,00%
24	0	356	0,00%	97,00%
25	0	356	0,00%	97,00%
26	1	357	0,27%	97,28%
32	1	358	0,27%	97,55%
35	1	359	0,27%	97,82%
42	1	360	0,27%	98,09%
44	1	361	0,27%	98,37%
47	1	362	0,27%	98,64%
57	1	363	0,27%	98,91%
59	1	364	0,27%	99,18%
73	1	365	0,27%	99,46%
75	1	366	0,27%	99,73%
88	1	367	0,27%	100,00%
Total	367	100,000		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.11 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB)

Dari tabel 4.11 dan grafik 4.7 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 4 detik
- Modus = 3 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 6,14 detik
- Presentase Kumulatif 50% = 3,26 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 5,32 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 7,26 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 3,26 detik \approx 3,5 detik. Nilai 3,5 detik didapatkan dari rata – rata antara nilai modus sebesar 3 detik dan nilai median sebesar 4 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 3,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

- *Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

Berdasarkan nilai rata - rata waktu pelayanan gerbang tol Kelapa Gading, didapat tabel 4.12:

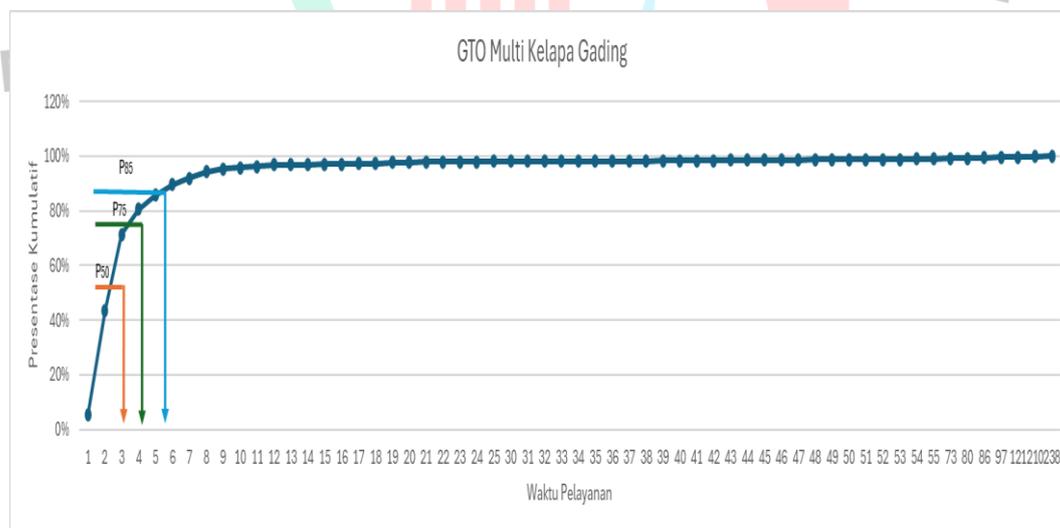
Tabel 4. 12 Tabel Waktu Pelayanan Kendaraan pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
1	36	36	5,32%	5,32%
2	258	294	38,11%	43,43%
3	189	483	27,92%	71,34%
4	63	546	9,31%	80,65%
5	34	580	5,02%	85,67%
6	26	606	3,84%	89,51%
7	16	622	2,36%	91,88%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
8	16	638	2,36%	94,24%
9	7	645	1,03%	95,27%
10	3	648	0,44%	95,72%
11	4	652	0,59%	96,31%
12	3	655	0,44%	96,75%
13	0	655	0,00%	96,75%
14	1	656	0,15%	96,90%
15	1	657	0,15%	97,05%
16	0	657	0,00%	97,05%
17	1	658	0,15%	97,19%
18	1	659	0,15%	97,34%
19	3	662	0,44%	97,78%
20	0	662	0,00%	97,78%
21	1	663	0,15%	97,93%
22	0	663	0,00%	97,93%
23	0	663	0,00%	97,93%
24	0	663	0,00%	97,93%
25	1	664	0,15%	98,08%
30	0	664	0,00%	98,08%
31	1	665	0,15%	98,23%
32	0	665	0,00%	98,23%
33	0	665	0,00%	98,23%
34	0	665	0,00%	98,23%
35	0	665	0,00%	98,23%
36	0	665	0,00%	98,23%
37	0	665	0,00%	98,23%
38	0	665	0,00%	98,23%
39	1	666	0,15%	98,38%
40	0	666	0,00%	98,38%
41	0	666	0,00%	98,38%
42	0	666	0,00%	98,38%
43	1	667	0,15%	98,52%
44	1	668	0,15%	98,67%
45	0	668	0,00%	98,67%
46	0	668	0,00%	98,67%
47	0	668	0,00%	98,67%
48	1	669	0,15%	98,82%
49	0	669	0,00%	98,82%
50	0	669	0,00%	98,82%
51	0	669	0,00%	98,82%
52	0	669	0,00%	98,82%

WP	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
53	0	669	0,00%	98,82%
54	1	670	0,15%	98,97%
55	0	670	0,00%	98,97%
73	1	671	0,15%	99,11%
80	1	672	0,15%	99,26%
86	1	673	0,15%	99,41%
97	1	674	0,15%	99,56%
121	1	675	0,15%	99,70%
210	1	676	0,15%	99,85%
238	1	677	0,00%	100,00%
Total	677	100		

Analisis ini tidak memperhitungkan akselerasi dan deselerasi tiap kendaraan sesuai golongan kendaraannya. Berdasarkan tabel 4.11 tentang waktu pelayanan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB), didapat grafik persentase kumulatif (%) serta, waktu pelayanan di setiap gardu menghasilkan rata – rata waktu transaksi sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik Presentase Kumulatif (%) dan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB)

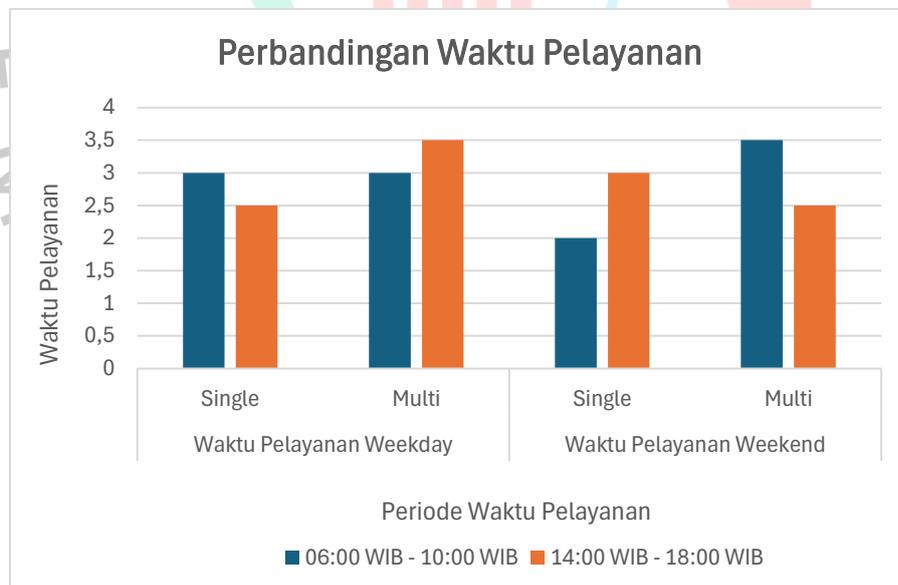
Dari tabel 4.12 dan grafik 4.8 didapatkan data frekuensi waktu pelayanan sebagai berikut:

- Median = 3 detik
- Modus = 2 detik
- Rata – rata Waktu Pelayanan = 5,08 detik

- Presentase Kumulatif 50% = 2,23 detik
- Presentase Kumulatif 75% = 3,39 detik
- Presentase Kumulatif 85% = 4,86 detik

Untuk Waktu pelayanan gardu tol otomatis ditentukan berdasarkan rata-rata waktu pelayanan, serta nilai pada persentase kumulatif 50%, 75%, dan 85%. Keempat nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan median dan modus. Selanjutnya, dipilih nilai yang paling mendekati median dan modus, yaitu waktu pelayanan pada persentase kumulatif 50% yaitu 2,23 detik \approx 2,5 detik. Nilai 2,5 detik didapatkan dari rata – rata antara nilai modus sebesar 2 detik dan nilai median sebesar 3 detik.

Berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol, waktu pelayanan pada gerbang tol dengan GTO gardu tol transaksi sistem terbuka harus \leq 5 detik/kendaraan. Jika dilihat berdasarkan hasil survei langsung didapatkan bahwa gerbang tol Kelapa Gading GTO *Single* mempunyai waktu pelayanan sebesar 2,5 detik/kendaraan hal ini telah memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).



Gambar 4. 9 Diagram Perbandingan Waktu Pelayanan Gerbang Tol Kelapa Gading

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada Gambar 4.9 mengenai perbandingan waktu pelayanan di gerbang tol *single* pada akhir pekan dan hari kerja, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Waktu pelayanan pada periode 06:00 WIB – 10:00 WIB dan 14:00 WIB – 18:00 WIB menunjukkan

nilai kurang dari 5 detik per kendaraan. Nilai ini sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang diterapkan pada gerbang tol tersebut, sehingga menunjukkan bahwa waktu pelayanan berada dalam kategori yang cukup baik. Namun pada kenyataannya terdapat antrian panjang terutama pada jam sibuk (*peak hour*), sehingga ditinjau kembali hasil survei waktu pelayanan. Berdasarkan hasil survei sebagian besar kendaraan memiliki waktu pelayanan (WP) kurang dari 5 detik, akan tetapi terdapat beberapa kendaraan yang melebihi nilai tersebut. Meskipun demikian, dominasi kendaraan dengan WP di bawah 5 detik memungkinkan sistem untuk tetap mengakomodasi nilai WP yang lebih tinggi. Jika dilihat berdasarkan jenis golongan, pada GTO *single* rata-rata para pengendara mobil pribadi atau golongan 1 yang mempunyai nilai WP lebih dari 5 detik adalah pengendara yang sudah berumur, hal tersebut tentunya dengan berbagai alasan dari setiap pengendaranya.

• Untuk mengakomodir nilai WP yang sangat tinggi salah satunya terkhusus untuk pengendara lansia, perlu adanya teknologi terkini untuk dijadikan solusi bagi para pengguna kendaraan yang sering terkendala terkait proses transaksi, yaitu dengan menggunakan MLFF. *Multi Lane Free Flow* (MLFF) sebagai bentuk *Electronic Toll Collection* (ETC) adalah metode inovatif dalam pembayaran tol yang memungkinkan kendaraan untuk melintas tanpa perlu berhenti di gerbang tol. Sistem ini dapat mengidentifikasi kendaraan, sehingga pengendara dapat terus melaju dengan kecepatan tinggi (Budiharjo et al., 2019). Teknologi *Multi Lane Free Flow* (MLFF) memberikan berbagai dampak positif, terutama penggunaan kendaraan golongan satu, yaitu meminimalisir adanya antrian kendaraan di gerbang tol karena proses transaksi ditiadakan. Dengan demikian, waktu perjalanan bagi pengguna jalan dapat berkurang karena tidak ada lagi antrian di gerbang tol. Selain itu, kemacetan juga dapat teratasi akibat berkurangnya jumlah kendaraan yang mengantri di gerbang tol. Namun kekurangan dari teknologi MLFF yaitu perlunya investasi yang cukup tinggi bagi para penyedia jasa tol.

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap Gambar 4.9 mengenai perbandingan waktu pelayanan di gerbang tol *multi* pada akhir pekan dan hari kerja, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Waktu pelayanan pada

periode 06:00 WIB – 10:00 WIB dan 14:00 WIB – 18:00 WIB menunjukkan nilai kurang dari 5 detik per kendaraan, yang merupakan Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang diterapkan di gerbang tol tersebut. Meskipun demikian, waktu pelayanan ini tergolong baik, Namun pada kenyataannya terdapat antrian panjang terutama pada jam sibuk (*peak hour*), sehingga ditinjau kembali hasil survei waktu pelayanan. Berdasarkan hasil survei sebagian besar kendaraan memiliki waktu pelayanan (WP) kurang dari 5 detik, akan tetapi terdapat beberapa kendaraan yang melebihi nilai tersebut. Meskipun demikian, dominasi kendaraan dengan WP di bawah 5 detik memungkinkan sistem untuk tetap mengakomodasi nilai WP yang lebih tinggi. Kendaraan dengan nilai WP jauh di atas 5 detik umumnya termasuk dalam golongan kendaraan 2 hingga 5. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kendaraan tersebut dikemudikan oleh sopir dari suatu perusahaan, sehingga ada kemungkinan bahwa para sopir tersebut tidak menerima pelatihan khusus dari perusahaan.

Teknologi *Multi Lane Free Flow* (MLFF) memberikan berbagai dampak positif, terutama penggunaan kendaraan golongan 2 sampai 5, yaitu meminimalisir adanya antrian kendaraan di gerbang tol karena proses transaksi ditiadakan dan meminimalisir kecurangan pengemudi terhadap perusahaan. Akan tetapi perlu adanya pengembangan lebih lanjut terhadap teknologi *Multi Lane Free Flow* (MLFF) jika teknologi tersebut digunakan oleh suatu perusahaan.

4.3 Analisa Intensitas Lalu Lintas

Dengan tingkat kedatangan seperti yang dianalisis pada waktu pelayanan sebelumnya, diperlukan evaluasi terhadap intensitas lalu lintas (ρ) pada gardu pelayanan yang beroperasi. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan rata – rata waktu pelayanan berdasarkan data yang telah tercatat sebelumnya, sehingga dapat diketahui tingkat intensitas lalu lintas yang terjadi pada gardu tersebut.

Intensitas Lalu Lintas (ρ) merupakan rasio antara Tingkat Kedatangan (λ) dan Tingkat Pelayanan (μ) dengan ketentuan bahwa nilainya harus kurang dari 1.

Hasil perhitungan analisa intensitas lalu lintas terhadap volume asli di gerbang tol yang ditinjau yaitu:

1. Analisa Intensitas Lalu Lintas pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single*
 - a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *Weekday*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,46 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{3} \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{553/1}{1200} \rightarrow \rho = 0,46 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

- b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *Weekday*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 2,5 detik, maka didapatkan 1440 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1440 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,38 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{2,5} \rightarrow \mu = 1440 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{553/1}{1440} \rightarrow \rho = 0,38 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *Weekend*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 2 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 2 detik, maka didapatkan 1800 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1800 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,31 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{2} \rightarrow \mu = 1800 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{553/1}{1800} \rightarrow \rho = 0,31 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *Weekend*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,46 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{3} \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{553/1}{1200} \rightarrow \rho = 0,46 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

2. Analisa Intensitas Lalu Lintas pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi*

a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *Weekday*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,36 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{3} \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{435/1}{1200} \rightarrow \rho = 0,36 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *Weekday*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3,5 detik, maka didapatkan 1028 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028

kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,42 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{3,5} \rightarrow \mu = 1028 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{435/1}{1028} \rightarrow \rho = 0,42 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *Weekend*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3,5 detik, maka didapatkan 1028 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,42 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{3,5} \rightarrow \mu = 1028 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{435/1}{1028} \rightarrow \rho = 0,42 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *Weekend*

Dengan menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 2,5 detik, maka didapatkan 1440 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung

menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1440 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 0,3 dengan rincian sebagai berikut:

$$\mu = \frac{3600}{2,5} \rightarrow \mu = 1440 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{435/1}{1440} \rightarrow \rho = 0,3 < 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho < 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi masih mampu menampung jumlah kendaraan yang ada.

4.4 Analisis Antrian FIFO pada Gerbang Tol

Analisis antrian dilakukan untuk menghitung panjang antrian dan menentukan jumlah gardu yang diperlukan berdasarkan tabel hasil analisis. Proses analisis antrian serupa dengan analisis intensitas lalu lintas, yaitu dengan menggunakan waktu pelayanan yang diperoleh dari data yang tercatat selama survei. Dengan cara ini, dapat diketahui kondisi antrian pada berbagai waktu pelayanan.

Hasil perhitungan pada Analisa antrian volume adalah volume asli berdasarkan gerbang tol yang dianalisis, yaitu:

1. Analisa Antrian pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single*

Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m.

a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *Weekday*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,46 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *single* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan

(2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{553/1}{1200 - (553/1)} = 0,85 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{553/1^2}{1200(1200 - (553/1))} = 0,39 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1200 - (553/1)} \times 3600 = 5,56 = 6 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(553/1)}{1200(1200 - (553/1))} \times 3600 = 2,56 = 3 \text{ detik}$$

Pada WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *single*. Hasil perhitungan antrian dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi dimana gerbang tol gardu GTO *single* beroperasi secara maksimal (1 gardu terbuka, sehingga hanya ada 1 lajur antrian), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.13, yaitu:

Tabel 4. 13 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 3 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3	0,85	5,5	0,39	5,5	5,56	2,56
2	3	0,30	5,5	0,07	5,5	3,90	0,90

Dari Tabel 4.13 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *Weekday*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1440 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,38 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 2,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur

antrian yang terjadi pada GTO *single* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{553/1}{1440 - (553/1)} = 0,62 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{553/1^2}{1440(1440 - (553/1))} = 0,24 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1440 - (553/1)} \times 3600 = 4,06 = 4 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(553/1)}{1440(1440 - (553/1))} \times 3600 = 1,56 = 2 \text{ detik}$$

Pada WP 2,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *single*. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol gardu GTO *single* beroperasi secara penuh. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.14, yaitu:

Tabel 4. 14 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekday* (14:00 WIB – 18:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 2,5 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	2,5	0,62	5,5	0,24	5,5	4,06	1,56
2	2,5	0,24	5,5	0,05	5,5	3,09	0,59

Dari tabel 4.14 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *weekend*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1800

kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,31 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 2 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *single* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{553/1}{1800 - (553/1)} = 0,44 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{553/1^2}{1800(1800 - (553/1))} = 0,14 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1200 - (553/1)} \times 3600 = 2,89 = 3 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(553/1)}{1800(1800 - (553/1))} \times 3600 = 0,89 = 1 \text{ detik}$$

Pada WP 2 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *single*. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 2 detik dalam kondisi di mana gerbang tol GTO *single* beroperasi secara penuh. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.15, yaitu:

Tabel 4. 15 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 2 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	2	0,44	5,5	0,14	5,5	2,89	0,89
2	2	0,18	5,5	0,03	5,5	2,36	0,36

Dari Tabel 4.15 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *weekend*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 553 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,46 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *single* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{553/1}{1200 - (553/1)} = 0,85 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{553/1^2}{1200(1200 - (553/1))} = 0,39 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1200 - (553/1)} \times 3600 = 5,56 = 6 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(553/1)}{1200(1200 - (553/1))} \times 3600 = 2,56 = 3 \text{ detik}$$

Pada WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *single*. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi di mana gerbang tol gardu GTO *single* beroperasi secara penuh. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.16, yaitu:

Tabel 4. 16 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 3 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3	0,85	5,5	0,39	5,5	5,56	2,56
2	3	0,30	5,5	0,07	5,5	3,90	0,90

Dari Tabel 4.16 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

2. Analisa Antrian pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi*

a. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *Weekday*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,36 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *multi* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{453/1}{1200 - (453/1)} = 0,61 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{453/1^2}{1200(1200 - (453/1))} = 0,23 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1200 - (453/1)} \times 3600 = 4,82 = 5 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(453/1)}{1200(1200 - (453/1))} \times 3600 = 1,82 = 2 \text{ detik}$$

Pada WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *multi*. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi di mana gerbang tol GTO *multi* beroperasi secara penuh. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.17, yaitu:

Tabel 4. 17 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (06:00 WIB – 10:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 3 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3	0,61	5,5	0,23	5,5	4,82	1,82
2	3	0,23	5,5	0,04	6,5	3,70	0,57

Dari Tabel 4.17 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

b. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *Weekday*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,42 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *multi* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{453/1}{1028 - (453/1)} = 0,79 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{453/1^2}{1028(1028 - (453/1))} = 0,35 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1028 - (453/1)} \times 3600 = 6,26 = 7 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(453/1)}{1028(1028 - (453/1))} \times 3600 = 2,76 = 3 \text{ detik}$$

Pada WP 3,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *multi*. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol gardu GTO *multi* beroperasi secara

peny. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.18, yaitu:

Tabel 4. 18 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekday* (14:00 WIB – 18 :00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 3,5 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3,5	0,79	5,5	0,35	5,5	6,26	2,76
2	3,5	0,28	5,5	0,05	6,5	4,49	0,99

Dari Tabel 4.18 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

c. Periode waktu (06:00 WIB – 10:00 WIB) *weekend*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,24 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *multi* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{453/1}{1028 - (453/1)} = 0,79 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{453/1^2}{1028(1028 - (453/1))} = 0,35 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1028 - (453/1)} \times 3600 = 6,26 = 7 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(453/1)}{1028(1028 - (453/1))} \times 3600 = 2,76 = 3 \text{ detik}$$

Pada WP 3,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO

multi. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol GTO *multi* beroperasi secara penuh. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.19, yaitu:

Tabel 4. 19 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (06:00 WIB – 10:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 3,5 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3,5	0,79	5,5	0,35	5,5	6,26	2,76
2	3,5	0,28	5,5	0,06	5,5	4,49	0,99

Dari Tabel 4.19 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.

d. Periode waktu (14:00 WIB – 18:00 WIB) *weekend*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) sebesar 435 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1440 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 0,3 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 2,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *multi* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{453/1}{1440 - (453/1)} = 0,46 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{453/1^2}{1440(1440 - (453/1))} = 0,14 = 1 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1440 - (453/1)} \times 3600 = 3,65 = 4 \text{ Detik}$$

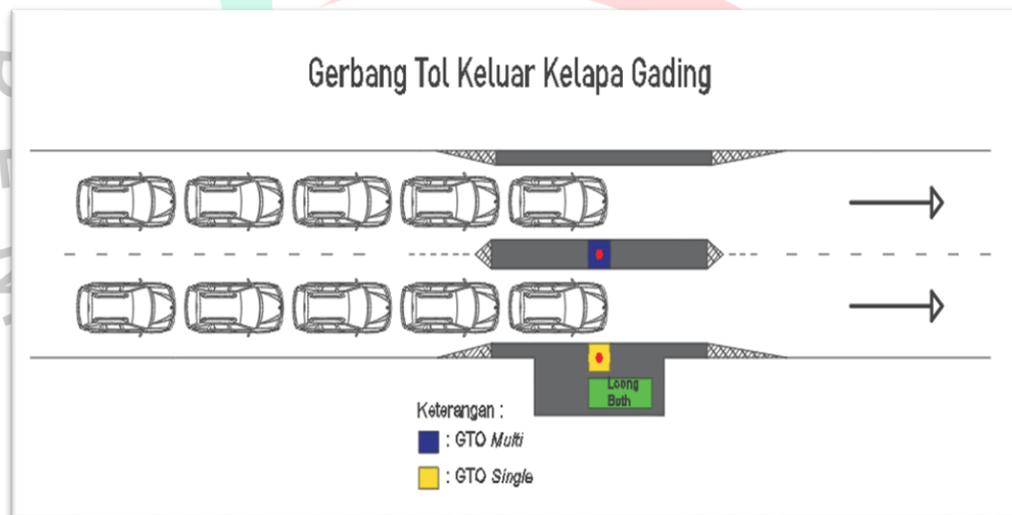
$$w = \frac{(453/1)}{1440(1440 - (453/1))} \times 3600 = 1,15 = 1 \text{ detik}$$

Pada WP 2,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *multi*. Hasil perhitungan antrian menggunakan waktu pelayanan 2,5 detik dalam kondisi di mana gerbang tol GTO *multi* beroperasi secara penuh. (1 gardu terbuka sehingga terdapat 1 lajur antrian yang terjadi), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.20, yaitu:

Tabel 4. 20 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi Weekend* (14:00 WIB – 18:00 WIB) Menggunakan Waktu Pelayanan 2,5 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	2,5	0,46	5,5	0,14	5,5	3,65	1,15
2	2,5	0,28	5,5	0,06	5,5	4,49	0,99

Dari Tabel 4.20 nilai q kondisi saat ini < 10 sehingga tidak perlu penambahan gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada.



Gambar 4. 10 Skema Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading Tahun 2024

4.5 Analisis Antrian *Traffic Flow Fundamental*

Analisis antrian diperlukan untuk memperoleh gambaran tentang panjang antrian secara hitungan. Pada proses analisis ini, digunakan rumus *traffic flow fundamental* sementara mempertimbangkan data kapasitas yang berubah sesuai dengan PKJI tahun 2023 serta data dari analisis sebelumnya.

Dalam melakukan analisis antrian (*traffic flow fundamental*) pada gerbang tol Kelapa Gading dengan menggunakan kapasitas Jalan Bebas

Hambatan 4/2 yaitu C (kapasitas) = C_0 (kapasitas dasar) x FCI (Faktor Penyesuaian Kapasitas) (PKJI 2023), $C = 2500$ (tabel 2-2 PKJI JBH 2023) x 1 (tabel 2-2 PKJI JBH 2023), $C = 2500$ kendaraan/jam. Menggunakan waktu pelayanan terbesar dari beberapa periode waktu yang telah dianalisis menggunakan analisis waktu pelayanan (WP) sebelumnya yaitu sebesar 3,5 detik. Kemudian menggunakan data (λ) volume lalu lintas sebesar 988 didapatkan dari perhitungan *forecasting* Dengan pembagian GTO Multi (44% dari kendaraan golongan 1) = 435 kendaraan/jam; GTO Single (56% dari kendaraan golongan 1) = 553 kendaraan/jam. Kemudian μR (Kapasitas) sebesar 1191 kendaraan/jam yang didapatkan dari hasil survei gabungan dari tingkat kedatangan GTO *single* sebesar 660 kendaraan/jam dan GTO *multi* sebesar 531 kendaraan/jam. Lalu kapasitas dasar (μ) 2500 kendaraan/jam berdasarkan tabel 2.2 kapasitas dasar JBH menurut PKJI 2023. Dan antrian yang terjadi adalah 2 jalur antrian (GTO *multi* dan GTO *single*).

Setelah itu untuk mencari (t_Q) lama waktu antrian menggunakan persamaan (2.9), kemudian mencari jumlah kendaraan yang mengalami antrian (N_Q) menggunakan persamaan (2.10), lalu untuk mencari (Q_M) panjang antrian maksimum maka menggunakan persamaan (2.11) dan mencari panjang antrian rata – rata saat terjadi antrian (Q_Q) menggunakan persamaan (2.12). Untuk semua persamaan tersebut dapat dirincikan sebagai berikut:

t_Q = lama waktu dalam antrian (detik/jam)

$$t_Q = \frac{3,5(2500 - 1191)}{2500 - 988} = 3,03 \text{ detik} = 3 \text{ detik}$$

N_Q = jumlah kendaraan yang mengalami antrian

$$N_Q = \frac{988 \times 3,03}{3600} = 0,83 = 1 \text{ kendaraan}$$

Q_M = Panjang antrian maksimum

$$Q_M = \frac{3(988-1191)}{3600} = -0.169 = -1 \text{ Kendaraan}$$

Q_Q = Panjang antrian rata – rata saat terjadi antrian

$$Q_Q = \frac{3(988 - 1191)}{7200} = -0.084 = -1 \text{ kendaraan}$$

4.6 Analisa Peramalan (*Forecasting*)

Analisis peramalan (*forecasting*) bertujuan untuk mengetahui kemampuan kapasitas gerbang dalam melayani kendaraan yang melintas, khususnya dengan mempertimbangkan peningkatan jumlah kendaraan dari tahun – tahun sebelumnya.

Perkiraan peningkatan jumlah kendaraan di gerbang tol diperhitungkan berdasarkan data historis jumlah kendaraan dari tahun 2021 hingga 2023 dengan menggunakan analisa regresi linear. Hasil peramalan lalu lintas kendaraan ini kemudian digunakan untuk menentukan jumlah gardu yang diperlukan untuk menampung volume kendaraan yang diperkirakan pada tahun 2029.

1. Analisa Tingkat Kedatangan pada Tahun 2029

Analisa tingkat kedatangan dilakukan dengan cara melakukan regresi linear data historis tahun 2021-2023 untuk menentukan jumlah kendaraan yang melewati gerbang tol pada tahun 2029, hasil perhitungan analisis tingkat kedatangan kendaraan pada tahun tersebut di gerbang tol yang dianalisis yaitu Gerbang keluar tol Kelapa Gading.

Untuk mendapatkan tingkat kedatangan kendaraan pada tahun 2029 dilakukan menggunakan metode *forecasting* dari data tahun - tahun sebelumnya menggunakan regresi linier.

Tabel 4. 21 Total Volume Lalu Lintas Tahunan Gerbang Tol Kelapa Gading

Tahun	Kendaraan
2021	432.000
2022	1.684.908
2023	2.254.396

Sumber: PT Jakarta Tollroad Development

Tabel 4. 22 Hasil Regresi Linear dari Volume Lalu Lintas Tahun 2021-2023

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,977354178
R Square	0,955221189
Adjusted R Square	0,910442379
Standard Error	279005,0467
Observations	3

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	1,66056E+12	1,66056E+12	21,33199109	0,135741351
Residual	1	77843816067	77843816067		
Total	2	1,73841E+12			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	1840985255	398913053,4	4,615003793	0,135845568	6909656183	3227685674	6909656183	3227685674
Y	911198	197286,3605	4,618656849	0,135741351	1595562,888	3417958,888	1595562,888	3417958,888

Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap volume lalu lintas yang ditampilkan pada tabel 4.22, volume lalu lintas untuk tahun 2029 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Lalu Lintas} &= a + bx \\
 &= -1840985255 + (911198 \times 2029) \\
 &= -1840985255 + 1848820742 \\
 &= 7.835.487 \text{ Kendaraan}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk menentukan tingkat kedatangan kendaraan selama arus jam puncak, jumlah kendaraan per tahun perlu dibagi dengan 365 hari agar diperoleh volume lalu lintas harian, yaitu $7.835.487 / 365 \text{ hari} = 21.467 \text{ kendaraan/hari}$. Agar dapat menentukan arus jam puncak berdasarkan LHRT, diperlukan faktor K yang dapat digunakan untuk menghitung JBH, maka lalu lintas harian perlu dikali faktor k (0,11), Sehingga didapat $21.467 \times 0,11 = 2.361 \text{ kendaraan/jam} = 1.180 \text{ kendaraan/jam/gardu}$. Dengan pembagian GTO Multi (44% dari kendaraan golongan 1) = 1.039 kendaraan/jam; GTO Single (56% dari kendaraan golongan 1) = 1.322 kendaraan/jam.

2. Analisa Intensitas Lalu Lintas pada Tahun 2029

Dengan tingkat kedatangan yang diramalkan pada tahun 2029, seperti yang dijelaskan dalam analisis waktu pelayanan sebelumnya, perlu dilakukan analisa intensitas lalu lintas (ρ) pada gardu pelayanan yang beroperasi untuk mengetahui seberapa besar intensitas yang terjadi. Analisis ini menggunakan rata – rata waktu pelayanan yang diperoleh dari data yang tercatat sebelumnya, sehingga intensitas lalu lintas yang terjadi dapat diketahui..

Intensitas Lalu Lintas (ρ) merupakan rasio antara Tingkat Kedatangan (λ) dan Tingkat Pelayanan (μ) dengan ketentuan bahwa nilainya harus kurang dari 1.

Hasil perhitungan analisa intensitas lalu lintas volume asli pada gerbang tol yang ditinjau yaitu:

a. Gerbang Tol Kelapa Gading *Single*

Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO *Single*. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 56% golongan I untuk GTO *Single* dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3 detik, maka didapatkan 1200 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 1322 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Single*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 1,1 dengan rincian sebagai berikut:

$$\lambda = 1322 \text{ Kendaraan/Jam}$$

$$N = 1 \text{ (Jumlah GTO single)}$$

$$\mu = \frac{3600}{3} \rightarrow \mu = 1200 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{1322/1}{1200} \rightarrow \rho = 1,1 > 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho > 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi sudah melebihi kapasitas, sehingga tidak dapat menampung jumlah kendaraan yang ada.

b. Gerbang Tol Kelapa Gading *Multi*

Pada tahun 2029 direncanakan untuk GTO *Multi*. Perencanaan gerbang menggunakan proporsi kendaraan 44% golongan I, II, III, IV, dan V masuk ke GTO *Multi* dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik, maka dapat dihitung dengan persamaan (2.3) untuk tingkat pelayanan (μ) yaitu satuan jam dibagi dengan waktu pelayanan (WP) 3,5 detik, maka didapatkan 1028 kendaraan/jam. Kemudian untuk intensitas lalu lintas (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dengan tingkat kedatangan (λ) sebesar 1039 kendaraan/jam dibagi dengan (N) jumlah gardu yang beroperasi = 1 (jumlah GTO *Multi*) dan dibagi dengan tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam maka didapatkan nilai intensitas lalu lintas (ρ) adalah 1,1 dengan rincian sebagai berikut:

$$\lambda = 1039 \text{ Kendaraan/Jam}$$

$$N = 1 \text{ (Jumlah GTO Multi)}$$

$$\mu = \frac{3600}{3,5} \rightarrow \mu = 1028 \text{ Kend/Jam}$$

$$\rho = \frac{1039/1}{1028} \rightarrow \rho = 1,1 > 1$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa $\rho > 1$, dapat disimpulkan bahwa lalu lintas yang terjadi sudah melebihi kapasitas, sehingga tidak dapat menampung jumlah kendaraan yang ada.

3. Analisa Antrian Antrian FIFO pada Gerbang Tol Tahun 2029

Analisis antrian dilakukan untuk menghitung panjang antrian dan menentukan jumlah gardu yang diperlukan berdasarkan tabel hasil analisis. Proses analisis antrian serupa dengan analisis intensitas lalu lintas, yaitu dengan menggunakan waktu pelayanan yang diperoleh dari data yang tercatat selamai survei. Dengan cara ini, dapat diketahui kondisi antrian pada berbagai waktu pelayanan.

Dengan panjang kendaraan golongan I = 5,5 m; golongan II = 8,7 m; golongan III = 12,1 m; golongan IV = 21 m; golongan V = 21 m. Hasil perhitungan pada Analisa antrian volume adalah volume asli berdasarkan gerbang tol yang ditinjau, yaitu:

a. Analisa Antrian pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) pada *forecasting* tahun 2029 sebesar 1322 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1200 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 1,1 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *single* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{1322/1}{1200 - (1322/1)} = -10,84 = -11 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{1322/1^2}{1200(1200 - (1322/1))} = -11,94 = -12 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1200 - (1322/1)} \times 3600 = -29,51 = -30 \text{ Detik}$$

$$w = \frac{(1322/1)}{1200(1200 - (1322/1))} \times 3600 = -32,51 = -33 \text{ detik}$$

Pada WP 3 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *single*. Hasil perhitungan antrian dengan menggunakan waktu pelayanan 3 detik dalam kondisi dimana gerbang tol GTO *single* beroperasi secara maksimal (1 gardu terbuka, sehingga hanya ada 1 lajur antrian), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.23, yaitu:

Tabel 4. 23 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Single* pada Tahun 2029 Menggunakan Waktu Pelayanan 3 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3	-10,84	-59,60	-11,94	-65,66	-29,51	-32,51
2	3	1,23	6,74	0,68	3,72	6,68	3,68

Dari Tabel di atas nilai q kondisi saat ini > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai – (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga.

b. Analisa Antrian pada Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi*

Untuk menghitung analisa antrian FIFO dibutuhkan analisa dari perhitungan sebelumnya yang menghasilkan tingkat kedatangan (λ) pada *forecasting* tahun 2029 sebesar 1039 kendaraan/jam serta tingkat pelayanan (μ) sebesar 1028 kendaraan/jam, nilai intensitas lalu lintas (ρ) 1,1 kemudian menggunakan waktu pelayanan (WP) sebesar 3,5 detik/kendaraan dan jumlah jalur antrian yang terjadi pada GTO *multi* (N) adalah 1 jalur antrian. Lalu untuk menghitung jumlah kendaraan dalam sistem (\bar{n}) menggunakan persamaan (2.5), kemudian untuk menghitung jumlah kendaraan dalam antrian (\bar{q}) menggunakan persamaan (2.6), serta untuk menghitung waktu kendaraan dalam sistem (\bar{d}) menggunakan persamaan (2.7), dan dalam menghitung persamaan (\bar{w}) menggunakan dengan persamaan (2.8), yaitu:

$$n = \frac{1039/1}{1028 - (1039/1)} = -94,45 = -94 \text{ Kendaraan}$$

$$q = \frac{1039/1^2}{1028(1028 - (1039/1))} = -95,47 = -95 \text{ Kendaraan}$$

$$d = \frac{1}{1028 - (1039/1)} \times 3600 = -327,27 = -327 \text{ Detik}$$

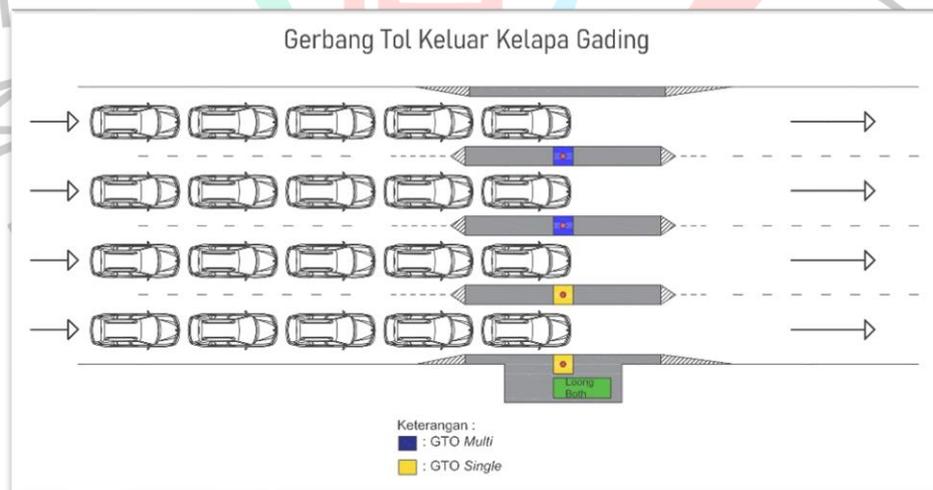
$$w = \frac{(1039/1)}{1028(1028 - (1039/1))} \times 3600 = -330,77 = -331 \text{ detik}$$

Pada WP 3,5 detik/kendaraan, dilakukan analisa antrian untuk melihat jumlah gardu yang dibutuhkan dengan menggunakan gardu GTO *multi*. Hasil perhitungan antrian dengan menggunakan waktu pelayanan 3,5 detik dalam kondisi dimana gerbang tol GTO *multi* beroperasi secara maksimal (1 gardu terbuka, sehingga hanya ada 1 lajur antrian), dapat dilihat pada analisis yang terdapat pada tabel 4.24, yaitu:

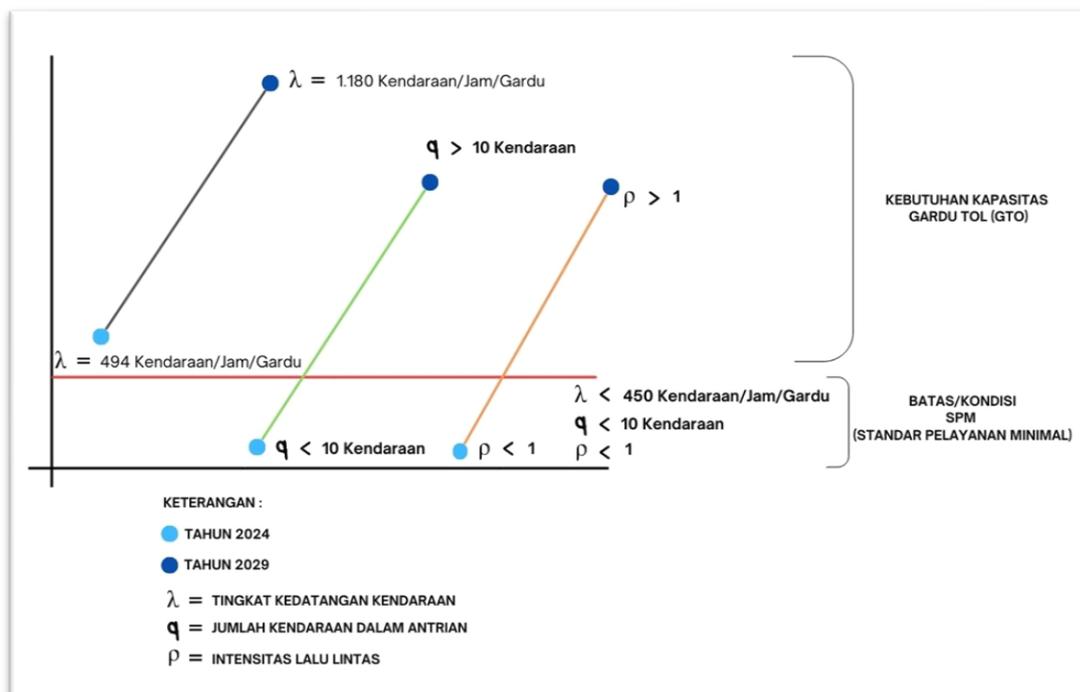
Tabel 4. 24 Perhitungan Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading GTO *Multi* pada Tahun 2029 Menggunakan Waktu Pelayanan 3,5 detik

Jumlah Pintu Tol (N)	WP	n (Kend)	n (meter)	q (Kend)	q (meter)	d (detik)	w (detik)
1	3,5	-94,45	519,50	-95,47	525,06	327,27	330,77
2	3,5	1,02	5,62	0,52	2,84	7,08	3,58

Dari Tabel di atas nilai q kondisi saat ini > 10 sehingga perlu penambahan 1 gardu untuk menampung volume kendaraan yang ada. Nilai - (minus) menunjukkan tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan sehingga antrian yang terjadi menjadi tak terhingga.



Gambar 4. 11 Skema Antrian Gerbang Tol Kelapa Gading Tahun 2029



Gambar 4. 12 Grafik Penambahan Kapasitas Gerbang Tol

Pada gambar 4.12 analisis kapasitas gerbang tol dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek melalui berbagai metode. Dalam analisis ini, tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Kelapa Gading untuk tahun 2024 diprediksi sebesar 494 kendaraan/jam/gardu, sedangkan untuk tahun 2029 diperkirakan mencapai 1.180 kendaraan/jam/gardu. Hal ini menunjukkan bahwa volume kendaraan pada gerbang tol tidak memenuhi Standar Pelayanan Minimal (SPM).

Selanjutnya, analisis intensitas lalu lintas menunjukkan bahwa pada tahun 2024, nilai intensitas lalu lintas kurang dari 1, yang berarti gerbang tol masih dapat menampung kendaraan dalam gardu per jam. Namun, pada tahun 2029, intensitas lalu lintas meningkat menjadi lebih dari 1, yang mengindikasikan bahwa gerbang tol sudah tidak mampu menampung kendaraan dalam gardu per jam.

Dalam analisis antrian FIFO, diperoleh bahwa rata-rata antrian kendaraan pada tahun 2024 adalah kurang dari 10 kendaraan, sedangkan pada tahun 2029, antrian kendaraan rata-rata meningkat menjadi lebih dari 10 kendaraan. Dari berbagai aspek yang dianalisis menggunakan beberapa metode tersebut, penambahan gardu tol dapat diperhitungkan untuk

pengambilan keputusan. Namun, perlu dicatat bahwa angka-angka tersebut hanya merupakan prediksi dan dapat berubah sesuai dengan kondisi yang ada.

