



TUGAS AKHIR RC14-1501

ANALISIS KINERJA PELAYANAN PINTU TOL GEMPOL - PASURUAN

REZALVI INDRA PRANATA
NRP 3113 100 123

Dosen Pembimbing :
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR RC14-1501

ANALISIS KINERJA PELAYANAN PINTU TOL GEMPOL - PASURUAN

**REZALVI INDRA PRANATA
NRP 3113 100 123**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



FINAL PROJECT RC14-1501

PERFORMANCE ANALYSIS OF SERVICE THE TOLL BOOTH GEMPOL - PASURUAN

**REZALVI INDRA PRANATA
NRP 3113 100 123**

**Academic Supervisor :
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017**

**ANALISIS KINERJA PELAYANAN PINTU TOL
GEMPOL - PASURUAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Perhubungan
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

REZALVI INDRA PRANATA
NRP. 3113 100 123

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Hera Widyastuti, M.T., Ph.D (Pembimbing I)



SURABAYA
JANUARI, 2017

ANALISIS KINERJA PELAYANAN PINTU TOL GEMPOL - PASURUAN

Nama Mahasiswa : Rezalvi Indra Pranata
NRP : 3113 100 123
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Ir. Hera Widyastuti, M.T.,Ph.D

Abstrak

Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki populasi penduduk sekitar 37,47 juta jiwa. Hal ini berimbas kepada meningkatnya kebutuhan untuk melakukan perjalanan dari tempat awal menuju ke tempat tujuan. Jalan merupakan prasarana yang mendukung hal tersebut. Menurut data Dinas PU Bina Marga, tahun 2012, rasio panjang jalan terhadap jumlah kendaraan di Jawa Timur tercatat 3,29 km untuk setiap 1000 kendaraan bermotor. Hal ini disebabkan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan panjang jalan yang ada..

Jalan tol merupakan salah satu jenis jalan yang dipergunakan untuk mempercepat laju perpindahan tersebut. Kualitas yang baik dari jalan tol memberikan jaminan terhadap kecepatan distribusi barang dan jasa. Tetapi kenyataannya, jalan tol tidak dapat menjamin penuh akan hal tersebut karena salah satu faktor tersebut adalah waktu dan kualitas pelayanan di pintu tol. Banyak pintu tol yang tidak mencukupi dari segi kinerja maupun pelayanan. Padahal, pintu tol sangat penting untuk diperhatikan, karena akan mempengaruhi jumlah kendaraan yang akan masuk ke gerbang tol yang lain. Selain itu, kualitas dari pelayanan yang diberikan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap jumlah laju kendaraan yang dapat dilayani.

Dalam tugas akhir ini membahas antrian yang terjadi pada gerbang tol yang ada. Antrian adalah suatu garis tunggu dari

nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas layanan). Teori antrian itu sendiri adalah studi secara matematis dari kejadian atau gejala garis tunggu. Selain itu, antrian dijadikan alat analitis yang akan memberikan informasi efektif mengenai suatu permasalahan, bukan suatu teknik optimasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada tahun awal, jumlah gardu yang telah ada dapat melayani kendaraan yang melewati . Sedangkan untuk volume kendaraan sesuai umur rencana jalan (30 tahun) memerlukan penambahan jumlah gardu . Untuk gerbang I Bangil dilakukan perubahan semula untuk arah masuk terdapat 3 gardu (1 GTO single dan 2 GTO multi) menjadi 2 gardu (1 GTO multi dan OBU), untuk arah keluar semula 2 gardu yang beroperasi (1 GTO single dan 1 manual) menjadi 3 gardu (1 GTO multi, 1 OBU dan 1 manual). Untuk gerbang II Rembang tidak dilakukan perubahan dikarenakan konfigurasi yang sudah ada cukup melayani kendaraan yang ada. Untuk gerbang III Pasuruan dilakukan perubahan semula untuk arah masuk terdapat 3 gardu (1 GTO single dan 2 GTO multi) menjadi 3 gardu (1 GTO multi, 1 OBU dan 1 manual), untuk arah keluar semula 2 gardu yang beroperasi (1 GTO single dan 1 manual) menjadi 3 gardu (1 GTO multi, 1 OBU dan 1 manual). Untuk Gerbang IV dari semula terdapat 8 gardu (7 GTO ; 1 manual) menjadi 4 gardu (4 OBU)

Kata kunci : Jalan Tol, Pintu Tol Gempol-Pasuruan, Kinerja Pelayanan Pintu Tol

PERFORMANCE ANALYSIS OF SERVICE THE TOLL BOOTH GEMPOL - PASURUAN

Name : Rezalvi Indra Pranata
NRP : 3113 100 123
Department : Teknik Sipil
Supervisor : Ir. Hera Widyastuti, M.T.,Ph.D

Abstract

East Java is a province which has a population of about 37,47 million. It is promoted to the increased need to travel from the place of the beginning of the heading to the destination. The road is the infrastructure that supports it. According to data of the Department of PU Bina Marga, in 2012, the ratio of the length of the road towards the number of vehicles in East Java recorded 3.29 km for every 1000 vehicles. This is due to the growth in the number of motor vehicles that is faster than the growth in length of the existing road.

The highway is one of the types of roads used to speed up the transfer. Good quality of highways providing security against the speed of the distribution of goods and services. But in fact, the highway does not guarantee the full will of the matter because one of these factors is the time and quality of service at the toll booth. Many of the toll booth which is insufficient in terms of performance or service. In fact, the toll booth is very important to note, because it will affect the number of vehicles that will go into another toll gate. In addition, the quality of the service provided will give a significant impact against the amount of the rate of vehicles that can be served.

In this final project discusses the queues that occur at the toll gates. The queue is a waiting line of the customer (unit) that require the services of one or more services (facilities services). Queuing theory itself is the study of mathematically from the waiting line of symptoms or events. In addition, the Foundation of

analytical tools that queues will provide effective information about a problem, not an optimization technique.

The results of this study showed that in the beginning, the number of booths that may serve the vehicles that pass through. As for the volume of the corresponding vehicle age road plan (30 years) require the addition of a number of booths. For the gate I Bangil done again to change the direction of the entrance there are 3 booths (1 single and 2 GTO GTO multi) into 2 substation (1 GTO multi and OBU), to the direction of the original Exit 2 substation operating (1 single and 1 manual GTO) into 3 booths (1 GTO 1 multi OBU and 1 manual). For the Gate II Rembang was not done because of changes to the existing configuration simply serve the existing vehicles. For gate III Pasuruan is done again to change the direction of the entrance there are 3 booths (1 single and 2 GTO GTO multi) into 3 booths (1 GTO multi, 1 manual and 1 OBU), to the direction of the original Exit 2 substation operating (1 single and 1 manual GTO) into 3 booths (1 GTO 1 multi OBU and 1 manual). To Gate IV from the beginning there are 8 booths (7 GTO; 1 manual) into 4 booth (4 OBU)

Keywords: toll booth toll road, Gempol-Pasuruan toll booth Services, performance

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT. Karena atas rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **Analisis Kinerja Pelayanan Pintu Tol Gempol – Pasuruan** dengan baik dan tepat waktu.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini kami telah dibantu oleh banyak pihak, untuk itu kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya Kepada :

1. Alm.Bapak, Ibu serta keluarga yang selalu mendukung, mendoakan, dan menjadi motivasi dalam proses penyelesaian laporan ini
2. Ibu Ir. Hera Widyastuti, M.T.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing, dan dosen wali yang selalu memberikan masukan dan semangat selama berkuliah di bangku teknik sipil ITS
3. Dosen- dosen lainnya yang selama ini membimbing saya selama kuliah di teknik sipil ITS
4. Sahabat-sahabat yang selalu ada dalam kondisi apapun, Krisna, Nina dan Nisa.
5. Teman-teman angkatan 2013, 2012 dan lainnya yang telah memberi referensi dan segenap pihak yang telah ikut membantu.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini di kemudian hari. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR..... v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR.....xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang..... 1

1.2. Perumusan Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Tujuan 2

1.5. Lokasi Studi..... 3

1.6. Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian dan Fungsi Jalan Tol 5

2.1.1. Persyaratan Jalan Tol 6

2.2. Teori Antrian 7

2.3. Unsur-Unsur Antrian..... 8

2.3.1. Tingkat Pelayanan (μ) 8

2.3.2. Tingkat Kedatangan (λ).....10

2.3.3. Disiplin Antrian10

2.3.3.1.	First In First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS)	11
2.3.3.2.	First In Last Out (FILO) atau First Come Last Served (FCLS)	12
2.3.3.3.	First Vacant First Served (FVFS)	12
2.4.	Sistem Antrian	13
2.5.	Parameter Antrian	15
2.5.1.	Disiplin Antrian First In First Out (FIFO).....	16
2.5.2.	Disiplin Antrian First Vacant First Served (FVFS)	16
2.5.3.	Sistem Pelayanan Gardu Tol	17
2.7.	Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol.....	18
2.8.	Golongan Kendaraan.....	18
2.9.	Ekivalensi Mobil Penumpang.....	19
2.10.	Jenis Gardu Tol.....	20
2.10.1.	Gardu Tol Konvensional	20
2.10.2.	Gardu Tol Otomatis (GTO)	21
2.10.3.	Electronic Toll Collection atau On-Board Unit (OBU)	21
2.11.	Pelataran Tol dan Gerbang Tol.....	22
2.12.	Prediksi Pertumbuhan Lalu Lintas	24
2.13.	Standar Kendaraan Rencana	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	25
3.2.	Langkah Penyusunan Tugas Akhir	25
3.2.1.	Identifikasi Masalah	26

3.2.2. Studi Pustaka	28
3.2.3. Pengumpulan Data	28
3.2.4. Rekapitulasi dan Analisis Data	28
3.2.5. Pembahasan	28
3.2.6. Kesimpulan dan Saran.....	28
3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.3.1. Lokasi Penelitian.....	29
3.3.2. Pengumpulan Data	29
BAB IV DATA-DATA	
4.1. Umum.....	31
4.2. Data Sekunder.....	31
4.2.1. Tingkat Kedatangan (Arrival Rate)	31
4.2.2. Data Konfigurasi	33
4.2.3. Pertumbuhan Kendaraan di Jawa Timur	34
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1. Analisis Tingkat Kedatangan.....	35
5.2 Analisis Waktu Pelayanan	39
5.3. Analisis Intensitas Lalu Lintas.....	42
5.3.1. Analisis Intensitas Gerbang I	43
5.3.2. Analisis Intensitas Gerbang II	71
5.3.3. Analisis Intensitas Gerbang III.....	99
5.3.4. Analisis Intensitas Gerbang IV	127
5.4. Analisis Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO)	155
5.4.1. Analisis Antrian pada Gerbang I	155

5.4.2. Analisis Antrian pada Gerbang II.....	162
5.4.3. Analisis Antrian pada Gerbang III	167
5.4.4. Analisis Antrian pada Gerbang IV	172
5.5. Perencanaan Gerbang Tol Gempol – Pasuruan 30 Tahun ..	178
5.5.1. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang I Bangil 30 Tahun	188
5.5.2. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang II Rembang 30 Tahun.....	195
5.5.3. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang III Pasuruan 30 Tahun	196
5.5.4. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang IV Grati 30 Tahun.....	203

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan.....	2079
6.2. Saran	20810

DAFTAR PUSTAKA211

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Nilai Normal Faktor k.....	35
Tabel 5.2 Matriks Asal Tujuan Golongan I Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k).....	36
Tabel 5.3 Matriks Asal Tujuan Golongan II Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k).....	36
Tabel 5.4 Matriks Asal Tujuan Golongan III Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)	36
Tabel 5.5 Matriks Asal Tujuan Golongan IV Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)	37
Tabel 5.6 Matriks Asal Tujuan Golongan V Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k).....	37
Tabel 5.7 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang.....	38
Tabel 5.8 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang	38
Tabel 5.9 Jumlah smp Masuk Tiap Gerbang.....	39
Tabel 5.10 Jumlah smp Keluar Tiap Gerbang	39
Tabel 5.11 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis	40
Tabel 5.12 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Manual	41
Tabel 5.13 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang I WP 3 – 14 detik	159
Tabel 5.14 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang I WP 3 – 14 detik	161
Tabel 5.15 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang II WP 3 – 14 detik	164
Tabel 5.16 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang II WP 3 – 14 detik	166
Tabel 5.17 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang III WP 3 – 14 detik	169
Tabel 5.18 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang III WP 3 – 14 detik	171

Tabel 5.19 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang IV WP 3 – 14 detik.....	174
Tabel 5.20 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang IV WP 3 – 14 detik.....	178
Tabel 5.21 Pertumbuhan Kendaraan di Jawa Timur.....	179
Tabel 5.22 Jumlah Kendaraan Golongan I.....	180
Tabel 5.23 Kendaraan Golongan I pada 30 Tahun Mendatang .	181
Tabel 5.24 Kendaraan Golongan II pada 30 Tahun Mendatang	181
Tabel 5.25 Kendaraan Golongan III pada 30 Tahun Mendatang	181
Tabel 5.26 Kendaraan Golongan IV pada 30 Tahun Mendatang	182
Tabel 5.27 Kendaraan Golongan V pada 30 Tahun Mendatang	182
Tabel 5.28 Hasil Kendaraan Golongan I Setelah Perkalian Faktor	183
Tabel 5.29 Hasil Kendaraan Golongan II Setelah Perkalian Faktor	183
Tabel 5.30 Hasil Kendaraan Golongan III Setelah Perkalian Faktor	183
Tabel 5.31 Hasil Kendaraan Golongan IV Setelah Perkalian Faktor	184
Tabel 5.32 Hasil Kendaraan Golongan V Setelah Perkalian Faktor	184
Tabel 5.33 Pembagian Kendaraan Golongan I Menuju Gerbang Tol	185
Tabel 5.34 Pembagian Kendaraan Golongan II Menuju Gerbang Tol.....	185
Tabel 5.35 Pembagian Kendaraan Golongan III Menuju Gerbang Tol.....	186
Tabel 5.36 Pembagian Kendaraan Golongan IV Menuju Gerbang Tol.....	186

Tabel 5.37 Pembagian Kendaraan Golongan V Menuju Gerbang Tol.....	187
Tabel 5.38 Jumlah Kendaraan (smp) Golongan Masuk Gerbang Tol.....	187
Tabel 5.39 Jumlah Kendaraan (smp) Golongan Keluar Gerbang Tol.....	188

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Jalan Tol Gempol-Pasuruan.....	3
Gambar 2.1 Disiplin Antrian FIFO.....	11
Gambar 2.2 Disiplin Antrian FILO.....	12
Gambar 2.3 Disiplin Antrian FVFS	13
Gambar 2.4 Single Channel Single Phase	13
Gambar 2.5 Single Channel Multiple Phase.....	14
Gambar 2.6 Multiple Channel Single Phase.....	14
Gambar 2.7 Multiple Channel Multiple Phase	15
Gambar 2.8 Gardu Tol Konvensional	20
Gambar 2.9 Gardu Tol Otomatis	21
Gambar 2.10 On-Board Unit	21
Gambar 2.11 Ruang Bebas Pada Gerbang Tol	22
Gambar 2.12 Pelataran Tol Pada Gerbang Tol Ramp	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 5.1 Kendaraan Arah Rembang Menuju Grati.....	38

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada dasarnya, setiap perpindahan barang atau jasa yang terjadi memerlukan fasilitas yang memadai sehingga pengiriman dan penerimaan barang atau jasa dapat dilakukan dengan cepat dan tepat. Salah satu prasarana yang sangat diperlukan dalam kegiatan tersebut adalah jalan raya. Menurut UU Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004, jalan memiliki definisi sebagai suatu prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Jalan tol Gempol – Pasuruan merupakan bagian dari rencana pembangunan tol trans Jawa yang menghubungkan ujung barat dengan ujung timur pulau Jawa . Jalan tol sendiri merupakan salah satu jenis jalan yang memiliki standar pelayanan diatas jalan biasa. Hal ini dikarenakan jalan tersebut dikenakan tarif berbayar sehingga apa yang dibayarkan haruslah sesuai dengan pelayanan yang diberikan, contohnya pelayanan di gardu tol, perbaikan jalan tol apabila terjadi kerusakan maupun yang lainnya.

Namun di dalam pelaksanaan pelayanan jalan tol khususnya di Indonesia banyak ditemui berbagai kendala dan permasalahan yang belum dapat diselesaikan seluruhnya, misalnya antrian yang sangat panjang disaat musim lebaran, liburan maupun hari libur lainnya. Hal ini terjadi karena pelayanan yang diberikan kurang memadai baik deri segi kualitas maupun kuantitas. Panjang antrian dan waktu tunggu yang lama mengakibatkan bertambahnya waktu, tenaga, dan biaya yang dikeluarkan oleh pengguna jalan tol tersebut.

Melihat kondisi ini, penulis mengambil judul tugas akhir ini sebagai analisis kebutuhan *gate* yang diperlukan dalam jalan tol Gempol-Pasuruan dalam rangka persiapan dalam jangka pendek

maupun panjang terkait kendaraan yang akan melewati jalan tersebut sehingga pelayanan yang diberikan dapat optimal.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan di bahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang masuk jalan tol Gempol - Pasuruan?
2. Bagaimana kinerja tingkat pelayanan gardu tol pada gerbang masuk tol Gempol - Pasuruan?
3. Bagaimana antrian yang terjadi di gerbang tol Gempol - Pasuruan?
4. Apakah jumlah gardu tol Gempol – Pasuruan sudah mencukupi dengan volume kendaraan sesuai umur rencana jalan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini antara lain

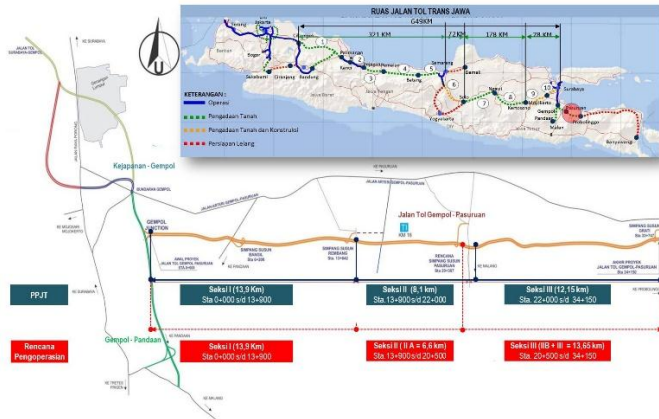
1. Tidak memperhitungkan aspek terkait biaya
2. Tidak memperhitungkan kekuatan struktural seperti bangunan gerbang tol, kekuatan tanah dll

1.4. Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis :

1. Mengetahui tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang masuk jalan tol Gempol – Pasuruan.
2. Mengetahui kinerja tingkat pelayanan gardu tol pada gerbang masuk jalan tol Gempol – Pasuruan.
3. Mengetahui antrian yang terjadi di gerbang jalan tol Gempol – Pasuruan.
4. Mengetahui kecukupan gardu tol Gempol -Pasuruan dengan volume kendaraan sesuai umur rencana jalan.

1.5. Lokasi Studi



Gambar 1.1 : Peta Jalan Tol Gempol-Pasuruan
Sumber : PT.Transmarga Jatim, 2016

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari Tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan gambaran dalam menentukan jumlah pintu tol yang sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan yang ada dan akan datang
2. Sebagai referensi untuk mahasiswa, instansi, dan pihak lainnya yang berencana melakukan analisis pelayanan pintu tol di kemudian hari.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian dan Fungsi Jalan Tol

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004, jalan adalah suatu prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Di dalam Undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004, pengertian dari jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Di dalam peraturan yang sama, pengertian tol sendiri adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol.

Adapun fungsi dari jalan tol itu sendiri terdapat di dalam Undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 pasal 43 tahun 2004 yaitu:

1. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang.
2. Meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi
3. Meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan.
4. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

2.1.1. Persyaratan Jalan Tol

Dalam berbagai perencanaan, diperlukan aspek persyaratan yang dapat mendukung pelaksanaannya, begitu juga jalan tol. Jalan tol mempunyai beberapa persyaratan, dalam Undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 pasal 44 tahun 2004, jalan tol mempunyai syarat-syarat antara lain :

1. Jalan tol sebagai bagian dari sistem jaringan jalan umum merupakan lintas alternatif.
2. Dalam keadaan tertentu, jalan tol dapat tidak merupakan lintas alternatif.
3. Jalan tol harus mempunyai spesifikasi dan pelayanan yang lebih tinggi daripada jalan umum yang ada
4. Ketentuan lebih lanjut mengenai spesifikasi dan pelayanan jalan tol sebagaimana dimaksud pada ayat (3) diatur dalam peraturan pemerintah.

Adapun syarat umum maupun teknis jalan tol juga terdapat dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 15 tahun 2005 yaitu :

1. Jalan tol merupakan lintasan alternatif dari ruas jalan umum yang ada
2. Jalan tol dapat tidak merupakan lintas alternatif pada kawasan yang bersangkutan belum ada jalan umum dan diperlukan untuk mengembangkan suatu kawasan tertentu.
3. Ruas jalan umum sebagaimana dimaksudkan di atas (jalan tol merupakan lintasan alternatif dari ruas jalan umum yang ada) sekurang-kurangnya mempunyai fungsi arteri atau kolektor.
4. Dalam hal jalan tol bukan merupakan lintas alternatif sebagaimana dimaksudkan di atas (jalan tol dapat tidak merupakan lintas alternatif pada kawasan yang bersangkutan belum ada jalan umum dan diperlukan untuk mengembangkan suatu kawasan tertentu), jalan

tol hanya dapat dihubungkan ke dalam jaringan jalan umum pada ruas yang sekurang-kurangnya mempunyai fungsi kolektor.

Selain persyaratan umum, jalan tol dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 15 tahun 2005 yaitu juga mempunyai syarat khusus, antara lain:

1. Jalan tol mempunyai tingkat pelayanan keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi dari jalan umum yang ada dan dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobiltas tinggi
2. Jalan tol yang digunakan untuk lalu lintas antarkota didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 80 km/jam, dan untuk jalan tol di wilayah perkotaan didesain dengan kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam.
3. Jalan tol didesain untuk mampu menahan muatan sumbu terberat (MST) paling rendah 8 ton.
4. Setiap ruas jalan tol harus dilakukan pemagararan, dan dilengkapi dengan fasilitas penyeberangan jalan dalam bentuk jembatan atau terowongan.
5. Pada tempat-tempat yang dapat membahayakan pengguna jalan tol, harus diberi bangunan pengaman yang mempunyai kekuatan dan struktur yang dapat menyerap energi benturan kendaraan.
6. Setiap jalan tol wajib dilengkapi dengan aturan perintah dan larangan yang dinyatakan dengan rambu lalu lintas, marka jalan, dan/atau alat pemberi isyarat lalu lintas.

2.2. Teori Antrian

Menurut Siagian (1987), suatu antrian adalah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas layanan). Teori antrian itu sendiri

adalah studi secara matematis dari kejadian atau gejala garis tunggu. Teori antrian (*queueing*) sangat perlu dipelajari dan dipahami dalam mengetahui perilaku pengguna jasa (baik manusia maupun kendaraan) dalam melakukan pergerakan arus lalu-lintas (Morlok, 1978 dan Hobbs, 1995). Selain itu, Menurut Siagian (1987) teori antrian merupakan alat analitis yang akan memberikan informasi efektif mengenai suatu permasalahan, bukan suatu teknik optimasi. Berbagai contoh antrian yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari antara lain:

1. Antrian kendaraan pada simpang bersinyal maupun tidak bersinyal
2. Antrian kendaraan saat pembelian karcis di pintu tol
3. Antrian pembelian karcis bioskop, sirkus, dan lain-lain
4. Antrian kapal laut saat di dermaga

Kejadian antrian sering terjadi di pintu jalan tol, dimana kendaraan yang akan masuk harus mengantri untuk membeli karcis yang tersedia. Terutama saat jam sibuk atau saat libur panjang, terjadi antrian yang sangat panjang sehingga berimbas pada waktu antrian yang sangat panjang. Hal ini dapat merugikan pengguna jalan tol yang akan melakukan pertemuan, karena mengalami keterlambatan ke tempat yang akan dituju akibat antrian pada pintu masuk tol.

2.3. Unsur-Unsur Antrian

Menurut (Tamin, 2008), terdapat 3 unsur/komponen utama dalam teori antrian yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Tingkat Pelayanan (μ)
2. Tingkat Kedatangan (λ)
3. Disiplin Antrian

2.3.1. Tingkat Pelayanan (μ)

Pelayanan adalah suatu kegiatan menyediakan barang atau jasa kepada orang lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan orang

tersebut. Kebutuhan pelayanan dalam bidang transportasi yang terus meningkat haruslah diimbangi dengan peningkatan kualitas dan kuantitas. Hal ini dikarenakan transportasi digunakan untuk perpindahan manusia atau barang dalam rangka pemenuhan kebutuhan.

Tingkat pelayanan adalah jumlah kendaraan yang dapat dilayani dalam suatu fasilitas serta satuan waktu yang telah ditentukan, tingkat pelayanan juga dapat dinyatakan dengan notasi (μ). Tingkat pelayanan itu sendiri berkaitan dengan waktu pelayanan (T) yang dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan untuk memberikan pelayanan bagi satu konsumen atau kendaraan. Dapat disimpulkan hubungan antara tingkat pelayanan dan waktu pelayanan adalah :

$$T = \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : T = waktu pelayanan

μ = tingkat pelayanan

Waktu pelayanan dapat dibentuk dengan distribusi probabilitas. Asumsi yang dapat digunakan bagi distribusi waktu pelayanan adalah distribusi eksponensial negatif. Maka tingkat pelayanan mengikuti distribusi *Poisson*. Rumus umum dapat dijabarkan yaitu :

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana : $f(t)$ = probabilitas yang berkaitan dengan t

μ = rata-rata tingkat pelayanan

$1/\mu$ = rata-rata waktu pelayanan

e = dasar logaritma natural, yaitu 2,3341828

Di dalam perhitungan , terdapat perbandingan antara antara tingkat kedatangan suatu kendaraan (λ) dengan tingkat pelayanan (μ) yang dapat dinotasikan (ρ) yaitu :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : ρ = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

μ = tingkat pelayanan (smp/jam)

λ = tingkat kedatangan (kendaraan/jam)

2.3.2. Tingkat Kedatangan (λ)

Kedatangan merupakan suatu kegiatan yang berpengaruh terhadap kelancaran dalam pelayanan. Tingkat kedatangan itu sendiri merupakan jumlah kendaraan/manusia yang bergerak menuju suatu tempat dalam suatu rentang waktu tertentu. Besarnya tingkat kedatangan tergantung dengan waktu antar kedatangan satu kendaraan dengan kendaraan yang lain. Bentuk tingkat kedatangan data bergantung dengan jumlah kendaraan maupun tidak bergantung dengan keadaan yang ada. Asumsi yang dapat diambil adalah kendaraan datang satu per satu. Secara khusus, menurut Siagian (1987) diasumsikan kedatangan kendaraan mengikuti proses dengan distribusi probabilitas tertentu yaitu distribusi *Poisson*. Distribusi *Poisson* itu sendiri bersifat bebas yang tidak terpengaruh dengan kedatangan kedatangan sebelum atau sesudahnya. Hasil dari distribusi *Poisson* akan menunjukkan rata-rata kedatangan sebesar (λ)

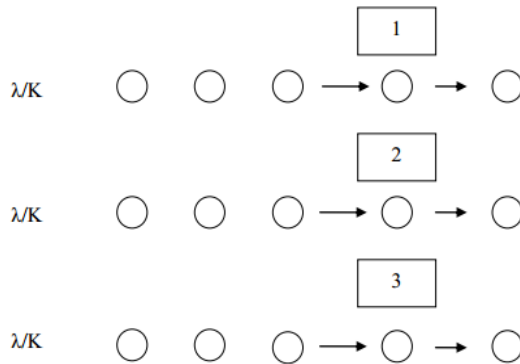
2.3.3. Disiplin Antrian

Disiplin antrian memiliki arti adalah aturan kendaraan dalam mengantri untuk memperoleh pelayanan yang diinginkan. Terdapat beberapa jenis disiplin antrian untuk menyelesaikan permasalahan antrian dalam bidang transportasi (Tamin, 2008) yaitu :

1. *First In First Out* (FIFO) atau *First Come First Served* (FCFS)
2. *First In Last Out* (FILO) atau *First Come Last Served* (FCLS)
3. *First Vacant First Served* (FVFS)

2.3.3.1. First In First Out (FIFO) atau First Come First Served (FCFS)

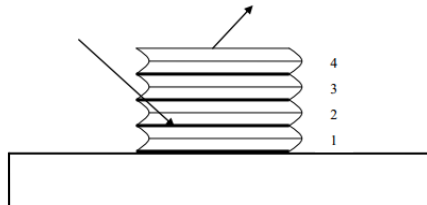
Menurut Tamin (2008) jenis disiplin antrian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan antrian dimana kendaraan atau orang yang pertama datang pada suatu fasilitas, maka akan mendapatkan pelayanan pertama. Beberapa contoh penerapan disiplin FIFO adalah pada antrian gerbang jalan tol, antrian loket pembayaran tiket kereta api, dan lain-lain. Berikut gambaran dari sistem disiplin antrian *First In First Out* (FIFO) :



Gambar 2.1 Disiplin Antrian FIFO
Sumber : Tamin, 2008

2.3.3.2. First In Last Out (FILO) atau First Come Last Served (FCLS)

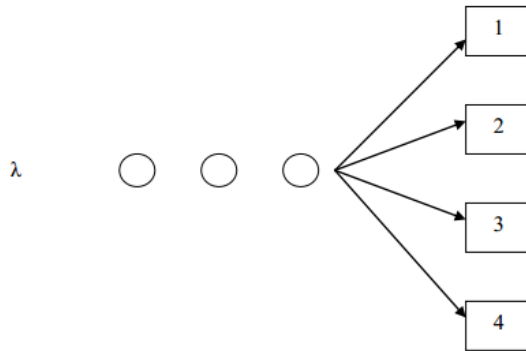
Menurut Tamin (2008) jenis disiplin antrian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan antrian dimana kendaraan atau orang yang pertama datang pada suatu fasilitas, maka akan mendapatkan pelayanan terakhir. Beberapa contoh penerapan disiplin FIFO di bidang transportasi adalah pada antrian pelayanan kapal feri, antrian bongkar muat barang, dan lain-lain. Berikut gambaran dari sistem disiplin antrian *First In Last Out* (FILO) :



Gambar 2.2 Disiplin Antrian FILO
Sumber : Tamin, 2003

2.3.3.3. First Vacant First Served (FVFS)

Menurut Tamin (2008) disiplin antrian FVFS dapat mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah loket pembayaran bank. Dalam sistem ini memungkinkan perpindahan antrian ke fasilitas yang kosong, jumlah fasilitas pelayanan yang disediakan lebih dari satu tetapi berbentuk satu antrian saja. Berikut gambaran dari sistem disiplin antrian *First Vacant First Served* (FVFS) :



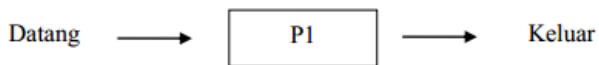
Gambar 2.3 Disiplin Antrian FVFS
 Sumber : Tamin, 2008

2.4. Sistem Antrian

Menurut Kakiay (2004) terdapat beberapa sistem antrian yang berkaitan dengan berbagai permasalahan, terutama bidang transportasi antara lain :

1. *Single Channel Single Phase*

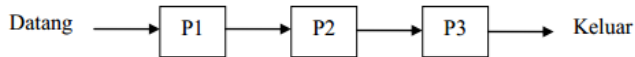
Sistem ini diartikan bahwa hanya ada satu pelayanan dalam satu jalur fasilitas pelayanan yang ada. Ilustrasi sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 *Single Channel Single Phase*
 Sumber: Kakiay, 2004

2. *Single Channel Multiple Phase*

Menurut Kakiy (2004) sistem ini diartikan bahwa ada dua atau lebih pelayanan yang diberikan dalam satu jalur fasilitas pelayanan yang ada. Ilustrasi sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.5

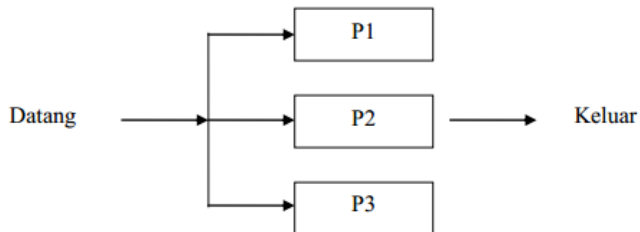


Gambar 2.5 *Single Channel Multiple Phase*

Sumber: Kakiy, 2004

3. *Multiple Channel Single Phase*

Menurut Kakiy (2004) sistem ini diartikan bahwa terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan diakhiri oleh antrian tunggal. Ilustrasi sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.6

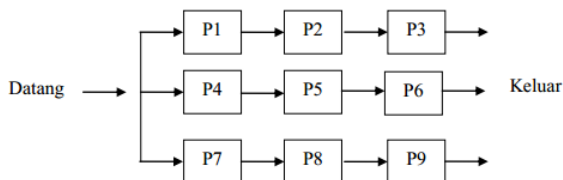


Gambar 2.6 *Multiple Channel Single Phase*

Sumber: Kakiy, 2004

4. *Multiple Channel Multiple Phase*

Sistem ini diartikan bahwa terdapat dua atau lebih fasilitas pelayanan dan terdapat lebih dari satu pelayanan. Ilustrasi sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 *Multiple Channel Multiple Phase*

Sumber: Kakiay, 2004

2.5. Parameter Antrian

Terdapat berbagai parameter dalam perhitungan antrian yang selalu digunakan untuk menganalisis antrian yaitu : n , q , d , dan w . Definisi dari setiap parameter tersebut adalah (Tamin, 2008):

\bar{n} = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem
(kendaraan/satuan waktu)

\bar{q} = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian
(kendaraan/satuan waktu)

\bar{d} = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem (satuan waktu)

\bar{w} = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian (satuan waktu)

2.5.1. Disiplin Antrian *First In First Out (FIFO)*

Untuk mengetahui parameter antrian bagi disiplin *First In First Out (FIFO)*, maka dapat menggunakan persamaan (2.4) - (2.7) dalam menghitungnya (Tamin, 2008).

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (2.4)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (2.5)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (2.6)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \bar{d} \cdot \frac{1}{\mu} \quad (2.7)$$

Dimana : ρ = perbandingan tingkat kedatangan dengan

tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

λ = tingkat kendaraan (kendaraan/jam)

μ = tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

2.5.2. Disiplin Antrian *First Vacant First Served (FVFS)*

Untuk mengetahui parameter antrian bagi disiplin *First Vacant First Served (FVFS)*, maka dapat menggunakan persamaan (2.8) - (2.12) dalam menghitungnya (Tamin, 2008).

$$P(0) = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{K-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \left[\left(\frac{1}{K!} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^K \left(\frac{K\mu}{K\mu - \lambda} \right) \right]} \quad (2.8)$$

$$\bar{n} = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^K}{(K-1)!(K\mu - \lambda)^2} P(0) + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.9)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda\mu\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} P(0) = \bar{n} - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.10)$$

$$\bar{d} = \frac{\lambda\mu\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} P(0) + \frac{1}{\mu} \quad (2.11)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda\mu\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K}{(K-1)!(K\mu-\lambda)^2} P(0) = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.12)$$

Dimana : ρ = perbandingan tingkat kedatangan dengan tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

λ = tingkat kendaraan kendaraan/jam)

μ = tingkat pelayanan (kendaraan/jam)

K = jumlah tempat pelayanan

$P(0)$ = probabilitas tidak adanya pelanggan dalam sistem

2.5.3. Sistem Pelayanan Gardu Tol

Dalam sistem pengelolaan di jalan tol, sistem pelayanan di gardu tol adalah satu cara bagi pengelola untuk melakukan transaksi pembayaran tol yang dilaksanakan oleh pengguna jalan tol. Pada PP No 15 tahun 2005 pasal 39 ayat satu, pengumpulan tol dilakukan secara tertutup dan atau sistem terbuka dengan memperhatikan kepentingan pengguna dan efisiensi pengoperasian jalan tol serta kelancaran lalu lintas

Sistem tertutup itu sendiri merupakan sistem pengumpulan tol dimana pengguna jalan tersebut wajib mengambil tanda masuk pada gerbang masuk dan melakukan pembayaran tol pada gerbang keluar. Sedangkan sistem terbuka adalah sistem pengumpulan tol dimana pengguna jalan tersebut wajib membayaw saat melewati

gerbang masuk atau gerbang keluar (PP No 15 Tahun 2005, Pasal 39 ayat dua)

2.7. Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol

Standar minimal merupakan ukuran batas bawah yang harus dipenuhi suatu sistem dalam melakukan suatu kegiatan. Di dalam Peraturan Menteri PU Nomor 392 Tahun 2005 disebutkan bahwa standar pelayanan minimal adalah ukuran yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol. Dalam peraturan ini, standar minimal jalan tol juga mencakup dengan berbagai aspek yang harus dipenuhi seperti kondisi jalan tol, kecepatan rata-rata yang harus ditempuh, mobilitas, keselamatan, dan bantuan pelayanan. Selanjutnya, besaran yang dicapai akan dievaluasi secara berkala berdasarkan hasil pengawasan fungsi dan manfaat. Tujuan dari standar minimal pelayanan adalah meningkatkan pelayanan kepada pengguna jalan tol yang sudah membayarkan dananya. Standar aksesibilitas pada gerbang tol adalah sebagai berikut berikut:

Tabel 2.1 Standar Pelayanan Aksesibilitas Gerbang Tol

Aksesibilitas	<ul style="list-style-type: none"> Kecepatan Transaksi Rata-rata 	<ul style="list-style-type: none"> Gerbang Tol sistem terbuka 	<ul style="list-style-type: none"> Maksimal 6 detik setiap kendaraan 	Waktu pemenuhan setiap saat
		<ul style="list-style-type: none"> Gerbang Tol sistem tertutup : <ul style="list-style-type: none"> - Gardu masuk - Gardu keluar 	<ul style="list-style-type: none"> Maksimal 5 detik setiap kendaraan Maksimal 9 detik setiap kendaraan 	
		<ul style="list-style-type: none"> CTO <ul style="list-style-type: none"> - Gardu Tol Ambil Kartu - Gardu Tol Transaksi 	<ul style="list-style-type: none"> Maksimal 4 detik setiap kendaraan Maksimal 5 detik setiap kendaraan 	
	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah Antrian Kendaraan 	<ul style="list-style-type: none"> Gardu Tol 	<ul style="list-style-type: none"> Maksimal 10 kendaraan per-Gardu dalam kondisi normal 	Gardu tol harus terbuka semua kecuali pada saat kondisi lalu lintas tidak padat

Sumber : Peraturan Menteri PU Nomor 392 Tahun 2005

2.8. Golongan Kendaraan

Berdasarkan Kepmen Pekerjaan Umum No 370/KPTS/M/2007, golongan jenis kendaraan bermotor pada jalan tol dibagi menjadi 6, yaitu :

Tabel 2.2 Golongan Kendaraan

Golongan	Jenis Kendaraan
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truk kecil dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar
Golongan VI	Kendaraan bermotor roda 2 (dua)

Sumber : google.com, 2016

2.9. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Pada manual kapasitas jalan indonesia (MKJI) 1997 tabel 2.3 ditentukan nilai emp untuk beberapa jenis kendaraan antara lain :

Tabel 2.3 Ekuivalensi Mobil Penumpang

Tipe alinyemen	Arus kend/jam MW terbagi per arah kend/jam	emp		
		MHV	LB	LT
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1.900	1,4	1,4	2,0
	3.400	1,6	1,7	2,5
	≥ 4.150	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	1.450	2,0	2,0	4,6
	2.600	2,2	2,3	4,3
	≥ 3.300	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	1.150	2,9	2,6	5,1
	2.150	2,6	2,9	4,8
	≥ 3.000	2,0	2,4	3,8

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Penyusun mengambil nilai untuk kendaraan golongan I nilai emp nya 1, golongan II nilai emp 1,2 dan golongan III-V nilai empnya 1,6.

2.10. Jenis Gardu Tol

Terdapat beberapa jenis gardu tol yang saat ini tersedia, antara lain :

1. Gardu Tol Konvensional
2. Gardu Tol Otomatis (GTO)
3. *Electronic Toll Collection* atau *On-Board Unit* (OBU)

2.10.1. Gardu Tol Konvensional

Gardu tol konvensional adalah gardu yang melayani pembayaran tol menggunakan uang biasa. Dalam Standar Pelayanan Minimum (SPM) Jalan Tol 2015 dikatakan bahwa untuk sistem terbuka, waktu maksimal pelayanan yang diijinkan adalah 6 detik. Untuk sistem tertutup, pada gardu masuk waktu maksimal pelayanan adalah 5 detik dan gardu keluar maksimal 9 detik.



Gambar 2.8 Gardu Tol Konvensional

Sumber: google.com, 2016

2.10.2. Gardu Tol Otomatis (GTO)

Gardu Tol Otomatis (GTO) adalah gardu yang melayani pembayaran tol menggunakan kartu khusus. Kartu tersebut biasanya dapat diperoleh dari bank atau instansi yang terkait. Waktu pelayanan yang diijinkan adalah 4 detik



Gambar 2.9 Gardu Tol Otomatis
Sumber: pengampunanpajak.com, 20 Mei 2016

2.10.3. Electronic Toll Collection atau On-Board Unit (OBU)

On-Board Unit (OBU) adalah sistem pembayaran jalan tol yang mulai dikenalkan pada tahun 1989. Pembayaran yang dilakukan menggunakan alat yang telah dipasang sisi depan kendaraan. Sistem pembayaran ini dapat digunakan untuk sistem tol terbuka maupun tertutup. Waktu pelayanan yang digunakan adalah < 2 detik.



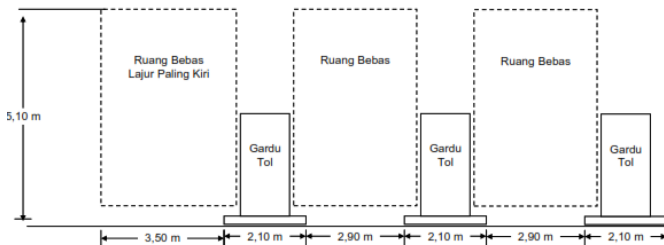
Gambar 2.10 *On-Board Unit*
Sumber: google.com, 2016

2.11. Pelataran Tol dan Gerbang Tol

Menurut peraturan, pelataran tol (*toll plaza*) adalah daerah atau bagian dari jalan tol dengan bentuk geometri yang lebih lebar dari lebar normal jalan tol dimana gerbang tol ditempatkan. Untuk merencanakan pelataran tol dan gerbang tol, digunakan persyaratan perencanaan menurut Bina Marga tentang geometri jalan bebas hambatan. Perencanaan pelataran tol dan gerbang tol harus memperhatikan hal-hal berikut:

1. Kelancaran lalu lintas
2. Keamanan dan efisiensi pengoperasian
3. Pandangan bebas

Dalam peraturan tersebut juga diatur untuk lebar lajur lalu lintas pada gerbang tol adalah 2,90 m dan lebar pulau tol 2,10 m dengan panjang minimum 25 m untuk lajur searah dan 33 m untuk lajur bolak balik. Untuk melayani kendaraan yang bersifat khusus contohnya angkutan dengan kendaraan ekstra lebar maka pada lajur paling luar (kiri) dibuat dengan minimal lebar 3,50 m. Pada gambar 2.11 memperlihatkan ruang bebas pada gerbang tol.



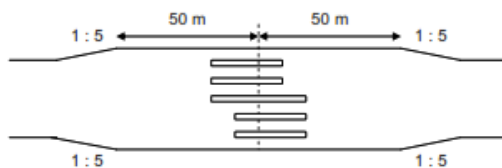
Gambar 2.11 Ruang Bebas Pada Gerbang Tol
Sumber: Peraturan Bina Marga No 9 Tahun 2009

Kemiringan melintang permukaan perkerasan pada pelataran tol minimal 1,0% dan maksimum 2,0%. Apabila pada pelataran tol dilakukan pelebaran jalur, harus direncanakan panjang transisi yang cukup untuk melakukan manuver dari jalur normal ke arah lajur gardu yang dituju atau sebaliknya. Pada tol Gempol – Pasuruan, gerbang tol yang ada merupakan gerbang tol *ramp* yang menghubungkan jalan non tol dengan jalan utama tol. Pelebaran pelataran tol *ramp* memerlukan *taper* yang berfungsi untuk awal lajur percepatan/perlambatan secara serong menuju gardu tol yang ada. Pada tabel 2.4 menjelaskan panjang *taper* minimum yang digunakan dan pada gambar 2.12 merupakan sketsa kemiringan *taper* maksimum pelataran tol.

Tabel 2.4 Panjang Minimum *Taper*

Kecepatan rencana (km/jam)	Panjang taper minimum (m)	
	Memisah	Menggabung
120	135	270
100	113	225
80	90	180
60	42	84

Sumber : Peraturan Bina Marga No 9 Tahun 2009



Gambar 2.12 Pelataran Tol Pada Gerbang Tol *Ramp*
Sumber: Peraturan Bina Marga No 9 Tahun 2009

2.12. Prediksi Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk mengetahui pertumbuhan lalu lintas yang akan terjadi, digunakan jumlah pertumbuhan kendaraan di Jawa Timur. Pertumbuhan kendaraan tiap tahun dinyatakan dalam kisaran $i\%$. Perhitungannya dirumuskan sebagai berikut:

$$LHR_n = LHR_0 (1 + i)^n \quad (2.13)$$

Dimana:

LHR_n = Lalu lintas harian rata-rata tahun ke n

LHR_0 = Lalu lintas harian rata-rata tahun awal

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan

2.13. Standar Kendaraan Rencana

Menurut peraturan Bina Marga nomor 007 tahun 2009 diatur dimensi kendaraan untuk desain jalan bebas hambatan, adapun dimensinya sebagai berikut:

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86
Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	12,80
Truk 3 as	4,1	2,4	12,0	1,2	1,8	
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,20
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,72

Sumber : Bina Marga, 2009

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Pada **gambar 3.1** merupakan bagan alir kegiatan studi yang akan diawali dengan melakukan identifikasi permasalahan serta pemantapan rencana kerja. Kemudian dilanjutkan pengumpulan data sekunder (data instansional). Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui instansi-instansi terkait seperti Dinas Perhubungan Kota Pasuruan, laboratorium transportasi ITS serta PT. Transmarga selaku operator dan owner.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Metode deskriptif merupakan metode yang menafsirkan dan menuturkan data yang bersangkutan dengan situasi yang sedang terjadi, hubungan antar variabel, perbedaan antar fakta, pengaruh terhadap suatu kondisi dan lain-lain.

Setelah data didapatkan kemudian dilakukan rekapitulasi data untuk mendapatkan data yang diperlukan data analisis. Setelah itu dilakukan analisis yang digunakan untuk menyusun tugas akhir analisis kinerja pintu tol Gempol-Pasuruan.

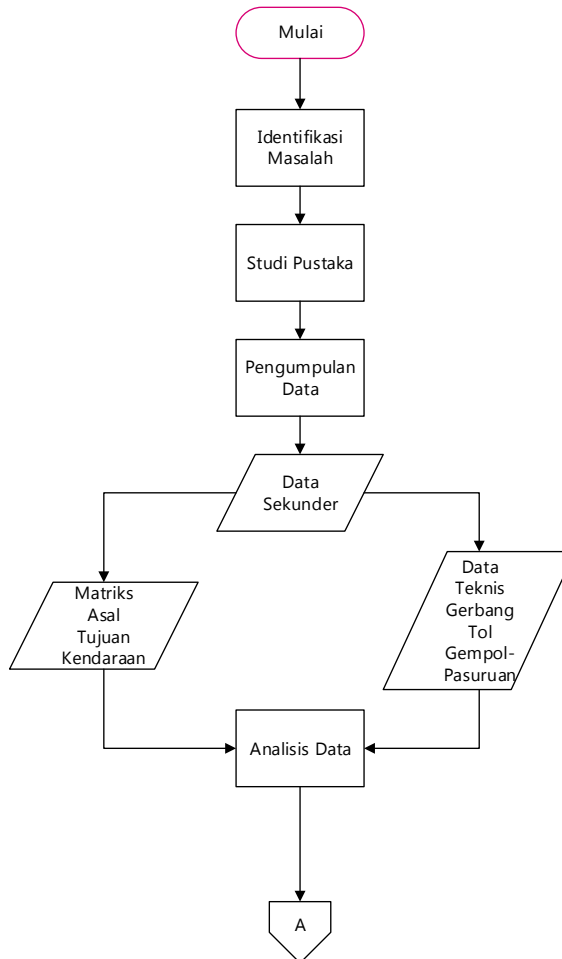
3.2. Langkah Penyusunan Tugas Akhir

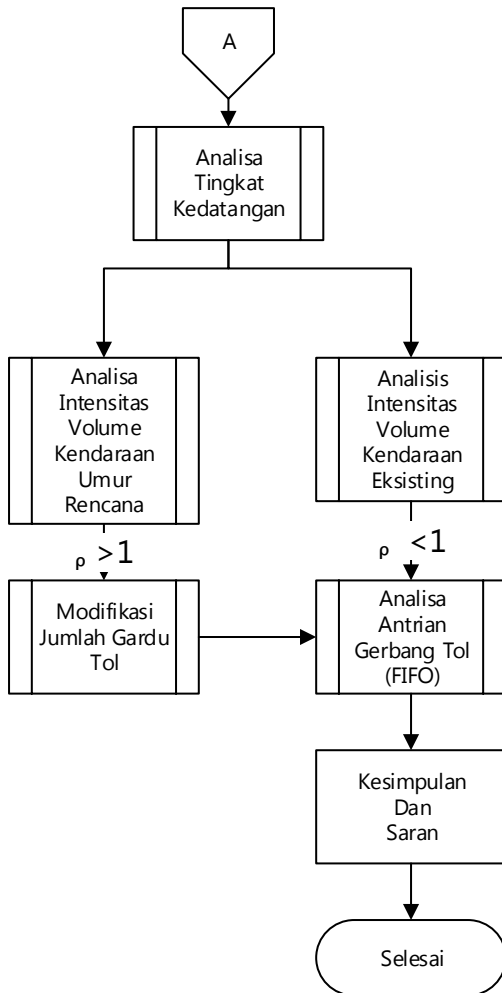
Langkah–langkah dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir evaluasi kinerja dan pelayanan jalan tol Gempol-Pasuruan sebagai berikut :

1. Idenfikasi Masalah
2. Studi Pustaka
3. Pengumpulan Data
4. Rekapitulasi dan Analisis Data
5. Pembahasan
6. Kesimpulan dan Saran

3.2.1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah tahapan awal yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir. Identifikasi masalah yaitu meninjau permasalahan utama yang ada dalam studi kasus ini, identifikasi masalah lalu dirangkum didalam rumusan masalah.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2.2. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah melakukan pembelajaran literatur-literatur yang berkaitan dengan penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Literatur-literatur yang ada bisa berupa Jurnal-jurnal ilmiah Internasional maupun nasional, Buku penunjang, peraturan-peraturan yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini, Tugas Akhir yang berkaitan dengan permasalahan yang sama, dan lain-lain.

3.2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data sekunder dilakukan di Instansi-instansi terkait, seperti Dinas Perhubungan, PT. Transmarga dan instansi terkait lainnya. Data-data yang diambil sesuai dengan parameter analisis kinerja dan pelayanan pintu tol.

3.2.4. Rekapitulasi dan Analisis Data

Setelah pengumpulan data dilakukan, tahapan selanjutnya adalah merekapitulasi dan menganalisis data-data yang sudah didapatkan. Data jumlah kendaraan yang datang digunakan untuk perhitungan tingkat kedatangan, panjang antrian, dan lain-lain.

3.2.5. Pembahasan

Tahapan ini dilakukan 4 pembahasan yaitu tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, panjang antrian dan jumlah pintu tol yang sesuai dengan tingkat kedatangan

3.2.6. Kesimpulan dan Saran

Setelah tahapan pembahasan, penulis memberikan kesimpulan dan saran terkait dengan kinerja pintu tol Gempol-Pasuruan. Hasil dari penulisan ini bisa dijadikan sebagai referensi atau acuan PT.Transmarga selaku operator untuk memperhitungkan kebutuhan pintu tol yang ada.

3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada ruas jalan tol Gempol – Pasuruan yang pembangunannya sedang berlangsung.

3.3.2. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini ada satu macam data yang diperlukan yaitu data sekunder.

- **Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang telah ada atau data-data yang tidak berhubungan langsung terhadap objek penelitian. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi yang bersangkutan.

Data sekunder yang dibutuhkan adalah:

- Data –data konfigurasi dari pintu tol
- *Matriks* asal tujuan kendaraan dari jalan arteri sekitar tol Gempol-Pasuruan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

DATA-DATA

4.1. Umum

Dalam pengerjaan tugas akhir ini diperlukan beberapa data untuk dapat diAnalisis. Dalam pengerjaannya, data yang digunakan hanya sekunder karena data-data yang diperlukan sudah tercukupi dari data sekunder. Data sekunder adalah data penunjang yang berasal dari berbagai sumber yang ada (dokumen, buku, tugas akhir terdahulu maupun data dari instansi yang terkait).

4.2. Data Sekunder

4.2.1. Tingkat Kedatangan (*Arrival Rate*)

Pada tugas akhir ini, tingkat kedatangan yang diperoleh berasal dari PT. Transmarga , dan disajikan dalam matriks asal tujuan untuk mempermudah distribusi pada tiap gerbang tol yang ada. Tabel matriks asal tujuan dibedakan berdasarkan golongan kendaraan yang lewat pada tol Gempol – Pandaan. Matriks asal tujuan untuk golongan kendaraan I – V dapat dilihat di tabel 4.1 - 4.5 :

Tabel 4.1 Matriks Asal – Tujuan Golongan Kendaraan I

GOL I							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	300	44	525	1994	0	0
Bangil	299	0	1	20	222	2	9
Rembang	44	1	0	16	181	0	1
Pasuruan	525	20	16	0	13	14	57
Grati	1994	222	181	13	0	74	312
Pandaan	0	2	0	14	74	0	0
Purwosari	0	9	1	57	312	0	0

Sumber : Laboratorium Perhubungan ITS

Tabel 4.2 Matriks Asal – Tujuan Golongan Kendaraan II

GOL II							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	308	167	107	18	0	0
Bangil	308	0	26	17	3	6	18
Rembang	167	26	0	35	6	3	9
Pasuruan	107	17	35	0	9	1	58
Grati	18	3	6	9	0	0	14
Pandaan	0	6	3	1	0	0	0
Purwosari	0	18	9	58	14	0	0

Sumber : Laboratorium Perhubungan ITS

Tabel 4.3 Matriks Asal – Tujuan Golongan Kendaraan III

GOL III							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	49	25	17	7	0	0
Bangil	49	0	1	0	0	0	0
Rembang	25	1	0	2	1	0	0
Pasuruan	17	0	2	0	1	0	4
Grati	7	0	1	1	0	0	3
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	4	3	0	0

Sumber : Laboratorium Perhubungan ITS

Tabel 4.4 Matriks Asal – Tujuan Golongan Kendaraan IV

GOL IV							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	95	89	30	11	0	0
Bangil	95	0	3	1	0	0	4
Rembang	89	3	0	4	2	0	3
Pasuruan	30	1	4	0	2	0	21
Grati	11	0	2	2	0	0	11
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	4	3	21	11	0	0

Sumber : Laboratorium Perhubungan ITS

Tabel 4.5 Matriks Asal – Tujuan Golongan Kendaraan V

GOL V							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	13	4	4	0	0	0
Bangil	13	0	0	0	0	0	0
Rembang	4	0	0	0	0	0	0
Pasuruan	4	0	0	0	0	0	3
Grati	0	0	0	0	0	0	1
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	3	1	0	0

Sumber : Laboratorium Perhubungan ITS

Dari tabel-tabel diatas terlihat bahwa kendaraan yang melewati memiliki jumlah kendaraan yang sama sehingga dalam perhitungan nantinya jumlah kendaraan arah masuk = jumlah kendaraan arah keluar. Hal ini dikarenakan data-data yang didapatkan bernilai sama

4.2.2. Data Konfigurasi

Data konfigurasi dari gerbang yang ditinjau dapat dilihat pada tabel tersebut. Pada semua gerbang tol, jumlah gardu untuk arah keluar dikurangi satu karena satu gardu tol otomatis bersifat *reversible* dimana terdapat pada lajur dari arah lain dan hanya digunakan apabila kondisi tertentu.

Tabel 4.6 Daftar Jumlah Gardu Jalan Tol Gempol-Pasuruan

NO.	GERBANG TOL	JUMLAH GARDU				TOTAL
		KELUAR		MASUK		
		GTO Single E Toll card	Manual	GTO Multi	GTO Single (inrance)	
1	Bangil	2	1	2	1	6
2	Rembang	2	1	2	1	6
3	Pasuruan	2	1	2	1	6
4	Grati	3	1	3	1	8
	Jumlah	9	4	9	4	26

Sumber : PT. Transmarga Jawa Timur

4.2.3. Pertumbuhan Kendaraan di Jawa Timur

Data pertumbuhan kendaraan di Jawa Timur digunakan untuk perhitungan pertumbuhan lalu lintas sesuai umur rencana, dapat dilihat pada tabel 4.7 tersebut.

Tabel 4.7 Pertumbuhan Kendaraan di Jawa Timur

No	Status Jalan	Tahun			
		2009	2010	2011	2012
1	Mobil Penumpang	965.495	1.012.074	1.076.031	1.159.707
2	Bus	49.770	58.445	58.553	59.843
3	Truk	411.989	427.872	452.693	484.017
4	Sepeda Motor	8.424.913	9.069.993	10.258.912	10.521.739
Total		9.852.167	10.568.384	11.846.189	10.521.739

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2013

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis Tingkat Kedatangan

Matriks asal tujuan di bab IV merupakan data kendaraan per hari yang diurutkan berdasarkan asal tujuan kendaraan. Dari MAT ini, perlu dilakukan perkalian dengan faktor lalu lintas harian rata-rata tahunan (k) yang berasal dari manual kapasitas jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) untuk menjadi arus jam puncak.

Tabel 5.1 Nilai Normal Faktor k

Lingkungan jalan	Faktor-k - Ukuran kota	
	> 1 juta	\leq 1 juta
Jalan di daerah komersial dan jalan arteri	0,07-0,08	0,08-0,10
Jalan di daerah permukiman	0,08-0,09	0,09-0,12

Sumber : MKJI 1997

Faktor k yang dipilih adalah 0,11 dikarenakan tol Gempol – Pasuruan ini berada di daerah permukiman dan dalam MKJI disebutkan bahwa nilai faktor untuk jalan bebas hambatan adalah 0,11. Contoh perhitungan pengalihan dengan faktor sebagai berikut:

Jumlah kendaraan golongan I arah Rembang ke Grati harian = 181 kendaraan/hari

$$k = 0,11$$

Jumlah kendaraan pada jam puncak = $181 \times 0,11 = 19,91 \approx 20$ kendaraan/jam

Adapun hasil perkalian nilai faktor (k) dengan *matriks* asal tujuan yang ada terdapat pada tabel 5.2 – 5.6 sebagai berikut :

Tabel 5.2 *Matriks* Asal Tujuan Golongan I Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)

GOL I							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	33	5	58	219	0	0
Bangil	33	0	0	2	24	0	1
Rembang	5	0	0	2	20	0	0
Pasuruan	58	2	2	0	1	2	6
Grati	219	24	20	1	0	8	34
Pandaan	0	0	0	2	8	0	0
Purwosari	0	1	0	6	34	0	0

Tabel 5.3 *Matriks* Asal Tujuan Golongan II Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)

GOL II							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	34	18	12	2	0	0
Bangil	34	0	3	2	0	1	2
Rembang	18	3	0	4	1	0	1
Pasuruan	12	2	4	0	1	0	6
Grati	2	0	1	1	0	0	2
Pandaan	0	1	0	0	0	0	0
Purwosari	0	2	1	6	2	0	0

Tabel 5.4 *Matriks* Asal Tujuan Golongan III Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)

GOL III							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	5	3	2	1	0	0
Bangil	5	0	0	0	0	0	0
Rembang	3	0	0	0	0	0	0
Pasuruan	2	0	0	0	0	0	0
Grati	1	0	0	0	0	0	0
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5.5 *Matriks* Asal Tujuan Golongan IV Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)

GOL IV							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	10	10	3	1	0	0
Bangil	10	0	0	0	0	0	0
Rembang	10	0	0	0	0	0	0
Pasuruan	3	0	0	0	0	0	2
Grati	1	0	0	0	0	0	1
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	2	1	0	0

Tabel 5.6 *Matriks* Asal Tujuan Golongan V Setelah Pengalihan Nilai Faktor (k)

GOL V							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	1	0	0	0	0	0
Bangil	1	0	0	0	0	0	0
Rembang	0	0	0	0	0	0	0
Pasuruan	0	0	0	0	0	0	0
Grati	0	0	0	0	0	0	0
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	0	0	0	0

Setelah masing-masing jenis kendaraan dikalikan dengan nilai faktor (k) yaitu 0,11, maka selanjutnya adalah mendistribusikan kendaraan ke tiap-tiap gerbang tol Gempol – Pasuruan yang telah direncanakan. Contoh distribusi kendaraan golongan I ke masing-masing gerbang yang ada. Pada perjalanan Rembang ke Grati, 20 kendaraan akan masuk melewati gerbang II dan 20 keluar melalui gerbang IV yaitu di daerah Grati. Hal ini juga berlaku dari arah sebaliknya yaitu dari Grati menuju Rembang. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan di gambar 5.1



Gambar 5.1 Kendaraan Arah Rembang Menuju Grati
Sumber : *Google Earth*, 2016

Setelah tiap golongan kendaraan yang lewat didistribusikan ke masing-masing gerbang yang ada, maka selanjutnya dilakukan rekapitulasi jumlah kendaraan yang masuk dan keluar berdasarkan gerbangnya. Distribusi kendaraan dapat dilihat pada tabel 5.7 dan tabel 5.10:

Tabel 5.7 Jumlah Kendaraan Masuk Tiap Gerbang

GOLONGAN	JUMLAH KENDARAAN MASUK KE GERBANG (KEND/JA)				JUMLAH KENDARAAN
	GERBANG I BANGIL	GERBANG II REMBANG	GERBANG III PASURUAN	GERBANG IV GRATI	
I	68	28	100	615	1127
II	37	30	21	4	161
III	36	3	34	1	85
IV	52	11	47	3	138
V	51	0	52	0	104
TOTAL	243	72	253	623	1615

Tabel 5.8 Jumlah Kendaraan Keluar Tiap Gerbang

GOLONGAN	JUMLAH KENDARAAN KELUAR DARI GERBANG (KEND/JA)				JUMLAH KENDARAAN
	GERBANG I BANGIL	GERBANG II REMBANG	GERBANG III PASURUAN	GERBANG IV GRATI	
I	68	28	100	615	1127
II	37	30	21	4	161
III	36	3	34	1	85
IV	52	11	47	3	138
V	51	0	52	0	104
TOTAL	243	72	253	623	1615

Tabel 5.9 Jumlah Kendaraan (smp) Masuk Tiap Gerbang

GOLONGAN	JUMLAH KENDARAAN MASUK KE GERBANG (SMP/JAM)				JUMLAH KENDARAAN
	GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
	BANGIL	REMBANG	PASURUAN	GRATI	
I	68	28	100	615	1127
II	44	35	25	5	193
III	58	5	54	2	136
IV	83	18	75	5	221
V	82	1	82	0	166
TOTAL	334	87	336	626	1844

Tabel 5.10 Jumlah smp Keluar Tiap Gerbang

GOLONGAN	JUMLAH KENDARAAN KELUAR DARI GERBANG (SMP/JA)				JUMLAH KENDARAAN
	GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
	BANGIL	REMBANG	PASURUAN	GRATI	
I	68	28	100	615	1127
II	44	35	25	5	193
III	58	5	54	2	136
IV	83	18	75	5	221
V	82	1	82	0	166
TOTAL	334	87	336	626	1844

5.2 Analisis Waktu Pelayanan

Dalam tugas akhir ini, lokasi studi yang digunakan yaitu tol Gempol-Pasuruan belum beroperasi dikarenakan belum selesainya pembangunan tol tersebut. Oleh karena itu untuk mengetahui waktu pelayanan tiap jenis gardu yaitu gardu manual, gardu otomatis, maka digunakan waktu pelayanan hasil dari tugas akhir yang sudah ada yaitu di gerbang tol Waru 1 dan Ramp (Aji dan Widyastuti, 2014). Pada gardu tol otomatis di gerbang tersebut, data waktu pelayanan dapat dilihat dilampiran. Frekuensi (F) dan Frekuensi Kumulatif Kedatangan (FKK) digunakan mengetahui kendaraan yang melintas. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 5.11 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

WP	F	FKK	PRESENTASE	PRESENTASE KUMULATIF
1	0	0	0,00%	0,00%
2	0	0	0,00%	0,00%
3	25	25	9,16%	9,16%
4	73	98	26,74%	35,90%
5	95	193	34,80%	70,70%
6	62	255	22,71%	93,41%
7	14	269	5,13%	98,53%
8	2	271	0,73%	99,27%
9	1	272	0,37%	99,63%
10	1	273	0,37%	100,00%

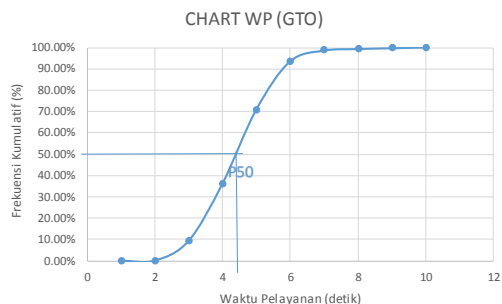
Dari tabel diatas nilai waktu pelayanan (WP), frekuensi (F) dan frekuensi kumulatif kedatangan (FKK) :

WP = 5 detik

Frekuensi (F) = 95 kendaraan

Frekuensi Kumulatif Kedatangan = 193 kendaraan

Grafik frekuensi kumulatif waktu pelayanan berdasarkan pada tabel 5.11 sebagai berikut :



Gambar 5.2 Grafik Frekuensi Kumulatif (%) Waktu Pelayanan
Gardu Tol Otomatis

Menurut aturan, untuk gerbang tol, waktu pelayanan ditentukan adalah 4-5 detik.

Pada gardu tol manual di gerbang tersebut, data waktu pelayanan dapat dilihat dilampiran. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut :

Tabel 5.12 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Manual

WP	F	FKK	PRESENTASE	PRESENTASE KUMULATIF
1	0	0	0,00%	0,00%
2	0	0	0,00%	0,00%
3	33	33	7,76%	7,76%
4	86	119	20,24%	28,00%
5	92	211	21,65%	49,65%
6	133	344	31,29%	80,94%
7	34	378	8,00%	88,94%
8	31	409	7,29%	96,24%
9	12	421	2,82%	99,06%
10	3	424	0,71%	99,76%
11	0	424	0,00%	99,76%
12	0	424	0,00%	99,76%
13	0	424	0,00%	99,76%
14	1	425	0,24%	100,00%

Dari tabel diatas nilai waktu pelayanan (WP), frekuensi (F) dan frekuensi kumulatif kedatangan (FKK)

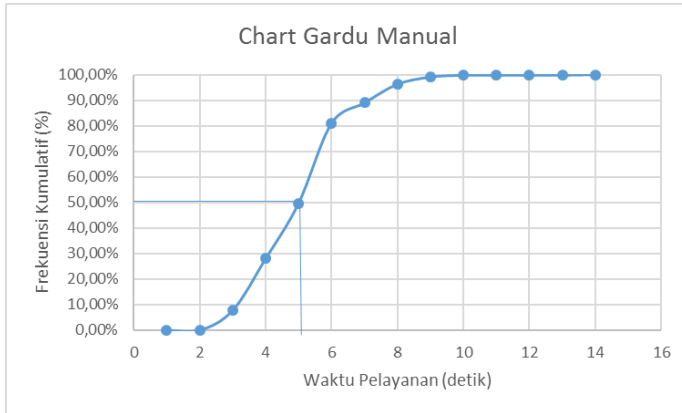
WP = 6 detik

Frekuensi (F) = 133 kendaraan

Frekuensi Kumulatif Kedatangan = 344 kendaraan

Menurut aturan, untuk gerbang tol, waktu pelayanan (WP) ditentukan adalah 5-9 detik detik.

Grafik frekuensi kumulatif waktu pelayanan berdasarkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 5.3 Grafik Frekuensi Kumulatif (%) Waktu Pelayanan Gardu Tol Manual

Dari hasil diatas, menurut (Aji dan Widyastuti, 2014) diambil nilai waktu pelayanan minimal 3 detik hingga maksimum 14 detik untuk digunakan sebagai waktu pelayanan di perhitungan analisis intensitas lalu lintas selanjutnya.

5.3. Analisis Intensitas Lalu Lintas

Pada Analisis diatas, dihasilkan tingkat kedatangan kendaraan yang akan memasuki masing-masing gerbong tol. Selanjutnya diperlukan Analisis intensitas lalu lintas (ρ) terhadap gardu pelayanan yang terbuka untuk mengetahui besaran intensitas yang terjadi di gardu tol tersebut. Analisis ini menggunakan waktu yang ditentukan pada standar pelayanan minimum dan beberapa kondisi waktu pelayanan dikarenakan tol yang belum beroperasi serta

waktu pelayanan dimulai 3-14 detik untuk mengetahui karakteristik antrian kendaraan yang terjadi tiap waktu (Aji dan Widyastuti, 2014)

5.3.1. Analisis Intensitas Gerbang I

Contoh hasil perhitungan Analisis intensitas jumlah kendaraan pada gerbang tol I sebagai berikut :

- **Menggunakan WP = 3 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III.

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam (jumlah kendaraan didapatkan dari tabel 5.9)}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right) / 2}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0928 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda / N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right) / 1}{1200} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0928 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1393 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1393 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 4 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1238 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1238 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1857 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1857 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 5 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1547 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1547 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2321 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,2321 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 6 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1857 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1857 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2785 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_2 = 0,2785 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 7 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 7 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{7} = 514,29$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2166 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2166 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 7 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{7} = 514,29$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3249 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_2 = 0,3249 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2476 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2476 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3713 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_2 = 0,3713 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2785 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2785 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2
Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1
Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4178 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 0,4178 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 10 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3094 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3094 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4642 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_2 = 0,4642 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 11 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,7$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{327,7} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3404 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3404 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,7$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_1 = 0,5106 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_2 = 0,5106 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 12 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3713 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3713 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,5570 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_2 = 0,5570 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 13 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4023 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_3 = 0,4023 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6034 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_2 = 0,6034 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 14 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4332 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{334 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_3 = 0,4332 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 334 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6498 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{334 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_2 = 0,6498 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

5.3.2. Analisis Intensitas Gerbang II

Contoh hasil perhitungan Analisis intensitas jumlah kendaraan pada gerbang tol II sebagai berikut :

- **Menggunakan WP = 3 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III.

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam (jumlah kendaraan didapatkan dari tabel 5.9)}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0242 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0242 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0363 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_2 = 0,0363 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 4 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0323 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0323 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0484 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,0484 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 5 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda / N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right) / 2}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0403 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda / N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right) / 1}{720} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0403 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0605 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,0605 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 6 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0484 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0484 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0726 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_2 = 0,0726 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 7 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh

dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 7 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{7} = 514,29$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0565 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right) / 1}{514,29} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0565 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 7 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{7} = 514,29$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda / N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0847 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_2 = 0,0847 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0646 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0646 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0968 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda / N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{450} < 1$$

$$\rho_2 = 0,0968 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0726 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0726 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

WP = 9 detik/kendaraan

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87\left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1089 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87\left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1089 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- Menggunakan $WP = 10$ detik/kendaraan

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0807 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0807 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1210 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1210 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 11 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,7$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{327,7} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0888 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0888 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,7$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{327,7} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1332 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda / N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{327,7} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1332 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 12 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0968 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0968 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2
 Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1
 Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1453 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1453 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 13 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1049 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1049 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1574 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{276,9} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1574 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 14 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda / N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{2}{3}\right) / 2}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1130 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{87 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1130 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 87 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1695 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{87 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1695 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

5.3.3. Analisis Intensitas Gerbang III

Contoh hasil perhitungan Analisis intensitas jumlah kendaraan pada gerbang tol III sebagai berikut :

- **Menggunakan WP = 3 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III.

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam (jumlah kendaraan didapatkan dari tabel 5.9)}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,0934 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_3 = 0,0934 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

WP = 3 detik/kendaraan

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1402 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1402 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- Menggunakan $WP = 4$ detik/kendaraan

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1246 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1246 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1869 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,1869 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 5 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1557 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{5} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1557 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2336 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,2336 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 6 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1869 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1869 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2803 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_2 = 0,2803 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 7 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 7 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{7} = 514,29$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2180 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2180 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 7 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{7} = 514,29$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3270 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_2 = 0,3270 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2492 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2492 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3738 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_2 = 0,3738 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2803 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2803 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2
Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1
Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1
Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4205 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 0,4205 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 10 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3115 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3115 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4672 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_2 = 0,4672 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 11 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang

sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,7$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{327,7} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3426 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3426 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,7$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_1 = 0,5139 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{327,7} < 1$$

$$\rho_2 = 0,5139 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 12 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right) / 2}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3738 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda / N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right) / 1}{300} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3738 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,5607 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_2 = 0,5607 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 13 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4049 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_3 = 0,4049 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6074 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_2 = 0,6074 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 14 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4361 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{336 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_3 = 0,4361 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 336 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total pada tahun awal (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6541 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$
$$\rho_2 = \frac{336 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_2 = 0,6541 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

5.3.4. Analisis Intensitas Gerbang IV

Contoh hasil perhitungan Analisis intensitas jumlah kendaraan pada gerbang tol IV sebagai berikut :

- **Menggunakan WP = 3 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam (jumlah kendaraan didapat dari tabel 5.9)}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 3

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,1329 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_3 = 0,1329 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 3 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{3} = 1200$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{1200} < 1$$

$$\rho_1 = 0,13343342 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{1200} < 1$$

$$\rho_2 = 0,13343342 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 4 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,13343342 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,13343342 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 4 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{4} = 900$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2363 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_2 = 0,2363 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 5 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2215 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2215 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right) / 2}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2954 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda / N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right) / 1}{720} < 1$$

$$\rho_2 = 0,2954 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 6 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,2659 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_3 = 0,2659 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 6 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{6} = 600$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{600} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3545 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{600} < 1$$

$$\rho_2 = 0,3545 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 7 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 334 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{334} = 514,29$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3102 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3102 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman
 Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 334 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{638} = 514,29$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{514,29} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4136 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{514,29} < 1$$

$$\rho_2 = 0,4136 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 8 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3545 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3545 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 8 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{8} = 450$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{450} < 1$$

$$\rho_1 = 0,433426 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{450} < 1$$

$$\rho_2 = 0,433426 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 9 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N_3) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3988 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3988 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{400} < 1$$

$$\rho_1 = 0,531334 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 0,531334 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 10 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,4431 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_3 = 0,4431 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 10 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{10} = 360$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{360} < 1$$

$$\rho_1 = 0,5908 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{360} < 1$$

$$\rho_2 = 0,5908 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 11 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 327,27$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{327,27} < 1$$

$$\rho_1 = 0,483344 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{327,27} < 1$$

$$\rho_3 = 0,483344 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman
Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 11 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{11} = 32334$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right) / 2}{327,27} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6499 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda / N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right) / 1}{327,27} < 1$$

$$\rho_2 = 0,6499 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 12 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$\text{WP} = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{WP}}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,531334 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_3 = 0,531334 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 12 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{12} = 300$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{300} < 1$$

$$\rho_1 = 0,334090 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{300} < 1$$

$$\rho_2 = 0,334090 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 13 detik/kendaraan**

Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani hingga golongan III

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,533460 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_3 = 0,533460 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 13 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{13} = 276,9$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{276,9} < 1$$

$$\rho_1 = 0,334680 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{276,9} < 1$$

$$\rho_2 = 0,334680 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

- **Menggunakan WP = 14 detik/kendaraan**

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 4

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6203 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{638 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_3 = 0,6203 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 638 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 14 \text{ detik/kendaraan}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$\mu = \frac{1 * 3600}{14} = 257,14$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N_1) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N_2) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{638 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{257,14} < 1$$

$$\rho_1 = 0,823341 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$
$$\rho_2 = \frac{638 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{257,14} < 1$$

$$\rho_2 = 0,823341 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

5.4. Analisis Antrian pada Gerbang Tol (Antrian FIFO)

Analisis antrian dilakukan untuk melihat panjang antrian yang terjadi dan dapat melihat jumlah gardu yang dibutuhkan secara hitungan. Analisis antrian ini sama dengan analisis intensitas gerbang tol yaitu menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan sehingga bisa diketahui antrian setiap kondisi waktu pelayanan.

5.4.1. Analisis Antrian pada Gerbang I

Analisis antrian pada gerbang I ini menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan mulai 4 detik hingga 14 detik. Pada gerbang I ini terdapat 3 gardu masuk dan 3 gardu keluar. Tetapi 1 gardu keluar yang ada bersifat *reversible* yang berarti mempunyai lajur yang sama dengan gardu masuk. Gardu *reversible* ini dibuka apabila kondisi arah keluar lebih besar dibanding arah masuk. Karena itu, dalam perhitungan diasumsikan hanya 5 gardu saja yang terbuka yaitu 3 gardu arah masuk dan 2 gardu arah keluar.

Contoh hasil perhitungan analisis antrian jumlah kendaraan eksisting pada gerbang tol I dengan menggunakan waktu pelayanan yang ditentukan penyusun yaitu 3,5 dan 14 detik. Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol

otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani.

- **Arah masuk**

- **Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 334 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 1200 \text{ smp/jam} \\ N &= 3 \\ \frac{\lambda}{N} &= 334/3 \\ \rho &= 0,0928 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,0928}{1 - 0,0928} = 0,0928 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,0928^2}{1 - 0,0928} = 0,0000054 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{3600}{(1200 - 334/3)} = 3,31 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,01 - \frac{3600}{1200} = 0,31 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 4 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 334 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 900 \text{ smp/jam} \\ N &= 3 \\ \frac{\lambda}{N} &= 334/3 \\ \rho &= 0,1238 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1238}{1 - 0,1238} = 0,1238 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,0928^2}{1 - 0,1238} = 0,0000096 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(900 - 334/3)} \times 3600 = 4,57 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 4,01 - \frac{3600}{900} = 0,57 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

Diketahui : $\lambda = 334 \text{ smp/jam}$

$\mu = 720 \text{ smp/jam}$

$N = 3$

$\frac{\lambda}{N} = 334/3$

$\rho = 0,1547$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1547}{1 - 0,1547} = 0,1547 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1547^2}{1 - 0,1547} = 0,000015 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 334/3)} \times 3600 = 5,92 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 5,02 - \frac{3600}{900} = 0,92 \text{ detik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5.13

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,31	0,31
4	1	1	4,57	0,57
5	1	1	5,92	0,92
6	1	1	7,37	1,37
7	1	1	8,94	1,94
8	1	1	10,63	2,63
9	1	1	12,47	3,47
10	1	1	14,48	4,48
11	1	1	16,68	5,68
12	1	1	19,09	7,09
13	1	1	21,75	8,75
14	1	1	24,70	10,70

Tabel 5.13 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang I WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,31	0,31
4	1	1	4,57	0,57
5	1	1	5,92	0,92
6	1	1	7,37	1,37
7	1	1	8,94	1,94
8	1	1	10,63	2,63
9	1	1	12,47	3,47
10	1	1	14,48	4,48
11	1	1	16,68	5,68
12	1	1	19,09	7,09
13	1	1	21,75	8,75
14	1	1	24,70	10,70

- Arah keluar**

Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik

Diketahui : λ = 334 smp/jam

μ = 1200 smp/jam

N = 2

$\frac{\lambda}{N}$ = 334/2

ρ = 0,1393

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1393}{1 - 0,1393} = 0,1393 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1393^2}{1 - 0,1393} = 0,000012 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{3600}{(1200 - 334/2)} = 3,49 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,01 - \frac{3600}{1200} = 0,49 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 4 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 334 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 900 \text{ smp/jam} \\ N &= 2 \\ \frac{\lambda}{N} &= 334/2 \\ \rho &= 0,1857 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1857}{1 - 0,1857} = 0,1857 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1857^2}{1 - 0,1857} = 0,000021 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - N)} \times 3600 = \frac{1}{(900 - 4)} \times 3600 = 4,91 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 4,01 - \frac{3600}{900} = 0,91 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 334 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 720 \text{ smp/jam} \\ N &= 2 \\ \frac{\lambda}{N} &= 334/2 \\ \rho &= 0,2321 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,2321}{1 - 0,2321} = 0,2321 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,2321^2}{1 - 0,2321} = 0,000033 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - \frac{334}{2})} \times 3600 = 6,51 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 5,02 - \frac{3600}{900} = 1,51 \text{ detik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5.14

Tabel 5.14 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang I WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,49	0,49
4	1	1	4,91	0,91
5	1	1	6,51	1,51
6	1	1	8,32	2,32
7	1	1	10,37	3,37
8	1	1	12,73	4,73
9	1	1	15,46	6,46
10	1	1	18,66	8,66
11	2	1	22,48	11,48
12	2	1	27,09	15,09
13	2	1	32,78	19,78
14	2	2	39,98	25,98

5.4.2. Analisis Antrian pada Gerbang II

Analisis antrian pada gerbang II ini menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan mulai 4 detik hingga 14 detik. Pada gerbang II ini terdapat 3 gardu masuk dan 3 gardu keluar. Tetapi 1 gardu keluar yang ada bersifat *reversible* yang berarti mempunyai lajur yang sama dengan gardu masuk. Gardu *reversible* ini dibuka apabila kondisi arah keluar lebih besar dibanding arah masuk. Karena itu, dalam perhitungan diasumsikan hanya 5 gardu saja yang terbuka yaitu 3 gardu arah masuk dan 2 gardu arah keluar.

Contoh hasil perhitungan analisis antrian jumlah kendaraan eksisting pada gerbang tol II dengan menggunakan waktu pelayanan yang ditentukan penyusun yaitu 3, 5 dan 14 detik. Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani.

- **Arah masuk**

Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 87 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 1200 \text{ smp/jam} \\ N &= 3 \\ \frac{\lambda}{N} &= 87/3 \text{ smp/jam} \\ \rho &= 0,0928 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,0928}{1-0,0928} = 0,138 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,0928^2}{1-0,0928} = 0,016 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{3600}{(\mu - \lambda/N)} = \frac{1}{(1200 - \frac{87}{3})} \times 3600 = 3,07 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,07 - \frac{3600}{1200} = 0,07 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 4 detik**

Diketahui :

λ	= 87 smp/jam
μ	= 900 smp/jam
N	= 3
$\frac{\lambda}{N}$	= 87/3
ρ	= 0,0323

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,0323}{1 - 0,0323} = 0,193 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,0323^2}{1 - 0,0323} = 0,031 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(900 - \frac{87}{3})} \times 3600 = 4,13 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 4,13 - \frac{3600}{900} = 0,13 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

Diketahui :

λ	= 87 smp/jam
μ	= 720 smp/jam
N	= 3
$\frac{\lambda}{N}$	= 87/3
ρ	= 0,2028

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,2028}{1 - 0,2028} = 0,25 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,2028^2}{1 - 0,2028} = 0,051 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - /N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 87/3)} \times 3600 = 5,21 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 6,2334 - \frac{3600}{900} = 0,21 \text{ etik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5,15

Tabel 5.15 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang II WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,07	0,07
4	1	1	4,13	0,13
5	1	1	5,21	0,21
6	1	1	6,31	0,31
7	1	1	7,42	0,42
8	1	1	8,55	0,55
9	1	1	9,70	0,70
10	1	1	10,88	0,88
11	1	1	12,07	1,07
12	1	1	13,29	1,29
13	1	1	14,52	1,52
14	1	1	15,78	1,78

- Arah keluar**

Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik

Diketahui : $\lambda = 87 \text{ smp/jam}$
 $\mu = 1200 \text{ smp/jam}$
 $N = 2$
 $\frac{\lambda}{N} = 87/2 \text{ smp/jam}$
 $\rho = 0,1393$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1393}{1 - 0,1393} = 0,1393 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1393^2}{1 - 0,1393} = 0,000012 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1200 - \frac{87}{2})} \times 3600 = 3,11 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,11 - \frac{3600}{1200} = 0,11 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 4 detik**

Diketahui : $\lambda = 87 \text{ smp/jam}$
 $\mu = 900 \text{ smp/jam}$
 $N = 2$
 $\frac{\lambda}{N} = 87/2$
 $\rho = 0,2434$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,2434}{1 - 0,2434} = 0,321 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,2434^2}{1 - 0,2434} = 0,03348 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(900 - 87/2)} \times 3600 = 4,20 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 4,20 - \frac{3600}{900} = 0,20 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

Diketahui : $\lambda = 87 \text{ smp/jam}$

$$\begin{aligned}\mu &= 720 \text{ smp/jam} \\ N &= 2 \\ \frac{\lambda}{N} &= 87/2 \\ \rho &= 0,3043\end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,3043}{1-0,3043} = 0,43334 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,3043^2}{1-0,3043} = 0,133 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 87/2)} \times 3600 = 5,32 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 334,19 - \frac{3600}{720} = 0,32 \text{ detik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5.16

Tabel 5.16 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang II WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,11	0,11
4	1	1	4,20	0,20
5	1	1	5,32	0,32
6	1	1	6,47	0,47
7	1	1	7,65	0,65
8	1	1	8,86	0,86
9	1	1	10,10	1,10
10	1	1	11,38	1,38
11	1	1	12,69	1,69
12	1	1	14,04	2,04
13	1	1	15,43	2,43
14	1	1	16,86	2,86

5.4.3. Analisis Antrian pada Gerbang III

Analisis antrian pada gerbang III ini menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan mulai 4 detik hingga 14 detik. Pada gerbang III ini terdapat 3 gardu masuk dan 3 gardu keluar. Tetapi 1 gardu keluar yang ada bersifat *reversible* yang berarti mempunyai lajur yang sama dengan gardu masuk. Gardu *reversible* ini dibuka apabila kondisi arah keluar lebih besar dibanding arah masuk. Karena itu, dalam perhitungan diasumsikan hanya 5 gardu saja yang terbuka yaitu 3 gardu arah masuk dan 2 gardu arah keluar.

Contoh hasil perhitungan analisis antrian jumlah kendaraan eksisting pada gerbang tol III dengan menggunakan waktu pelayanan yang ditentukan penyusun yaitu 3, 5 dan 14 detik. Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani.

- **Arah masuk**

- **Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 336 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 1200 \text{ smp/jam} \\ N &= 3 \\ \frac{\lambda}{N} &= 336/3 \text{ smp/jam} \\ \rho &= 0,0934 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,0934}{1 - 0,0934} = 0,084 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,0934^2}{1 - 0,0934} = 0,0065 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{3600}{(\mu - \lambda/N)} = \frac{1}{(1200 - \frac{336}{3})} \times 3600 = 3,31 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,31 - \frac{3600}{1200} = 0,31 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 4 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 336 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 900 \text{ smp/jam} \\ N &= 3 \\ \frac{\lambda}{N} &= 336/3 \\ \rho &= 0,1036 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1036}{1 - 0,1036} = 0,115 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1036^2}{1 - 0,1036} = 0,0119 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(900 - \frac{336}{3})} \times 3600 = 4,57 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 4,57 - \frac{3600}{900} = 0,57 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 336 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 720 \text{ smp/jam} \\ N &= 3 \\ \frac{\lambda}{N} &= 336/3 \\ \rho &= 0,1295 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1295}{1 - 0,1295} = 0,148 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1295^2}{1 - 0,1295} = 0,019 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - /N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - \frac{336}{3})} \times 3600 = 5,92 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 5,92 - \frac{3600}{900} = 0,92 \text{ detik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel ...

Tabel 5.17 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang III WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,31	0,31
4	1	1	4,57	0,57
5	1	1	5,92	0,92
6	1	1	7,38	1,38
7	1	1	8,95	1,95
8	1	1	10,65	2,65
9	1	1	12,51	3,51
10	1	1	14,52	4,52
11	1	1	16,73	5,73
12	1	1	19,16	7,16
13	1	1	21,85	8,85
14	1	2	24,83	10,83

- Arah keluar**

Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik

Diketahui : λ = 336 smp/jam

μ = 1200 smp/jam

N = 2

$\frac{\lambda}{N}$ = 336/2 smp/jam

$$\rho = 0,1165$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1165}{1-0,1165} = 0,131 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1165^2}{1-0,1165} = 0,015 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1200 - \frac{336}{2})} \times 3600 = 3,49 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,49 - \frac{3600}{1200} = 0,49 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 4 detik**

Diketahui : $\lambda = 336 \text{ smp/jam}$

$$\mu = 900 \text{ smp/jam}$$

$$N = 2$$

$$\frac{\lambda}{N} = 336/2$$

$$\rho = 0,1554$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1554}{1-0,1554} = 0,183 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1554^2}{1-0,1554} = 0,028 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(900 - 336/2)} \times 3600 = 4,57 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 4,57 - \frac{3600}{900} = 0,57 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

Diketahui : $\lambda = 336 \text{ smp/jam}$

$$\begin{aligned} \mu &= 720 \text{ smp/jam} \\ N &= 2 \\ \frac{\lambda}{N} &= 336/2 \\ \rho &= 0,1942 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1942}{1-0,1942} = 0,241 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1942^2}{1-0,1942} = 0,046 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 336/2)} \times 3600 = 5,92 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 5,92 - \frac{3600}{720} = 0,92 \text{ detik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5.18

Tabel 5.18 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang III WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,49	0,49
4	1	1	4,57	0,57
5	1	1	5,92	0,92
6	1	1	7,38	1,38
7	1	1	8,95	1,95
8	1	1	10,65	2,65
9	1	1	12,51	3,51
10	1	1	14,52	4,52
11	1	1	16,73	5,73
12	1	1	19,16	7,16
13	1	1	21,85	8,85
14	1	2	24,83	10,83

5.4.4. Analisis Antrian pada Gerbang IV

Analisis antrian pada gerbang IV ini menggunakan berbagai kondisi waktu pelayanan mulai 3 detik hingga 14 detik. Pada gerbang IV ini terdapat 4 gardu masuk dan 4 gardu keluar. Tetapi 1 gardu keluar yang ada bersifat *reversible* yang berarti mempunyai lajur yang sama dengan gardu masuk. Gardu *reversible* ini dibuka apabila kondisi arah keluar lebih besar dibanding arah masuk. Karena itu, dalam perhitungan diasumsikan hanya 334 gardu saja yang terbuka yaitu 4 gardu arah masuk dan 3 gardu arah keluar.

Contoh hasil perhitungan analisis antrian jumlah kendaraan eksisting pada gerbang tol IV dengan menggunakan waktu pelayanan yang ditentukan penyusun yaitu 3, 5 dan 14 detik. Pada proses ini, dianggap pelayanan gardu tol otomatis dan gardu tol otomatis multi menggunakan waktu pelayanan yang sama. Gardu tol otomatis multi sendiri tidak berbeda jauh dengan gardu otomatis yang lain, yang membedakan hanya kendaraan yang dilayani.

- **Arah masuk**

- **Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik**

- Diketahui : $\lambda = 638$ smp/jam

- $\mu = 1200$ smp/jam

- $N = 4$

- $\frac{\lambda}{N} = 159$ smp/jam

- $\rho = 0,1329$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1329}{1 - 0,1329} = 0,153 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1329^2}{1 - 0,1329} = 0,020 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{3600}{(\mu - \lambda/N)} = \frac{1}{(1200 - 159)} \times 3600 = 3,46 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,46 - \frac{3600}{1200} = 0,46 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 638 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 720 \text{ smp/jam} \\ N &= 4 \\ \frac{\lambda}{N} &= 159 \text{ smp/jam} \\ \rho &= 0,2215 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,2215}{1 - 0,2215} = 0,25 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,2215^2}{1 - 0,2215} = 0,051 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 159)} \times 3600 = 6,42 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 6,42 - \frac{3600}{900} = 1,42 \text{ detik}$$

Perhitungan arah masuk untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5.19

Tabel 5.19 Analisa Antrian Arah Masuk Gerbang IV WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,45	0,45
4	1	1	4,84	0,84
5	1	1	6,39	1,39
6	1	1	8,12	2,12
7	1	1	10,06	3,06
8	1	1	12,27	4,27
9	2	1	14,79	5,79
10	2	1	17,70	7,70
11	2	2	21,09	10,09
12	3	2	25,10	13,10
13	4	3	29,92	16,92
14	5	4	35,81	21,81

- **Arah keluar**

- **Menggunakan waktu pelayanan = 3 detik**

Diketahui : λ = 638 smp/jam
 μ = 1200 smp/jam
 N = 3
 $\frac{\lambda}{N}$ = 212 smp/jam
 ρ = 0,13343342

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,13343342}{1 - 0,13343342} = 0,215 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,13343342^2}{1 - 0,13343342} = 0,038 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1200 - 212)} \times 3600 = 3,65 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 3,65 - \frac{3600}{1200} = 0,65 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 5 detik**

Diketahui : λ = 638 smp/jam
 μ = 720 smp/jam
 N = 3
 $\frac{\lambda}{N}$ = 212
 ρ = 0,2954

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,2954}{1 - 0,2954} = 0,419 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,2954^2}{1 - 0,2954} = 0,123 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - /N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 212)} \times 3600 = 6,42 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 6,42 - \frac{3600}{720} = 1,42 \text{ detik}$$

- **Menggunakan waktu pelayanan = 14 detik**

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \lambda &= 638 \text{ smp/jam} \\ \mu &= 25334 \text{ smp/jam} \\ N &= 4 \\ \frac{\lambda}{N} &= 159 \text{ smp/jam} \\ \rho &= 0,823341 \end{aligned}$$

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,823341}{1 - 0,823341} = 4,3348 \text{ smp} \approx 5 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,823341^2}{1 - 0,823341} = 3,95 \text{ smp} \approx 4 \text{ smp} > 3 \text{ smp}$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(25334 - 159)} \times 3600 \\ &= 36,8334 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 36,8334 - \frac{3600}{25334} = 22,8334 \text{ detik}$$

Perhitungan arah keluar untuk waktu pelayanan lainnya terdapat pada tabel 5.20

Tabel 5.20 Analisa Antrian Arah Keluar Gerbang IV WP 3 – 14 detik

WP	n (kend)	q (kend)	d (detik)	w (detik)
3	1	1	3,63	0,63
4	1	1	4,84	0,84
5	1	1	6,39	1,39
6	1	1	8,12	2,12
7	1	1	10,06	3,06
8	1	1	12,27	4,27
9	2	1	14,79	5,79
10	2	1	17,70	7,70
11	2	2	21,09	10,09
12	3	2	25,10	13,10
13	4	3	29,92	16,92
14	5	4	35,81	21,81

Pada perhitungan yang telah dilakukan diatas, gerbang tol Gempol – Pasuruan secara keseluruhan tidak mengalami kendala terhadap jumlah kendaraan yang ada pada tahun pertama.

5.5. Perencanaan Gerbang Tol Gempol – Pasuruan 30 Tahun

Dilakukan perkiraan jumlah kendaraan sesuai umur rencana jalan tol Gempol – Pasuruan 30 tahun dan dilakukan perhitungan ulang kendaraan yang tumbuh dengan gerbang tol yang sudah ada. Apabila gerbang tol sudah tidak sebanding dengan kendaraan yang lewat, maka akan dilakukan modifikasi gerbang tol dengan mempertimbangkan beberapa persyaratan yang telah diatur.

Sebelum melakukan perhitungan, terlebih dahulu dilakukan perkiraan jumlah kendaraan yang ada saat ini menuju jumlah kendaraan di tahun ke 30. Diperlukan faktor pertumbuhan ($i\%$) per tahun untuk menghitung dan dalam tugas akhir ini, asumsi yang

digunakan adalah pertumbuhan kendaraan di Jawa Timur mulai tahun 2009 – 2012. Tabel 5.21 adalah perhitungan PDRB kota Pasuruan untuk mengetahui pertumbuhan rata-rata tiap tahunnya.

Tabel 5.21 Pertumbuhan Kendaraan di Jawa Timur

	Tahun	Jumlah	Kenaikan	Rata-rata
mobil	2009	965495		6%
	2010	1012074	5%	
	2011	1076031	6%	
	2012	1159707	8%	
	Tahun	Jumlah	Kenaikan	Rata-rata
bus	2009	49770		7%
	2010	58445	17%	
	2011	58553	0,18%	
	2012	59843	2%	
	Tahun	Jumlah	Kenaikan	Rata-rata
truk	2009	411989		6%
	2010	427872	4%	
	2011	452693	6%	
	2012	484017	7%	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas didapatkan faktor pertumbuhan kendaraan (i%) yaitu 6% tiap tahunnya. Setelah mengetahui faktor pertumbuhan (i%) diketahui maka langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah kendaraan sekarang untuk dikonversikan pada 30 tahun mendatang. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 5.22 Jumlah Kendaraan Golongan I

GOL I							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	299	44	525	1994	0	0
Bangil	299	0	1	20	222	2	9
Rembang	44	1	0	16	181	0	1
Pasuruan	525	20	16	0	13	14	57
Grati	1994	222	181	13	0	74	312
Pandaan	0	2	0	14	74	0	0
Purwosari	0	9	1	57	312	0	0

Lalu lintas harian untuk golongan I dari arah Rembang menuju Grati adalah sebesar 181 kendaraan/hari pada tahun pertama. Dengan faktor pertumbuhan 6% dan umur rencana jalan tol sebesar 30 tahun maka perhitungan kendaraan arah Rembang menuju Grati sebagai berikut:

$$\text{LHR}_0 = 181 \text{ kendaraan/hari}$$

$$i = 6\%$$

$$n = 30 \text{ tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{LHR}_n &= \text{LHR}_0 (1 + i)^n \\ &= 181 (1 + 0,6)^{30} \end{aligned}$$

$$= 1037 \text{ kendaraan/hari}$$

Untuk perhitungan arah-arah yang lain dan golongan lain dilakukan dengan cara yang sama, pada tabel adalah hasil dari pertumbuhan kendaraan 30 tahun kemudian tiap golongan kendaraan yang melewati tol Gempol - Pasuruan

Tabel 5.23 Kendaraan Golongan I pada 30 Tahun Mendatang

GOL I							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	1717	252	3013	11452	0	0
Bangil	1715	0	5	113	1275	9	54
Rembang	252	5	0	90	1037	1	8
Pasuruan	3013	113	90	0	73	82	325
Grati	11452	1275	1037	73	0	424	1793
Pandaan	0	9	1	82	424	0	0
Purwosari	0	54	8	325	1793	0	0

Tabel 5.24 Kendaraan Golongan II pada 30 Tahun Mendatang

GOL II							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	1770	959	614	101	0	0
Bangil	1770	0	151	97	17	32	103
Rembang	959	151	0	199	36	15	50
Pasuruan	614	97	199	0	51	7	334
Grati	101	17	36	51	0	2	82
Pandaan	0	32	15	7	2	0	0
Purwosari	0	103	50	334	82	0	0

Tabel 5.25 Kendaraan Golongan III pada 30 Tahun Mendatang

GOL III							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	283	146	100	38	0	0
Bangil	283	0	3	2	1	0	0
Rembang	146	3	0	9	4	0	0
Pasuruan	100	2	9	0	6	0	21
Grati	38	1	4	6	0	0	18
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	21	18	0	0

Tabel 5.26 Kendaraan Golongan IV pada 30 Tahun Mendatang

GOL IV							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	548	509	175	65	0	0
Bangil	548	0	16	6	2	2	23
Rembang	509	16	0	22	9	1	19
Pasuruan	175	6	22	0	9	0	119
Grati	65	2	9	9	0	0	66
Pandaan	0	2	1	0	0	0	0
Purwosari	0	23	19	119	66	0	0

Tabel 5.27 Kendaraan Golongan V pada 30 Tahun Mendatang

GOL V							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	74	21	23	2	0	0
Bangil	74	0	0	0	0	0	0
Rembang	21	0	0	2	0	0	0
Pasuruan	23	0	2	0	1	0	15
Grati	2	0	0	1	0	0	3
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	15	3	0	0

Setelah kendaraan tiap golongan telah dikonversikan, maka selanjutnya adalah mengalikan dengan faktor untuk dijadikan kendaraan yang lewat per jam. Faktor yang digunakan adalah 0,11 yang berasal dari MKJI. Contoh perhitungan sebagai berikut :

Jumlah kendaraan harian golongan V = 15 kendaraan/hari

$$k = 0,11$$

$$\text{LHR jam puncak} = 15 \times 0,11 = 1,65 \approx 2 \text{ kendaraan/jam}$$

Untuk perhitungan lainnya pada tabel 5.28 - 5.32 menunjukkan hasil kendaraan tiap golongan yang telah dikalikan dengan faktor tersebut.

Tabel 5.28 Hasil Kendaraan Golongan I Setelah Perkalian Faktor

GOL I							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	189	28	331	1260	0	0
Bangil	189	0	1	12	140	1	6
Rembang	28	1	0	10	114	0	1
Pasuruan	331	12	10	0	8	9	36
Grati	1260	140	114	8	0	47	197
Pandaan	0	1	0	9	47	0	0
Purwosari	0	6	1	36	197	0	0

Tabel 5.29 Hasil Kendaraan Golongan II Setelah Perkalian Faktor

GOL II							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	195	105	68	11	0	0
Bangil	195	0	17	11	2	4	11
Rembang	105	17	0	22	4	2	5
Pasuruan	68	11	22	0	6	1	37
Grati	11	2	4	6	0	0	9
Pandaan	0	4	2	1	0	0	0
Purwosari	0	11	5	37	9	0	0

Tabel 5.30 Hasil Kendaraan Golongan III Setelah Perkalian Faktor

GOL III							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	31	16	11	4	0	0
Bangil	31	0	0	0	0	0	0
Rembang	16	0	0	1	0	0	0
Pasuruan	11	0	1	0	1	0	2
Grati	4	0	0	1	0	0	2
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	2	2	0	0

Tabel 5.31 Hasil Kendaraan Golongan IV Setelah Perkalian Faktor

GOL IV							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	60	56	19	7	0	0
Bangil	60	0	2	1	0	0	3
Rembang	56	2	0	2	1	0	2
Pasuruan	19	1	2	0	1	0	13
Grati	7	0	1	1	0	0	7
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	3	2	13	7	0	0

Tabel 5.32 Hasil Kendaraan Golongan V Setelah Perkalian Faktor

GOL V							
	Gempol	Bangil	Rembang	Pasuruan	Grati	Pandaan	Purwosari
Gempol	0	8	2	2	0	0	0
Bangil	8	0	0	0	0	0	0
Rembang	2	0	0	0	0	0	0
Pasuruan	2	0	0	0	0	0	2
Grati	0	0	0	0	0	0	0
Pandaan	0	0	0	0	0	0	0
Purwosari	0	0	0	2	0	0	0

Setelah masing-masing golongan dikalikan faktor, maka langkah selanjutnya adalah mengalikan kendaraan dengan satuan mobil penumpang untuk menjadi mobil penumpang/jam. Untuk golongan I dikalikan dengan 1, golongan II dikalikan 1,2 dan untuk golongan III-V dikalikan 1,6. membagi jumlah kendaraan yang ada terhadap gerbang tol yang akan dilewati. Pada tabel 5.33 – 5.37 merupakan hasil dari pembagian jumlah kendaraan ke masing-masing gerbang yang ada

Tabel 5.33 Pembagian Kendaraan Golongan I Menuju Gerbang Tol

NO	Antar Zona		MASUK KE GERBANG				G O L O N G A N I
			GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
			BANGIL	REMBANG	PASURUAN	GRATI	
1	GEM POL	BANGIL	189				
2	GEM POL	REMBANG		28			
3	GEM POL	PASURUAN			331		
4	GEM POL	GRATI				1260	
5	GEM POL	PANDAAN					
6	GEM POL	PURWOASRI					
7	GEM POL	REMBANG		0			
8	BANGIL	PASURUAN	12		12		
9	BANGIL	GRATI	140			140	
10	BANGIL	PANDAAN	1				
11	BANGIL	PURWOSARI		6	6		
12	REMBANG	PASURUAN		10	10		
13	REMBANG	GRATI		114		114	
14	REMBANG	PANDAAN		0			
15	REMBANG	PURWOASRI		1	1		
16	PASURUAN	GRATI			8	8	
17	PASURUAN	BANGIL			9		
18	PASURUAN	PURWOSARI					
19	GRATI	PANDAAN	47			47	
20	GRATI	PURWOSARI			197	197	
21	PANDAAN	PURWOSARI					
	Jumlah		389	159	575	3532	

Tabel 5.34 Pembagian Kendaraan Golongan II Menuju Gerbang Tol

NO	Antar Zona		MASUK KE GERBANG				G O L O N G A N II
			GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
			BANGIL	REMBANG			
1	GEM POL	BANGIL	195				
2	GEM POL	REMBANG		105			
3	GEM POL	PASURUAN			68		
4	GEM POL	GRATI				11	
5	GEM POL	PANDAAN					
6	GEM POL	PURWOASRI					
7	GEM POL	REMBANG		17			
8	BANGIL	PASURUAN	11		11		
9	BANGIL	GRATI	2			2	
10	BANGIL	PANDAAN	4				
11	BANGIL	PURWOSARI		11	11		
12	REMBANG	PASURUAN		22	22		
13	REMBANG	GRATI		7		7	
14	REMBANG	PANDAAN		2			
15	REMBANG	PURWOASRI		5	5		
16	PASURUAN	GRATI			1	1	
17	PASURUAN	BANGIL			0		
18	PASURUAN	PURWOSARI					
19	GRATI	PANDAAN	0			0	
20	GRATI	PURWOSARI			2	2	
21	PANDAAN	PURWOSARI					
	Jumlah		211	170	120	23	

Tabel 5.35 Pembagian Kendaraan Golongan III Menuju Gerbang Tol

NO	Antar Zona		MASUK KE GERBANG			
			GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV
			BANGIL	REMBANG		
1	GEMPOL	BANGIL	31			
2	GEMPOL	REMBANG		16		
3	GEMPOL	PASURUAN			11	
4	GEMPOL	GRATI				4
5	GEMPOL	PANDAAN				
6	GEMPOL	PURWASARI				
7	GEMPOL	REMBANG		0		
8	BANGIL	PASURUAN	31		31	
9	BANGIL	GRATI	0			0
10	BANGIL	PANDAAN	0			
11	BANGIL	PURWASARI		0	0	
12	REMBANG	PASURUAN		1	1	
13	REMBANG	GRATI		0		0
14	REMBANG	PANDAAN		0		
15	REMBANG	PURWASARI		0	0	
16	PASURUAN	GRATI			1	1
17	PASURUAN	BANGIL			0	
18	PASURUAN	PURWASARI				
19	GRATI	PANDAAN	0			0
20	GRATI	PURWASARI			2	2
21	PANDAAN	PURWASARI				
Jumlah			62	18	46	7

G
O
L
O
N
G
A
N

III

Tabel 5.36 Pembagian Kendaraan Golongan IV Menuju Gerbang Tol

NO	Antar Zona		MASUK KE GERBANG			
			GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV
			BANGIL	REMBANG		
1	GEMPOL	BANGIL	60			
2	GEMPOL	REMBANG		56		
3	GEMPOL	PASURUAN			19	
4	GEMPOL	GRATI				7
5	GEMPOL	PANDAAN				
6	GEMPOL	PURWASARI				
7	GEMPOL	REMBANG		2		
8	BANGIL	PASURUAN	41		41	
9	BANGIL	GRATI	0			0
10	BANGIL	PANDAAN	0			
11	BANGIL	PURWASARI		3	3	
12	REM	PAS		2	2	
13	REM	GRA		1		1
14	REM	PAN		0		
15	REM	PUR		2	2	
16	PAS	GRA			1	1
17	PAS	PAN			0	
18	PAS	PUR				
19	GRA	PAN	0			0
20	GRA	PUR			7	7
21	PAN	PUR				
Jumlah			102	66	76	16

G
O
L
O
N
G
A
N

IV

Tabel 5.37 Pembagian Kendaraan Golongan V Menuju Gerbang Tol

NO	Antar Zona		MASUK KE GERBANG				G O L O N G A N V
			GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
			BANGIL	REMBANG	PASURUAN	GRATI	
1	GEMPOL	BANGIL	0	0			
2	GEMPOL	REMBANG		2			
3	GEMPOL	PASURUAN			2		
4	GEMPOL	GRATI				0	
5	GEMPOL	PANDAAN					
6	GEMPOL	PURWOSARI					
7	GEMPOL	REMBANG		0			
8	BANGIL	PASURUAN	51		51		
9	BANGIL	GRATI	0			0	
10	BANGIL	PANDAAN		0			
11	BANGIL	PURWOSARI		0	0		
12	REM	PAS		0	0		
13	REM	GRA		0		0	
14	REM	PAN		0			
15	REM	PUR		0	0		
16	PAS	GRA			0	0	
17	PAS	PAN			0		
18	PAS	PUR					
19	GRA	PAN	0			0	
20	GRA	PUR			0	0	
21	PAN	PUR					
Jumlah			51	3	54	0	

Kendaraan tiap golongan yang telah dibagi ke masing- masing gerbang tol yang ada dijumlahkan tiap gerbangnya untuk mempermudah perhitungan selanjutnya. Pada tabel.. menunjukkan hasil dari jumlah kendaraan tiap gerbangnya

Tabel 5.38 Jumlah Kendaraan (smp) Golongan Masuk Gerbang Tol

GOLONGAN	JUMLAH KENDARAAN MASUK KE GERBANG (SMP/JAM)				JUMLAH KENDARAAN
	GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
	BANGIL	REMBANG	PASURUAN	GRATI	
I	389	159	575	3532	6473
II	253	204	144	27	1108
III	100	29	73	12	313
IV	163	106	121	26	647
V	82	4	86	1	181
TOTAL	986	501	999	3598	8722

Tabel 5.39 Jumlah Kendaraan (smp) Golongan Keluar Gerbang Tol

GOLONGAN	UMLAH KENDARAAN KELUAR DARI GERBANG (SMP/JAM)				JUMLAH KENDARAAN
	GERBANG I	GERBANG II	GERBANG III	GERBANG IV	
	BANGIL	REMBANG	PASURUAN	GRATI	
I	389	159	575	3532	6473
II	253	204	144	27	1108
III	100	29	73	12	313
IV	163	106	121	26	647
V	82	4	86	1	181
TOTAL	986	501	999	3598	8722

Kendaraan yang telah dipisahkan setiap gerbangnya kemudian dihitung tingkat kedatangannya dengan gerbang yang ada (eksisting). Waktu pelayanan yang digunakan adalah waktu pelayanan yang telah diatur dalam standar pelayanan minimum yaitu:

Kec.transaksi rata-rata		dt/kend
Gerbang tol Manual	Gardu Masuk	5
	Gardu Keluar	9
GTO	Ambil Kartu	4
	Transaksi	5

5.5.1. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang I Bangil 30 Tahun

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 986 \text{ smp/jam (dari tabel 5.38)}$$

$$WP_1 = 4 \text{ detik/smp (GTO ambil kartu)}$$

$$\mu = \frac{1}{WP}$$

$$= \frac{1 * 3600}{4} = 900 \text{ smp/jam}$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 2

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{986 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3652 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{986 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3652 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 986 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan (GTO transaksi)}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan (gardu manual keluar)}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{WP}$$

$$\mu_1 = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

$$\mu_2 = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{986 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6847 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{986 \left(\frac{1}{2}\right) / 1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 1,2325 > 1 \text{ (NOT OK)}$$

Diketahui ρ_1 yang dihasilkan < 1 dan $\rho_2 > 1$ maka intensitas kendaraan yang terjadi tidak aman. **Oleh karena itu untuk gerbang I memerlukan perencanaan gerbang ulang dikarenakan gerbang I yang saat ini ada dapat melayani kendaraan 30 tahun kemudian dengan baik.**

Perencanaan ulang untuk gerbang tol ini menggunakan kapasitas pelayanan yang dapat dilayani oleh beberapa jenis gardu. Kapasitas pelayanan ini juga terkait dengan waktu pelayanan jenis gardu tersebut sehingga untuk menentukan waktu pelayanan maka penulis menggunakan waktu pelayanan yang telah ditentukan pada standar yang sudah ada yaitu standar pelayanan minimum jalan tol. Pada modifikasi gerbang tol ini, penyusun menentukan kombinasi gardu dengan cara *trial and error* dimana hasil yang diinginkan penyusun adalah mendapatkan gardu yang sesuai dengan persyaratan yang ada dan memperhatikan luas area yang tersedia. Untuk gerbang I ini penyusun mencoba menambah lajur arah keluar dikarenakan waktu pelayanan masuk yang lebih kecil dari waktu pelayanan keluar

Untuk gerbang tol I (**arah keluar**) ini perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

Direncanakan (Arah keluar) :

Jumlah lajur : 3

WP = 2 detik/smp (OBU)

WP = 5 detik/smp (GTO transaksi)

WP = 9 detik/smp (gardu manual keluar)

$$\mu \text{ OBU} = \frac{1 * 3600}{2} = 1800 \text{ smp/jam}$$

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 * 3600}{5} = 720 \text{ smp/jam}$$

$$\mu \text{ manual} = \frac{1 * 3600}{9} = 400 \text{ smp/jam}$$

$$\lambda = 986 \frac{\text{smp}}{\text{jam}}$$

$$\frac{\lambda}{N} = \frac{986}{3} = 328,6 \text{ smp/jam}$$

On Board Unit :

$$\rho = \frac{\frac{\lambda}{N}}{\mu \text{ OBU}} = \frac{328,6}{1800} = 0,1825 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu OBU :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1825}{1 - 0,1825} = 0,223 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,1825^2}{1 - 0,1825} = 0,04 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1800 - 328,6)} \times 3600 = 2,44 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 2,44 - \frac{3600}{1800} = 0,44 \text{ detik}$$

Gardu Tol Otomatis :

$$\rho_{\text{GTO}} = \frac{\lambda}{\mu_{\text{GTO}}} = \frac{328,6}{720} = 0,4565 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu GTO :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,4565}{1 - 0,4565} = 1 \text{ smp} \approx 4 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,4565^2}{1 - 0,4565} = 0,383 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m(OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 328,6)} \times 3600 = 9,19 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 9,19 - \frac{3600}{720} = 4,19 \text{ detik}$$

Gardu manual :

$$\rho_{\text{manual}} = \frac{\lambda}{\mu_{\text{manual}}} = \frac{328,6}{400} = 0,8217 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian Untuk gardu manual :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,8217}{1 - 0,8217} = 3,6 \text{ smp} \approx 2 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,8217^2}{1 - 0,8217} = 2,6 \text{ smp} \approx 3 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 18,4 \text{ m(OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(400 - 328,5)} \times 3600 = 50,42 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 50,42 - \frac{3600}{400} = 41,42 \text{ detik}$$

Untuk gerbang tol I (**arah masuk**) ini perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

Direncanakan (Arah masuk) :

Jumlah lajur : 2 (OBU dan GTO)

WP = 2 detik/smp (OBU)

WP = 5 detik/smp (GTO transaksi)

$$\mu \text{ OBU} = \frac{1 * 3600}{2} = 1800 \text{ smp/jam}$$

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 * 3600}{5} = 720 \text{ smp/jam}$$

$$\lambda = 986 \frac{\text{smp}}{\text{jam}}$$

$$\frac{\lambda}{N} = \frac{986}{2} = 493 \text{ smp/jam}$$

On Board Unit :

$$\rho = \frac{\frac{\lambda}{N}}{\mu \text{ OBU}} = \frac{493}{1800} = 0,273 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu OBU :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,273}{1-0,273} = 0,377 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,273^2}{1-0,273} = 0,102 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1800 - 493)} \times 3600 = 2,75 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 2,75 - \frac{3600}{1800} = 0,75 \text{ detik}$$

Gardu Tol Otomatis :

$$\rho_{\text{GTO}} = \frac{\lambda}{\mu_{\text{GTO}}} = \frac{328,6}{720} = 0,4565 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu GTO :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,4565}{1 - 0,4565} = 1 \text{ smp} \approx 4 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,4565^2}{1 - 0,4565} = 0,383 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m(OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 328,6)} \times 3600 = 9,19 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 9,19 - \frac{3600}{720} = 4,19 \text{ detik}$$

5.5.2. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang II Rembang 30 tahun

Pada gerbang II tidak dilakukan perencanaan ulang karena gardu yang sudah ada dapat melayani jumlah kendaraan untuk umur rencana jalan 30 tahun

5.5.3. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang III Pasuruan 30 Tahun

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 999 \text{ smp/jam (dari tabel 5.38)}$$

$$WP_1 = 4 \text{ detik/smp (GTO ambil kartu)}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{WP} \\ &= \frac{1 * 3600}{4} = 900 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 2

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{999 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,3698 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{999 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,3698 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan < 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 999 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan (GTO transaksi)}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan (gardu manual keluar)}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{WP}$$

$$\mu_1 = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

$$\mu_2 = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total yang terbuka (N) = 2

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{999 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 0,6934 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{999 \left(\frac{1}{2}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 1,2484 > 1 \text{ (NOT OK)}$$

Diketahui ρ_1 yang dihasilkan < 1 dan $\rho_2 > 1$ maka intensitas kendaraan yang terjadi tidak aman. **Oleh karena itu untuk gerbang III memerlukan perencanaan gerbang ulang dikarenakan gerbang III yang saat ini ada dapat melayani kendaraan 30 tahun kemudian dengan baik.**

Perencanaan ulang untuk gerbang tol ini menggunakan kapasitas pelayanan yang dapat dilayani oleh beberapa jenis gardu. Kapasitas pelayanan ini juga terkait dengan waktu pelayanan jenis gardu tersebut sehingga untuk menentukan waktu pelayanan maka penulis menggunakan waktu pelayanan yang telah ditentukan pada standar yang sudah ada yaitu standar pelayanan minimum jalan tol. Pada modifikasi gerbang tol ini, penyusun menentukan kombinasi gardu dengan cara *trial and error* dimana hasil yang diinginkan penyusun adalah mendapatkan gardu yang sesuai dengan persyaratan yang ada dan memperhatikan luas area yang tersedia. Untuk gerbang III ini penyusun mencoba menambah lajur arah keluar dikarenakan waktu pelayanan masuk yang lebih kecil dari waktu pelayanan keluar

Untuk gerbang tol I (**arah keluar**) ini perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

Direncanakan (Arah keluar) :

Jumlah lajur : 3

$$WP = 2 \text{ detik/smp (OBU)}$$

$$WP = 5 \text{ detik/smp (GTO transaksi)}$$

$$WP = 9 \text{ detik/smp (gardu manual keluar)}$$

$$\mu \text{ OBU} = \frac{1 * 3600}{2} = 1800 \text{ smp/jam}$$

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 * 3600}{5} = 720 \text{ smp/jam}$$

$$\mu \text{ manual} = \frac{1 * 3600}{9} = 400 \text{ smp/jam}$$

$$\lambda = 999 \frac{\text{smp}}{\text{jam}}$$

$$\frac{\lambda}{N} = \frac{999}{3} = 333 \text{ smp/jam}$$

On Board Unit :

$$\rho = \frac{\frac{\lambda}{N}}{\mu \text{ OBU}} = \frac{333}{1800} = 0,185 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu OBU :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,1825}{1 - 0,1825} = 0,223 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,185^2}{1-0,185} = 0,04 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1800 - 333)} \times 3600 = 2,44 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 2,44 - \frac{3600}{1800} = 0,44 \text{ detik}$$

Gardu Tol Otomatis :

$$\rho_{\text{GTO}} = \frac{\lambda}{\mu_{\text{GTO}}} = \frac{333}{720} = 0,4565 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu GTO :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,4565}{1-0,4565} = 1 \text{ smp} \approx 4 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,4565^2}{1-0,4565} = 0,383 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 333)} \times 3600 = 9,19 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 9,19 - \frac{3600}{720} = 4,19 \text{ detik}$$

Gardu manual :

$$\rho_{\text{manual}} = \frac{\lambda}{\mu_{\text{manual}}} = \frac{333}{400} = 0,8217 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian Untuk gardu manual :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,8217}{1 - 0,8217} = 3,6 \text{ smp} \approx 2 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,8217^2}{1 - 0,8217} = 2,6 \text{ smp} \approx 3 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 18,4 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(400 - 333)} \times 3600 = 50,42 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 50,42 - \frac{3600}{400} = 41,42 \text{ detik}$$

Untuk gerbang tol I (**arah masuk**) ini perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

Direncanakan (Arah masuk) :

Jumlah lajur : 3 (OBU, GTO, dan manual)

WP = 2 detik/smp (OBU)

WP = 5 detik/smp (GTO transaksi)

$$\mu \text{ OBU} = \frac{1 * 3600}{2} = 1800 \text{ smp/jam}$$

$$\mu \text{ GTO} = \frac{1 * 3600}{5} = 720 \text{ smp/jam}$$

$$\lambda = 986 \frac{\text{smp}}{\text{jam}}$$

$$\frac{\lambda}{N} = \frac{986}{2} = 493 \text{ smp/jam}$$

On Board Unit :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \text{ OBU}} = \frac{493}{1800} = 0,273 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu OBU :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,273}{1-0,273} = 0,377 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,273^2}{1-0,273} = 0,102 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(1800 - 493)} \times 3600 = 2,75 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 2,75 - \frac{3600}{1800} = 0,75 \text{ detik}$$

Gardu Tol Otomatis :

$$\rho \text{ GTO} = \frac{\lambda}{\mu \text{ GTO}} = \frac{328,6}{720} = 0,4565 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu GTO :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,4565}{1-0,4565} = 1 \text{ smp} \approx 4 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,4565^2}{1-0,4565} = 0,383 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(720 - 328,6)} \times 3600 = 9,19 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 9,19 - \frac{3600}{720} = 4,19 \text{ detik}$$

5.5.4. Analisis Intensitas Lalu Lintas dan Perencanaan Gerbang IV Grati 30 Tahun

Diketahui : (arah masuk)

$$\lambda = 3598 \text{ smp/jam (dari tabel 5.38)}$$

$$WP_1 = 4 \text{ detik/kendaraan (GTO ambil kartu)}$$

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{WP} \\ &= \frac{1 * 3600}{4} = 900 \text{ kend/jam}\end{aligned}$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 1

Jumlah gardu tol otomatis multi yang terbuka (N₃) = 3

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{3598 \left(\frac{1}{4}\right)/1}{900} < 1$$

$$\rho_1 = 0,994 < 1 \text{ (OK)}$$

Untuk GTO multi :

$$\rho_3 = \frac{\lambda/N_3}{\mu} < 1$$

$$\rho_3 = \frac{3598 \left(\frac{3}{4}\right)/3}{900} < 1$$

$$\rho_3 = 0,994 < 1 \text{ (OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_3 yang dihasilkan > 1 maka intensitas kendaraan yang terjadi aman dan tidak memerlukan perencanaan ulang

Diketahui : (arah keluar)

$$\lambda = 3598 \text{ smp/jam}$$

$$WP = 5 \text{ detik/kendaraan (GTO transaksi)}$$

$$WP = 9 \text{ detik/kendaraan (gardu manual keluar)}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{WP}$$

$$\mu_1 = \frac{1 * 3600}{5} = 720$$

$$\mu_2 = \frac{1 * 3600}{9} = 400$$

Jumlah gardu total yang ada (N) = 3

Jumlah gardu tol otomatis yang terbuka (N₁) = 2

Jumlah gardu manual yang terbuka (N₂) = 1

Untuk GTO biasa :

$$\rho_1 = \frac{\lambda/N_1}{\mu} < 1$$

$$\rho_1 = \frac{3598 \left(\frac{2}{3}\right)/2}{720} < 1$$

$$\rho_1 = 1,6656 > 1 \text{ (NOT OK)}$$

Untuk gardu manual :

$$\rho_2 = \frac{\lambda/N_2}{\mu} < 1$$

$$\rho_2 = \frac{3598 \left(\frac{1}{3}\right)/1}{400} < 1$$

$$\rho_2 = 2,9981 > 1 \text{ (NOT OK)}$$

Diketahui ρ_1 dan ρ_2 yang dihasilkan >1 maka intensitas kendaraan yang terjadi tidak aman. **Oleh karena itu untuk gerbang IV memerlukan perencanaan gerbang ulang dikarenakan gerbang IV yang saat ini ada tidak dapat melayani kendaraan 30 tahun kemudian dengan baik.**

Perencanaan ulang untuk gerbang tol ini menggunakan kapasitas pelayanan yang dapat dilayani oleh beberapa jenis gardu. Kapasitas pelayanan ini juga terkait dengan waktu pelayanan jenis gardu tersebut sehingga untuk menentukan waktu pelayanan maka penulis menggunakan waktu pelayanan yang telah ditentukan pada standar yang sudah ada yaitu standar pelayanan minimum jalan tol. Pada modifikasi gerbang tol ini, penyusun menentukan kombinasi gardu dengan cara *trial and error* dimana hasil yang diinginkan penyusun adalah mendapatkan gardu yang sesuai dengan persyaratan yang ada dan memperhatikan luas area yang tersedia.

Untuk gerbang tol IV (**arah keluar**) dan masuk ini perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

Direncanakan (Arah keluar) :

Jumlah lajur : 2

WP = 1 detik/smp (OBU)

$$\mu \text{ OBU} = \frac{1 * 3600}{1} = 3600 \text{ smp/jam}$$

$$\lambda = 3598 \frac{\text{smp}}{\text{jam}}$$

$$\frac{\lambda}{N} = \frac{3598}{2} = 1799 \text{ smp/jam}$$

On Board Unit :

$$\rho = \frac{\frac{\lambda}{N}}{\mu \text{ OBU}} = \frac{1799}{3600} = 0,49 < 1 \text{ (OK)}$$

Parameter antrian untuk gardu OBU :

$$n = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0,49}{1-0,49} = 0,99 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,49^2}{1-0,49} = 0,47 \text{ smp} \approx 1 \text{ smp} < 3 \text{ smp} = 5,8 \text{ m (OK)}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda/N)} \times 3600 = \frac{1}{(3600 - 1799)} \times 3600 = 2 \text{ detik}$$

$$w = d - \frac{1}{(\mu)} \times 3600 = 2 - \frac{3600}{3600} = 1 \text{ detik}$$

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tingkat kedatangan yang terjadi pada tiap-tiap gerbang tol sebagai berikut:
 - o Untuk Gerbang I Bangil, tingkat kendaraan yang datang sebesar 334 smp/jam
 - o Untuk gerbang II Rembang, tingkat kendaraan yang datang sebesar 87 smp/jam
 - o Untuk gerbang III Pasuruan, tingkat kendaraan yang datang sebesar 336 smp/jam
 - o Untuk gerbang IV Grati, tingkat kendaraan yang datang sebesar 626 smp/jam

Adapun tingkat kedatangan kendaraan yang terjadi pada tiap-tiap gerbang tol untuk 30 tahun mendatang sebagai berikut:

- o Untuk Gerbang I Bangil, tingkat kendaraan yang datang sebesar 986 smp/jam
 - o Untuk gerbang II Rembang, tingkat kendaraan yang datang sebesar 501 smp/jam
 - o Untuk gerbang III Pasuruan, tingkat kendaraan yang datang sebesar 999 smp/jam
 - o Untuk gerbang IV Grati, tingkat kendaraan yang datang sebesar 3598 smp/jam
2. Kinerja pelayanan masing-masing gerbang tol sudah mencukupi untuk melayani kendaraan yang ada pada tahun awal. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai perbandingan maksimum antara kedatangan dengan pelayanan adalah $0,4205 < 1$
 3. Hasil analisis antrian untuk gerbang tol Gempol – Pasuruan sebagai berikut:

4. Dari hasil perhitungan, diperlukan adanya perencanaan ulang untuk beberapa gerbang tol yang ada untuk melayani jumlah kendaraan sesuai umur rencana (30 tahun), antara lain:
 - Untuk gerbang I Bangil dilakukan perubahan semula untuk arah masuk terdapat 3 gardu (1 GTO single dan 2 GTO multi) menjadi 2 gardu (1 GTO multi dan OBU), untuk arah keluar semula 2 gardu yang beroperasi (1 GTO single dan 1 manual) menjadi 3 gardu (1 GTO multi, 1 OBU dan 1 manual)
 - Untuk gerbang II Rembang tidak dilakukan perubahan dikarenakan konfigurasi yang sudah ada cukup melayani kendaraan yang ada
 - Untuk gerbang III Pasuruan dilakukan perubahan semula untuk arah masuk terdapat 3 gardu (1 GTO single dan 2 GTO multi) menjadi 3 gardu (1 GTO multi, 1 OBU dan 1 manual), untuk arah keluar semula 2 gardu yang beroperasi (1 GTO single dan 1 manual) menjadi 3 gardu (1 GTO multi, 1 OBU dan 1 manual)
 - Untuk Gerbang IV dari semula terdapat 8 gardu (7 GTO ; 1 manual) menjadi 4 gardu (4 OBU)

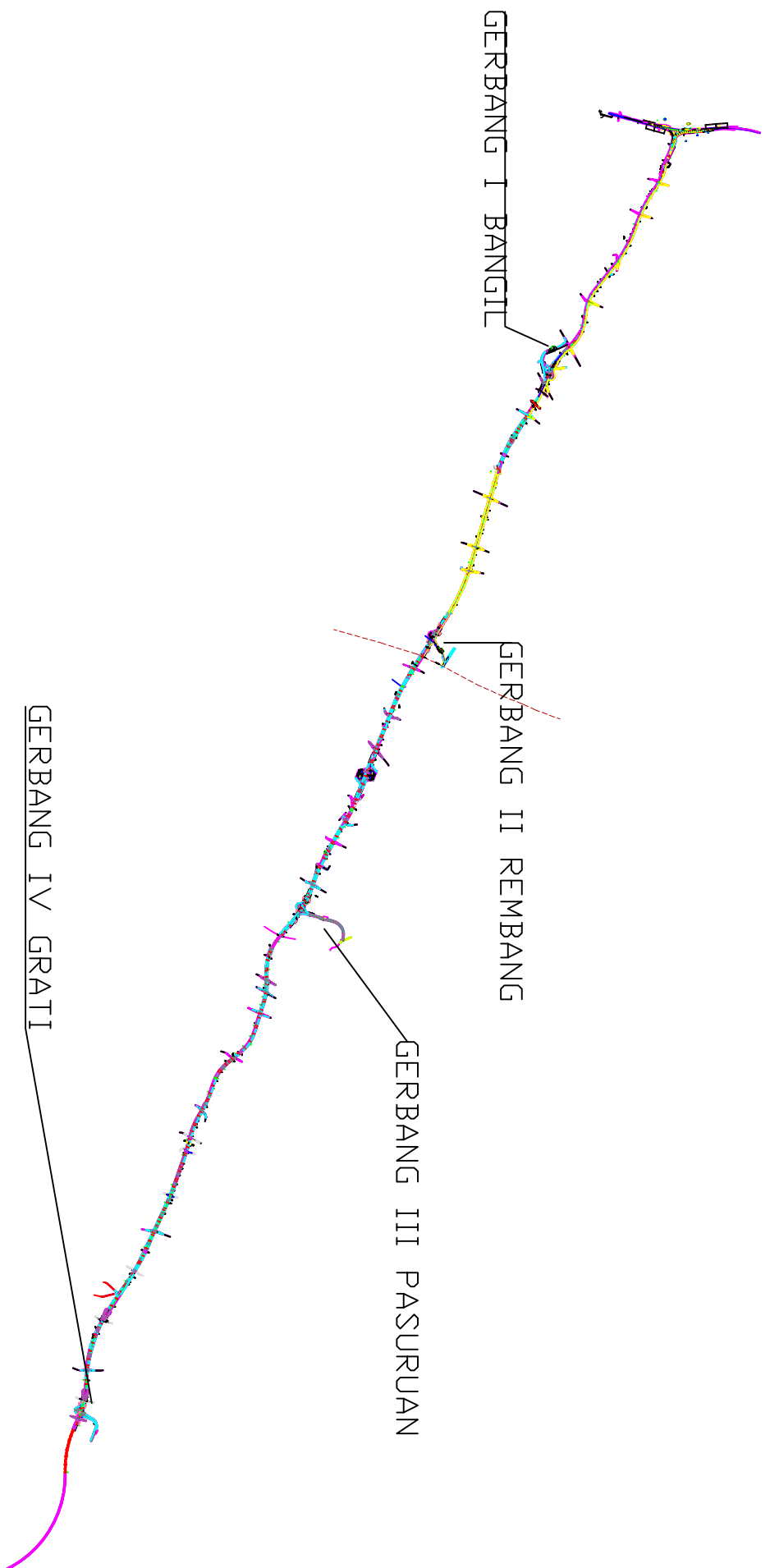
6.2.Saran

Saran yang penyusun berikan adalah dilakukan peninjauan kembali gardu yang direncanakan diawal guna mempersiapkan kebutuhan untuk melakukan penambahan gardu

DAFTAR PUSTAKA

- Aji dan Widyastuti. 2014. Evaluasi Kapasitas dan Pelayanan Gerbang Tol Waru – Tanjung Perak. Surabaya. POMITS ITS
- Anonim.2016.Jalan Tol Gempol-Pasuruan,
URL:[https://id.wikipedia.org/wiki/Jalan Tol Gempol%E2%80%9380%93Pasuruan](https://id.wikipedia.org/wiki/Jalan_Tol_Gempol%E2%80%9380%93Pasuruan)
- Anonim. 2016. Jalan Tol Gempol Pasuruan,
URL:<http://www.transmargajatim.com>.
- Anonim. 2010. Jumlah Penduduk Menurut Provinsi.
URL:https://id.wikipedia.org/wiki/Demografi_Indonesia#Jumlah_penduduk_menurut_provinsi
- Anonim. 2005. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol. Jakarta.
- Anonim. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan. Jakarta.
- Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Jakarta. Bina Marga
- Bina Marga. 2009. Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol. Jakarta. Bina Marga
- Dinas PU. 2013. Data Informasi Provinsi.
URL:<http://hubdat.dephub.go.id/data-a-informasi/profil-hubdat-per-provinsi/pulau-jawa/tahun-2013/1573-profil-kinerja-prov/>
- Hobbs, F.D. 1995. Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

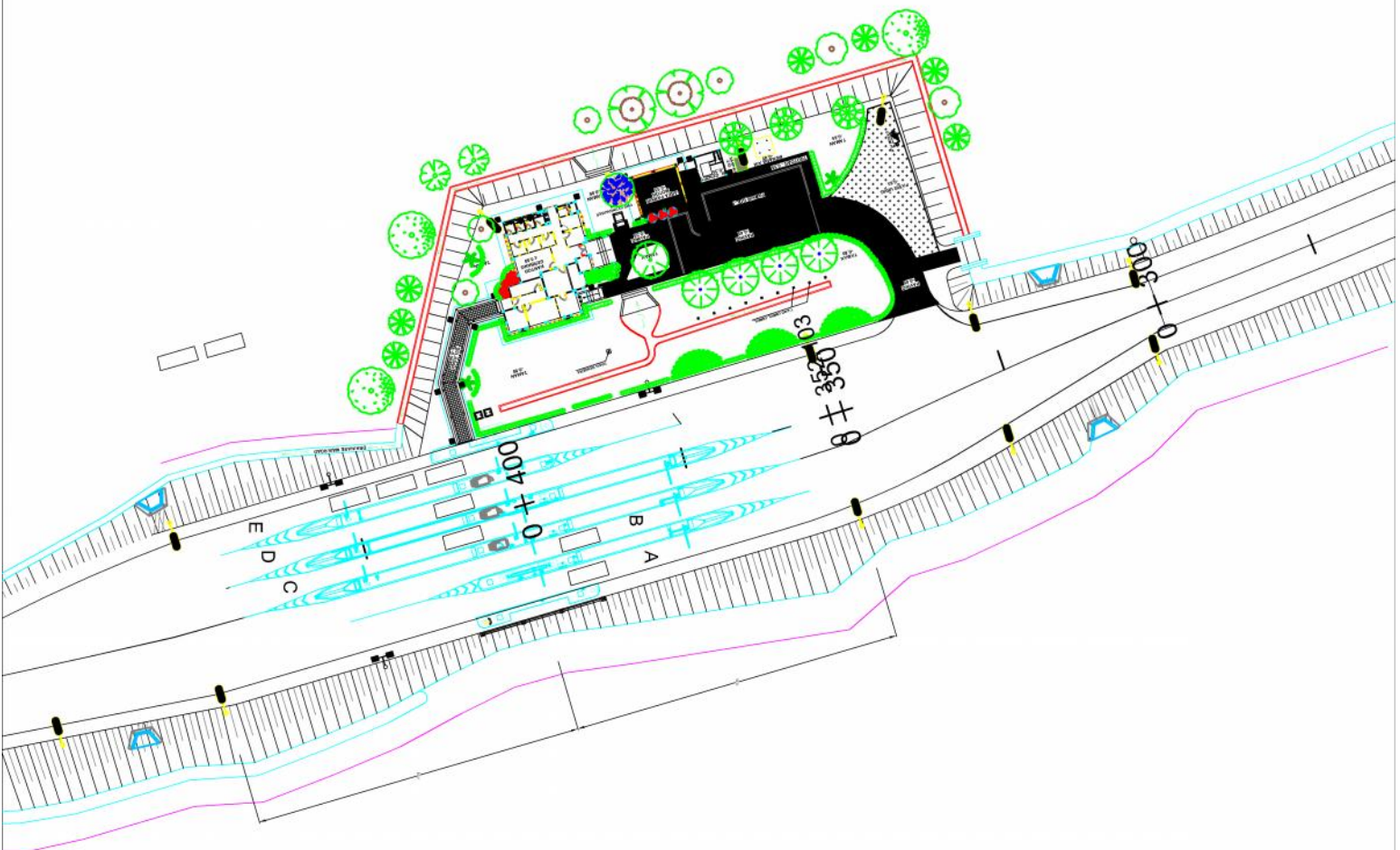
- Indah, K. 2014. Analisis Kinerja Pelayanan Gardu Tol Pada Jalan Tol Bali Mandala (Tesis). Denpasar. Universitas Udayana. Dewi, Ayu,
- Kakiay, T.J. 2004. Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/2007 Tentang Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2005. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 392 Tahun 2005 Tentang Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol. Jakarta.
- Morlok, E.K. 1978. Pengantar Teknik Perencanaan Transportasi (terjemahan Johan K. Hainin). Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Surtoni. Jun. 2014. Analisis Kuantitatif Model Antrian, URL: <http://surtoni.blogspot.com/2014/04/tugas-Analisis-kuantitatif-model-antrian.html>.
- Siagian, P. 1987. Penelitian Operasional Teori dan Praktek. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Tamin, O. Z. 2008. Perencanaan dan Permodelan Transportasi. Penerbit ITB. Bandung.



GERBANG TOL 1 BANGIL
1:100

MASUK 2 GARDU :
1 GTO MULTI (A)
1 OBU (B)

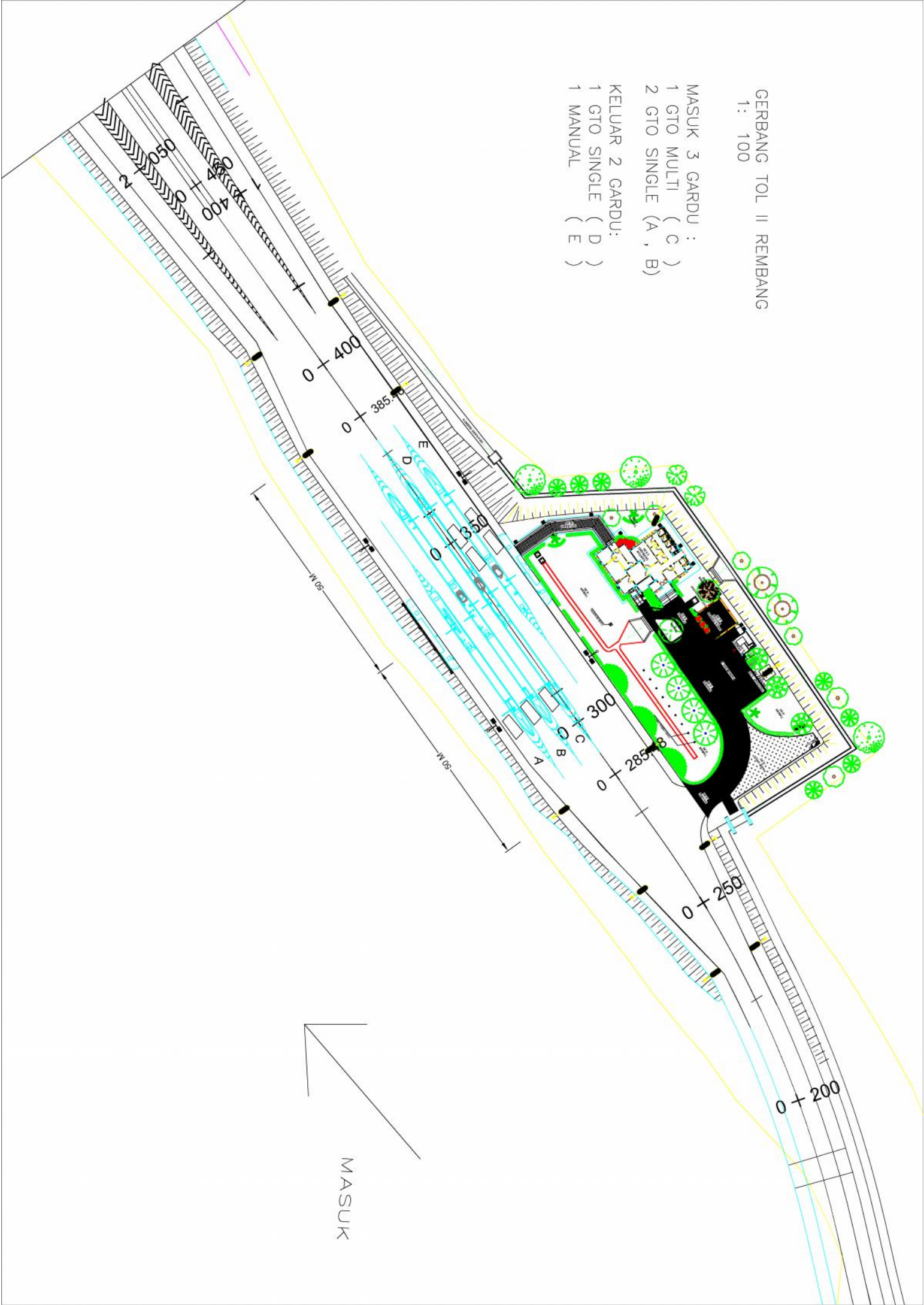
KELUAR 3 GARDU:
1 GTO MULTI (D)
1 OBU (C)
1 MANUAL (E)



GERBANG TOL II REMBANG
1: 100

- MASUK 3 GARDU :
1 GTO MULTI (C)
2 GTO SINGLE (A , B)

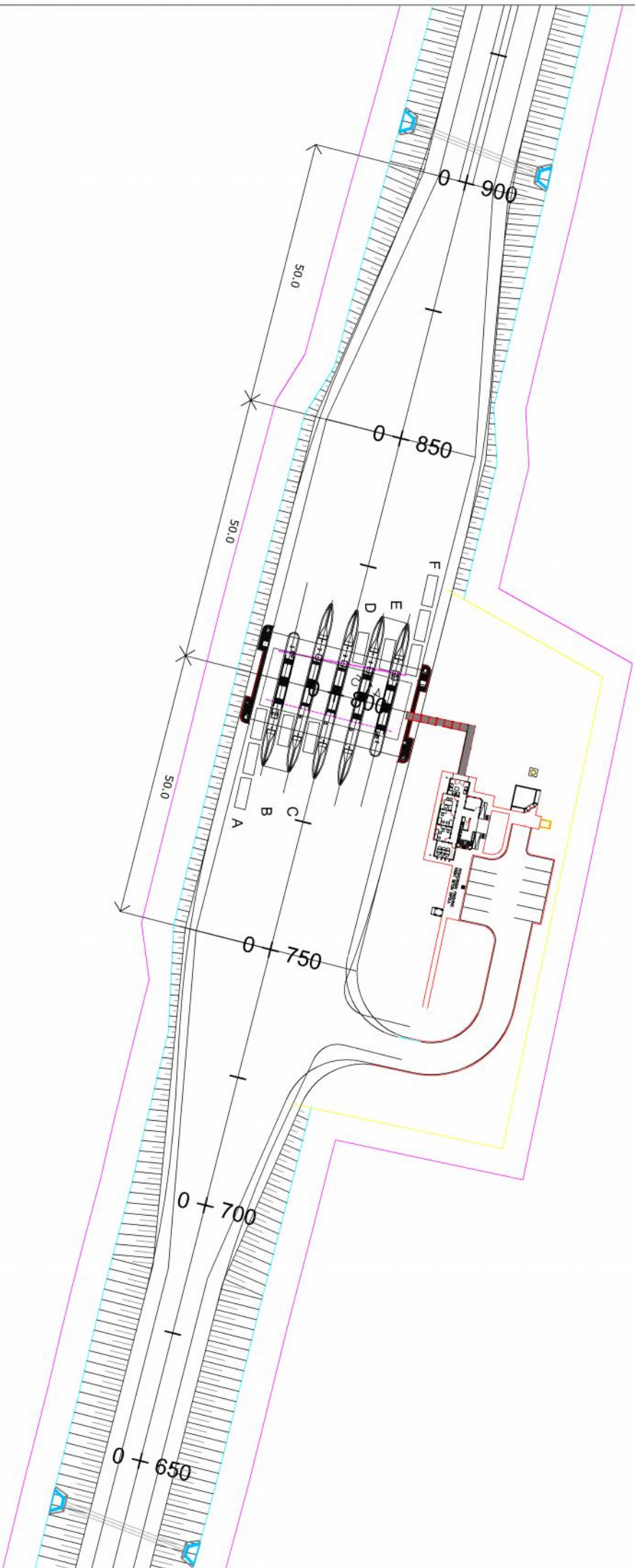
- KELUAR 2 GARDU :
1 GTO SINGLE (D)
1 MANUAL (E)



MASUK

GERBANG TOL III PASURUAN
MODIFIKASI
1: 100

- MASUK 3 GARDU :
1 GTO MULTI (B)
1 OBU (C)
1 MANUAL (A)
KELUAR 3 GARDU:
1 GTO MULTI (E)
1 OBU (D)
1 MANUAL (F)



BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Rezalvi Indra Pranata, yang dilahirkan di Kota Jombang pada tanggal 18 Juni 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara pasangan dari (Alm) Ir. Harnindro dan Wiwiek Amiwati.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita I Jombang yang lulus pada tahun 2001, SDN Banjaran IV dan lulus pada tahun 2007, kemudian SMPN 2 Kediri yang lulus pada tahun 2010, serta SMAN 1 Kediri dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya terdaftar dengan NRP 3113 100 123.

Di jurusan Teknik Sipil ITS penulis merupakan mahasiswa program Sarjana (S1) dengan bidang fokus perhubungan.

Rezalvi Indra Pranata (Mr.)

Civil Engineering Student

Sepuluh Nopember Institut of Technology Surabaya

pranatarezalvi@gmail.com

(+62) 85736817298