

PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Salah satu persyaratan akademik untuk mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang adalah lulus ujian akhir skripsi dan ujian komprehensif. Sehubungan dengan hal tersebut, skripsi ini ditulis sebagai salah satu persyaratan akademik untuk mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Skripsi ini berisi tentang simulasi arus lalu lintas di persimpangan jalan untuk mengurangi durasi antrian. Suksesnya penulisan skripsi ini tentunya karena dukungan yang penulis dapatkan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan demi terselesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Keluarga penulis, Bapak Hery Setiawan, Ibu Lilik Hidayati, Kakak Nurman Rasyidi, dan Adik Andriansyah Nurauf yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan motivasi.
2. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi Pertama.
3. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri.
4. Ibu Dwi Hadi Sulistyarini, ST., MT., sebagai Dosen Pembimbing Skripsi Kedua yang membimbing, mendorong, dan memberikan motivasi bagi penulis.
5. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT., sebagai KKDK Konsentrasi Rekayasa Sistem Industri yang membimbing, mendorong, dan memberikan motivasi bagi penulis.
6. Ibu Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D., sebagai Kepala Laboratorium Simulasi dan Aplikasi Industri yang membimbing, mendorong, dan memberikan motivasi bagi penulis.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Staf Administrasi Jurusan Teknik Industri yang telah membantu penyelesaian persyaratan tugas akhir ini.
9. Teman-teman serumah yaitu Murni Ukhuwah Islami, Putri Lestari, dan Winda Galuh Pertiwi atas dukungan, doa, dan motivasi yang diberikan.

10. Teman baik penulis yaitu Fitria Rumbay, Fasya Nabila, Erliya Yunita, Nabila Nadirasetya, Naila Alfi Nabila, Raynaldo Ignatius T. H., Ersya Syahputra, Petty Chynthya N., Dea Andhini, Eldira Nindri Wena P., Delina Risa K., Tiffany Anggraeni, dan Anggara Dwi Putra atas dukungan, doa, dan motivasi yang diberikan.
11. Teman-teman Asisten Laboratorium Simulasi dan Aplikasi Industri atas dukungan, doa, dan motivasi yang diberikan.
12. Teman-teman Asisten Tugas Besar *Planning and Production Inventory Control* atas dukungan, doa, dan motivasi yang diberikan.
13. Teman-teman Jurusan Teknik Industri Angkatan 2012 atas dukungan, doa, dan motivasi yang diberikan.

Akhir kata, penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, penulis mohon maaf apabila menemukan kesalahan dalam skripsi ini. Penulis mengharapkan agar skripsi ini dapat memberikan wawasan dan pengetahuan bagi pembaca.

Malang, Januari 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Batasan Masalah	6
1.7 Asumsi-asumsi	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Lalu Lintas Persimpangan	8
2.3 Teori Antrian	9
2.4 Sistem, Model, dan Simulasi	11
2.4.1 Sistem	11
2.4.2 Model suatu sistem	11
2.4.3 Simulasi	12
2.5 Discrete-Event Simulation	13
2.6 Pengumpulan Data <i>Input</i> Simulasi	13
2.7 Model Konseptual (<i>Activity Cycle Diagram</i>)	17
2.8 <i>Software</i> Simulasi Arena 5.0	17
2.8.1 Modul arena 5.0 <i>simulation software</i>	18
2.8.2 Input Analyzer	20
2.8.3 Process Analyzer	20
2.9 Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)	20
2.10 Verifikasi dan Uji Validitas Model	21

2.11 Penentuan Jumlah Replikasi.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3 Tahap Penelitian.....	23
3.3.1 Tahap pendahuluan	23
3.3.2 Tahap penyajian data.....	24
3.3.3 Tahap pengolahan data dan pembuatan model	25
3.3.4 Tahap analisis dan kesimpulan.....	26
3.4 Diagram Alir Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Gambaran Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang.....	29
4.1.1 Identifikasi elemen-elemen simulasi.....	30
4.1.2 Model konseptual (ACD).....	31
4.1.3 Penyajian data	32
4.2 Pengolahan Data dan Pemodelan	36
4.2.1 Penentuan distribusi dan nilai parameter	36
4.2.2 Pembuatan model arus lalu lintas persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang dengan ARENA.....	38
4.2.3 Verifikasi.....	46
4.2.4 Validasi	47
4.2.5 Penentuan jumlah replikasi	49
4.3 Analisis dan Pembahasan	50
4.3.1 Analisis hasil model eksisting.....	51
4.3.1.1 Analisis hasil model eksisting pengamatan pagi.....	51
4.3.1.1.1 Analisis hasil simulasi model eksisting pengamatan pagi	51
4.3.1.1.2 Analisis hasil perhitungan MKJI model eksisting pengamatan pagi	52
4.3.1.2 Analisis hasil model eksisting pengamatan siang	53
4.3.1.2.1 Analisis hasil simulasi model eksisting pengamatan siang	53
4.3.1.2.2 Analisis hasil perhitungan MKJI model eksisting pengamatan siang.....	54
4.3.1.3 Analisis hasil model eksisting pengamatan sore.....	54
4.3.1.3.1 Analisis hasil simulasi model eksisting pengamatan sore	54
4.3.1.3.2 Analisis hasil perhitungan MKJI model eksisting pengamatan sore	55

4.3.2 Perancangan skenario	56
4.3.2.1 Perancangan skenario pengamatan pagi.....	56
4.3.2.2 Perancangan skenario pengamatan siang	59
4.3.2.3 Perancangan skenario pengamatan sore	61
4.3.3 Analisis hasil skenario.....	64
4.3.3.1 Analisis hasil skenario pengamatan pagi.....	64
4.3.3.2 Analisis hasil skenario pengamatan siang	65
4.3.3.3 Analisis hasil skenario pengamatan sore	65
4.3.4 Pemilihan skenario terbaik	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Data Penelitian Pendahuluan Rata-rata Jumlah Antrian	2
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2.2	Simbol pada <i>Activity Cycle Diagram</i>	17
Tabel 2.3	Modul <i>Basic Process Panel</i> pada <i>software</i> ARENA 5.0.....	18
Tabel 2.4	Modul <i>Advanced Process Panel</i> pada <i>software</i> ARENA 5.0.....	19
Tabel 4.1	Data Waktu Antar Kedatangan Pengamatan Pagi Setiap 10 Menit	32
Tabel 4.2	Data Waktu Antar Kedatangan Pengamatan Siang	33
Tabel 4.3	Data Waktu Antar Kedatangan Pengamatan Sore Setiap 10 Menit	33
Tabel 4.4	Data Primer dan Sekunder Waktu Antar Kedatangan Pengamatan Pagi	34
Tabel 4.5	Output Uji <i>Mann-Whitney</i> Pengamatan Pagi	34
Tabel 4.6	Data Waktu Antar Kedatangan Primer dan Sekunder Pengamatan Sore	35
Tabel 4.7	Output Uji <i>Mann-Whitney</i> Pengamatan Sore	35
Tabel 4.8	Pengujian Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Jalan MT. Haryono Timur	37
Tabel 4.9	Pengujian Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Jalan Gajayana ..	37
Tabel 4.10	Pengujian Distribusi Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Jalan MT. Haryono Barat.....	37
Tabel 4.11	Modul <i>Create</i> Pengamatan Pagi	39
Tabel 4.12	Modul <i>Create</i> Pengamatan Siang	40
Tabel 4.13	Modul <i>Create</i> Pengamatan Sore	41
Tabel 4.14	Modul <i>Station</i>	42
Tabel 4.15	Modul <i>Route</i>	42
Tabel 4.16	Modul <i>Process</i>	43
Tabel 4.17	Modul <i>Decide</i>	43
Tabel 4.18	Modul <i>Assign</i>	44
Tabel 4.19	Modul <i>Dispose</i>	44
Tabel 4.20	Output Aktual dan Simulasi.....	47
Tabel 4.21	Tes Kenormalan.....	48
Tabel 4.22	Uji Independent Sample t-test	49
Tabel 4.23	Output Simulasi	49
Tabel 4.24	Number Out Simulasi Pengamatan Pagi.....	51

Tabel 4.25 <i>Waiting Time</i> Simulasi Pengamatan Pagi	52
Tabel 4.26 Derajat Kejenuhan Pengamatan Pagi	52
Tabel 4.27 <i>Number Out</i> Simulasi Pengamatan Siang	53
Tabel 4.28 <i>Waiting Time</i> Simulasi Pengamatan Siang	53
Tabel 4.29 Derajat Kejenuhan Pengamatan Siang	54
Tabel 4.30 <i>Number Out</i> Simulasi Pengamatan Sore	55
Tabel 4.31 <i>Waiting Time</i> Simulasi Pengamatan Sore	55
Tabel 4.32 Derajat Kejenuhan Pengamatan Sore	56
Tabel 4.33 Inisialisasi Pengamatan Pagi	57
Tabel 4.34 Rancangan Skenario Pengamatan Pagi	58
Tabel 4.35 Inisialisasi Pengamatan Siang	59
Tabel 4.36 Rancangan Skenario Pengamatan Siang	61
Tabel 4.37 Inisialisasi Pengamatan Sore	62
Tabel 4.38 Rancangan Skenario Pengamatan Sore	63
Tabel 4.39 <i>Output</i> Hasil Skenario Pengamatan Pagi	64
Tabel 4.40 <i>Output</i> Hasil Skenario Pengamatan Siang	65
Tabel 4.41 <i>Output</i> Hasil Skenario Pengamatan Sore	66
Tabel 4.42 Rangkuman <i>Output</i> Hasil Skenario	67

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Grafik jumlah kendaraan Jalan MT. Haryono Timur/10 menit	2
Gambar 1.2	Grafik jumlah kendaraan Jalan Gajayana/10 menit	3
Gambar 1.3	Grafik jumlah kendaraan Jalan MT. Haryono Barat/10 menit	3
Gambar 2.1	<i>Discrete-Events</i> menyebabkan perubahan status	13
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	28
Gambar 4.1	Gambaran sistem persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang	30
Gambar 4.2	Fase persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang	30
Gambar 4.3	Model konseptual sistem lalu lintas Persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang	31
Gambar 4.4	Model simulasi arus lalu lintas persimpangan	38
Gambar 4.5	Pembuatan modul <i>create</i>	38
Gambar 4.6	Pembuatan modul <i>station</i>	42
Gambar 4.7	Pembuatan modul <i>route</i>	42
Gambar 4.8	Pembuatan modul <i>process</i>	43
Gambar 4.9	Pembuatan modul <i>decide</i>	43
Gambar 4.10	Pembuatan modul <i>assign</i>	44
Gambar 4.11	Pembuatan modul <i>dispose</i>	44
Gambar 4.12	Penentuan <i>schedule</i>	44
Gambar 4.13	Penentuan durasi <i>schedule</i>	44
Gambar 4.14	Penentuan <i>schedule</i> untuk <i>resource</i>	45
Gambar 4.15	Tampilan 2D model simulasi	45
Gambar 4.16	Pergerakan entitas kendaraan	45
Gambar 4.17	Verifikasi satuan unit	46
Gambar 4.18	Verifikasi <i>error</i>	46
Gambar 4.19	Animasi model simulasi ARENA	47

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Waktu Antar Kedatangan Kendaraan Pengamatan Siang.....	73
Lampiran 2	Model Simulasi Eksisting	74
Lampiran 3	Formulir Perhitungan MKJI Model Eksisting Pengamatan Pagi.....	75
Lampiran 4	Formulir Perhitungan MKJI Model Eksisting Pengamatan Siang.....	78
Lampiran 5	Formulir Perhitungan MKJI Model Eksisting Pengamatan Sore.....	81



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



RINGKASAN

ELIANA NURHAFIDAH, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 2016, *Simulasi Arus Lalu Lintas Persimpangan Jalan dengan Software ARENA untuk Mengurangi Durasi Antrian Kendaraan*, Dosen Pembimbing: Ishardita Pambudi Tama dan Dwi Hadi Sulistyarini.

Persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang merupakan salah satu persimpangan padat yang belum memiliki ATCS (*Area Traffic Control System*). Kemacetan yang sering terjadi di persimpangan ini disebabkan volume kendaraan yang tinggi sehingga dibutuhkan pengendalian lalu lintas. Salah satu pengendalian lalu lintas yang dapat dilakukan adalah rekayasa durasi lampu lalu lintas dengan simulasi dan bantuan *software* ARENA 5.0. Masalah yang akan dianalisis dari model dibagi menjadi dua bagian, yaitu simulasi dan perhitungan MKJI (*Manual Kapasitas Jalan Indonesia*). Dalam simulasi, masalah yang dianalisis adalah *number out* yang merupakan jumlah kendaraan keluar yang ingin ditingkatkan, serta *waiting time* yang merupakan waktu tunggu antrian yang ingin dikurangi, sedangkan untuk MKJI masalah yang dianalisis adalah derajat kejenuhan yang ingin dikurangi. Dalam pemodelannya, lalu lintas persimpangan ini dapat dibagi menjadi 3 berdasarkan waktu pengamatan yang memiliki karakteristik volume kendaraan yang berbeda, yaitu pengamatan pagi (06.00-08.00), siang (12.00-13.00), dan sore (16.00-18.00).

Penelitian ini dilakukan dengan metode Simulasi *Discrete-event* dimana arus lalu lintas Persimpangan Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang dimodelkan secara diskrit. Penelitian ini dimulai dengan menggambarkan sistem arus lalu lintas secara deskriptif, identifikasi elemen-elemen simulasi, dan kemudian membuat model konseptual dengan *Activity Cycle Diagram* (ACD). Selanjutnya melakukan pengumpulan dan pengujian data dengan uji *independent*. Selanjutnya menentukan distribusi dan parameter data dengan *Chi-Squared Goodness of Fit Test*. Kemudian membangun model simulasi dengan *software* ARENA 5.0. Setelah model simulasi lolos verifikasi dan validasi, maka dapat melakukan perancangan skenario yang meliputi identifikasi kondisi model eksisting dan sumber masalah, inisialisasi dengan perhitungan MKJI, dan penentuan solusi. Solusi yang dapat diterapkan dalam skenario adalah dengan mengurangi waktu siklus, penyesuaian waktu hijau, dan penerapan kebijakan lalu lintas.

Berdasarkan hasil simulasi, dari tiga skenario yang diterapkan, skenario terbaik adalah skenario 3 untuk masing-masing waktu pengamatan. Pada pengamatan pagi, *waiting time* pada ruas Jalan MT. Haryono Timur, Gajayana, dan MT. Haryono Barat turun dari kondisi eksisting yaitu 16,2718; 16,9107; dan 15,4621 menjadi 9,4859; 5,2266; dan 9,4859 detik. Pada pengamatan siang, *waiting time* pada ruas Jalan MT. Haryono Timur, Gajayana, dan MT. Haryono Barat turun dari kondisi eksisting yaitu 19,1359; 17,0733; dan 14,6334 menjadi 4,7672; 8,2051; dan 9,3300 detik. Pada pengamatan sore, *waiting time* pada ruas Jalan MT. Haryono Timur, Gajayana, dan MT. Haryono Barat turun dari kondisi eksisting yaitu 340,67; 18,8284; dan 15,1556 menjadi 4,8850; 10,7391; dan 7,3570 detik. Kendati *number out* skenario 3 lebih sedikit daripada kondisi eksisting, namun tujuan utama dari penelitian ini adalah mengurangi durasi antrian sehingga skenario yang terbaik adalah skenario 3.

Kata Kunci: Lalu Lintas Persimpangan, Kemacetan, Durasi Antrian, Simulasi *Discrete-event*, ARENA 5.0

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



SUMMARY

ELIANA NURHAFIDAH, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, 2016, *Traffic Flow Simulation Crossroads with ARENA Software to Reduce Vehicle Queue Length*, Supervisors: Ishardita Pambudi Tama and Dwi Hadi Sulistyarini.

Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang junction is one of a solid intersection ATCS (Area Traffic Control System). Traffic jam often happens at this junction due to the high volume of vehicles so that it requires traffic control. One traffic control that can be held is engineering the duration of traffic lights with the help of simulation and ARENA 5.0 software. Problems to be analyzed from the model is divided into two parts, which are the simulation and the calculation MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia). In the simulation, the problem being analyzed was the number out that shown the number of vehicles out wants to be increased, and the waiting time which is the queue waiting time want to be reduced, besides for MKJI the problem being analyzed was the degree of saturation wants to be reduced. In modeling, traffic intersection can be divided into 3 based on the observation time which have different volume of vehicles, called morning observation (6:00 to 08:00), afternoon (12:00 to 13:00) and evening (16:00 to 18:00).

This research was conducted by the discrete-event simulation method where the traffic flow of Jalan MT. Haryono Jalan Gajayana, Malang junction modeled as discrete. This study was begun by describing the traffic flow system in descriptive, identifying elements of the simulation, then create a conceptual model by using Activity Cycle Diagram (ACD). Furthermore, for the collecting and testing data it used independent statistic test. The next step was determining the distribution and parameter data by using Chi-Squared Goodness of Fit Test. Then, the simulation model was built by using ARENA 5.0 software. After the simulation model passed the verification and validation qualification, scenario could be designed by including the identification of the existing model's condition and source of the problem, initialize the MKJI calculation and was determine of the solution. The possible solution to be applied in the scenario by decreasing the cycle time, green light's time adjustment, and the application of traffic policy.

Based on simulation results, from 3 scenarios has been built, the best scenario is scenario 3 for each observation time. In the morning observation, waiting time on Jalan MT. Haryono Timur, Gajayana, and MT. Haryono Barat was down from the existing condition which are 19,1359; 17,0733; and 14,6334 becomes 4,7672; 8,2051; and 9,33 seconds. In the afternoon observation, waiting time on Jalan MT. Haryono Timur, Gajayana, and MT. Haryono Barat was down from the existing condition which are 19.1359; 17.0733; and 14.6334 becomes 4.7672; 8.2051; and 9.3300 seconds. In the evening observation, waiting time on Jalan MT. Haryono Timur, Gajayana, and MT. Haryono Barat was down from the existing condition which are 340,67; 18,8284; and 15,1556 becomes 4,885; 10,7391; and 7,3570 seconds. Although the number out of scenario 3 is lower than the existing condition, but the main objective of this research is to lower down the queue duration, so that the best scenario is the scenario 3.

Keywords: Traffic Junction, Traffic jam, Queue Duration, *Discrete-event* Simulation, ARENA 5.0

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

