

Optimalisasi waktu tunggu lampu lalu lintas menggunakan simulasi *Monte Carlo* di simpang lima ampenan Kota Mataram

Hardika Budianto^{1*}, Amrullah², Wahidaturrahmi², Arjudin²

¹ Mahasiswa Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram

² Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram

*budiantohardika@gmail.com

Diterima: 15-09-2022; Direvisi: 24-09-2022; Dipublikasi: 29-09-2022

Abstract

Transportation is basic human need in supporting various aspects of life, even almost all human activities require transportation. Arrangement of good traffic light are very needed at every intersection of the road. One of the very strategic intersection in Mataram city is Ampenan intersection. One of the factors that affect the accumulation of vehicle queues is less than optimal time when the green light is on at the traffic light. Therefore, it is necessary to study the optimal time of traffic lights based on amount of vehicles that passing and time of the green light is on. One of method to determine the optimal time of traffic light using Monte Carlo simulation method. Monte Carlo method is an algorithm for solving a problem to get better results using the probability distribution. Study uses the distribution of arrival and passing vehicles. Observation the time of arrival and passing vehicles is done in each direction of the traffic light. Results of this study indicate that the optimum time for the green light for the west direction are 21 seconds, for the east direction 21 seconds, for the north direction 36 seconds, and for the south direction 36 seconds.

Keywords: monte carlo; optimization; simulation monte carlo; traffic light; waiting time

Abstrak

Sarana transportasi menjadi kebutuhan dasar manusia dalam menunjang berbagai aspek kehidupan, bahkan hampir seluruh aktivitas manusia membutuhkan sarana transportasi. Pengaturan lampu lalu lintas yang baik sangat dibutuhkan di persimpangan pada setiap jalan. Salah satu persimpangan jalan yang sangat strategis di kota mataram dalah simpang lima ampenan. Salah satu faktor yang mempengaruhi menumpuknya antrian kendaraan kurang optimalnya waktu menyala lampu hijau pada lampu lalu lintas. Oleh karena itu, kajian tentang waktu optimal lampu lalu lintas perlu dilakukan berdasarkan jumlah kendaraan yang lewat dan waktu menyala lampu hijau. Salah satu metode untuk menentukan waktu optimal lampu lalu lintas menggunakan metode simulasi monte carlo. Metode Monte Carlo adalah sebuah algoritma untuk menyelesaikan suatu masalah untuk mendapatkan hasil yang lebih baik menggunakan distribusi peluang. Kajian menggunakan distribusi kedatangan kendaraan dan kendaraan yang lewat. Observasi waktu kedatangan kendaraan dan kendaraan yang lewat dilakukan di setiap arah lampu lalu lintas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu yang optimum untuk lampu hijau arah barat adalah 21 detik, untuk arah timur 21 detik, untuk arah utara 36 detik, dan untuk arah selatan 36 detik.

Kata Kunci: lampu lalu lintas; monte carlo; optimalisasi; simulasi monte carlo; waktu tunggu

1. PENDAHULUAN

Sarana transportasi menjadi kebutuhan dasar manusia dalam menunjang berbagai aspek kehidupan, bahkan hampir seluruh aktivitas manusia membutuhkan sarana

transportasi. Hal ini mengakibatkan ketergantungan manusia terhadap sarana transportasi terus meningkat, terlebih lagi transportasi darat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Barat (2018) diperoleh bahwa banyaknya kendaraan di provinsi NTB pada tahun 2017 sebanyak 1.553.181 kendaraan. Sedangkan pada tahun 2015 terdapat 1.347.545 kendaraan. Hal ini menunjukkan kenaikan jumlah kendaraan yang cukup besar yaitu sebanyak 205.636.

Peningkatan banyak kendaraan di suatu daerah dapat menyebabkan masalah-masalah lalu lintas. Salah satu masalah yang sering terjadi akibat banyaknya kendaraan yang melintas adalah kemacetan. Masalah seperti ini sering kita jumpai dan menjadi hal yang umum terjadi di kota-kota besar. Salah satu tempat yang menjadi sumber kemacetan lalu lintas adalah persimpangan jalan. Terutama apabila waktu yang dimiliki oleh lampu lalu lintas tidak sesuai dengan volume kendaraan yang melintas, hal ini dapat mengakibatkan kemacetan yang sangat panjang. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan waktu lampu lalu lintas yang optimal sehingga kemacetan yang disebabkan oleh ketidaksesuaian pengaturan lampu lalu lintas bisa dikurangi bahkan bisa diatasi.

Pengaturan lalu lintas adalah hal yang sangat penting. Baik itu terkait pengadaan fasilitas maupun pengontrolan sistem yang ada seperti pengaturan waktu tunggu pada siklus lampu lalu lintas yang ada. Menurut Jatmika dan Andiko (2014) pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan dapat bergerak secara pergantian sehingga tidak saling mengganggu antar arus yang ada. Terdapat berbagai jenis kendali dengan menggunakan lampu lalu lintas di mana pertimbangan ini sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan yang ada seperti volume, geometrik simpang dan sebagainya

Simulasi Monte Carlo merupakan bentuk simulasi yang memiliki karakteristik pembangkitan bilangan acak untuk mendapatkan hasil simulasi. Monte Carlo merupakan salah satu ilmu dalam matematika yang memanfaatkan distribusi probabilitas. Amrullah (2010) mengatakan bahwa metode Monte Carlo merupakan algoritma komputasi untuk mensimulasikan berbagai perilaku sistem fisika dan matematika menggunakan distribusi peluang. Metode Monte Carlo merupakan salah satu ilmu dalam matematika yang biasa digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang cukup kompleks. Matematika memiliki cakupan yang sangat luas dalam penerapannya untuk menyelesaikan masalah-masalah kehidupan nyata baik itu masalah yang sederhana hingga masalah yang kompleks. Masalah-masalah dalam kehidupan nyata akan dirubah ke dalam model matematika untuk selanjutnya dilakukan pemecahan masalah. Seperti yang dikemukakan oleh Russel dan Taylor (2010) bahwa metode Monte Carlo sering dipakai jika model yang digunakan cukup kompleks, non linier atau melibatkan lebih dari sepasang parameter tidak pasti.

Fenomena ini menjadi cukup menarik untuk dikaji lebih dalam melalui penelitian ilmiah untuk mengetahui dan memberikan saran terkait optimalisasi waktu tunggu di Simpang Lima Ampenan. Oleh karena itu, penelitian ini diangkat dengan judul “Optimalisasi waktu tunggu lampu lalu lintas menggunakan simulasi Monte Carlo Simpang Lima Ampenan”. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- 1) Untuk mendapatkan waktu optimal lampu lalu lintas di Simpang Lima Ampenan pada sisi sebelah barat menggunakan simulasi Monte Carlo.
- 2) Untuk mendapatkan waktu optimal lampu lalu lintas di Simpang Lima Ampenan pada sisi sebelah timur menggunakan simulasi Monte Carlo.
- 3) Untuk mendapatkan waktu optimal lampu lalu lintas di Simpang Lima Ampenan pada sisi sebelah utara menggunakan simulasi Monte Carlo.

Untuk mendapatkan waktu optimal lampu lalu lintas di Simpang Lima Ampenan pada sisi sebelah selatan menggunakan simulasi Monte Carlo.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian simulasi, yaitu penelitian dengan mengkaji sifat dan perilaku dari model yang dibangun berdasarkan suatu sistem nyata. Beberapa variabel dari model diatur atau dikondisi untuk mendapat kondisi optimal yang diinginkan. Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah Observasi dan Dokumentasi. Observasi dilakukan untuk mengambil data kendaraan yang kedatangan dan data kendaraan yang lewat. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi awal tentang kemacetan yang terjadi di Simpang Lima Ampenan. Wawancara dilakukan kepada pengendara yang melewati Simpang Lima Ampenan dan pedagang di sekitaran Simpang Lima Ampenan. Penelitian ini dilakukan di Simpang Lima Ampenan Kota Mataram pada jam-jam sibuk yaitu di pagi hari sekitar pukul 07:00-08:00 WITA atau di sore hari pukul 16:00-17:30 WITA. Berdasarkan simulasi Monte Carlo (Amrullah, 2010), berikut prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini:

- 1) Pengumpulan data kendaraan yang kedatangan dan data kendaraan yang lewat di Simpang Lima Ampenan.
- 2) Pembuatan distribusi peluang untuk variabel kendaraan yang kedatangan dan variabel kendaraan yang lewat di Simpang Lima Ampenan.
- 3) Pembuatan distribusi peluang kumulatif untuk variabel kendaraan yang kedatangan dan variabel kendaraan yang lewat di Simpang Lima Ampenan.
- 4) Pembuatan model simulasi dari variabel kendaraan yang kedatangan dan variabel kendaraan yang lewat.
- 5) Pengujian model simulasi menggunakan uji statistik *Student* (*uji-t*)
- 6) Jika H_0 diterima, maka dilanjutkan dengan iterasi model simulasi yang lebih besar.
- 7) Penerapan hasil simulasi untuk mendapatkan waktu optimal lampu lalu lintas di Simpang Lima Ampenan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data kedatangan kendaraan dan kendaraan yang lewat diambil oleh dua orang observer sebanyak dua kali di Simpang Lima Ampenan pada jam-jam sibuk yaitu pagi

hari jam 08.00-08.40 WITA dan sore hari jam 17.00-17.40 WITA. Berdasarkan data kedatangan kendaraan dan data kendaraan yang lewat setiap 3 detik pada masing-masing lampu lalu lintas yang diteliti. Diperoleh data banyaknya kendaraan yang datang dan data banyaknya kendaraan yang lewat pada lampu lalu lintas di simpang lima seperti yang terlihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Banyaknya Kendaraan Yang Datang Pada Masing-Masing Arah Kedatangan

No	Arah Kedatangan	Banyak Kendaraan
1	Barat	47
2	Timur	53
3	Selatan	143
4	Utara	169
Jumlah		412

Berdasarkan Tabel 1 di atas, dapat dilihat bahwa kedatangan kendaraan terbanyak terjadi pada arah utara yaitu sebanyak 169 kendaraan sedangkan yang paling sedikit terjadi pada arah barat yaitu sebanyak 47 kendaraan selama 150 menit pengambilan data.

Tabel 2. Banyaknya Kendaraan Yang Lewat Pada Masing-Masing Arah Kedatangan

No	Arah Kedatangan	Banyak Kendaraan
1	Barat	134
2	Timur	87
3	Selatan	238
4	Utara	254
Jumlah		713

Berdasarkan Tabel 2 di atas, kendaraan yang paling banyak lewat datang dari arah utara sebanyak 254 kendaraan. Adapun, kendaraan yang paling sedikit lewat datang dari arah timur sebanyak 87 kendaraan selama 150 menit pengambilan data. Banyaknya kendaraan yang lewat dipengaruhi lamanya durasi waktu menyala lampu hijau pada masing-masing arah lampu lalu lintas.

Untuk melakukan simulasi untuk mendapat kondisi optimum, dilakukan pembuatan model dengan pembuatan distribusi peluang dan distribusi peluang kumulatif. Model simulasi dibangun berdasarkan data distribusi peluang kedatangan kendaraan dan data kendaraan yang lewat. Model dibangun menggunakan bahasa pemrograman macro excel. Model yang telah dibangun diuji menggunakan uji statistik *Student* (uji-*t*). Untuk menguji apakah hasil simulasi mencerminkan sistem yang sebenarnya (hasil observasi) digunakan statistik *t* sebagai berikut (Sudjana, 2013):

H_0 : Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi
 H_a : Rata-rata hitung hasil observasi tidak sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi

Tabel 3. Uji Data Kendaraan Yang Lewat Untuk Hasil Simulasi Pada Lampu Arah Barat

No	Lampu Arah Barat	t_{hitung}	t_{tabel}	Kriteria keputusan	Kesimpulan
1	Kedatangan	-0,010	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi
2	Lewat	-0,014	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi

Berdasarkan Tabel 3, data sebenarnya dan data hasil simulasi pada lampu arah barat, maka diperoleh nilai $t_{hitung} = -0,010$ dan $t_{tabel} = 1,984$ untuk kendaraan yang datang. Sedangkan untuk kendaraan yang lewat diperoleh $t_{hitung} = -0,014$ dan $t_{tabel} = 1,984$. Karena nilai t -hitung untuk data kendaraan yang datang dan kendaraan yang lewat kurang dari nilai t_{tabel} maka H_0 diterima sehingga artinya bahwa rata-rata hitung data sebenarnya sama dengan rata-rata hitung data hasil simulasi.

Tabel 4. Uji Data Kendaraan Yang Lewat Untuk Hasil Simulasi Pada Lampu Arah Timur

No	Lampu Arah Timur	t_{hitung}	t_{tabel}	Kriteria keputusan	kesimpulan
1	Kedatangan	-0,024	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi
2	Lewat	-0,019	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi

Berdasarkan Tabel 4, data sebenarnya dan data hasil simulasi pada lampu arah timur, maka diperoleh nilai $t_{hitung} = -0,024$ dan $t_{tabel} = 1,984$ untuk kendaraan yang datang. Sedangkan untuk kendaraan yang lewat diperoleh $t_{hitung} = -0,019$ dan $t_{tabel} = 1,984$. Karena nilai t -hitung untuk data kendaraan yang datang dan kendaraan yang lewat kurang dari nilai t_{tabel} maka H_0 diterima sehingga artinya bahwa rata-rata hitung data sebenarnya sama dengan rata-rata hitung data hasil simulasi.

Tabel 5. Uji Data Kendaraan Yang Lewat Untuk Hasil Simulasi Pada Lampu Arah Utara

No	Lampu Arah Utara	t_{hitung}	t_{tabel}	Kriteria keputusan	Kesimpulan
1	Kedatangan	-0,038	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi
2	Lewat	-0,004	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi

Berdasarkan Tabel 5, data sebenarnya dan data hasil simulasi pada lampu arah utara, maka diperoleh nilai $t_{hitung} = -0,038$ dan $t_{tabel} = 1,984$ untuk kendaraan yang datang. Sedangkan untuk kendaraan yang lewat diperoleh $t_{hitung} = -0,004$ dan $t_{tabel} = 1,984$. Karena nilai t -hitung untuk data kendaraan yang datang dan kendaraan yang lewat

kurang dari nilai t_{tabel} maka H_0 diterima sehingga artinya bahwa rata-rata hitung data sebenarnya sama dengan rata-rata hitung data hasil simulasi.

Tabel 6. Uji Data Kendaraan Yang Lewat Untuk Hasil Simulasi Pada Lampu Arah Selatan

No	Lampu Arah Selatan	t_{hitung}	t_{tabel}	Kriteria keputusan	Kesimpulan
1	Kedatangan	0,029	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi
2	Lewat	0,041	1,984	$t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ H_0 diterima	Rata-rata hitung hasil observasi sama dengan rata-rata hitung hasil simulasi

Berdasarkan Tabel 6, data sebenarnya dan data hasil simulasi pada lampu arah selatan, maka diperoleh nilai $t_{hitung} = 0,029$ dan $t_{tabel} = 1,984$ untuk kendaraan yang datang. Sedangkan untuk kendaraan yang lewat diperoleh $t_{hitung} = 0,041$ dan $t_{tabel} = 1,984$. Karena nilai t -hitung untuk data kendaraan yang datang dan kendaraan yang lewat kurang dari nilai t_{tabel} maka H_0 diterima sehingga artinya bahwa rata-rata hitung data sebenarnya sama dengan rata-rata hitung data hasil simulasi.

a. Hasil Simulasi Lampu Arah Barat

Tabel 7. Hasil Simulasi Lampu Arah Barat

Periode	Jumlah	Rata-Rata	
-2	6197	3.65	
	6514	3.83	
	6968	4.10	
	6760	3.98	
	7030	4.14	
	6822	4.01	
-1	6128	3.60	
	6375	3.75	
	6937	4.08	
0	6665	3.92	
1	6381	3.75	
	6533	3.84	
	6214	3.66	
	2	6180	3.64
	6584	3.87	
2	6358	3.74	
	6464	3.80	
	6237	3.67	
	6325	3.72	

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata kendaraan yang lewat pada waktu normal atau 27 detik waktu menyala lampu hijau sebesar 3,92 dengan jumlah 6665 kendaraan, sedangkan pada saat dilakukan 50 kali simulasi waktu yang optimal berada pada priode ke -2 yakni waktu normal dikurangi 6 detik menjadi 21 detik, maka didapatkan rata-rata optimal kendaraan yang lewat sebesar 4,14 dengan jumlah 7030 kendaraan.

b. Hasil Simulasi Lampu Arah Timur

Tabel 8. Hasil Simulasi Lampu Arah Timur

Periode	Jumlah	Rata-Rata
-2	6773	3.98
	6917	4.07
	6775	3.99
	6725	3.96
	6697	3.94
-1	6884	4.05
	6700	3.94
	6456	3.80
0	6698	3.94
	6440	3.79
1	6566	3.86
	6354	3.74
	6416	3.77
2	6742	3.97
	6159	3.62
	6247	3.67
	6482	3.81
	6285	3.70
	6522	3.84

Berdasarkan Tabel 8, rata-rata kendaraan yang lewat pada waktu normal atau 27 detik waktu menyala lampu hijau sebesar 3,79 dengan jumlah 6440 kendaraan, sedangkan pada saat dilakukan 50 kali simulasi waktu yang optimal berada pada priode ke -2 yakni waktu normal dikurangi 6 detik menjadi 21 detik, maka didapatkan rata-rata optimal kendaraan yang lewat sebesar 4,07 dengan jumlah 6917 kendaraan.

c. Hasil Simulasi Lampu Arah Utara

Tabel 10. Hasil Simulasi Lampu Arah Utara

Priode	Jumlah	Rata-Rata
-2	6436	3.79
	6456	3.80
	6601	3.88
	6473	3.81
	6815	4.01
-1	6353	3.74
	6593	3.88
	6372	3.75
0	6745	3.97
	6592	3.88
1	6365	3.74
	6653	3.91
	6529	3.84
2	6547	3.85
	6894	4.06
	6663	3.92
	6782	3.99
	6545	3.85
	6378	3.75

Berdasarkan Tabel 10, rata-rata kendaraan yang lewat pada waktu normal atau 30 detik waktu menyala lampu hijau sebesar 3,88 dengan jumlah 6592 kendaraan, sedangkan pada saat dilakukan 50 kali simulasi waktu yang optimal berada pada priode ke +2 yakni waktu normal ditambah 6 detik menjadi 30 detik, maka didapatkan rata-rata optimal kendaraan yang lewat sebesar 4,06 dengan jumlah 6894 kendaraan.

d. Hasil Simulasi Lampu Arah Selatan

Tabel 11. Hasil Simulasi Lampu Arah Selatan

Periode	Jumlah	Rata-Rata
-2	6251	3.68
	6412	3.77
	6596	3.88
	6489	3.82
	6391	3.76
	6256	3.68
-1	6463	3.80
	6565	3.86
	6631	3.90
0	6766	3.98
1	6382	3.75
	6453	3.80
	6740	3.96
2	6484	3.81
	6830	4.02
	6773	3.98
	6483	3.81
	6662	3.92
	6773	3.98

Berdasarkan Tabel 11, rata-rata kendaraan yang lewat pada waktu normal atau 30 detik waktu menyala lampu hijau sebesar 3,88 dengan jumlah 6592 kendaraan, sedangkan pada saat dilakukan 50 kali simulasi waktu yang optimal berada pada priode ke +2 yakni waktu normal ditambah 6 detik menjadi 30 detik, maka didapatkan rata-rata optimal kendaraan yang lewat sebesar 4,02 dengan jumlah 6830 kendaraan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan, untuk arah barat waktu yang optimal yaitu 21 detik dengan rata-rata kendaraan yang lewat sebesar 4,14 dengan jumlah 7030 kendaraan.
- 2) Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan, untuk arah timur waktu yang optimal didapatkan yaitu 21 detik dengan rata-rata kendaraan yang lewat sebesar 4,07 dengan jumlah 6917 kendaraan.
- 3) Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan, untuk arah utara waktu yang optimal didapatkan yaitu 36 detik dengan rata-rata kendaraan yang lewat sebesar 4,06 dengan jumlah 6894 kendaraan.

- 4) Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan, untuk arah sealatan waktu yang optimal didapatkan yaitu 36 detik dengan rata-rata kendaraan yang lewat sebesar 4,02 dengan jumlah 6830 kendaraan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Universitas Mataram yang telah mendukung dan mendanai penelitian ini.

6. REFERENSI

- Akhmad, A. A. (2009). Perancangan simulasi sistem pergerakan dengan pengontrolan pneumatik untuk mesin pengamplas kayu otomatis. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, 18(3), 21-28.
- Amrullah. (2010). Simulasi penyeberangan penumpang kapal menggunakan Metode Monte Carlo pada pelabuhan Lembar NTB. *Jurnal ORYZA*, 9(1), 183–195.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Provinsi Nusa Tenggara Barat dalam Angka 2018*. Mataram: BPS Provinsi Nusa Tenggara Barat.
- Bae, C. N., Kusuma, A. R., & Irawan, B. (2020). Peran dinas perhubungan pemerintah Provinsi Kalimantan Timur dalam optimalisasi fungsi terminal telihan di Kota Bontang. *eJournal Administrasi Negara*, 8(1), 9631-9642.
- Fauzi, A., Amrullah., & Kurniati, N. (2020). Optimalisasi pelayanan pengisian bahan bakar menggunakan simulasi Monte Carlo Padaspbudi Kota Mataram. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 1(4), 174-181.
- Hardianti, R. . (2013). Penerapan Graf Kompatibel Pada Penentuan Waktu Tunggu Total Optimal Lalu Lintas Di Persimpangan Jalan. (Skripsi). Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Jatmika, S., & Andiko, I. (2014). Simulasi pengaturan lampu lalu lintas berdasarkan data image processing kepadatan kendaraan berbasis mikrokontroler atmega16. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Informasi ASIA*, 8(2), 81–96.
- Pramana, A. H., Virgono, A., & Saputra, R. E. (2018). Optimasi sistem kendali lampu lalu lintas cerdas menggunakan metode logika fuzzy. *E-Proceeding of Engineering*, 5(3), 6244-6250.
- Prihati, Y. (2012). Simulasi dan permodelan sistem antrian pelanggan di loket pembayaran rekening XYZ Semarang. *Majalah Ilmiah Informatika*, 3(3), 1-20.
- Putra, B. S., Wahono, R. S., & Akbar, R. Iman. (2011). Simulasi penerapan anfis pada sistem lampu lalu lintas enam ruas. *Jurnal Ilmiah KURSOR*, 6(2), 77-82.
- Russel, R. S., & Taylor, B. W. (2010). *Operations Management 7th Ed*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Sudjana. (2013). *Metoda Statistika Edisi 7*. Bandung: PT. Tarsito Bandung.
- Yudanto, Y. A., Apriyadi, M., & Sanjaya, K. (2013). Optimalisasi lampu lalu lintas dengan fuzzy logic. *Ultimatics*, 5(2), 58-62.