

IMPLEMENTASI FUZZY MAMDANI PADA LAMPU LALU LINTAS SECARA ADAPTIF UNTUK MEMINIMALKAN WAKTU TUNGGU PENGGUNA JALAN

Renaldi Primaswara Prasetya

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang
renaldipp@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Pengaturan nyala lampu lalu lintas merupakan salah satu upaya yang digunakan untuk dapat mengatur laju kendaraan di jalan raya. Pada kenyataannya volume kendaraan semakin meningkat, dan kemacetan tidak dapat terelakan. Pengaturan lampu lalu lintas berdasarkan fase waktu yang bersifat tetap/statis, kurang mampu berfungsi secara baik dalam mengurai kemacetan, mengingat setiap sudut jalan memiliki kepadatan kendaraan yang berubah-ubah. Maka perlu adanya optimasi terhadap pengaturan nyala lampu lalu lintas di persimpangan jalan raya agar dapat meminimalisasi waktu tunggu pengguna jalan. Dalam makalah ini dibahas pembuatan simulasi sistem kontrol yang dapat menentukan durasi nyala lampu lalu lintas secara adaptif pada persimpangan jalan raya menggunakan algoritma fuzzy mamdani. Penentuan nyala lampu lalu lintas ditentukan oleh parameter jumlah kendaraan mobil, motor, dan lebar jalan. Dari hasil pengujian dengan kondisi parameter yang berbeda dapat diperoleh nyala lampu merah yang berubah secara adaptif menyesuaikan kondisi yang terjadi pada jalan raya.

Keyword : *penentuan, nyala lampu, lalu lintas, adaptif, Fuzzy Mamdani*

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan PPRI (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia) no. 43 tahun 1993 tentang prasarana dan lalu lintas jalan Pasal 4 Ayat 5 bahwa Sistem informasi terkait rambu-rambu lalu lintas, marka jalan, alat pemberi isyarat lalu lintas, serta alat kendali dan pengamanan pengguna jalan dibutuhkan agar rekayasa lalu lintas dapat dilaksanakan secara berhasil guna dan berdaya guna. Rambu Lalu Lintas merupakan komponen dari perlengkapan jalan dalam bentuk lambang, angka, huruf, kalimat, dan/atau perpaduan dari perlengkapan yang memiliki fungsi sebagai larangan, peringatan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan. Termasuk didalamnya adalah lampu lalu lintas yang disebut sebagai alat pemberi isyarat lalu lintas karena peralatan tersebut merupakan perangkat elektronik yang menggunakan lampu sebagai isyarat dan dapat ditambahkan dengan isyarat lain seperti bunyi untuk mengatur lalu lintas kendaraan atau pejalan kaki pada persimpangan atau pada ruas jalan (UU nomor 22 tahun 2009).

Melihat pentingnya pengelolaan lalu lintas agar menghasilkan kelancaran arus lalu lintas, maka perlu adanya upaya untuk memaksimalkan penggunaan rambu lalu lintas khususnya lampu lalu lintas yang diterapkan dengan metode fuzzy mamdani untuk meminimalkan waktu tunggu pengguna jalan.

Pertimbangan dalam penentuan nyala lampu lalu lintas adalah keputusan yang dibuat oleh manusia melalui hasil pengamatan. Dapat memahami konsep berpikir seperti manusia adalah salah satu upaya yang berguna agar dapat diterapkan dalam sistem komputer yang mampu menyelesaikan masalah secara nyata. Oleh karenanya, metode fuzzy cocok diterapkan untuk menemukan solusi terhadap kondisi masalah yang bersifat adaptif. Apalagi, melihat salah

satu karakter logika fuzzy yang bersifat flexible dengan konsepnya yang mudah dimengerti. Sistem ini mensimulasikan penentuan lama waktu lampu menyala menurut jumlah kendaraan dan lebar jalan di setiap persimpangan. Perubahan jumlah kendaraan yaitu mobil dan motor, lebar jalan, serta jenis persimpangan tersebut akan menentukan nyala lampu yang secara adaptif akan berubah sehingga diharapkan tidak sampai menimbulkan kemacetan lalu lintas pada tiap persimpangan jalan.

Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang telah ada sebelumnya membahas tentang optimalisasi lampu lalu lintas menggunakan fuzzy logic (Yudanto, Apriyadi, & Sanjaya, 2013) kemudian inputan kondisi yang digunakan hanya bergantung pada jumlah mobil dan motor. Penelitian terkait yang lainnya dengan menggunakan algoritma fuzzy yaitu sistem pengaturan lampu lalu lintas menggunakan mikrokontroler (Prasetyo & Sutisna, 2014) dan optimasi pengaturan lampu lalu lintas di kota depok (Riwinoto & Isal, 2010) dimana parameter yang digunakan juga hanya berdasarkan jumlah motor dan mobil.

Pada penelitian ini selain memperhatikan jumlah kendaraan mobil dan motor, penambahan parameter lebar jalan pada tiap persimpangan akan diimplementasikan menggunakan metode Fuzzy Mamdani, mengingat kapasitas jalan dalam menampung volume kendaraan mempunyai pengaruh terhadap kemacetan lalu lintas.

Terdapat beberapa metode pada proses perhitungan menggunakan logika fuzzy, dan setiap logika fuzzy memiliki metode serta hasil perhitungan yang berbeda. Perbedaan perhitungan pada metode fuzzy Mamdani terdapat pada mesin inferensi dan

proses defuzzifikasi (Aprizal, Rahman & Mardiani, 2015).

Sistem Fuzzy Inferensi (FIS) adalah suatu bentuk perhitungan yang didasarkan pada teori himpunan, bentuk fuzzy rule berupa IF-THEN, dan penalaran fuzzy (Kusumadewi, 2006). Sistem Fuzzy Mamdani menggunakan metode min ketika melakukan evaluasi aturan pada mesin inferensi dan fungsi max pada komposisi antar-rule agar menghasilkan himpunan fuzzy yang baru dengan proses komputerisasi yang sederhana dan efisien. Sementara pada proses defuzzifikasi digunakan metode centroid. Diharapkan dengan menggunakan metode tersebut, dapat mengoptimalkan waktu tunggu lampu lalu lintas sehingga kemacetan pada persimpangan jalan dapat terurai.

Permasalahan Lalu Lintas

Dalam UU no. 22 tahun 2009, Lalu Lintas dapat dijelaskan sebagai gerak kendaraan dan orang pada ruang Lalu Lintas Jalan. Ruang Lalu Lintas Jalan yang dimaksud adalah tempat yang diperuntukkan bagi pergerakan atau perpindahan orang, kendaraan, dan/atau barang yang berupa Jalan serta fasilitas pendukung. Sementara komponen sistem lalu lintas meliputi kendaraan, manusia sebagai pengguna, dan jalan yang saling berinteraksi dalam bentuk pergerakan kendaraan.

Permasalahan yang dihadapi pada lalu lintas jalan dapat disebabkan oleh komponen yang ada pada sistem lalu lintas. Tidak seimbangnya kapasitas jalan dengan jumlah kendaraan atau orang yang memanfaatkan jalan tersebut. Kemudian timbul persoalan apabila volume lalu lintas/kendaraan mendekati kapasitas jalan yang dapat mengakibatkan kemacetan, ketidakaturan lalu lintas, kecelakaan, dan pengaruh psikis para pengguna jalan (Triana, 2009). Selain jumlah kendaraan, jalan yang merupakan salah satu komponen berpengaruh dalam sistem lalu lintas memiliki klasifikasi tertentu. Berdasarkan fungsinya, jalan diklasifikasikan menjadi 4 dengan skala wilayah perkotaan/sekunder. (sumber : UU RI Nomor 38 Tahun 2004 & Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah) :

1. Jalan Arteri

Kecepatan paling rendah	Rencana	30 km/jam
Lebar Minimal badan jalan		8 – 11 meter

2. Jalan Kolektor

Kecepatan paling rendah	Rencana	20 km/jam
Lebar Minimal badan jalan		7 – 9 meter

3. Jalan Lokal

Kecepatan paling rendah	Rencana	10 km/jam
Lebar Minimal badan jalan		5 – 6,5 meter

4. Jalan Lingkungan Sekunder : jalan lingkungan sekunder merupakan jalan lingkungan yang meliputi daerah perumahan, perdagangan, dan pariwisata pada kawasan perkotaan.

2. METODOLOGI

Fuzzy Mamdani yang sering disebut sebagai metode max-min, adalah algoritma yang diciptakan oleh Ebrahim Mamdani tahun 1975. Dalam metode mamdani, ada 4 tahap proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil keluaran (output), yaitu :

1. Proses fuzzifikasi, untuk menentukan variabel input dan output serta himpunan fuzzynya.
2. Fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN.
3. Komposisi Aturan pada metode mamdani diperoleh dari proses inferensi. Terdapat tiga metode inferensi yaitu max, additive, dan probabilistik OR. Metode inferensi yang digunakan adalah max.
4. Defuzzifikasi pada komposisi aturan fuzzy mamdani menggunakan metode centroid of area (COA) yang dapat ditulis dalam persamaan 2 :

$$y^* = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} \quad (1)$$

Keterangan :

y^* = nilai crisp

$\mu_R(y)$ = derajat keanggotaan dari y

Proses perhitungan sistem inferensi fungsi mamdani diperoleh dari rentang nilai kriteria yang sudah ditentukan. Rentang nilai tersebut nantinya digunakan sebagai data untuk menentukan waktu nyala lampu lalu lintas. Data pada rentang nilai tersebut akan digunakan dalam pengujian secara acak dengan mempertimbangkan dan mengkombinasikan besaran nilai ketiga kriteria input tersebut secara bergantian. Berikut adalah rentang nilai kriteria yang ditampilkan dalam Tabel I.

Tabel 1

Kriteria Variabel Input	Range Nilai
Mobil	0 – 80
Lebar Jalan	5 – 15
Motor	0 – 90

Setelah mengetahui rentang nilai kriteria, selanjutnya diberikan satu contoh data kondisi persimpangan ruas jalan yang digunakan sebagai data input pada tiap kriteria.

Tabel 2

Variabel Input	Nilai
Jumlah Mobil	20
Lebar Jalan	9
Jumlah Motor	15

A. Fuzzifikasi

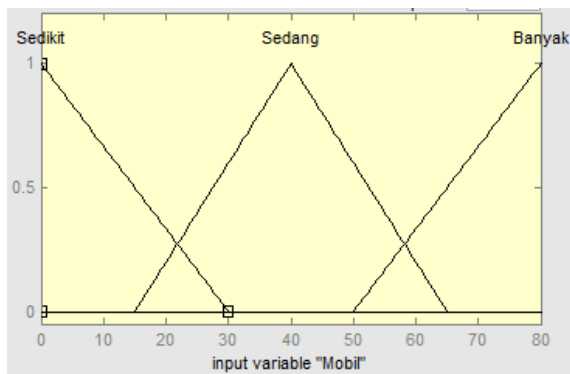
Fuzzifikasi mengkonversi inputan data/crisp set ke dalam bentuk fuzzy input yang nilai kebenarannya bersifat pasti (crisp input), berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu (Suyanto, 2007).

Nilai keanggotaan himpunan Sedikit, Sedang, Banyak dari variabel Mobil, diperoleh melalui fungsi sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Sedikit}} = \begin{cases} 0, & z \geq 30 \\ \frac{30-z}{30-15}, & 15 \leq z \leq 30 \\ 1, & z \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \begin{cases} 0, & z \leq 15 \vee z \geq 65 \\ \frac{z-15}{40-15}, & z = 40 \\ \frac{65-z}{65-40}, & z = 40 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}} = \begin{cases} 0, & z \leq 50 \\ \frac{z-50}{65-50}, & 50 \leq z \leq 65 \\ 1, & z \geq 65 \end{cases}$$



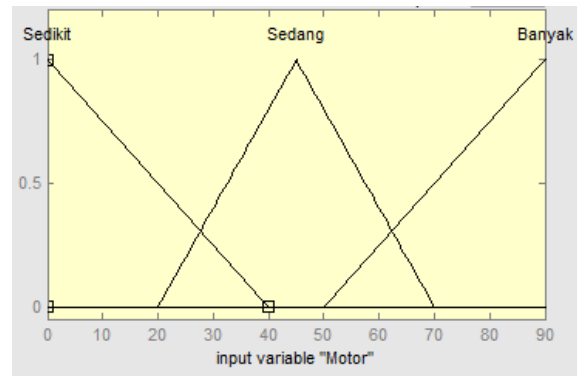
Gambar 1 Himpunan fuzzy mobil

Nilai keanggotaan himpunan Sedikit, Sedang, Banyak dari variabel Motor, diperoleh melalui fungsi sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Sedikit}} = \begin{cases} 0, & z \geq 40 \\ \frac{40-z}{40-20}, & 20 \leq z \leq 40 \\ 1, & z \leq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \begin{cases} 0, & z \leq 20 \vee z \geq 70 \\ \frac{z-20}{45-20}, & z = 45 \\ \frac{70-z}{70-45}, & z = 45 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}} = \begin{cases} 0, & z \leq 50 \\ \frac{z-50}{70-50}, & 50 \leq z \leq 70 \\ 1, & z \geq 70 \end{cases}$$



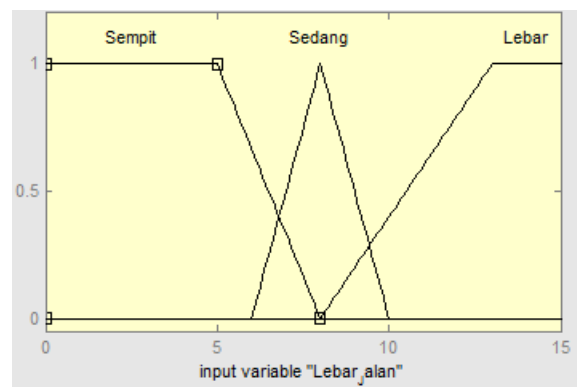
Gambar 2 Himpunan fuzzy motor

Nilai keanggotaan himpunan Sempit, Sedang, Lebar dari variabel Lebar Jalan, diperoleh melalui fungsi sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Sempit}} = \begin{cases} 0, & z \geq 8 \\ \frac{8-z}{8-6}, & 6 \leq z \leq 8 \\ 1, & z \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \begin{cases} 0, & z \leq 6 \vee z \geq 10 \\ \frac{z-6}{8-6}, & z = 8 \\ \frac{10-z}{10-8}, & z = 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Lebar}} = \begin{cases} 0, & z \leq 8 \\ \frac{z-8}{10-8}, & 8 \leq z \leq 10 \\ 1, & z \geq 10 \end{cases}$$



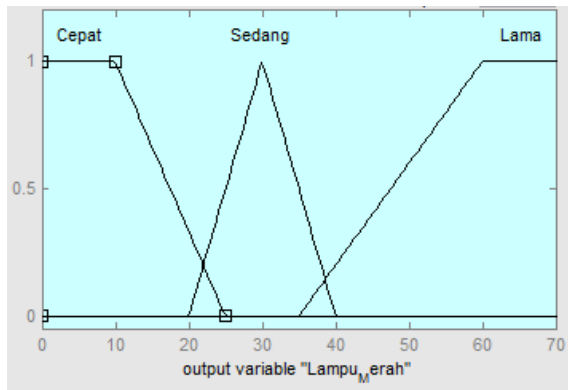
Gambar 3 Himpunan fuzzy pH

Nilai keanggotaan himpunan Cepat, Sedang, Lama dari variabel Output Lampu Merah, diperoleh melalui fungsi sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Cepat}} = \begin{cases} 0, & z \geq 25 \\ \frac{25-z}{25-20}, & 20 \leq z \leq 25 \\ 1, & z \leq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \begin{cases} 0, & z \leq 20 \vee z \geq 40 \\ \frac{z-20}{30-20}, & z = 30 \\ \frac{40-z}{40-30}, & z = 30 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Lama}} = \begin{cases} 0, & z \leq 35 \\ \frac{z-35}{40-35}, & 35 \leq z \leq 40 \\ 1, & z \geq 40 \end{cases}$$



Gambar 4 Himpunan fuzzy jenis ikan

B. Sistem Inferensi Fuzzy

Proses Inferensi melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan aturan fuzzy yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output (Suyanto, 2007). Proses inferensi pada model mamdani, dapat dilakukan dengan dua metode inferensi yaitu clipping (alpha cut) atau scaling. Namun cara yang paling sering dipakai adalah clipping karena mudah untuk diimplementasikan.

Aturan fuzzy atau rule based dalam bentuk IF-THEN digunakan dalam sistem inferensi model mamdani. Dari aturan fuzzy yang sudah ditentukan, digunakan aturan Conjunction ($\wedge$) pada nilai-nilai linguistic untuk menentukan derajat keanggotaan minimum. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan aturan Disjunction ($\vee$) untuk memilih derajat keanggotaan maximum. Aturan fuzzy atau Rule based yang telah ditentukan disajikan dalam Tabel III.

Tabel 3. Kondisi Rule Based

Rule	INPUT			OUTPUT
	Mobil	Lebar Jalan	Motor	Lampu Merah
1	Sedikit	Sempit	Sedikit	Lama
2	Sedikit	Sedang	Sedikit	Lama
3	Sedikit	Lebar	Sedikit	Lama
4	Sedikit	Sempit	Sedang	Lama
5	Sedikit	Sedang	Sedang	Lama
6	Sedikit	Lebar	Sedang	Lama
7	Sedikit	Sempit	Banyak	Sedang
8	Sedikit	Sedang	Banyak	Sedang
9	Sedikit	Lebar	Banyak	Sedang

10	Sedang	Sempit	Sedikit	Sedang
11	Sedang	Sedang	Sedikit	Sedang
12	Sedang	Lebar	Sedikit	Sedang
13	Sedang	Sempit	Sedang	Cepat
14	Sedang	Sedang	Sedang	Cepat
15	Sedang	Lebar	Sedang	Sedang
16	Sedang	Sempit	Banyak	Cepat
17	Sedang	Sedang	Banyak	Cepat
18	Sedang	Lebar	Banyak	Sedang
19	Banyak	Sempit	Sedikit	Cepat
20	Banyak	Sedang	Sedikit	Cepat
21	Banyak	Lebar	Sedikit	Sedang
22	Banyak	Sempit	Sedang	Cepat
23	Banyak	Sedang	Sedang	Cepat
24	Banyak	Lebar	Sedang	Cepat
25	Banyak	Sempit	Banyak	Cepat
26	Banyak	Sedang	Banyak	Cepat
27	Banyak	Lebar	Banyak	Cepat

C. Defuzzifikasi

Dalam metode mamdani, defuzzifikasi dilakukan untuk mendapatkan nilai crisp dengan mengubah nilai output menggunakan metode centroid. Sebelum proses defuzzifikasi, terdapat proses komposisi yaitu penyatuan hasil clipping dari semua aturan fuzzy sehingga menghasilkan satu fuzzy set tunggal. Proses perhitungan defuzzifikasi menggunakan metode centroid dituliskan seperti dalam persamaan 1.

$$y = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} = \frac{264}{5,43} = 48,6$$

dari perhitungan diatas didapatkan nilai nyala lampu merah adalah 48,6 detik sehingga dapat dikategorikan sesuai dengan ketentuan output pada tabel berikut :

Tabel 4. Range Nilai Output Fuzzy

Kategori	Range
Cepat	0 – 80
Sedang	5 – 15
Lama	0 – 90

3. ANALISIS HASIL

Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbandingan dan hasil optimal dari nyala lampu merah menggunakan metode fuzzy mamdani dan metode konvensional. Pengujian dilakukan dengan prosedur menggunakan tiga variabel input pada persimpangan jalan (simpang 4) dengan lebar tiap jalan berbeda dan jumlah mobil serta motor yang berhenti berubah-ubah pada tiap kondisi tertentu. Sebanyak 24 data digunakan sebagai data uji dengan hasil yang ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Pengujian Metode Mamdani

Simpang Jalan	Mobil	Lebar Jalan	Motor	Hasil Fuzzy Mamdani (Lampu Merah)
1	45	5	15	30 detik
2	28	10	12	36.1 detik
3	10	9	25	54.9 detik
4	20	6	30	39.5 detik
1	20	5	20	48.6 detik
2	50	10	35	30 detik
3	68	9	57	10.6 detik
4	14	6	4	55,8 detik
1	3	6.5	16	55.6 detik
2	18	12.5	40	51.4 detik
3	13	13.5	45	55.9 detik
4	33	12.8	11	30 detik
1	24	6.5	3	42.7 detik
2	11	12.5	22	55.3 detik
3	36	13.5	12	30 detik
4	5	12.8	8	57 detik
1	3	8	3	57.4 detik
2	24	8.7	9	42.7 detik
3	11	6.2	8	56.1 detik
4	42	14	36	30 detik
1	12	8	6	56.1 detik
2	6	8.7	12	56.3 detik
3	36	6.2	2	30 detik
4	28	14	10	35.2 detik
Total				1017.2 detik

Tabel 6. Sistem Metode Konvensional

Simpang Jalan	Mobil	Lebar Jalan	Motor	Nyala Lampu Merah
1	45	5	15	90 detik
2	28	10	12	120 detik
3	10	9	25	90 detik
4	20	6	30	120 detik
1	20	5	20	90 detik
2	50	10	35	120 detik
3	68	9	57	90 detik
4	14	6	4	120 detik
1	3	6.5	16	90 detik
2	18	12.5	40	120 detik
3	13	13.5	45	90 detik
4	33	12.8	11	120 detik
1	24	6.5	3	90 detik
2	11	12.5	22	120 detik
3	36	13.5	12	90 detik

4	5	12.8	8	120 detik
1	3	8	3	90 detik
2	24	8.7	9	120 detik
3	11	6.2	8	90 detik
4	42	14	36	120 detik
1	12	8	6	90 detik
2	6	8.7	12	120 detik
3	36	6.2	2	90 detik
4	28	14	10	120 detik
Total				2520 detik

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 dan Tabel 6, diperoleh waktu yang dihasilkan oleh metode mamdani berubah secara adaptif sesuai dengan jumlah kendaraan dan lebar jalan pada tiap persimpangan yang dilalui oleh kendaraan, berbeda dengan sistem metode konvensional yang memiliki waktu tunggu yang sama pada tiap persimpangan jalan, meskipun jumlah kendaraan dan lebar jalan yang dilalui berbeda. Waktu tunggu yang dihasilkan oleh metode mamdani dapat disesuaikan dengan kondisi jumlah kendaraan dan lebar jalan pada tiap persimpangan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem fuzzy mamdani dapat digunakan untuk meminimalkan waktu tunggu secara dinamis bagi pengguna jalan di persimpangan jalan. Dengan menentukan data yang berubah-ubah pada inputan jumlah mobil, lebar jalan, dan jumlah motor diperoleh lama detik lampu merah yang berbeda tiap kondisi sehingga jumlah detik yang dihasilkan lebih minimal dibandingkan dengan metode konvensional.

Pada penelitian selanjutnya, metode ANFIS dapat diterapkan pada nyala lampu merah untuk mengoptimasi nilai waktu tunggu lampu merah bagi pengguna jalan mengingat metode logika fuzzy tidak memiliki kemampuan belajar. Selain itu sistem dapat diimplementasikan pada persimpangan lebih dari 4 ruas jalan seperti pada 6 ruas jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yudanto, A.Y., Apriyadi M. & Sanjaya, K., 2013. Optimalisasi Lampu Lalu Lintas dengan Fuzzy Logic.
- [2] Kementerian PU, 2004. Undang - Undang RI Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan. Available at: www.pu.go.id/uploads/services/service20121011145510.pdf
- [3] Taufik, R. & Supriono., 2008. Rancang Bangun Simulator Kendali Lampu Lalu Lintas Dengan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler. Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir ,25-26 Agustus 2008, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- [4] Departemen Perhubungan., 1993. Peraturan Pemerintah RI Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan. Available at:<http://hubdat.dephub.go.id/peraturan-pemerintah/79-pp-no-43-tahun-1993-tentang-prasarana-dan-lalu-lintas-jalan/download>.
- [5] Prasetyo, E. E. & Wahyunggoro, O., 2015. Desain Pengatur Lampu Lalu Lintas Adaptif Dengan Kendali Logika Fuzzy. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 6 – 8 Februari 2015, STMIK AMIKOM. Yogyakarta.
- [6] Prasetyo, H. & Sutisna, U., 2014. Implementasi Algoritma Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Mikrokontroler. (2), pp.1–8. Tekhno, Oktober 2014. Purwokerto.
- [7] Hadi, H.N & Mahmudy, W.F., 2015. PENILAIAN PRESTASI KINERJA PEGAWAI MENGGUNAKAN FUZZY TSUKAMOTO., Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK). 2(1), pp. 41-48.
- [8] Aprizal, M. Rahman, D. & Mardiani.,2015 Perbandingan Metode Logika Fuzzy Tsukamoto Dan Logika Fuzzy Mamdani Dalam Pemilihan Penerima Beasiswa Pada STMIK Global Informatika MDP.
- [9] Riwinoto, R. & Isal, Y.K., 2010. Simulasi Optimasi Pengaturan Lalu Lintas Di Kota Depok Dengan Menggunakan Pendekatan Greedy Berbasis Graf. Prosiding Seminar Nasional Sistem dan Informatika 2010, 13 November 2013. Bali.