



Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Metode Fuzzy Logic Pada Simpang Lima Diponegoro Kota Madiun

Bayu Putro Aji¹, Abdiyah Amudi², Rahma Ramadhani³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari

Email: Bayyajji88@gmail.com¹, Abdiyah.amudi@gmail.com², Madhasmart@gmail.com³

Abstrak

Lalu lintas pada Simpang Lima Diponegoro Kota Madiun tergolong padat. Kemacetan, tundaan dan panjang antrian pada persimpangan jalan tersebut disebabkan karena kondisi lalu lintas pada persimpangan jalan itu sendiri, maka diperlukannya optimasi kinerja simpang. Metode yang digunakan untuk mengatur lamanya waktu ini adalah *logika fuzzy* dengan penalaran metode mamdani menggunakan perangkat lunak (*software*) MatLab untuk menyelesaikan persoalan tersebut. Dalam optimasi tersebut variabel input 1 adalah kepadatan kendaraan pada 1 lengan dan input 2 yaitu kepadatan kendaraan pada 4 lengan sedangkan untuk variabel output yaitu lamanya waktu lampu hijau pada siklus tersebut. Fungsi keanggotaan untuk variabel input yaitu sedikit, sedang, banyak dan untuk variabel output yaitu cepat, sedang, lama. Ada 9 *rule viewer fuzzy* yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan logika *fuzzy* maka tundaan pada simpang Lima Diponegoro yaitu 866,79 smp/detik. Berdasarkan data lalu lintas eksisting maka tundaan pada simpang Lima Diponegoro yaitu 1878,84 smp/detik

Kata kunci: Optimal, kinerja lalu lintas, Logika Fuzzy

Abstract

Traffic at the intersection Lima Diponegoro in the City of Madiun is relatively heavy. Congestion, delay and length of the queue at the intersection is caused by the traffic conditions at the intersection itself, the intersection performance optimization is needed.

The method used to manage this length of time is fuzzy logic with mamdani method reasoning using MatLab software to solve the problem. In the optimization the input variable 1 is the density of the vehicle in 1 arm and input 2, namely the density of the vehicle in 4 arms while for the output variable is the length of time the green light in the cycle. The membership function for input variables is small, medium, large and output variables are fast, medium, long. There are 9 fuzzy viewer rules that are used. Based on the analysis using fuzzy logic, the delay at the Diponegoro intersection is 866.79 pcu / sec. Based on the existing traffic data, the delay at the Diponegoro intersection is 1878.84 pcu / sec.

Keywords: Fuzzy Logic, Optimation, Traffic performance

A. PENDAHULUAN

Pengawasan dan pengendalian lalu lintas kota sedang menjadi masalah utama di banyak negara. Dengan terus bertambahnya angka kendaraan di jalan, menyebabkan kemacetan lalu lintas. Perkembangan otomotif membuat kemampuan gerakan pada kendaraan semakin meningkat, terlebih pada kecepatan, kemampuan menjelajah dan kemampuan angkut. Permasalahan lalu lintas dapat diminimalisir dengan melakukan rekayasa lalu lintas seperti perencanaan lalu lintas, sistem perparkiran, sistem angkutan masal merupakan sisi lain dari rekayasa lalu lintas.

Tata cara mekanisme jalan diatur berdasarkan MKJI 1997 (Manual Kapasitas Jalan Indonesia). Dimana dalam MKJI 1997 disebutkan mengenai tata cara untuk menentukan waktu sinyal, kapasitas, dan perilaku lalu lintas (tundaan, panjang antrian dan rasio kendaraan terhenti). Namun pada penelitian ini mekanisme yang diatur oleh MKJI 1997 akan dibandingkan dengan metode lain yaitu *fuzzy logic*, agar dapat mengetahui perbandingan hasil dari perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan metode *fuzzy*.

Kota Madiun merupakan salah satu Kota di Indonesia yang tepatnya terletak di Provinsi Jawa Timur. Pertumbuhan penduduk di Kota Madiun seiring peningkatan kebutuhan transportasi yang berdampak pada kinerja beberapa persimpangan jalan. Di Kota Madiun, persimpangan yang diteliti yaitu persimpangan Ruang Terbuka Hijau Kartini (JL.Diponegoro-JL.Dr Sutomo-JL.Jawa-JL.Kartini), dan Simpang Lima (JL.Thamrin-JL.S.Parman-Jl.Diponegoro-JL.Rimba). Hal ini karena disekitar persimpangan jalan tersebut terdapat beberapa pusat perekonomian, pendidikan, taman, dan perkantoran yang merupakan akses utama menuju pusat kegiatan. Kemacetan, tundaan, panjang antrian pada persimpangan jalan ini disebabkan karena kondisi lalu lintas pada persimpangan jalan itu sendiri

Perbaikan kinerja persimpangan jalan di Kota Madiun akan berdampak pada penghematan waktu perjalanan, peningkatan kualitas lingkungan, mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

B. METODE

MKJI adalah suatu metode yang dirancang untuk memudahkan dalam menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan kapasitas jalan di Indonesia termasuk untuk masalah persingan bersinyal.

1. Geometrik (We), perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub pendekat.
2. Arus Lalu Lintas, perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode. Untuk tipe kendaraan berdasarkan MKJI dan nilai konversi satuan mobil penumpang dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. Tipe Kendaraan

No	Tipe Kendaraan	Definisi
1	Kendaraan bermotor (UM)	Sepeda, becak
2	Sepeda motor (MC)	Sepeda motor, sekuter
3	Kendaraan ringan (LV)	Colt, pick up, taksi
4	Kendaraan Berat (HV)	Bus kecil, bus besar, truk

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2. Nilai Konversi Satuan Mobil Penumpang Pada Simpang

Jenis Kendaraan	Nilai Emp untuk tiap pendekatan	
	Terlindung (P)	Terlawan (Q)
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Sumber : MKJI 1997

3. Fase Sinyal

Fase pada sinyal di satu putaran waktu hijau.

4. Arus Jenus Dasar

$$S_0 = 600 \times W_e$$

5. Faktor Penyesuaian

- a. Faktor koreksi ukuran kota (Fcs)
- b. Faktor koreksi hambatan samping (Fsf)
- c. Faktor penyesuaian untuk kelandaian (Fg)
- d. Faktor penyesuaian untuk belok kanan (Frt)
- e. Faktor penyesuaian untuk belok kiri (Flt)
- f. Faktor koreksi parkir
- g. Nilai arus jenuh

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{cf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt}$$

6. Perbandingan Arus Lalu Lintas (Q) dengan Arus Jenus (S)

$$FR = \frac{Q}{S}$$

7. Penentuan Waktu Sinyal

$$C_{\text{optimum}} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{1 - \sum FR_{\text{crit}}}$$

Dimana :

C_{optimum} : waktu siklus optimum (detik)

LTI : jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR : arus dinagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} : nilai FR tertinggi dari semua pendekat $\sum FR_{\text{crit}}$

8. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Dimana :

C : kapasitas (smp / jam)

Q : arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp / jam)

9. Panjang Antrian

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C} \right]$$

Jika $DS > 0,5$; selain itu $NQ1 = 0$

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Dimana :

NQ1 : jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

NQ2 : jumlah smp yang datang selama fase merah

DS : derajat kejenuhan

GR : rasio hijau

c : waktu siklus

C : kapasitas (smp / jam)

Q : arus lalu lintas pada penddekat tersebut (smp / jam)

Panjang antrian (QL) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}}$$

Dimana :

QL : panjang antrian

NQ_{masuk} : jumlah antrian

W_{masuk} : lebar masuk

10. Angka Henti

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{q \times c} \times 3600$$

$$Nsv = Q \times NS$$

$$NStotal = \frac{\sum Nsv}{\sum Q}$$

11. Tundaan

a. Tundaan lalu lintas

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} \times \frac{NQ_1 \times 3600}{c}$$

Dimana :

DT : tundaan lalu lintas rata – rata pada pendekat (det/jam)

GR : rasio hijau (g/c)

DS : serajat kejenuhan (smp / jam)

C : kapasitas (smp / jam)

NQ_1 : jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

b. Tundaan geometrik jalan

$$DG = (1 - Psv) \times P_T \times 6 + (Psv \times 4)$$

$$D = DT + DG$$

$$D = \frac{\sum D_{tot}}{\sum Q}$$

Dimana :

DG : tundaan geometri rata – rata pada pendekat (smp / jam)

Psv : rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

Pt : rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

D : tundaan rata – rata untuk pendekat j (det / smp)

Logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output.

1. Sistem pengontrolan *fuzzy*

Kendali *fuzzy* merupakan suatu sistem lingkaran tertutup, dimana tidak terdapat operator yang menjadi:

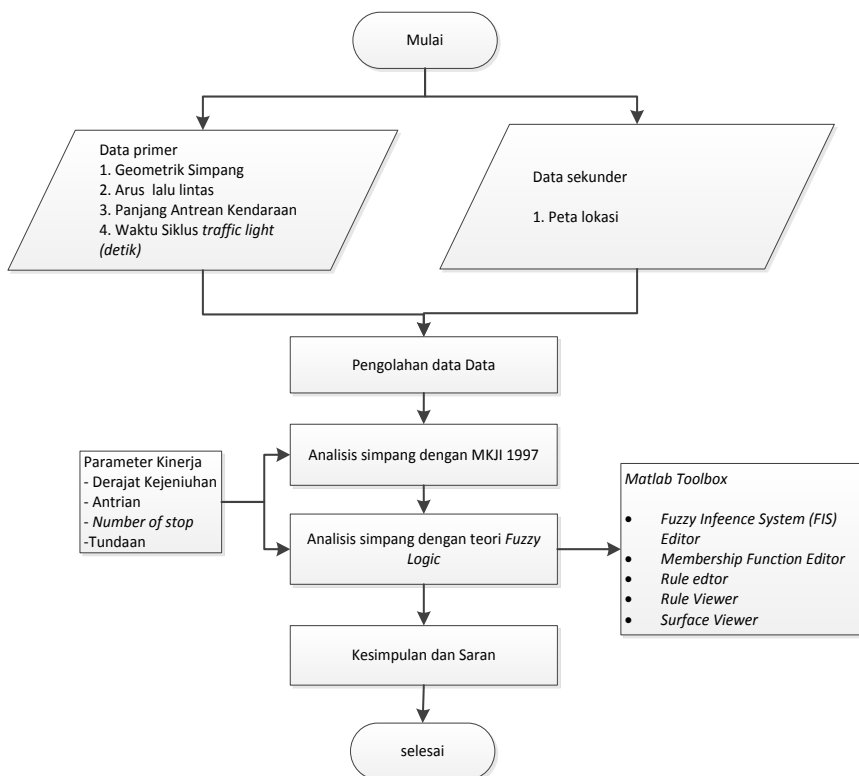
- a. Bagian dari sistem lingkaran kendali (*control loop*).
- b. Klasifikasi *fuzzy* tidak terdapat loop tertutup. Sistem ini hanya menerima masukan dan keluaran dari proses untuk selanjutnya memberikan informasi berupa kondisi (*state*) dari proses tadi.
- c. Diagnosis *fuzzy* peranan manusia atau operator lebih diminati pengiriman data dilaksanakan oleh operator ke dalam sistem ketika sistem memerlukan data tambahan.

2. Metode *fuzzy* mamdani

Tahapan *Fuzzy* mamdani (Rizki Pahlevi, 2013) :

- a. Pembentukan himpunan *fuzzy* yang akan membagi variabel input maupun output ke dalam satu atau lebih himpunan *fuzzy* (*fuzzyfikasi*).
- b. Penerapan fungsi implikasi yang menggunakan fungsi lain.
- c. Komposisi aturan
- d. Proses defuzzyfikasi

3. Matlab *toolbox* untuk perhitungan fuzzy
 - a. *Fuzzy Inference System (FIS) Editor* digunakan sebagai langkah awal untuk membuat suatu penalaran fuzzy yang baru.
 - b. *Membership Function Editor* digunakan untuk mengedit fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* untuk tiap – tiap variabel input dan output.
 - c. *Rule Editor* merupakan bagian yang digunakan baik untuk mengedit maupun menampilkan aturan yang akan atau telah dibuat.
 - d. *Rule Viewer* digunakan untuk melihat alur penalaran *fuzzy* pada sistem meliputi pemetaan input yang diberikan ke tiap – tiap variabel input, aplikasi operasi dan fungsi implikasi, komposisi aturan, sampai pada penentuan output tegas pada metode *defuzzifikasi*.
 - e. *Surface Viewer* digunakan untuk melihat gambar pemetaan antara variabel – variabel input dan *variable output*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei di simpang Lima didapatkan data geometrik dengan kondisi lingkungan dengan banyak pertokoan dan beberapa warung disepanjang ruas jalan, sehingga kategori tersebut termasuk komersial (COM).

Tabel 3. Kondisi Geometrik simpang Lima Diponegoro

Kode Pendekat	Lebar Jalan (m)	Lebar efektif Pendekat (m)	Lebar Masuk (m)	Tipe Jalan	Hambatan samping	Tipe lingkungan jalan
Utara	14	7	7	2/2 D	Tinggi	COM
Selatan	11	5.5	5.5	2/2 D	Tinggi	COM
Timur	13.5	6.75	6.75	2/2 D	Tinggi	COM
Barat	13.5	6.75	5.75	2/2 D	Tinggi	COM

Sumber: Data Pengamatan Lapangan (2019)

Data Lalu Lintas

Berdasarkan hasil yang diperoleh arus lalu lintas pada hari pengamatan yaitu bervariasi. Pengamatan arus lalu lintas didasarkan pada jam puncak. Berikut tabel pengamatan pada setiap lengan.

Tabel 4. Arus lalu lintas maksimum simpang Lima Diponegoro (kend/jam)

Pendekat	Kode	Waktu (11.00-13.00)			Total
		LTOR (kend/jam)	ST (kend/jam)	RT (kend/jam)	
Utara	LV	38	130	55	223
	HV	2	67	0	69
	MC	131	812	432	1375
	UM	0	0	0	0
Selatan	LV	256	503	143	902
	HV	0	44	0	44
	MC	478	1251	319	2048
	UM	0	0	0	0
Timur	LV	103	283	201	587
	HV	3	6	6	15
	MC	724	1593	480	2797
	UM	0	0	0	0
Barat	LV	37	77	41	155
	HV	0	0	1	1
	MC	97	396	198	691
	UM	0	0	0	0

Sumber: Hasil Survei Lapangan (2019)

Total arus lalu lintas pada jam puncak dengan satuan kend/jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Semua pendekat :} & \quad \text{LV} &= 1913 \\
 & \quad \text{HV} &= 129 \\
 & \quad \text{MC} &= 7507+ \\
 & \quad \text{Total} &= 5018 \text{ kend/jam}
 \end{aligned}$$

Dari total diatas diubah menjadi smp/jam dengan ketetapan MKJI 1997:

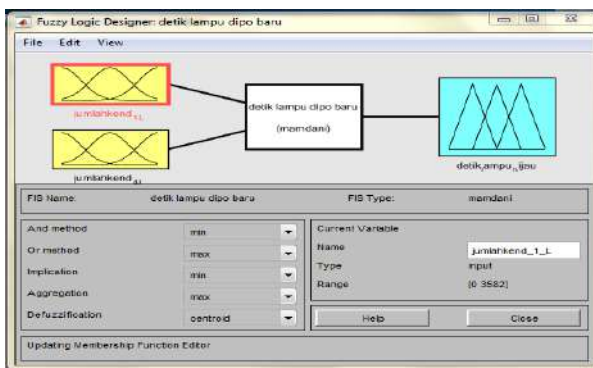
$$\begin{aligned}
 \text{Semua pendekat:} & \quad \text{LV} &= 1913 \times 1,0 \\
 & \quad \text{HV} &= 129 \times 1,3 \\
 & \quad \text{MC} &= 7507 \times 0,2 \\
 & \quad \text{Total} &= 3582,1 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Analisis perhitungan Waktu Sinyal dengan Logika Fuzzy

Adapun tahapan-tahapan perhitungan *Traffic Light* dalam logika *Fuzzy* adalah sebagai berikut.

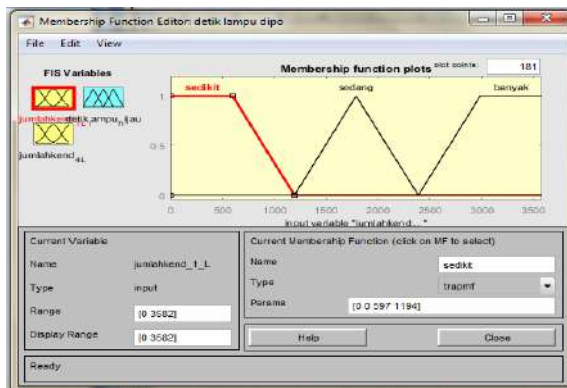
1. Fuzzifikasi

Pada tahapan ini mengubah input tegas menjadi input *fuzzy*, dengan menempatkan pada table *membership function*



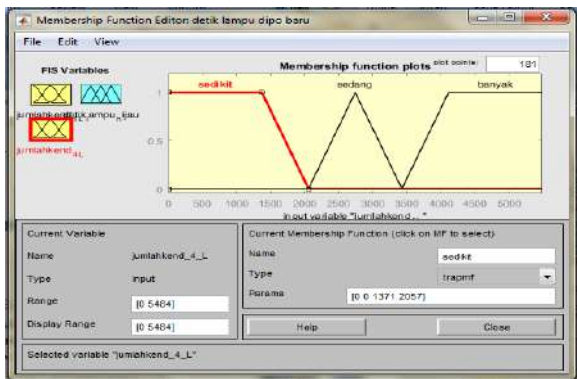
Gambar 2. Fuzzifikasi

Berdasarkan arus kendaraan 1 lengan, maka range yaitu diantara (0-3582). Dalam hal ini variable mobil dibagi menjadi tiga himpunan *fuzzy* sedikit, sedang, banyak. Untuk lebih jelasnya pada gambar berikut ini.



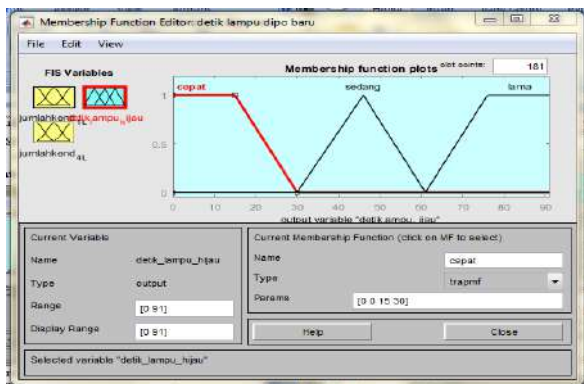
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Satu Lengan

Untuk range pada arus 4 lenganyaitu berada antara (0-5484). Angka ini acuan dalam pengukuran himpunan *fuzzy*.Berikut gambar tampilan pada 4 lengan



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Empat Lengan

Untuk range lampu hijau dengan nilai setiap siklus lampu lalu lintas yaitu 91 detik. Maka range lampu hijau antara (0-91) angka ini menjadi acuan pengukuran *fuzzy*. Dalam hal ini variable lampu hijau dibagi menjadi tiga himpunan yaitu cepat, sedang, lama. Berikut gambar tampilan lampu hijau dalam logika *fuzzy*:



Gambar 5. Input Variable Lampu Hijau

2. Mekanisme penalaran dengan FAM

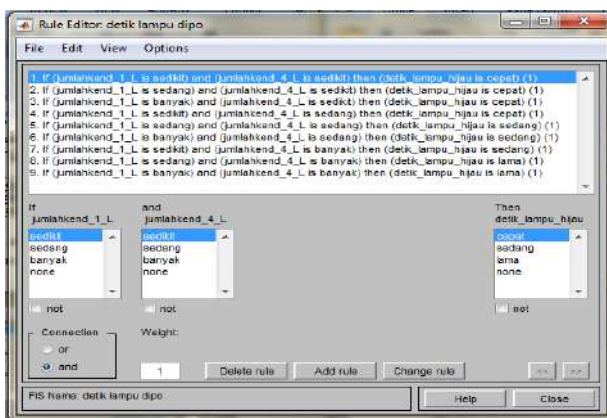
Mekanisme penalaran diawali dengan mendefinisikan aturan-aturan yang diikuti dan ditulis secara objektif dalam table *fuzzy associative memory* (FAM). Berikut ini table model FAM

Tabel 5. FAM (*Fuzzy Associative Memory*)

1 lengan 4 lengan	Sedikit	Sedang	Banyak
Sedikit	Cepat	Cepat	Cepat
Sedang	Cepat	Sdang	Sdang
Banyak	Sdang	Lama	Lama

Sumber: Analisa Penulis (2019)

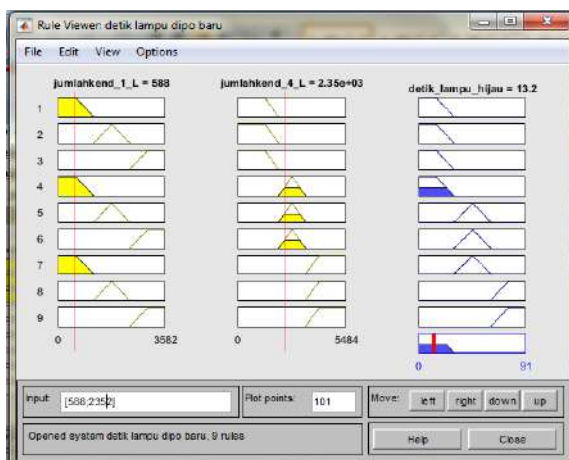
Setelah ditentukannya aturan-aturan *fuzzy*, kemudian dimasukkan pada *rule editor* matlab. Berikut lebih jelasnya mengenai *rule editor*.



Gambar 6. Rule Editir Dengan FAM

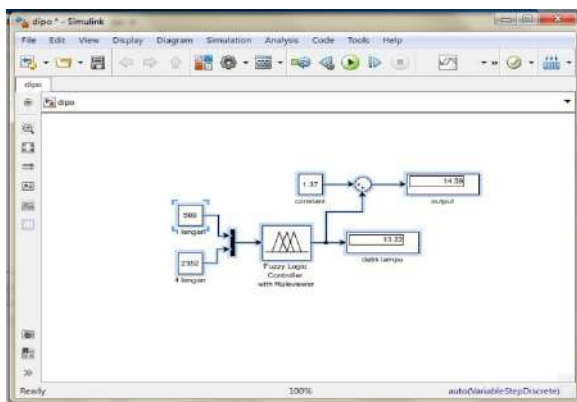
3. Hasil Pengujian *Fuzzy Inference System*

Berikut ini merupakan hasil *rule view* dari *rule editor* aturan-aturab *fuzzy*. Di bawah ini merupakan hasil contoh pada pendekatan utara.



Gambar 7. Rule View Pada Pendekat

Berikut ini merupakan hasil waktu sinyal metode fuzzy yang dirancang:



Gambar 8 simulink penentuan waktu sinyal

Dari hasil diatas bahwa kepadatan kendaraan dengan jumlah 588 pada satu lengan dan untuk empat lengan dengan jumlah 2352, maka detik lampu hijauanya yaitu 13 detik.

Waktu *Traffic Light* dengan Data *Eksisting*

Daerah persimpangan ini menggunakan 4 fase sinyal. Dalam proses ini masing-masing fase dilakukan perubahan waktu hijau. Waktu

hijau pada kondisi eksisting dilapangan yaitu 19 detik untuk pendekat utara sebagai contoh

Analisis Kinerja Berdasarkan Waktu hijau Metode Fuzzy

1. Kapasitas

Pendekat utara :

$$C = S \times g/c$$

$$C = 3459,96 \times 13/173,00 = 260 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat Kejenuhan

Pendekat utara :

$$DS = Q/C$$

$$DS = 588 / 260 = 1,04$$

3. Panjang Antrian

Pendekat utara :

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{W_{masuk}}$$

$$QL = 283,25 \times \frac{20}{7}$$

$$= 809,28 \text{ m}$$

4. $D = \frac{\Sigma D_{tot}}{\Sigma Q} = \frac{3104931,31}{3582} = 866,79 \text{ smp/detik}$

Dari hasil diatas merupakan analisis perhitungan pada kinerja simpang Lima Diponegoro dengan waktu hijau yang dihasilkan metode *Fuzzy Logic* ,data eksisting, maupun metode MKJI 1997. Untuk analisis perhitungan kinerja pada simpang Lima Diponegoro memiliki cara yang sama

Berikut perbandingan kinerja simpang Lima diponegoro. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Hasil Perbandingan Simpang Lima Diponegoro

No	Perbandingan	Eksisting					Fuzzy				
		Lengan Simpang					Lengan Simpang				
		U	S	T	B	BD	U	S	T	B	BD
1	Lebar pendekatan efektif, W_e (m)	7	5,5	6,8	6,75	3,5	7	5,5	6,8	6,75	3,5
2	Arus lalu lintas, Q (smp/jam)	588	1371	1166	295	163	588	1371	1166	295	163
3	Waktu hijau, g (detik)	19	20	20	16	16	13	77	45	11	11
4	Kapasitas simpang, C (smp/jam)	614	485	616	497	274	338	1072	430	325	159
5	Derajat kejenuhan, DS	0,96	2,82	1,89	0,59	0,59	1,73	1,27	2,71	0,90	1,025
6	Panjang antrian, QL (m)	99,68	2691,89	1364,94	35,82	37,32	586,66	1023,10	1746,18	46,71	34,45
7	Kend. terhenti rata-rata, NS (stop/smp)	1,25	11,36	8,31	0,86	0,84	8,54	5,02	12,36	1,31	0,90
8	Tundaan simpang rata-rata, D (det/smp)	1878,84					866,79				

Sumber: Analisa Penulis

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Kinerja simpang bersinyal didasarkan pada tundaan (D), perhitungan tundaan dihitung berdasarkan waktu hijau dengan metode Fuzzy, yaitu sebagai berikut.

a) Waktu hijau eksisting

Hasil tundaan berdasarkan waktu hijau eksisting simpang Lima Diponegoro yaitu 1878,84 smp/det.

b) Waktu hijau metode *Fuzzy*

Hasil tundaan berdasarkan waktu hijau metode *fuzzy* simpang Lima Diponegoro yaitu 866,79 smp/det.

Jadi kinerja pada simpang Lima Diponegoro berdasarkan waktu hijau metode *Fuzzy* lebih baik dibandingkan dengan waktu hijau pada waktu hijau eksisting.

Pengaturan waktu hijau dengan metode *fuzzy* menghasilkan kinerja simpang yang masih lebih besar dari metode MKJI 1997. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya ditambah *variable* pengubah agar

kinerja simpang dengan metode *fuzzy* dapat diterapkan pada simpang tersebut.

Kajian dan penelitian ini diharapkan dikembangkan secara berkala, agar dapat dijadikan pemecah masalah lalu lintas dan transportasi pada simpang. Pada pembahasan penelitian ini belum membahas secara menyeluruh namun pada lampu lalu lintasnya saja, alangkah baiknya ketika menyusun laporan dikemudian hari dapat secara menyeluruh dan dikembangkan dengan operator *Fuzzy Logic* yang lebih ahli untuk menetapkan aturan- aturan yang kualitatif dalam bentuk kalimat-kalimat *fuzzy*.

DAFTAR PUSTAKA

- Yudanto, Adhitya Yoga, et al. (2013). Optimalisasi Lampu Lalu Lintas dengan Fuzzy Logic. *ULTIMATICS*, V(2), ISSN 2085-4552. Jurnal Elektronik Universitas Multimedia Nusantara.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Republik Indonesia. (1997). *Highway Capacity Manual Project (Manual Kapasitas Jalan Indonesia)*. Jakarta: Directorate General Bina Marga
- Hobbs, F.D. (1995). *Perencanaan Dan Teknik Lalu Lintas*. Jogjakarta: Gajah Mada University Press.
- Kusumadewi, Sri. (2002). *Analisa & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- Kusuma, Sri. & Purnomo, Hari. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Muhammad, dkk. (2017). Analisa Optimasi *Traffic Light* dengan Teori *Fuzzy Logic* Menggunakan Alternatif Aplikasi Matlab. Seminar Nasional Teknik Industri [SNTI] 2017.

Yudanto, A. Y., Apriyadi, M., & Sanjaya, K. (2013). Optimalisasi Lampu Lalu Lintas dengan Fuzzy Logic. *ULTIMATICS*, 5(2): 58 - 62.