

PENGATURAN WAKTU LAMPU LALU LINTAS DENGAN METODE GRAF FUZZY

(Studi Kasus: Persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban)

Muntiani^{1*}, Ahmad Zaenal Arifin², Lilik Muzdalifah³

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Universitas PGRI Ronggolawe

* Email: muntiani2215@gmail.com

ABSTRAK

Kemacetan merupakan suatu kondisi dimana saat kendaraan yang lewat melalui ruas jalan dan berhenti dalam kurun waktu lama ataupun sebentar. Kemacetan yang terjadi di Persimpangan kapur dan Karangwaru Kab. Tuban dipengaruhi oleh panjang antrian, pembagian waktu lampu lalu lintas dan fase arus lalu lintas yang mengakibatkan tabrakan antar kendaraan. Penelitian ini memiliki tujuan menentukan fase arus lalu lintas dengan Metode Graf Fuzzy dan pembagian durasi waktu lampu lalu lintas di persimpangan Kapur dan Karangwaru dengan teori Logika Fuzzy. Pengaplikasian Metode Graf Fuzzy untuk pengaturan lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban dengan menggunakan sampel atau data kendaraan yang melintas, lebar jalan, luas kendaraan dan lama waktu lampu lalu lintas. Penelitian ini menghasilkan 4 fase di masing-masing persimpangan yang sebelumnya fase pada persimpangan Kapur dan Karangwaru berjumlah 3. Sehingga durasi pembagian waktu lampu lalu lintas lebih banyak dari pada sebelumnya. Durasi total pada lampu lalu lintas di persimpangan Kapur menghasilkan 161 detik dan pada Persimpangan Karangwaru menghasilkan 139 detik.

Kata Kunci: kemacetan; Graf Fuzzy; Waktu lampu lalu lintas; Persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban

PENDAHULUAN

Kabupaten Tuban merupakan jalur utama pantura yang menghubungkan kota besar yaitu Surabaya – Semarang – Jakarta. Sehingga jalan tersebut dilewati oleh kendaraan dengan kapasitas yang cukup tinggi [1]. Banyaknya pengendara yang melewati kota tuban menjadi penyebab utama terjadinya kemacetan.

Kemacetan merupakan suatu kondisi dimana saat kendaraan yang lewat melalui ruas jalan dan berhenti dalam kurun waktu lama ataupun sebentar [2]. Seperti halnya kemacetan yang terjadi di Persimpangan Kapur dan Persimpangan Karangwaru kota Tuban, dua persimpangan tersebut merupakan persimpangan yang terhubung satu sama lain dimana jika persimpangan Kapur macet maka persimpangan Karangwaru juga ikut macet

Berdasarkan hasil observasi Oleh Dinas Perhubungan (DISHUB) laporan akhir harian lalu lintas rata-rata Kemacetan yang terjadi di persimpangan kapur dan karang waru pada jalan Gajah mada memiliki tingkat kemacetan dengan nilai D yaitu arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, batas lingkup masih bisa ditolelir [3]. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi adalah

pembagian waktu lampu lalu lintas yang tidak seimbang dengan banyaknya volume kendaraan dan fase arus lalu lintas yang kurang efektif yang mengakibatkan tabrakan atau terjebaknya kendaraan yang melintas.

Menurut Penjelasan UU Lalu Lintas No. 14 tahun 1992 pasal 8 ayat 1 huruf C menyebutkan bahwa “Pengertian alat pemberi isyarat lalu lintas adalah peralatan teknis berupa isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan bunyi untuk memberi peringatan atau mengatur lalu lintas orang dan / atau kendaraan di persimpangan, persilangan sebidang ataupun pada arus jalan ”. sehingga lampu lalu lintas diartikan sebagai lampu yang berfungsi untuk mengatur kelancaran arus lalu lintas di suatu persimpangan jalan dengan memberi kesempatan pengguna jalan dari masing-masing arah untuk berjalan secara bergantian. Pada setiap lampu lalu lintas terdapat 3 buah lampu yang berwarna merah, kuning, dan hijau. Merah menandakan berhenti, kuning menandakan pelan-pelan, sedangkan hijau menandakan jalan [4]. Sehingga dari uraian diatas perlu pengaturan ulang pengaturan lampu lalu lintas di Persimpangan Kapur dan

Karangwaru disini penulis menggunakan metode Graf Fuzzy.

Graf *Fuzzy* merupakan pemberian label pada simpul, sisi atau simpul dan sisi graf pada himpunan *Fuzzy* seperti halnya [5] pernah meneliti dengan judul “Aplikasi Pewarnaan *Graff Fuzzy* Dan FIS Tipe Sugeno Untuk Menentukan Fase Dan Durasi Tiap Fase Pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas” dengan hasil pengaturan lalu lintas disimpang Lamper Gajah Kota Semarang direpresentasikan kedalam *Graf Fuzzy* terdiri 8 simpul. Dan hasil pewarnaan *Graff Fuzzy* berupa empat fase pengaturan lampu lalu lintas dan dapat digunakan untuk mengatur arus lalu lintas disimpang Lamper Gajah Kota Semarang. [6] pernah melakukan penelitian dengan judul “Algoritma Bee Colony Dengan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas” menghasilkan pengaturan fase lampu lalu lintas memperoleh 4 fase tanpa terjadi tabrakan antar arus kendaraan dan durasi waktu berubah mengikuti jumlah mobil dan motor yang berhenti saat lampu merah. [7] pernah melakukan penelitian dengan judul “Optimasi Waktu Tunggu lalu lintas dengan menggunakan graf kompatibel sebagai upaya mengurangi kemacetan” dengan hasil waktu tunggu optimal dengan menggunakan graf kompatibel pada persimpangan karangwaru dengan waktu tunggu total 150 detik.

Dari permasalahan yang ada dan penelitian tentang pengaturan waktu dan fase lampu lalu lintas maka disini penulis menggunakan metode Graf *Fuzzy*. Pengaturan waktu lampu lalu lintas untuk 2 studi kasus yang meliputi persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban sebagai solusi mengurangi kemacetan lalu lintas. Pembaharuan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penyempurnaan model graf fuzzy dan menambah variabel-variabel yang sesuai dengan situasi sebenarnya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu: pertama mengatur fase arus lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Persimpangan Karangwaru di Kab. Tuban dengan menggunakan Graf Fuzzy kedua mengatur kembali durasi waktu lampu lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Persimpangan Karangwaru Kab. Tuban dengan metode Logika Fuzzy.

METODE GRAF FUZZY

Penelitian ini menggunakan metode Graf Fuzzy. Yang mana dalam penentuan fase arus lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Karangwaru menggunakan graf kompatibel dengan pelabelan fuzzy. Dalam graf Kompatibel, simpul-simpulnya menunjukkan objek-objek yang akan di atur, dan sisi-sisinya menunjukkan pasangan objek yang kompatibel atau sesuai [8].

Sedangkan pada penentuan durasi waktu lampu lalu lintas menggunakan teori logika fuzzy. Logika *fuzzy* adalah teknik/metode untuk mengatasi hal yang tidak pasti dalam masalah-masalah yang memiliki banyak jawaban [9]. Dalam teori logika fuzzy didalamnya terdapat penentuan fungsi keanggotaan yaitu suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data (sumbu x) kepada nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan yang mempunyai interval dari 0 sampai 1 [10]. Berikut adalah jenis fungsi keanggotaan :

a. Representasi Linear Naik

Representasi linear naik yaitu kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Fungsi keanggotaan untuk kurva representasi linear naik adalah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \end{cases} \quad (1)$$

b. Representasi Linear Turun

Representasi linear turun yaitu Garis lurus yang diawali dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi yakni satu pada sisi kiri, kemudian bergerak ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Fungsi keanggotaan untuk kurva representasi linear turun adalah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & b \leq x \end{cases} \quad (2)$$

c. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga adalah pemetaan *input* data ke derajat keanggotaan yang digambarkan sebagai kurva yang membentuk segitiga. Fungsi

keanggotaan untuk representasi kurva segitiga ialah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0 & c \leq x \end{cases} \quad (3)$$

d. Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium adalah suatu pemetaan *input* data menuju derajat keanggotaan yang digambarkan suatu kurva yang membentuk trapesium. Fungsi keanggotaan untuk representasi kurva trapesium ialah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (4)$$

Setelah penentuan fungsi keanggotaan dalam teore logika fuzzy juga terdapat kendali logika fuzzy. Sistem kendali logika *Fuzzy* yang disebut *Fuzzy Inference System* (FIS) adalah suatu sistem yang melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal diantaranya FIS Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS Mamdani. menurut [11] FIS terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Fuzzification*, *Inference* dan *Defuzzification*

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian pengambilan studi kasus berlokasi di Persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban berikut ini adalah metode dalam penelitian ini:

1. Jenis dan Sumber Data

Jenis dari data ini adalah data sekunder. Sedangkan sumber dari data ini adalah data primer yaitu data yang diambil langsung dari lokasi penelitian yaitu Persimpangan Kapur dan Karangwaru.

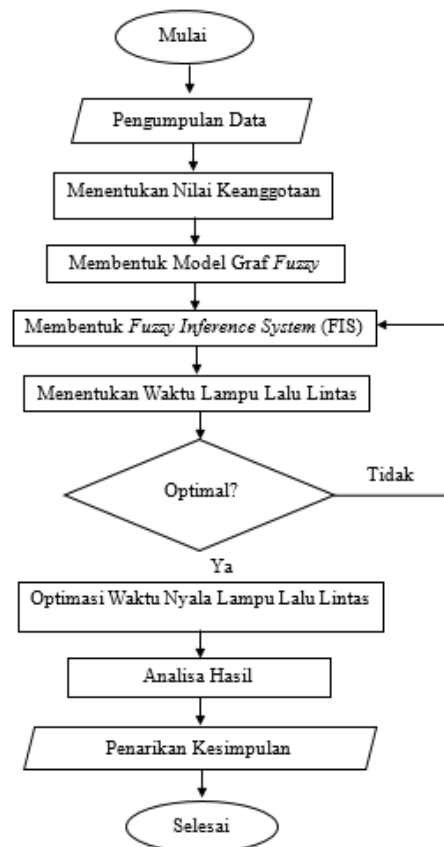
2. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data yang digunakan penulis adalah data Volume Kendaraan , lebar jalan, waktu lampu lalu lintas dan luas kendaraan. Sedangkan peralatan yang

digunakan dalam pengambilan data ini adalah counter, meteran, stopwatch, bolpoin dan kertas. Pengambilan data dilaksanakan di pagi jam 07.00-08.00 dan sore hari jam 16.00-17.00, penelitian ini dilakukan melalui dua tahap meliputi: observasi yang dilaksanakan langsung dilokasi penelitian yaitu Persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban dan Pangkalan Pom Bensin Manunggal untuk mengukur luas kendaraan. Sedangkan untuk tahap kedua adalah dokumentasi yaitu mencatat data yang ada di lokasi dalam bentuk tabel dan pengambilan foto dengan tujuan mengantisipasi jika adanya kekeliruan.

3. Teknik Analisa Data

Langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alur berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

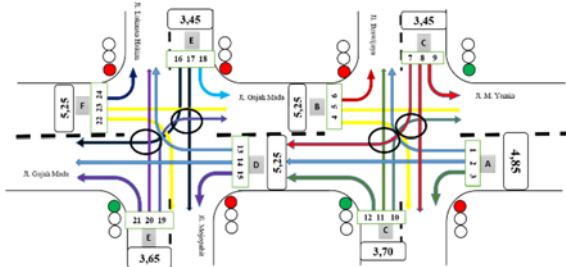
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Graf Fuzzy untuk pengaturan waktu lampu lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Karangwaru Kab. Tuban. Data yang didapat dari observasi ke

lokasi meliputi: lebar jalan, luas kendaraan, banyaknya kendaraan, waktu lampu lalu lintas. Pengambilan data dilaksanakan pada pagi hari jam 7.00-08.00 dan sore pukul 16.00-17.00

Dari observasi yang dilaksanakan langsung di Persimpangan Kapur dan Karangwaru didapatkan 3 fase pada setiap persimpangan seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. Persimpangan Kapur dan Karangwaru

Keterangan:

- A : fase dari arah Jl. Hos Cokroaminoto
- B : fase dari arah Bank Jatim
- C : fase menuju arah Persimpangan karangwaru
- D : fase menuju arah semanding
- E : fase dari arah persimpangan kapur
- F : fase dari arah pemuda
- G : fase menuju arah Persimpangan Polres
- I : fase menuju arah RS. Medika

: belok kiri lasung

: Belok kiri ikuti syarat lampu

Dari penelitian langsung di lokasi didapatkan data waktu lampu lalu lintas selama satu jam seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Lama Waktu Lampu Lalu Lintas di Persimpangan Kapur dan Karangwaru

Fase	Lampu Merah	Lampu Kuning	Lampu Hijau	Total (s)
A	54	3	76	133
B	116	3	14	133
C	111	3	19	133
D	111	3	19	133
E	61	3	73	137
F	115	3	19	137
G	115	3	19	137
H	112	3	22	137

Didapat siklus lampu lalu lintas pada persimpangan kapur 27 siklus dan 26 siklus pada Persimpangan Karangwaru.

Selanjutnya adalah mencari panjang antrian sebagai variabel input dikarenakan antrian merupakan salah satu permasalahan transportasi yang sering dijumpai [12]. Berikut adalah rumus untuk mencari panjang antrian:

$$p. \text{ antrian} = \frac{(\text{jumlah } x \text{ l})(\text{motor} + \text{mobil} + \text{Truck} + \text{bus} + \text{tronton})}{\text{siklus lampu hijau dalam 1 jam} \times \text{lebar jalan}}$$

Dan didapatkan panjang antrian disetiap arus seperti pada Tabel berikut:

Tabel 2. Data Panjang Antrian

Ars	mtr	Mb	trk	bus	trntn	Antrian (m)
1	34	6	0	0	0	0,773
2	228	105	55	19	134	41,707
3	414	57	8	1	0	8,685
4	219	22	0	0	0	3,490
5	351	96	0	0	0	8,653
6	325	31	1	0	0	5,158
7	55	17	1	0	0	2,307
8	537	28	0	0	0	11,74
9	23	5	0	0	0	0,763
10	198	34	0	0	0	5,486
11	421	46	0	0	0	9,786
12	103	32	0	0	0	3,876
13	181	9	0	0	0	2,706
14	354	128	20	21	86	31,645
15	143	10	0	0	0	2,138
16	97	15	0	0	0	2,706
17	285	17	0	0	0	5,909
18	225	25	0	0	0	5,53
19	98	15	0	0	0	2,878
20	342	18	0	0	0	7,311
21	191	78	0	0	0	9,49
22	200	25	0	0	0	3,567
23	501	152	0	0	0	13,610
24	171	28	0	0	0	3,396

2. Membentuk Nilai Keanggotaan Fuzzy

Derajat keanggotaan simpul dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi keanggotaan dari representasi kurva linear segitiga. Kurva linear segitiga merupakan gabungan antara 2 garis (linier) [13].

$$\mu_{\text{Sangat Sepi}}(x; 0,20) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ \frac{20-x}{20-0} & 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & 20 \leq x \end{cases}$$

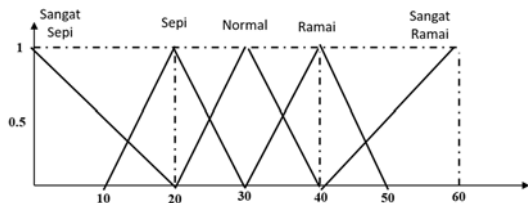
$$\mu_{\text{Sepi}}(x; 10,20,30) = \begin{cases} 0 & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{20-10} & 10 \leq x \leq 20 \\ \frac{30-x}{30-20} & 20 \leq x \leq 30 \\ 0 & 30 \leq x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Normal}}(x; 20,30,40) = \begin{cases} 0 & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{30-20} & 20 \leq x \leq 30 \\ \frac{40-x}{40-30} & 30 \leq x \leq 40 \\ 0 & 40 \leq x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ramai}}(x; 30,40,50) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{40-30} & 30 \leq x \leq 40 \\ \frac{50-x}{50-40} & 40 \leq x \leq 50 \\ 0 & 50 \leq x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sangat Ramai}}(x; 40,60) = \begin{cases} 0 & x \leq 40 \\ \frac{x-40}{60-40} & 40 \leq x \leq 60 \\ 1 & 60 \leq x \end{cases}$$

Yang disajikan dalam bentuk Grafik seperti pada gambar berikut:



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Input

Setelah didapatkan fungsi keanggotaan selanjutnya mencari nilai keanggotaan dengan operasi *fuzzy union* dengan mengambil nilai maximum kedua himpunan, berikut adalah tabel dari nilai simpul di setiap Arus:

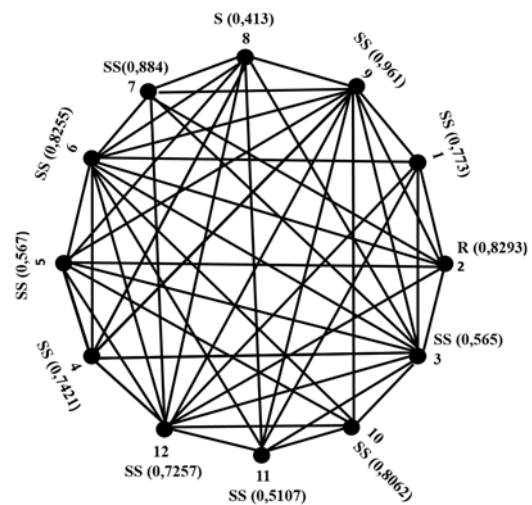
Tabel 3. Nilai keanggotaan disetiap Arus

A	μ	Arus	μ
rus			
1	SS	13	SS
	(0,773)		(0,874)
2	R	14	N
	(0,8293)		(0,8355)
3	SS	15	SS
	(0,565)		(0,8931)
4	SS	16	SS

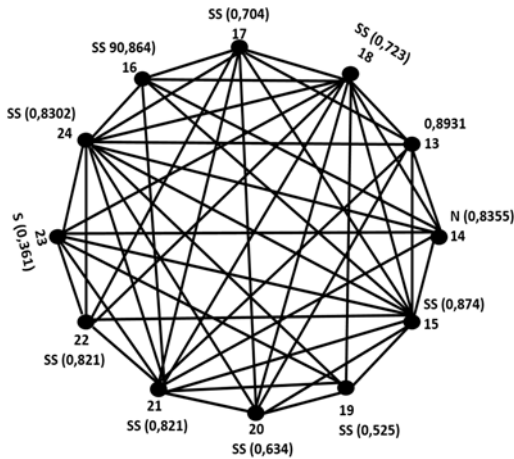
	(0,8255)	(0,8647)
5	SS	17
	(0,567)	(0,704)
6	SS	18
	(0,7421)	(0,723)
7	SS	19
	(0,884)	(0,8521)
8	SS	20
	(0,413)	(0,634)
9	SS	21
	(0,961)	(0,525)
10	SS	22
	(0,7257)	(0,821)
11	SS	23
	(0,5107)	(0,361)
12	SS	24
	(0,8062)	(0,8302)

3. Model Graf Fuzzy

Setelah didapatkan nilai keanggotaan (disetiap arus selanjutnya pengoptimalan arus lalu lintas dengan memodelkan arus lalu lintas kedalam Graf Kompatibel. Suatu arus dikatakan Kompatibel jika tidak adanya tabrakan antar arus [10]. Pemodelan Graf Kompatibel dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 berikut:

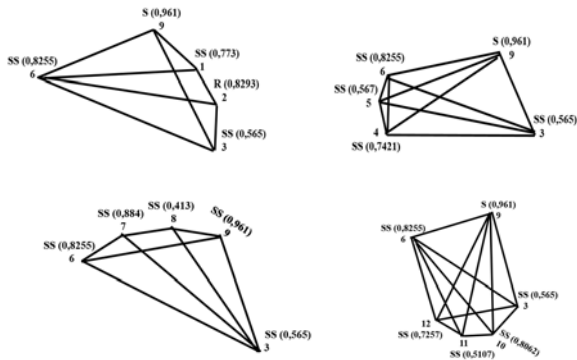


Gambar 4. Graf Kompatibel Persimpangan Kapur

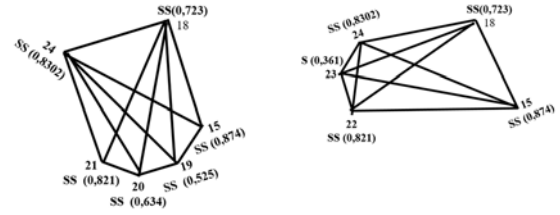
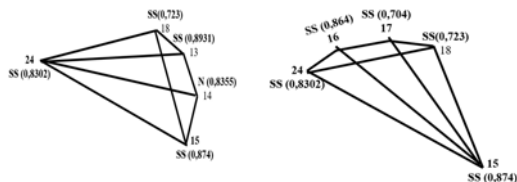


Gambar 5. Graf Kompatibel Persimpangan Karangwaru

Setelah didapatkan graf kompatibel dari Persimpangan Kapur dan Karangwaru selanjutnya adalah penentuan fase. Fase adalah suatu rangkaian kondisi yang mana diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama [14]. Untuk mencari fase di setiap Persimpangan Kapur dan Karangwaru adalah dengan mencari *Subgraf* dari masing-masing graf di persimpangan Kapur dan Karangwaru. Berikut adalah subgraf dari masing-masing persimpangan pada Gambar 6 dan 7 Berikut:



Gambar 6. *Subgraf* dari Persimpangan Kapur



Gambar 7. *Subgraf* dari Persimpangan Karangwaru

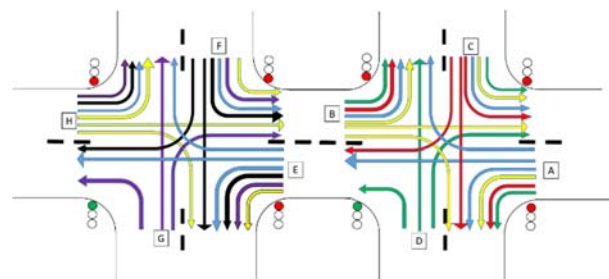
Dari subgraf diatas maka didapatkan 4 fase dari persimpangan Kapur dan Karangwaru seperti pada Tabel 4 dan 5 berikut:

Tabel 4. Fase Arus Lalu Lintas di Persimpangan Kapur

Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
1,2,3,6,9	3,4,5,6,9	3,6,7,8,9	3,9,6,10,11,12

Tabel 5. Fase Arus Lalu Lintas di Persimpangan Karangwaru

Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
13,14,15, 18,24	15,16,17, 18,24	15,19,20,21, 24,18	15,18,22, 23,24



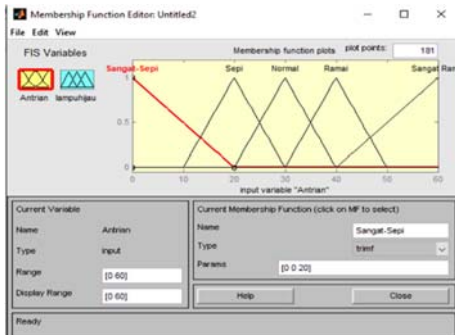
Gambar 8. Fase Arus Lalu Lintas yang Baru Persimpangan Kapur dan Karangwaru

Dari fase diatas pada persimpangan Kapur didapatkan fase A dengan warna biru dan terdapat warna biru juga di fase B dan C yang berarti pada saat fase A lampu hijau atau saat jalan, fase B dan D yang belok kiri juga ikut jalan begitupun dengan fase-fase yang lain. Sedangkan pada fase D hanya terdapat warna hijau dan fase G yang terdapat hanya warna ungu menandakan pada jalan tersebut tidak diperbolehkan belok kiri jalan lasung atau jalan tersebut harus mengikuti isyarat lampu.

4. Menghitung Lampu Lalu Lintas dengan *Fuzzy Inference System* (FIS)

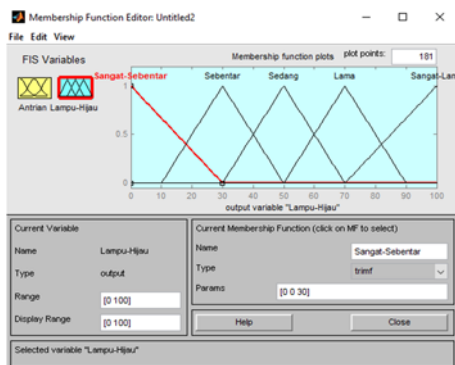
Untuk menghitung waktu lampu lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Karangwaru penulis menggunakan metode Logika Fuzzy. Logika *fuzzy* adalah metode yang dipakai untuk mengatasi hal tidak pasti dalam masalah yang mempunyai kemungkinan banyak jawaban [9]. Fuzzy yang digunakan disini adalah FIS tipe Mamdani dengan alasan menggunakan tipe Mamdani memiliki kelebihan lebih intuitif dan diterima oleh banyak pihak [15]. Penggunaan metode ini dengan bantuan Software Matematika dimana variabel input yang digunakan adalah panjang antrian.

Variabel panjang input yang digunakan meliputi Sangat Sepi, Sepi, Normal, Ramai dan Sangat Ramai.



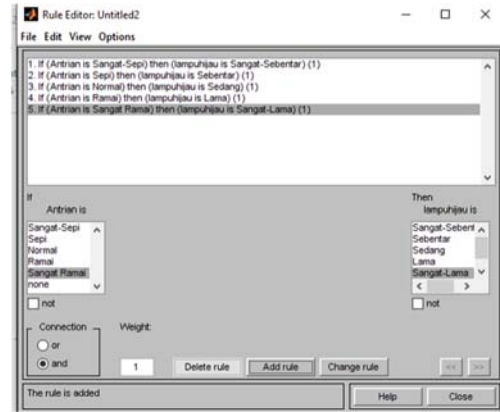
Gambar 9. Model Variabel Input Panjang Antrian

Variabel Outputnya yang digunakan meliputi Sangat Sebetar, Sebetar, Sedang, Lama dan Sangat Lama.



Gambar 10. Model Variabel Output

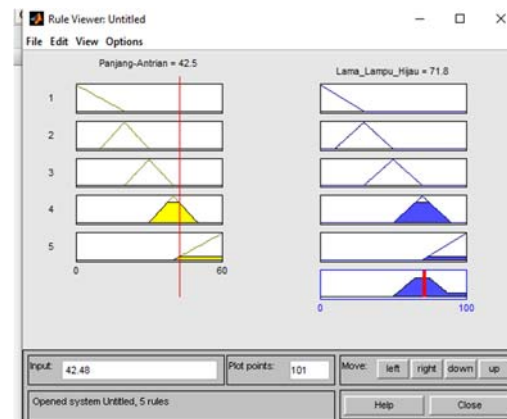
Setelah didapatkan nilai input dan Output selanjutnya adalah proses implikasi dengan menu edit rules



Gambar 11. Aturan FIS

Selanjutnya adalah menentukan waktu lampu lalu lintas dengan panjang antrian untuk arus belok kiri lasung tidak dihitung. Sehingga didapat :

Pada jalan M. Yamin dengan Panjang Antrian 42,48 didapat lama lampu hijau sebesar 72 detik.



Gambar 12. Rule Viewer Jl. M. Yamin

untuk hasil pembagia durasi lampu lalu lintas di Persimpangan Kapur dan Karangwaru dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Pembagian Waktu Lampu Lalu Lintas di Persimpangan Kapur

Fase	Durasi Lampu Hijau (Detik)	Durasi Lampu Kuning (detik)	Durasi Lampu Merah (Detik)
A	72	3	86
B	24	3	134
C	24	3	134
D	29	3	129
Total	161 detik		

Tabel 7. Pembagian Waktu Lampu Lalu Lintas di Persimpangan Karangwaru

Fase	Durasi Lampu Hijau (Detik)	Durasi Lampu Kuning (detik)	Durasi Lampu Merah (Detik)
E	58	3	78
F	11	3	125
G	30	3	106
H	28	3	108
Total	139 detik		

5. Optimasi Waktu Nyala Lampu Lalu Lintas

Berdasarkan perhitungan diatas sudah dapat dikatakan optimal, namun dalam rekomendasi belum dikatakan optimal. Karena rekomendasi optimal dari Simpang 4 adalah berdurasi 90-130 detik [5]. Sehingga berdasarkan rekomendasi untuk Simpang 4 Karang Waru sudah mendekati layak.

KESIMPULAN

Pemodelan arus lalu lintas dengan metode graf fuzzy di Persimpangan Kapur dan Karangwaru dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 sedangkan pada arus di Persimpangan Kapur dan Karangwaru memiliki arus yang kompatibel dan tidak kompatibel. Sehingga dari model diatas didapat subgraf dan fase yang kompatibel pada Persimpangan Kapur di Gambar 6 Tabel 5 Pada Persimpangan Karangwaru subgraf dan fase yang kompatibel dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 6

perhitungan durasi waktu lampu lalu lintas didapat durasi total pada Persimpangan Kapur adalah 161 detik untuk 4 fase sedang yang diterapkan sekarang 133 detik untuk 3 fase. Durasi total pada Persimpangan Karangwaru adalah 139 detik untuk 4 fase sedang yang diterapkan adalah 137 untuk 3 fase

SARAN

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi Dinas Perhubungan (DISHUB) dan peneliti selanjutnya. Berikut saran dari penelitian ini:

1. Model Graf Fuzzy dapat disempurnakan lagi dengan menambahkan asumsi dan variabel-variabel lainnya yang mendekati keadaan real

2. Pengambilan data disarankan diambil di tiga waktu yaitu pagi, siang dan sore hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Rosyida, D. Prasetyo, and K. Suharsono, "Kajian Kecelakaan Lalu Lintas Di Jalan Arteri Pada Jalur Pantura Wilayah Tuban," *Swara Bhumi*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [2] D. Ahdi, "Perencanaan penanggulangan bencana melalui pendekatan manajemen risiko," *Reformasi*, vol. 5, no. 1, pp. 13–30, 2015.
- [3] DISHUB, *Laporan Akhir tahun 2020*. Tuban, 2020.
- [4] M. Mariyam, A. Asparizal, and A. Azkiya, "Pengembangan Simulasi Pengendalian Lampu Lalu Lintas dan Pendeteksi Kepadatan Berbasis Arduino Mega 2560 Menggunakan LDR dan Laser," *Lentera Dumai*, vol. 9, no. 2, 2018.
- [5] S. Muzaroah, M. Mulyono, M. F. Syafaatullah, and I. Rosyida, "Aplikasi Pewarnaan Graf Fuzzy dan FIS Tipe Sugeno untuk Menentukan Fase dan Durasi Tiap Fase pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas," in *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2019, vol. 2, pp. 516–525.
- [6] Y. E. Kurnia, M. Mulyono, and R. Rochmad, "Implementasi Algoritma Bee Colony Dengan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas," *Unnes J. Math.*, vol. 9, no. 2, pp. 64–73, 2020.
- [7] A. K. Nisa and L. Muzdalifah, "OPTIMASI WAKTU TUNGGU LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN GRAF KOMPATIBEL SEBAGAI UPAYA MENGURANGI KEMACETAN," *MathVisioN*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [8] M. Miftahurrahmah, "Aplikasi Teori Graf dalam Pengaturan Lampu Lalu Lintas." Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2018.
- [9] T. Mulya, V. Poekoel, J. Litouw, and R. Robot, "Perbandingan Kendali Proporsional dan Kendali Logika Fuzzy

- pada Lampu Lalu-lintas,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 11–20, 2020.
- [10] A. P. Kurniawan and A. M. Abadi, “Aplikasi Graf Fuzzy dan Aljabar Max-Plus untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Simpang Empat Beran,” *J. Mat.*, vol. 6, no. 2, pp. 72–86, 2017.
- [11] A. I. Suyanto, “Searching, Reasoning, Planning, dan Learning (Revisi Kedua),” *Bandung Inform. Bandung*, 2014.
- [12] M. A. Basri, “Hubungan Tundaan Dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Akibat Penyempitan Jalan (Bottleneck)(Studi Kasus Proyek Jembatan Linggarjati Jalan Adinegoro, Kota Padang),” *J. Appl. Sci. Civ. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 44–49, 2021.
- [13] S. Kusumadewi and I. Guswaludin, “Fuzzy multi-criteria decision making,” *Media Inform.*, vol. 3, no. 1, 2005.
- [14] E. L. Diana, W. Suryaningtyas, and E. Suprapti, “Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Persimpangan Jalan Ahmad Yani Giant dengan Aplikasi Pewarnaan Teori Graf,” *MUST J. Math. Educ. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 69–85, 2016.
- [15] S. R. Andani, “Fuzzy Mamdani Dalam Menentukan Tingkat Keberhasilan Dosen Mengajar,” in *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)*, 2015, vol. 1, no. 4.