

# PERBANDINGAN KINERJA PENGENDALI LAMPU LALU LINTAS METODE *FUZZY* TIPE SUGENO DENGAN METODE WAKTU TETAP

Erwan Eko Prasetyo

Teknik Kedirgantaraan Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD) Yogyakarta  
Jl Parangtritis Km 4,5 Bantul  
Email : [erwanek@gmail.com](mailto:erwanek@gmail.com)

## Abstrak

*Kemacetan lalu lintas merupakan masalah penting yang harus diselesaikan. Konsep pengendalian lampu lalu lintas adaptif perlu dikembangkan untuk meningkatkan arus lalu lintas menjadi lebih baik. Kendali logika fuzzy dapat digunakan untuk menentukan durasi waktu lampu hijau di sebuah persimpangan dengan mempertimbangkan keadaan lalu lintas di sekitarnya. Makalah ini memaparkan desain pengendali lampu lalu lintas adaptif dengan tiga masukan, yaitu jumlah antrian kendaraan, waktu tunggu dan laju kendaraan yang menuju persimpangan. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan kinerja antara pengendali lampu lalu lintas adaptif menggunakan metode fuzzy tipe Sugeno dengan metode waktu tetap. Desain yang dibuat kemudian diaplikasikan dalam sebuah simulasi untuk mengamati jumlah antrian, waktu tunggu dan jumlah kendaraan yang dilewatkan di sebuah persimpangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa lampu lalu lintas dengan kendali logika fuzzy dapat bekerja secara adaptif, jumlah antrian menjadi lebih sedikit dan jumlah kendaraan yang dilewatkan lebih banyak, tetapi waktu tunggu menjadi lebih lama jika dibandingkan dengan metode waktu tetap.*

**Kata kunci:** perbandingan; lampu lalu lintas; logika fuzzy, Metode Sugeno; waktu tetap

## 1. Pendahuluan

Jumlah kendaraan yang semakin meningkat mengakibatkan kemacetan menjadi salah satu masalah penting yang harus diselesaikan [1]. Kemacetan lalu lintas sering dijumpai di sebuah persimpangan jalan. Banyaknya antrian kendaraan yang hendak melewati sebuah persimpangan jalan sering kali menimbulkan kemacetan. Persimpangan jalan di kota-kota besar sudah banyak yang menggunakan lampu lalu lintas untuk mengaturnya. Penggunaan lampu lalu lintas di persimpangan jalan bertujuan untuk mengendalikan arus lalu lintas agar tidak terjadi kemacetan. Akan tetapi masih sering dijumpai antrian kendaraan yang akan melewati persimpangan semakin bertambah panjang pada saat-saat tertentu.

Lampu lalu lintas di Indonesia sebagian besar masih menggunakan sistem pengaturan waktu tetap. Penentuan

waktu tersebut menggunakan metode statistik berdasarkan pada penelitian dan pengamatan arus lalu lintas yang terjadi di persimpangan [2]. Di Indonesia, perhitungan durasi waktu lampu lalu lintas berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Pada kenyataannya, keadaan arus lalu lintas di persimpangan jalan tidak menentu dan selalu berubah-ubah. Hal ini memungkinkan arus lalu lintas di persimpangan tidak efektif karena adanya waktu hijau yang terlalu pendek untuk jumlah antrian kendaraan yang banyak di sebuah ruas jalan. Sebaliknya, saat waktu hijau panjang tetapi jumlah antrian kendaraan hanya sedikit, sehingga waktu hijau menjadi tidak efektif.

Sistem pengendalian lampu lalu lintas adaptif mulai dikembangkan untuk mengatasi masalah kemacetan lalu lintas. J. Favilla [3] telah membuat konsep pengendalian adaptif dengan dua strategi, yaitu adaptif statistik dan adaptif *fuzzy*. Sistem ini mempunyai dua masukan yaitu jumlah kendaraan yang datang saat fase hijau dan antrian pada ruas lain saat fase merah. Keluaran sistem ini berupa keputusan untuk memperpanjang atau tidak waktu hijau pada saat fase dalam keadaan hijau. Lai Guan Rhung [4] membuat konsep adaptif dengan dua tingkat sistem inferensi *fuzzy*. Sistem pertama akan menentukan urutan fase sedangkan sistem kedua akan menentukan durasi perpanjangannya. Sistem ini mempunyai dua masukan yang akan dipertimbangkan dalam menentukan keputusan, yaitu panjang antrian dan jumlah kendaraan datang. Kenneth Tze Kin Teo [5] membuat desain dan pengembangan pengendali lampu lalu lintas adaptif dengan masukan jumlah kendaraan dan laju aliran kendaraan. Sistem ini bertujuan untuk mengoptimalkan waktu tunggu di sebuah persimpangan.

Sistem pengaturan adaptif akan mempertimbangkan keadaan lalu lintas yang selalu berubah-ubah, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja lampu lalu lintas sesuai dengan keadaan arus lalu lintas yang selalu berubah-ubah. Pada makalah ini akan memaparkan perancangan sistem pengendali lampu lalu lintas dengan kendali logika *fuzzy*. Sistem ini akan mempertimbangkan keadaan lalu lintas di ruas jalan (yang menuju ke persimpangan) sebagai masukan dalam menentukan durasi lampu hijau pada sebuah lampu lalu lintas. Konsep ini diharapkan dapat memberikan pengaturan waktu hijau yang sesuai dengan jumlah antrian kendaraan yang akan melintasi

persimpangan. Sehingga jumlah kendaraan yang melewati persimpangan akan meningkat.

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan kinerja antara pengendali lampu lalu lintas adaptif menggunakan metode *fuzzy* tipe Sugeno dengan metode waktu tetap. Masukan pada sistem *fuzzy* terdiri atas tiga keadaan yang dipertimbangkan, yaitu jumlah antrian kendaraan, waktu tunggu dan laju kendaraan yang menuju persimpangan. Desain sistem lampu lalu lintas adaptif ini kemudian diimplementasikan dalam sebuah aplikasi simulasi. Uji coba dilakukan dengan cara membandingkan kinerja antara lampu lalu lintas adaptif dengan lampu lalu lintas waktu tetap.

## 2. Pembahasan

### a) Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan lalu lintas merupakan masalah penting yang harus diselesaikan. Saat ini, kemacetan lalu lintas banyak dijumpai di kota-kota besar di Indonesia. Kemacetan lalu lintas banyak terjadi pada titik-titik persimpangan jalan-jalan protokol hingga di jalan lingkungan. Kemacetan lalu lintas disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain penambahan jumlah kendaraan, sikap pengguna jalan yang kurang baik, kondisi jalan dan infrastruktur yang rusak dan kebijakan pemerintah yang belum tepat [6]. Selain itu sistem transportasi yang kurang baik di sebagian kota-kota besar juga dapat menimbulkan kemacetan. Kerugian akibat dari kemacetan lalu lintas antara lain waktu terbuang percuma, pemborosan bahan bakar, meningkatnya biaya kesehatan dan pencemaran lingkungan [7].

Kemacetan lalu lintas berkepanjangan seperti di Jakarta menyebabkan pemborosan senilai Rp 8,3 triliun per tahun. Perhitungan itu mencakup tiga aspek sebagai konsekuensi kemacetan, yakni pemborosan bahan bakar akibat biaya operasional kendaraan senilai Rp 3 triliun, kerugian akibat waktu yang terbuang Rp 2,5 triliun, dan dampak kesehatan akibat polusi udara sebesar Rp 2,8 triliun. Angka kerugian akan terus meningkat secara gradual seiring kemacetan lalu-lintas yang semakin parah di Jakarta. Tingginya penggunaan kendaraan bermotor menjadi pemicu utama masalah kemacetan. Bahkan, hingga saat ini tercatat jumlah kendaraan bermotor sudah mencapai 6,5 juta unit, yang terdiri atas 6,4 juta unit atau 98,6 persen merupakan kendaraan pribadi dan 88.477 unit atau sekitar 1,4 persen adalah angkutan umum, dengan pertumbuhan kendaraan mencapai 11 persen setiap tahunnya. Sedangkan panjang jalan yang ada 7.650 Km dengan luas 40,1 Km<sup>2</sup> atau 6,2% dari luas wilayah DKI, dengan pertumbuhan jalan hanya sekitar 0.01 % per tahun [8]. Dari data tersebut, jika dibandingkan antara pertumbuhan jalan dengan pertumbuhan kendaraan, jelas terlihat bahwa pertumbuhan jalan tidak mampu mengejar pertumbuhan kendaraan.

### b) Sistem Pengendali Waktu Tetap

Sistem pengendalian lampu lalu lintas di sebagian besar kota di Indonesia masih menggunakan sistem pengendalian waktu tetap. Lampu lalu lintas diatur agar bekerja berdasarkan waktu tetap tanpa memperhatikan naik turunnya arus lalu lintas [9]. Waktu tetap ini ditentukan berdasarkan perhitungan statistik yang dihitung berdasarkan pengamatan kondisi lalu lintas. Di Indonesia, pedoman perhitungan ini mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Dalam sistem pengendalian lampu lalu lintas waktu tetap, perhitungan waktu siklus dihitung menggunakan Persamaan (1) dan waktu hijau dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$c_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} \quad (1)$$

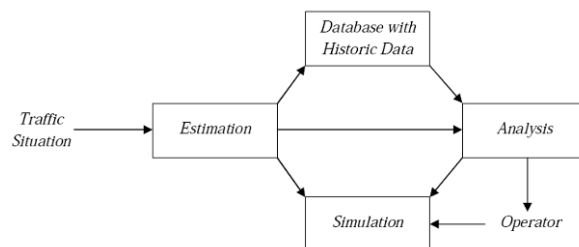
$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (2)$$

Dengan  $c_{ua}$  adalah waktu siklus (detik),  $g_i$  adalah waktu hijau dalam fase-i (detik), LTI adalah total waktu hilang per siklus (detik), IFR adalah perbandingan arus simpang dan  $PR_i$  adalah perbandingan fase.

### c) Sistem Pengendali Terpusat

Pengendalian lampu lalu lintas yang dioperasikan pada basis waktu saja, ternyata hanya membentuk sebuah sistem kendali *loop* terbuka. Meskipun demikian, jika jumlah kendaraan yang menunggu di setiap lampu lalu lintas pada suatu daerah yang padat arus lalu lintasnya, diukur secara kontinyu dan informasinya dikirim ke pusat pengendalian, maka sistem semacam ini menjadi *loop* tertutup [10].

Salah satu aplikasi sistem *loop* tertutup adalah sistem pengendalian arus lalu lintas terpusat. Penentuan keputusan dalam pengaturan arus lalu lintas ditentukan berdasarkan data keadaan lalu lintas di beberapa ruas jalan yang diterima oleh pusat pengendali. Sistem ini akan memandu operator di pusat pengendali lalu lintas ketika akan mengurangi kemacetan. Sistem pengendalian lalu lintas seperti ini secara garis besar ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Garis Besar Sistem Pendukung Keputusan Pengendalian Lalu Lintas

Mobilitas arus lalu lintas dalam jaringan cukup kompleks, karena variasi volume lalu lintas sangat bergantung pada jam dan hari dalam satu minggu, maupun pada beberapa faktor lain. Jadi untuk

mengendalikan lampu lalu lintas secara terpusat memang cukup sulit, terlebih jika volume lalu lintas dari setiap persimpangan ruas jalan sangat heterogen. Dalam hal ini meminimumkan waktu tunggu rata-rata yang relatif proporsional dengan tingkat kepadatan lalu-lintasnya, merupakan suatu kendala pengendalian yang menuntut perencanaan dan pemecahan secara cermat [11].

d) Sistem Inferensi *Fuzzy* Tipe Sugeno

Sistem inferensi *fuzzy* tipe Sugeno dikenalkan pada tahun 1985. Tipe ini hampir sama dengan tipe Mamdani. Proses fuzzifikasi, operasi logika *fuzzy* dan implikasinya sama dengan yang ada pada tipe Mamdani. Perbedaannya terletak pada jenis fungsi keanggotaan keluarannya. Sistem inferensi *fuzzy* pada tipe Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan keluaran yang bersifat linear atau konstan [12].

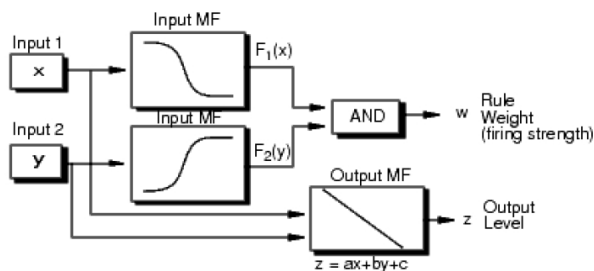
Aturan dalam sistem inferensi tipe Sugeno memiliki bentuk seperti ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$\text{If Input 1} = x \text{ and Input 2} = y, \text{ then Output is } z = ax + by + c \quad (3)$$

Keluaran aturan tersebut bukan dalam bentuk fungsi keanggotaan, tetapi berupa sebuah bilangan yang berubah secara linear terhadap variabel-variabel *input*. Jika  $a=b=0$  maka sistem inferensi *fuzzy* ini dikatakan berorder nol, karena keluarannya berupa sebuah bilangan konstan, yaitu  $z=c$ . Keluaran akhir dari tipe Sugeno dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$\text{output} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i z_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (4)$$

Dengan  $N$  adalah jumlah aturan. Aturan pada metode Sugeno ditunjukkan dalam diagram seperti pada Gambar 2.



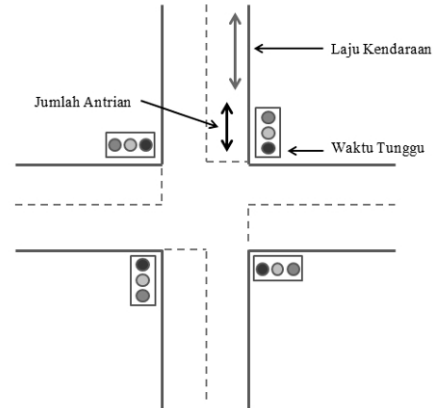
Gambar 2. Diagram Aturan pada Metode Sugeno

Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive (sum)* dan *probalistic OR (probor)* [13].

e) Desain Lampu Lalu Lintas Adaptif

Sistem pengendalian lampu lalu lintas di sebuah persimpangan perlu dikembangkan. Oleh karena keadaan lalu lintas di jalan raya selalu berubah-ubah, maka diperlukan lampu lalu lintas adaptif. Untuk membuat lampu lalu lintas adaptif salah satunya dengan menggunakan kendali logika *fuzzy*. Pada penelitian ini,

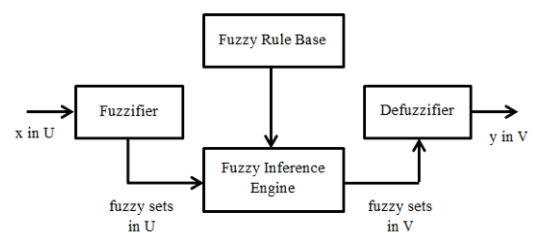
sistem pengendalian lampu lalu lintas dikembangkan dengan mempertimbangkan laju kendaraan yang menuju persimpangan. Laju kendaraan dapat diperoleh dari pertambahan jumlah kendaraan tiap menitnya. Konsep yang dikembangkan pada penelitian ini secara garis besar dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Sistem Pengendalian Lalu Lintas

Konsep tersebut merupakan pengembangan dari sistem pengendalian lampu lalu lintas adaptif yang sudah pernah dirancang sebelumnya. Sistem pengendalian lampu lalu lintas adaptif merupakan sistem pengendalian yang bekerja berdasarkan keadaan lalu lintas di area persimpangan. Sistem adaptif yang biasanya dipakai dibangun menggunakan sistem kendali logika *fuzzy* [14].

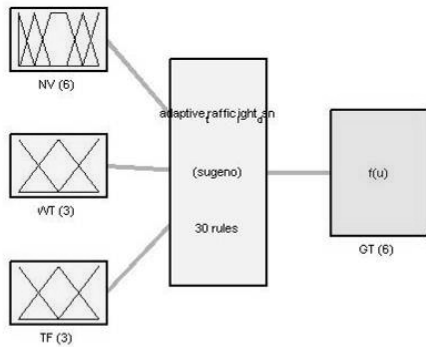
Sistem kendali adaptif yang digunakan dalam penelitian ini adalah kendali logika *fuzzy* Tipe Sugeno. Sistem ini berfungsi sebagai pengambil keputusan dalam pengendalian lampu lalu lintas. Keputusan yang diambil berupa besarnya durasi lampu hijau. Besarnya durasi tergantung dari keadaan arus lalu lintas di persimpangan. Durasi waktu penyalaaan lampu hijau merupakan keputusan yang diambil berdasarkan aturan-aturan (*rules*) yang ada pada sistem kendali logika *fuzzy*. Konfigurasi dasar sistem kendali logika *fuzzy* ditunjukkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Dasar Sistem Fuzzy dengan Pengaburan dan Penegasan

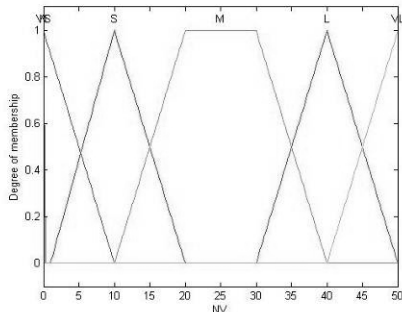
Masukan sistem terdiri atas tiga macam variabel yaitu jumlah antrian kendaraan ( $NV$ ) dalam satuan smp, laju kendaraan yang menuju persimpangan ( $TF$ ) dalam satuan smp/menit dan waktu tunggu ( $WT$ ) dalam satuan detik. Keluaran berupa durasi waktu hijau ( $GT$ ). Masukan pertama,  $NV$  akan dibagi menjadi lima fungsi keanggotaan yaitu *very small (VS)*, *small (S)*, *medium*

(M), big (B) dan very big (VB) dengan rentang [0;50]. Masukan kedua, TF akan dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan yaitu *small (S)*, *medium (M)* dan *big (B)* dengan rentang [0;20]. Masukan ketiga, WT akan dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan yaitu *small (S)*, *medium (M)* dan *big (B)* dengan rentang [0;180]. Sedangkan keluaran GT berupa *singleton* dan akan dibagi menjadi enam fungsi keanggotaan yaitu *netral (N)*, *very small (VS)*, *small (S)*, *medium (M)*, *big (B)* dan *very big (VB)* dengan rentang [0;50]. Desain sistem fuzzy tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 5.

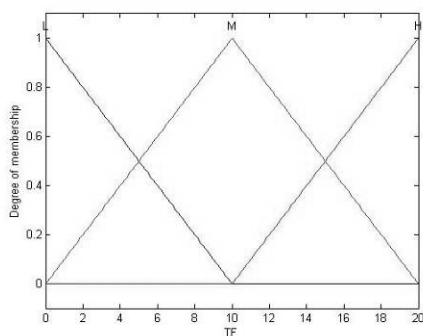


Gambar 5. Sistem Fuzzy dengan 3 Masukan dan 1 Keluaran dengan 30 Aturan

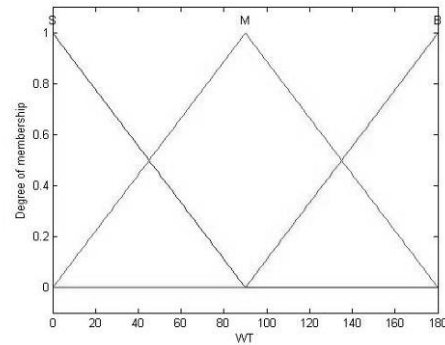
Fungsi keanggotaan masing-masing masukan ditunjukkan seperti pada Gambar 6 sedangkan fungsi keanggotaan keluaran ditunjukkan seperti pada Gambar 7.



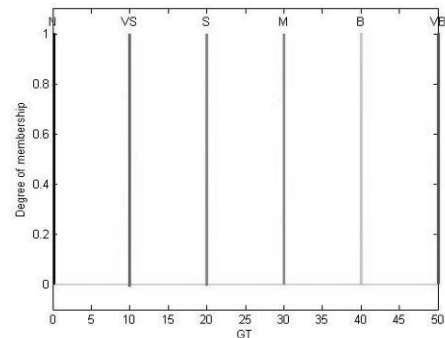
Gambar 6a. Fungsi Keanggotaan Jumlah Antrian Kendaraan (NV)



Gambar 6b. Fungsi Keanggotaan Laju Kendaraan (TF)



Gambar 6c. Fungsi Keanggotaan Waktu Tunggu (WT)  
 Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem Fuzzy



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Keluaran (GT) Sistem Fuzzy

Sistem fuzzy pada penelitian ini dibangun dengan 30 aturan. Adapun aturan-aturan tersebut ditunjukkan seperti pada daftar berikut ini.

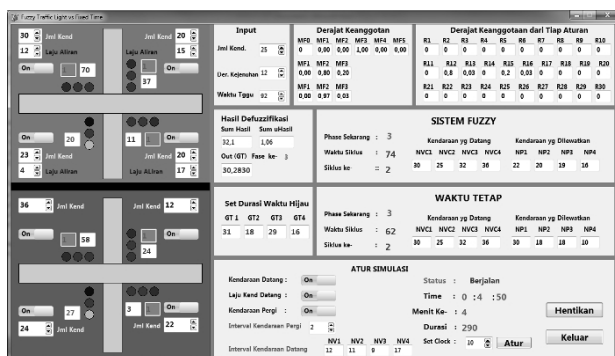
Daftar aturan sistem fuzzy pengendali lampu lalu lintas adaptif.

1. If NV is N then GT is N
2. If NV is VS and TF is S then GT is N
3. If NV is VS and TF is M then GT is N
4. If NV is VS and TF is B then GT is N
5. If NV is S and TF is S then GT is VS
6. If NV is S and TF is M then GT is VS
7. If NV is S and WT is S and TF is B then GT is VS
8. If NV is S and WT is M and TF is B then GT is S
9. If NV is S and WT is B and TF is B then GT is S
10. If NV is M and TF is S then GT is S
11. If NV is M and WT is S and TF is M then GT is S
12. If NV is M and WT is M and TF is M then GT is M
13. If NV is M and WT is B and TF is M then GT is M
14. If NV is M and WT is S and TF is B then GT is M
15. If NV is M and WT is M and TF is B then GT is M
16. If NV is M and WT is B and TF is B then GT is B
17. If NV is B and TF is S then GT is M
18. If NV is B and WT is S and TF is M then GT is M
19. If NV is B and WT is M and TF is M then GT is M
20. If NV is B and WT is B and TF is M then GT is B
21. If NV is B and WT is S and TF is B then GT is B
22. If NV is B and WT is M and TF is B then GT is B
23. If NV is B and WT is B and TF is B then GT is B
24. If NV is VB and TF is S then GT is B
25. If NV is VB and WT is S and TF is M then GT is B
26. If NV is VB and WT is M and TF is M then GT is B
27. If NV is VB and WT is B and TF is M then GT is B
28. If NV is VB and WT is S and TF is B then GT is B
29. If NV is VB and WT is M and TF is B then GT is B
30. If NV is VB and WT is B and TF is B then GT is B

Pada penelitian ini simulasi dilakukan dengan membangun aplikasi yang di dalamnya terdapat kedua sistem pengendali lampu lalu lintas, baik sistem *fuzzy* maupun sistem waktu tetap. Simulasi dibuat untuk membandingkan kinerja antara desain sistem pengendali lampu lalu lintas adaptif menggunakan kendali logika *fuzzy* tipe Sugeno dengan sistem pengendali menggunakan waktu tetap. Simulasi yang dibangun ditunjukkan pada Gambar 8. Adapun ketentuan simulasi yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Desain lampu lalu lintas pada persimpangan dengan empat ruas
2. Tiap ruas jalan diasumsikan memiliki luas yang sama dan dianggap ideal
3. Kendaraan yang datang menuju persimpangan pada kedua sistem dibuat sama dengan interval kedatangan secara acak antara 0 – 20 detik.
4. Kendaraan yang pergi meninggalkan persimpangan pada kedua sistem dibuat sama dengan interval 2 detik per kendaraan
5. *Phase* pada kedua sistem dibuat teratur dan berputar searah jarum jam
6. Durasi waktu kuning dan waktu jeda antar *phase* pada kedua sistem ditentukan dengan parameter yang sama, yaitu waktu kuning selama 3 detik dan waktu jeda selama 2 detik
7. Durasi waktu hijau pada sistem *fuzzy* ditentukan sesuai dengan keluaran dari kendali logika *fuzzy*, sedangkan durasi waktu hijau pada sistem waktu tetap ditentukan dengan nilai sebagai berikut: Ruas 1 selama 31 detik, Ruas 2 selama 18 detik, Ruas 3 selama 29 detik dan Ruas 4 selama 16 detik.

Simulasi ini dilakukan untuk menguji kinerja sistem pengendali lampu lalu lintas adaptif menggunakan logika *fuzzy* tipe Sugeno. Simulasi ini akan menunjukkan hasil berupa perbandingan kinerja antara sistem pengendali lampu lalu lintas menggunakan pengendali *fuzzy* yang telah dibuat dengan kinerja sistem pengendali waktu tetap. Durasi simulasi yang dilakukan selama 3600 detik.



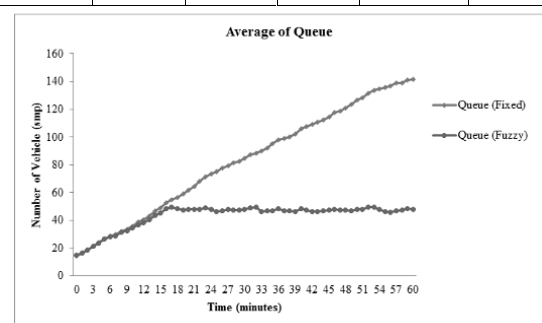
Gambar 8. Simulasi Pengendali Lampu Lalu Lintas

Kinerja sistem ini dapat dilihat dari besarnya waktu hijau, waktu tunggu, jumlah antrian dan jumlah kendaraan pergi. Adapun hasil perbandingan dari kedua sistem tersebut disajikan pada Tabel 1. Pada umumnya data pada Tabel 1 menunjukkan hasil bahwa

persimpangan dengan sistem *fuzzy* dapat mengendalikan durasi waktu hijau, waktu tunggu dan jumlah antrian yang relatif seimbang pada tiap ruasnya jika dibandingkan dengan sistem pengendali waktu tetap. Rata-rata waktu hijau pada sistem *fuzzy* mengalami peningkatan sebesar 74,92 % dibandingkan sistem waktu tetap. Akan tetapi, rata-rata waktu tunggu pada sistem *fuzzy* juga mengalami peningkatan sebesar 59,54 % dibandingkan sistem waktu tetap. Rata-rata jumlah antrian kendaraan pada sistem *fuzzy* mengalami penurunan sebesar 42,05 % dibandingkan sistem waktu tetap. Selain itu, pada sistem *fuzzy* jumlah antrian kendaraan cenderung lebih sedikit dan stabil. Keadaan ini ditunjukkan seperti pada Gambar 9.

Tabel 1. Perbandingan Rerata Waktu Hijau, Waktu Tunggu Dan Jumlah Antrian

Variabel	Satuan	Ruas	Fixed	Fuzzy	% Perbandingan
Waktu Hijau (GT)	detik	1	31	40,42	30,39
		2	18	40,47	124,85
		3	29	41,74	43,92
		4	16	41,79	161,18
		<b>Rerata</b>	<b>23,50</b>	<b>41,11</b>	<b>74,92</b>
Waktu Tunggu (WT)	detik	1	78	139,00	78,21
		2	91	133,74	46,96
		3	80	135,26	69,08
		4	93	137,63	47,99
		<b>Rerata</b>	<b>85,5</b>	<b>136,4079</b>	<b>59,54</b>
Jumlah Antrian (NV)	smp	1	33,94	47,26	-39,27
		2	99,26	47,00	52,65
		3	68,03	48,58	28,59
		4	130,1	49,16	62,21
		<b>Rerata</b>	<b>82,83</b>	<b>48,00</b>	<b>42,05</b>



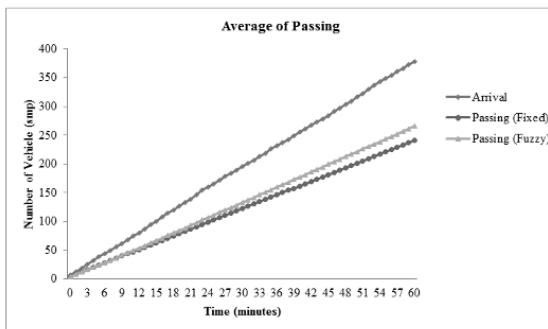
Gambar 9. Perbandingan Rerata Jumlah Antrian Kendaraan

Kinerja sistem *fuzzy* yang diusulkan dalam penelitian ini juga dapat dilihat dari jumlah kendaraan yang meninggalkan persimpangan. Pada simulasi ini, kedua sistem diberi masukan jumlah kendaraan datang dengan laju yang sama. Perbandingan jumlah kendaraan pergi antara kedua sistem ditunjukkan pada Tabel 2. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada sistem waktu tetap, jumlah kendaraan yang pergi tidak

seimbang antara ruas satu dengan ruas yang lainnya, sedangkan pada sistem *fuzzy* jumlah kendaraan yang pergi relatif seimbang di tiap ruasnya. Rata-rata keseluruhan jumlah kendaraan yang dilewatkan oleh sistem *fuzzy* mengalami peningkatan sebesar 10,27 % dibandingkan pada sistem waktu tetap. Perbandingan antara laju kendaraan datang dengan laju kendaraan pergi ditunjukkan pada Gambar 10.

**Tabel 2.** Perbandingan Rerata Laju Kendaraan Datang Dengan Kendaraan Pergi Per Menit

Variabel	Satuan	Ruas	Fixed	Fuzzy	% Perbandingan
Laju Kendaraan (TF)	smp/ menit	1	5,97	5,97	-
		2	6,08	6,08	-
		3	6,52	6,52	-
		4	6,20	6,20	-
		<b>Rerata</b>	<b>6,19</b>	<b>6,19</b>	-
Jumlah Kendaraan Pergi (NP)	smp/ menit	1	5,38	4,45	-17,34
		2	3,18	4,43	39,27
		3	4,83	4,55	-5,86
		4	2,67	4,28	60,63
		<b>Rerata</b>	<b>4,02</b>	<b>4,43</b>	<b>10,27</b>



**Gambar 10.** Perbandingan Rerata Jumlah Kendaraan Datang dan Kendaraan Pergi

### 3. Kesimpulan

Simulasi yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa sistem pengendali lampu lalu lintas menggunakan kendali logika *fuzzy* tipe Sugeno dapat bekerja secara adaptif sesuai keadaan lalu lintas di sekitar persimpangan. Masukan yang diberikan secara acak dapat ditanggapi oleh sistem *fuzzy* dengan memberikan keluaran berupa waktu hijau yang bervariasi. Kedua sistem pengendali lampu lalu lintas yang menggunakan sistem logika *fuzzy* maupun kendali waktu tetap diberi masukan yang sama, akan tetapi kinerja kedua sistem tersebut berbeda. Jika dilihat dari lamanya waktu tunggu, sistem *fuzzy* yang diusulkan pada penelitian ini memiliki kinerja yang kurang baik jika dibandingkan dengan sistem waktu tetap, karena memiliki waktu tunggu yang lebih lama. Akan tetapi, jika dilihat dari jumlah antrian dan jumlah kendaraan yang dilewatkan, sistem *fuzzy* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan

sistem waktu tetap. Sistem *fuzzy* dapat mengurangi jumlah antrian kendaraan dan dapat meningkatkan jumlah kendaraan yang dilewatkan di sebuah persimpangan.

### Daftar Pustaka

- [1] L. Wu, X. Zhang, and Z. Shi, "An Intelligent Fuzzy Control for Crossroads Traffic Light," *2010 Second WRI Glob. Congr. Intell. Syst.*, pp. 28–32, Dec. 2010
- [2] M. G. H. Kulkarni and M. P. G. Waingankar, "Fuzzy Logic Based Traffic Light Controller," no. August, pp. 8–11, 2007
- [3] J. Favilla, "Fuzzy Traffic Control: Adaptive Strategies," pp. 506–511
- [4] L. G. Rhung, A. C. Soh, R. Z. A. Rahman, and M. K. Hassan, "Fuzzy traffic light controller using Sugeno method for isolated intersection," *SCOREd2009 - Proc. 2009 IEEE Student Conf. Res. Dev.*, pp. 501–504, 2009.
- [5] K. Tze, K. Teo, K. Yeo, S. E. Tan, Z. W. Siew, and K. G. Lim, "Design and Development of Portable Fuzzy Logic based Traffic Optimizer," pp. 7–12, 2013.
- [6] Mangapul P.Tambunan "Faktor Dominan Kemacetan Lalu Lintas Jalan Raya" Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia
- [7] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis," diakses dari [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&idsubyek=17&notab=12](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&idsubyek=17&notab=12)
- [8] Kementerian Perhubungan, "Transportasi Kota Jakarta Mengkhawatirkan," diakses dari <http://bstp.hubdat.web.id/index.php?mod=detail&idMenuKiri=345&idSorotan=54>
- [9] I. B. Alit Swamardika, "Simulasi Kontrol Lampu Lalu Lintas Sistem Detektor Dengan Menggunakan PLC Untuk Persimpangan Jalan Waribang-Wr. Supratman Denpasar," vol. 4, no. 2, pp. 1–5, 2005.
- [10] A. Hegyi, B. De Schutter, S. Hoogendoorn, R. Babusw, H. Van Zuylen, and H. Schuurmant, "A Fuzzy Decision Support System for Traffic Control Centers," pp. 358–363, 2001
- [11] Jang, J.S.R., Sun, C.T., Mizutani,E., "Neuro-Fuzzy and Soft Computing," Prentice-Hall International, New Jersey, 1 – 89, 1997
- [12] The MathWork. *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*, The Mathworks, Inc. 2013.
- [13] S. Kusumadewi, "Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab", 2002- Graha Ilmu
- [14] W. Yong, "A cooperative fuzzy control method for traffic lights," vol. 7, pp. 185–188, 2001

### Biodata Penulis

**Erwan Eko Prasetyo, S.Pd., M.Eng.**, memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd), Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Universitas Negeri Yogyakarta, lulus tahun 2012. Memperoleh gelar Magister Engineering (M.Eng) Program Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Gajah Mada Yogyakarta, lulus tahun 2015. Saat ini menjadi Dosen di Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD) Yogyakarta.