

Perancangan Perangkat Lunak Simulasi Lampu Lalu Lintas Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto

Aria Mego Priyatno, Rian Oktavianus

STMIK Pontianak; Jl. Merdeka Barat No.372 Pontianak,

telp/fax : (0561) 735555 / (0561) 737777

STMIK Pontianak, Pontianak West Kalimantan, Indonesia

e-mail: info@stmikpontianak.ac.id, eishiroutazzy@gmail.com

Abstrak

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen soft computing yang digunakan untuk memetakan hal-hal yang bersifat samar atau ketidakpastian. Ada beberapa metode dalam logika fuzzy. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Bentuk penelitian yang digunakan adalah studi literatur, dan metode penelitian yang digunakan adalah metode riset eksperimental. Sementara metode perancangan perangkat lunak yang digunakan ialah metode prototype, perancangan sistem ini menggunakan flowchart sebagai alat bantu perancangan perangkat lunak. Metode pengujian perangkat lunak yang digunakan adalah metode Blackbox. Hasil dari penelitian ini berupa simulasi lamanya lampu hijau menyala yang diperoleh dari proses perhitungan nilai variabel yang dirancang menggunakan bahasa pemrograman VB .NET. Kesimpulan pengujian perangkat lunak yang diperoleh ialah logika fuzzy dapat digunakan untuk menghitung lamanya lampu hijau menyala sesuai dengan nilai inputan yang lebih efektif dibandingkan dengan sistem konvensional. Perangkat lunak juga masih memerlukan perbaikan algoritma logika fuzzy yang diterapkan untuk melakukan proses perhitungan lamanya lampu hijau menyala.

Kata kunci : *Fuzzy Tsukamoto, Simulasi, Prototype, Flowchart, Blackbox*

Abstract

Fuzzy logic is one of soft computing component used to map the things that are vague or uncertainty. There are several methods in fuzzy logic. In this research the authors use the method of Fuzzy Tsukamoto. The form of research is the study of literature, and the research method used is the method of experimental research. The software design method used is prototype method, system design using a flowchart as software design tools. Software testing method used is Blackbox method. The results of this study in the form of simulated length obtained the green light from the calculation process variable values are designed using VB .NET programming languages. Conclusions acquired software testing is fuzzy logic can be used to calculate the length of the green light according to the input value that is more effective than conventional systems. The software also need improvement fuzzy logic algorithm which is applied to the process of calculating the length of the green light.

Keywords : *Fuzzy Tsukamoto, Simulation, Prototype, Flowchart, Blackbox*

1. PENDAHULUAN

Lampu lalu lintas merupakan salah satu instrumen penting dalam lalu lintas. 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 dipersimpangan. Di Indonesia, perhitungan durasi waktu lampu lalu lintas berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

Pengaturan lampu lalu lintas yang tidak tepat, baik itu terlalu cepat atau terlalu lama dapat mengakibatkan pemborosan waktu dan biaya. Selain itu jika terjadi perubahan kondisi jalan dan lingkungan, seperti terjadi kepadatan kendaraan dari suatu ruas ke jalan lainnya, padatnya lalu lintas akibat penumpukan kendaraan pada jam kerja atau sore selepas jam kerja, tidak diikuti dengan perubahan traffic light control unit. Hal ini dipengaruhi lagi oleh traffic light cycle yang buruk, sehingga tidak jarang dijumpai kemacetan lalu lintas pada keadaan-keadaan tertentu. Oleh karena itu, dipertimbangkan untuk membuat suatu lampu lalu lintas yang adaptif berdasarkan intelligent system.

Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output tanpa mengabaikan faktor-faktor yang ada. Metode ini merupakan kerangka matematis yang digunakan untuk mempresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi dan kebenaran parsial. Teori ini dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, antara lain : algoritma kontrol, diagnosa medis, sistem pendukung keputusan, ekonomi, teknik, psikologi, lingkungan, keamanan dan ilmu pengetahuan [1].

Ada beberapa alasan menggunakan Logika Fuzzy antara lain adalah ; konsep Logika Fuzzy mudah dimengerti, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui pelatihan, dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional serta didasarkan pada bahasa alami [2].

Pada penelitian Prasetyo (2016) yang membahas tentang perbandingan kinerja pengendali lampu lalu lintas metode *fuzzy* tipe sugeno dengan metode waktu tetap, memiliki hasil bahwa lampu lalu lintas dengan kendali logika *fuzzy* dapat bekerja secara adaptif, jumlah antrian lebih sedikit, kendaraan yang dilewatkan lebih banyak, tetapi waktu tunggu menjadi lebih lama. Sistem *fuzzy* dengan metode sugeno yang digunakan memiliki 3 Masukan dan 1 Keluaran dengan 30 Aturan. Sistem ini bekerja dengan cara menunjukkan hasil berupa perbandingan kinerja antara sistem pengendali lampu lalu lintas menggunakan pengendali *fuzzy* yang telah dibuat dengan kinerja sistem pengendali waktu tetap, dengan durasi simulasi yang dilakukan selama 3600 detik. Kelemahan dari sistemnya jika dilihat dari lamanya waktu tunggu, sistem *fuzzy* yang diusulkan memiliki kinerja yang kurang baik dibandingkan dengan waktu tetap. Kelebihan dari sistemnya jika dilihat dari jumlah antrian dan jumlah kendaraan yang dilewatkan, sistem *fuzzy* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sistem waktu tetap [3].

Berbeda lagi pada penelitian Taufik (2008) yang membahas tentang rancang bangun simulator kendali lampu lalu lintas dengan logika *fuzzy* berbasis mikrokontroler, memiliki hasil bahwa sistem kendali lampu lalu lintas berbasis mikrokontroler dapat digunakan sebagai *prototype* awal pengaturan lampu lalu lintas, kemudian ditanamkan sebagai bahasa *assembly* ke dalam IC mikrokontroler. Hal ini terjadi karena pengujian yang dilakukan untuk rancang bangun *hardware* dengan cara memastikan tiap jalur rangkaian terhubung dengan semestinya sesuai dengan *datasheet* menggunakan multimeter. Sistem juga memberikan logika 1 di setiap kaki mikrokontroler AT89S52 untuk membuktikan bahwa kinerja mikrokontroler bekerja dengan baik kemudian menghidupkan LED di tiap jalur secara bergantian untuk membuktikan bahwa LED bekerja dan mengaktifkan *switch* [4].

Penelitian Putra (2011) yang membahas tentang simulasi penerapan ANFIS pada sistem lampu lalu lintas enam ruas, memiliki hasil bahwa penelitian menunjukkan metode dinamis menggunakan ANFIS dapat memberikan hasil 20,24% lebih optimal dari metode statis yang diterapkan saat ini. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dari pada metode statis sistem membutuhkan lebih dari 3 himpunan untuk semua fungsi keanggotaan. Dari hasil pengujian

fungsi keanggotaan segitiga memberikan waktu tunggu rata-rata yang paling optimal dibandingkan fungsi keanggotaan lain.

Mengacu pada penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini penulis akan membuat sebuah perangkat lunak dengan judul penelitian “Perancangan Perangkat Lunak Simulasi Lampu Lalu Lintas Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto”. Perbedaan utama penelitian-penelitian tersebut dengan penelitian yang dilakukan adalah penggunaan metode *fuzzy* Tsukamoto. Adapun perancangan perangkat lunak ini ditujukan kepada masyarakat umum yang meliputi pengguna kendaraan, pengatur lalu lintas atau siapa saja yang ingin memperoleh informasi tentang perangkat lunak simulasi lampu lalu lintas ini.

2. METODE PENELITIAN

Bentuk penelitian yang akan penulis gunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Dimana penelitian yang berkaitan erat dengan permasalahan yang hendak dipecahkan serta menentukan masalah yang ingin dipecahkan dengan melakukan eksperimen atau percobaan. Selain itu juga penulis mencari adanya referensi dan informasi yang bias menjadi dasar dari pembuatan aplikasi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode riset eksperimental, yaitu dengan melakukan percobaan (uji coba) serta manipulasi objek dengan teknik yang ditentukan secara langsung, untuk mendapatkan hasil yang ingin dicapai [5].

Metode pengumpulan data merupakan bagian yang terpenting dari sebuah penelitian ini. Ketersediaan data akan sangat menentukan dalam proses pengolahan data dan analisa selanjutnya. Karena dengan adanya pengumpulan data yang tepat maka diharapkan jawaban dari perumusan masalah tidak biasa. Data yang dikumpulkan sesuai dengan tujuan dari penelitian. Sumber data dari penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder.

Data primer yang berkaitan langsung dengan data yang diperoleh dari observasi yaitu dengan mempelajari hasil dari program-program simulasi lampu lalu lintas yang sudah jadi. Sedangkan data sekunder berkaitan dengan semua hasil pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Pengumpulan data tersebut menggunakan metode studi literatur dan dokumentasi yaitu dokumentasi data yang berisi definisi item-item data dan variabel-variabel yang digunakan dalam proses perancangan perangkat lunak *fuzzy* Tsukamoto. Data yang dikumpulkan menjadi dasar pengembangan sistem serta dasar untuk memodifikasi atau memperbaiki sistem di kemudian hari.

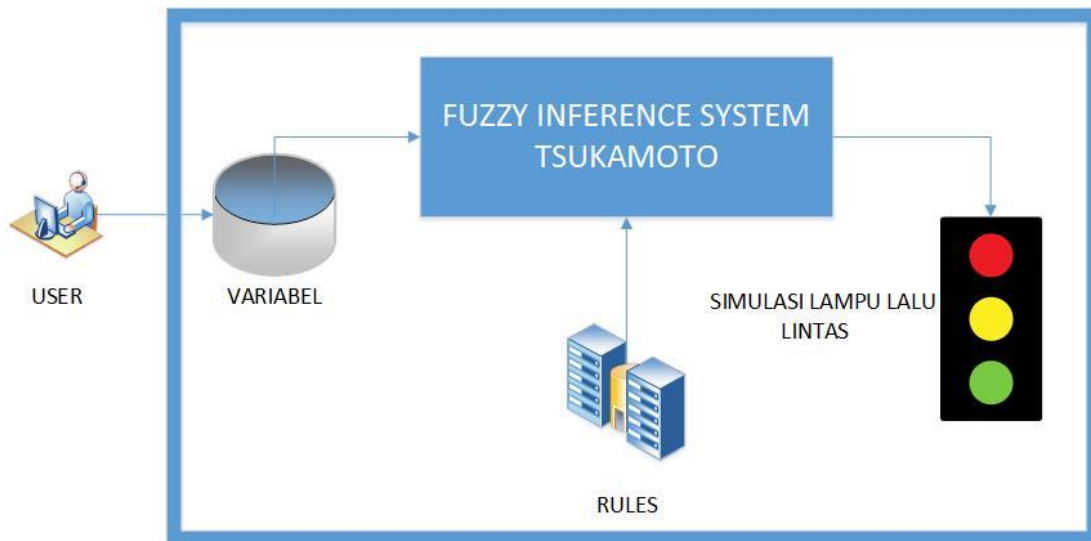
Metode analisis dan perancangan yang digunakan penulis untuk mengembangkan sistem adalah metode *prototype*. Metode *prototype* ini melakukan pendekatan secara sistematis dan urut, mulai dari level identifikasi kebutuhan sistem, kemudian tahap mengembangkan *prototype*, menguji kelayakan *prototype*, memprogram sistem berdasarkan kebutuhan, pengujian sistem, menentukan kelayakan sistem, dan penggunaan sistem [6].

Pada penelitian ini penulis tidak menggunakan sesi wawancara kepada pengguna dikarenakan pada kasus ini perangkat lunak tidak bertujuan untuk kepuasan pengguna, melainkan bertujuan untuk menemukan apakah sistem yang menggunakan *fuzzy* Tsukamoto dapat digunakan untuk menghitung lamanya lampu hijau menyala sesuai dengan inputan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, mendaftarkan dan mendefinisikan fungsi-fungsi yang akan dipakai dalam pembuatan perangkat lunak. Fungsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode logika *fuzzy*. Penelitian bertujuan untuk merancang sebuah sistem yang dapat menghitung lama lampu hijau menyala sesuai dengan kepadatan jalur. Supaya dapat mengetahui proses *input* dan *output* dari sistem yang dirancang, maka dibuatlah arsitektur perangkat lunak. Berikut ini adalah gambaran arsitektur perangkat lunak tersebut:

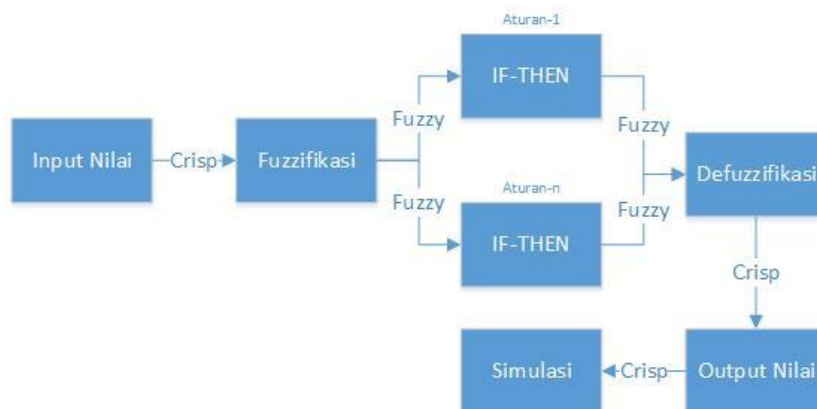
Perancangan Perangkat Lunak Simulasi Lampu Lalu Lintas Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto



Gambar 1. Arsitektur Perangkat Lunak

Arsitektur perangkat lunak pada gambar 1 terdapat beberapa bagian, yaitu *User*, Variabel, *Rules*, FIS Tsukamoto dan Simulasi Lampu Lalu Lintas. *User* disini merupakan pengguna perangkat lunak. *User* akan mengakses perangkat lunak untuk melakukan perhitungan pada komputer. Variabel adalah apa saja yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy, contoh nya umur, temperatur, permintaan dan sebagainya. Variabel-variabel fuzzy ini sendiri terdiri dari himpunan-himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* yaitu suatu grup yang mewakili suatu kondisi dalam satu variabel. *Rules* merupakan suatu peraturan prosedural yang menghubungkan informasi yang menjadi masukan dengan tindakan. Secara logika menghubungkan satu atau lebih premis dengan satu atau lebih kesimpulan. FIS Tsukamoto merupakan acuan untuk menjelaskan hubungan-hubungan antara variabel-variabel masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk *fuzzy*. Simulasi lampu lalu lintas akan menampilkan hasil perhitungan perangkat lunak.

Setelah mengetahui arsitektur dari perangkat lunak yang dirancang, dibutuhkan juga sebuah alur kerja sistem untuk menggambarkan secara jelas bagaimana cara kerja dari perangkat lunak tersebut. Alur kerja sistem ini terdiri dari input nilai, fuzzifikasi, penentuan *rules* atau aturan, defuzzifikasi, output nilai serta menampilkannya dalam simulasi. (Gambar 2).



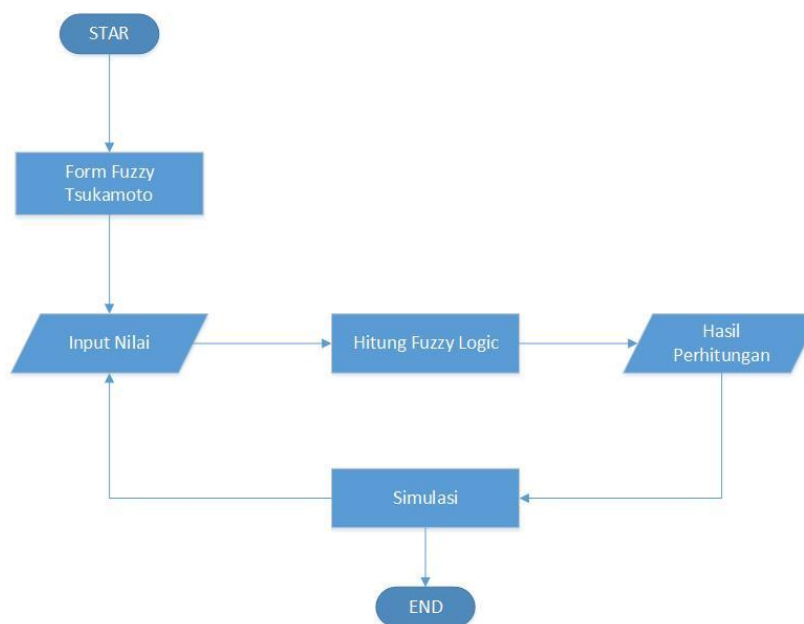
Gambar 2. Alur Kerja Sistem

Langkah pertama yaitu proses user menginputkan nilai tegas. Nilai tegas ini diinputkan ke dalam variabel-variabel yang telah ditentukan, seperti jumlah mobil, jumlah motor dan lebar kendaraan. Nilai tegas yang telah ditentukan kemudian akan diubah menjadi nilai fuzzy menggunakan variabel linguistik yang ada dalam basis pengetahuan fuzzy. Proses ini disebut juga dengan fuzzifikasi.

Setelah diperoleh nilai fuzzy kemudian akan dilakukan proses perhitungan pada mesin inferensi. Proses perhitungan ini mengikuti aturan-aturan (if-then rules) yang telah ditetapkan pada basis pengetahuan fuzzy. Hasil dari perhitungan yang dilakukan masih berupa output nilai fuzzy. Setelah didapat output nilai fuzzy kemudian akan dilakukan proses berikutnya yaitu proses mengubah output nilai fuzzy menjadi nilai tegas (crisp) berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Proses perubahan nilai fuzzy menjadi nilai numerik yang dapat dimengerti.

Setelah dilakukan proses defuzzifikasi maka akan diperoleh nilai tegas yang berupa lamanya lampu hijau menyala, proses perhitungan ini akan dilakukan perulangan selama 4 kali, sesuai dengan jumlah ruas yang ada pada aplikasi simulasi lampu lalu lintas. Apabila telah didapat nilai dari lamanya lampu hijau menyala dari setiap ruas, kemudian akan ditampilkan ke dalam bentuk simulasi lampu lintas secara sederhana berdasarkan nilai yang diperoleh.

Untuk memvisualisasikan sebuah sistem yang dirancang menggunakan *Flowchart*. Flowchart merupakan gambar atau bagan yang memperlihatkan urutan dan hubungan antar proses beserta instruksinya. (Gambar 3)

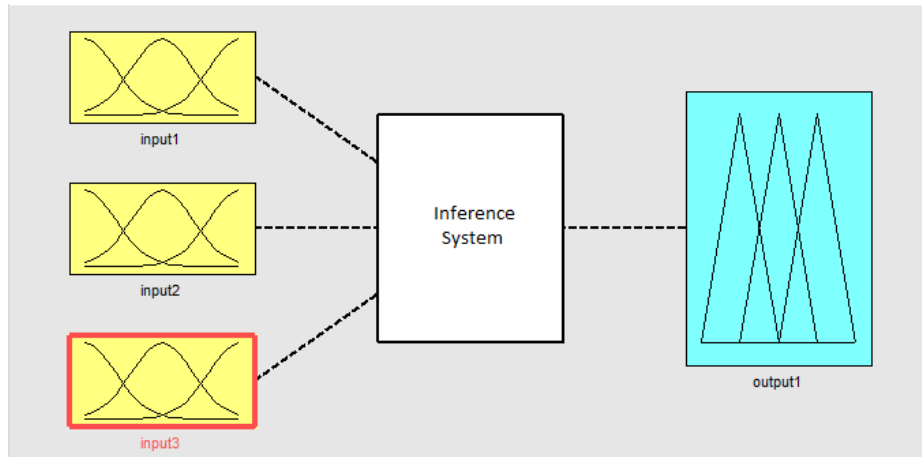


Gambar 3. Flowchart Fuzzy Tsukamoto

Berikut ini adalah Algoritma untuk *flowchart* perangkat lunak *fuzzy* Tsukamoto:

- a. Mulai
- b. Tampilkan form fuzzy Tsukamoto
- c. Menginputkan nilai pada variabel-variabel yang telah ditetapkan.
- d. Melakukan proses perhitungan menggunakan fuzzy Tsukamoto
- e. Memperoleh hasil perhitungan
- f. Menampilkan perhitungan kedalam simulasi sederhana
- g. Memilih apakah ingin melakukan perhitungan kembali, jika Ya kembali menginputkan variabel, jika Tidak maka Selesai.

Selanjutnya menentukan banyaknya *modul* yang akan digunakan dalam perangkat lunak tersebut. Selain itu komponen-komponen yang digunakan pada setiap *modul* akan ditentukan juga. Pada bagian ini, *modul* dan *form* digunakan sebagai *coding* supaya perangkat lunak dapat berjalan dengan baik sesuai tujuannya. Perancangan perangkat lunak ini menggunakan bahasa pemrograman VB.Net. (Gambar 4)



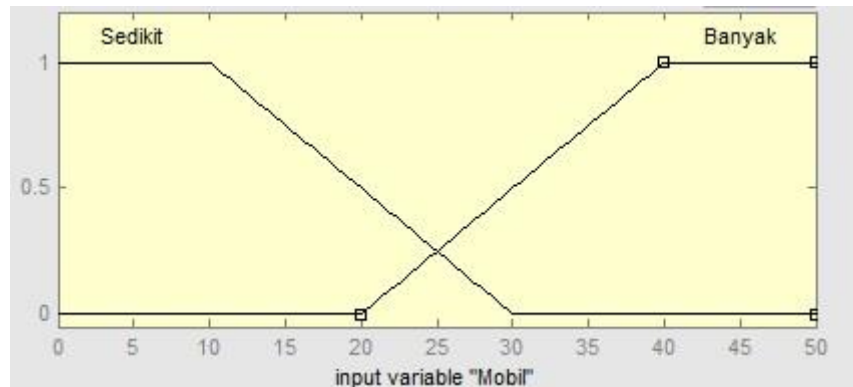
Gambar 3. Arsitektur Modul Logika Fuzzy

Dari arsitektur logika fuzzy pada gambar menjelaskan dimana adanya fuzzifikasi, yang merupakan proses konversi input-input (masukan) yang bersifat tegas ke dalam bentuk variabel linguistik, dimana terjadi proses pengkonversian input-fuzzy menggunakan aturan-aturan *if-then* menjadi output-fuzzy. Proses berikutnya defuzzifikasi, yaitu proses pengkonversian output-fuzzy dari sistem inferensi ke dalam bentuk tegas (crisp) menggunakan fungsi keanggotaan serupa (sebelumnya) menjadi sebuah nilai. Secara lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut:

Proses fuzzifikasi yaitu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (crisp) menjadi nilai fuzzy (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan masing-masing. Proses fuzzifikasi ini bertujuan untuk mencari nilai derajat keanggotaan fuzzy, nilai yang diperoleh berdasarkan fungsi keanggotaan dari setiap variabel. Proses ini menjadi acuan dalam penelitian ini adalah “berapa lama lampu hijau menyala?”. Maka untuk merepresentasikan dibentuklah variabel linguistik fuzzy yang lebih spesifik berikut ini:

Mobil (sedikt, banyak)

Kemudian mengkonversi variabel linguistik diatas menjadi nilai fuzzy dengan menggunakan fungsi kurva seperti dibawah ini.



Gambar 4. Representasi variabel mobil

Berdasarkan grafik pada gambar 4 Maka fungsi keanggotaan fuzzy dari variabel mobil, dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\mu_{MobilSedikit}(X) = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{30-x}{30-10}, & 10 < x < 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{MobilBanyak}(X) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{40-20}, & 20 < x < 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases}$$

Nilai derajat keanggotaan fuzzy dari variabel mobil diperoleh dari fungsi keanggotaan *MobilSedikit* dan *MobilBanyak*. Misalkan nilai x adalah nilai yang dimasukan oleh pengguna, maka secara lebih jelas dapat dilihat dari proses berikut.

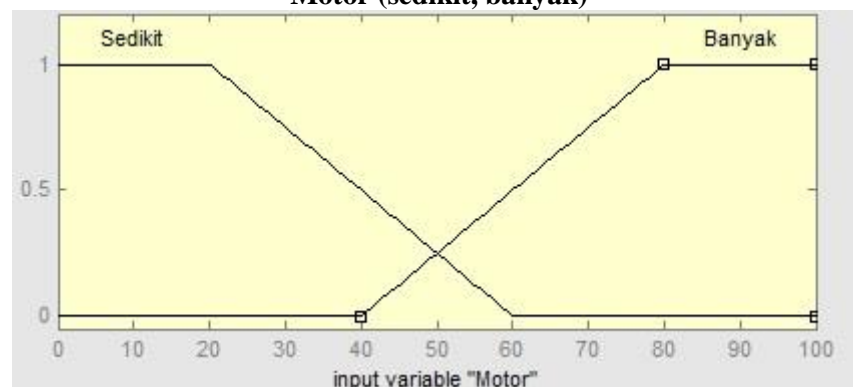
$$x = 23$$

$$\mu_{MobilSedikit}(23) = \frac{30-23}{30-10} = 0.35$$

$$\mu_{MobilBanyak}(23) = \frac{23-20}{40-20} = 0.15$$

Jika nilai yang dimasukan pengguna 23 untuk jumlah mobil dari variabel mobil, maka akan diperoleh nilai fuzzy 0.35 untuk fungsi keanggotaan *MobilSedikit* dan 0.15 untuk fungsi keanggotaan *MobilBanyak*.

Motor (sedikit, banyak)



Gambar 5. Representasi variabel motor

Berdasarkan grafik pada gambar 5 Maka fungsi keanggotaan fuzzy dari variabel motor, dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\mu_{MotorSedikit}(X) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{60 - x}{60 - 20}, & 20 < x < 60 \\ 1, & x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{MotorBanyak}(X) = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \\ \frac{x - 40}{40 - 80}, & 40 < x < 80 \\ 1, & x \geq 80 \end{cases}$$

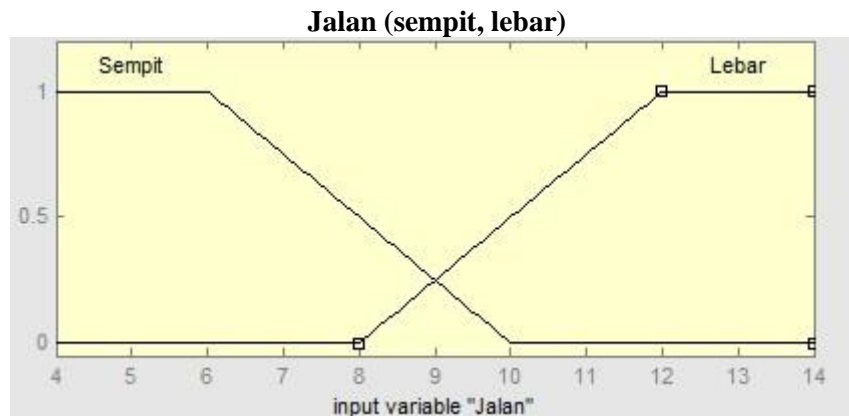
Nilai derajat keanggotaan fuzzy dari variabel motor diperoleh dari fungsi keanggotaan *MotorSedikit* dan *MotorBanyak*. Misalkan nilai x adalah nilai yang dimasukan oleh pengguna, maka secara lebih jelas dapat dilihat dari proses berikut.

$$x = 42$$

$$\mu_{MotorSedikit}(42) = \frac{60-42}{60-20} = 0.45$$

$$\mu_{MotorBanyak}(42) = \frac{42-40}{80-40} = 0.05$$

Jika nilai yang dimasukan pengguna 42 untuk jumlah mobil dari variabel motor, maka akan diperoleh nilai fuzzy 0.45 untuk fungsi keanggotaan *MotorSedikit* dan 0.05 untuk fungsi keanggotaan *MotorBanyak*.



Gambar 6. Representasi variabel jalan

Berdasarkan grafik pada gambar 6 maka fungsi keanggotaan fuzzy dari variabel jalan, dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\mu_{JalanSempit}(X) = \begin{cases} 0, & x \leq 6 \\ \frac{10 - x}{10 - 6}, & 6 < x < 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{JalanLebar}(X) = \begin{cases} 0, & x \leq 8 \\ \frac{x - 8}{8 - 12}, & 8 < x < 12 \\ 1, & x \geq 12 \end{cases}$$

Nilai derajat keanggotaan fuzzy dari variabel jalan diperoleh dari fungsi keanggotaan *JalanSempit* dan *JalanLebar*. Misalkan nilai x adalah nilai yang dimasukan oleh pengguna, maka secara lebih jelas dapat dilihat dari proses berikut.

$$x = 8$$

$$\mu_{JalanSempit}(8) = \frac{10-8}{10-6} = 0.5$$

$$\mu_{JalanLebar}(8) = 0$$

Jika nilai yang dimasukan pengguna 8 untuk lebar jalur dari variabel jalan, maka akan diperoleh nilai fuzzy 0.5 untuk fungsi keanggotaan *JalanSempit* dan 1 untuk fungsi keanggotaan *JalanLebar*.

Sistem inferensi adalah pemrosesan input-fuzzy menjadi output-fuzzy melalui aturan-aturan (rules). Dalam penelitian ini, variabel yang mempengaruhi output hanya terdapat tiga variabel, maka dibuat keputusan tentang relasi antara atribut variabel linguistik nilai dengan variabel linguistik nilai keanggotaan. Jadi hasil secara keseluruhan rule-rule adalah sebagai berikut:

- 1) JIKA Mobil Sedikit AND Motor Sedikit AND Jalan Sempit MAKA Waktu Cepat
- 2) JIKA Mobil Sedikit AND Motor Sedikit AND Jalan Lebar MAKA Waktu Cepat
- 3) JIKA Mobil Sedikit AND Motor Banyak AND Jalan Sempit MAKA Waktu Cepat
- 4) JIKA Mobil Sedikit AND Motor Banyak AND Jalan Lebar MAKA Waktu Cepat
- 5) JIKA Mobil Banyak AND Motor Sedikit AND Jalan Sempit MAKA Waktu Lambat
- 6) JIKA Mobil Banyak AND Motor Sedikit AND Jalan Lebar MAKA Waktu Lambat
- 7) JIKA Mobil Banyak AND Motor Banyak AND Jalan Sempit MAKA Waktu Lambat
- 8) JIKA Mobil Banyak AND Motor Banyak AND Jalan Lebar MAKA Waktu Lambat

Proses perhitungan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto yang digunakan di perangkat lunak akan dijelaskan sebagai berikut.

Misal:

Variabel Mobil

$$\mu_{MobilSedikit}(23) = \frac{30 - 23}{30 - 10} = 0.35$$

$$\mu_{MobilBanyak}(23) = \frac{23 - 20}{40 - 20} = 0.15$$

Variabel Motor

$$\mu_{MotorSedikit}(42) = \frac{60 - 42}{60 - 20} = 0.45$$

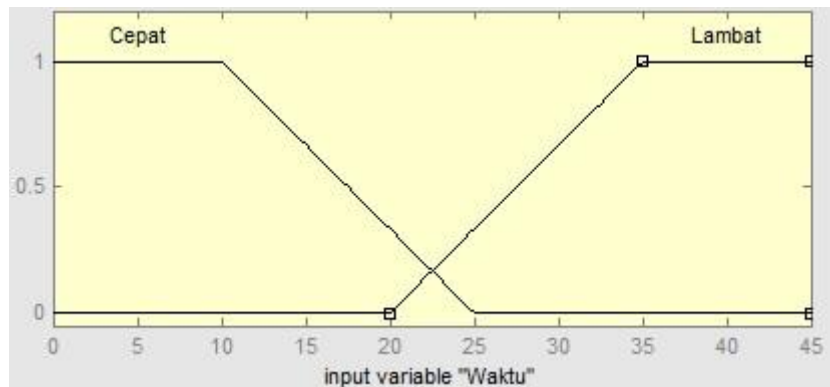
$$\mu_{MotorBanyak}(42) = \frac{42 - 40}{80 - 40} = 0.05$$

Variabel Jalan

$$\mu_{JalanSempit}(8) = \frac{10 - 8}{10 - 6} = 0.5$$

$$\mu_{JalanLebar}(8) = 0$$

Proses selanjutnya adalah mencari nilai predikat dari setiap variabel yang telah dimasukan menggunakan *rules* dan operator *MIN*, nilai ini sementara disimpan dalam variabel A. Setelah didapatkan nilai predikat A kemudian dilakukan proses Agregasi untuk memperoleh nilai Z. Rumus matematika untuk mendapatkan nilai Z diperoleh dari kebalikan fungsi keanggotaan dari variabel Waktu yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Representasi Variabel Waktu

Berdasarkan grafik pada gambar 7 Representasi variabel Waktu, maka untuk mendapatkan nilai Z diperoleh rumus:

$$\mu_{WaktuCepat}(Z) = \begin{cases} 10, & x = 1 \\ 25 - 15(\mu), & 10 < x < 25 \\ 25, & x = 0 \\ 35, & x = 1 \end{cases}$$

$$\mu_{WaktuLambat}(Z) = \begin{cases} 15(\mu) + 20, & 25 < x < 35 \\ 20, & x = 0 \end{cases}$$

Secara keseluruhan proses perhitungan dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini.

- $A1 = \text{MIN}(\text{MobilSedikit}(0.35), \text{MotorSedikit}(0.45), \text{JalanSempit}(0.5))$
- $Z1 = \text{WaktuCepat}(0.35) = 19.75$
- $A2 = \text{MIN}(\text{MobilSedikit}(0.35), \text{MotorSedikit}(0.45), \text{JalanLebar}(0))$
- $Z2 = \text{WaktuCepat}(0) = 20$
- $A3 = \text{MIN}(\text{MobilSedikit}(0.35), \text{MotorBanyak}(0.05), \text{JalanSempit}(0.5))$
- $Z3 = \text{WaktuCepat}(0.05) = 24.25$
- $A4 = \text{MIN}(\text{MobilSedikit}(0.35), \text{MotorBanyak}(0.05), \text{JalanLebar}(0))$
- $Z4 = \text{WaktuCepat}(0) = 25$
- $A5 = \text{MIN}(\text{MobilBanyak}(0.15), \text{MotorSedikit}(0.45), \text{JalanSempit}(0.5))$
- $Z5 = \text{WaktuLambat}(0.15) = 22.25$
- $A6 = \text{MIN}(\text{MobilBanyak}(0.35), \text{MotorSedikit}(0.45), \text{JalanLebar}(0))$
- $Z6 = \text{WaktuLambat}(0) = 20$
- $A7 = \text{MIN}(\text{MobilBanyak}(0.35), \text{MotorBanyak}(0.05), \text{JalanSempit}(0.5))$
- $Z8 = \text{WaktuLambat}(0.05) = 19.75$
- $A7 = \text{MIN}(\text{MobilBanyak}(0.35), \text{MotorBanyak}(0.05), \text{JalanLebar}(0))$
- $Z8 = \text{WaktuLambat}(0) = 20$

Defuzzifikasi merupakan proses mengubah output fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzifikasi. Berikut secara umum bentuk metode rata-rata fuzzy Tsukamoto:

$$Z = \frac{\sum ai \cdot zi}{\sum ai}$$

Dari perhitungan diatas menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots \alpha_n$). Kemudian masing-masing nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (crisp) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots z_n$). Hasil perhitungan ini akan disimpan dalam variabel Z, variabel ini lah yang menyimpan lamanya lampu hijau menyala. Secara lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh berikut.

$$Z \text{ Total} = \frac{(0.35 * 19.75) + (0 * 20) + (0.05 * 24.25) + (0 * 25) + (0.15 * 22.25) + (0 * 20) + (0.05 * 19.75) + (0 * 20)}{(0.35 + 0 + 0.05 + 0 + 0.15 + 0 + 0.05 + 0)}$$

$$= 21$$

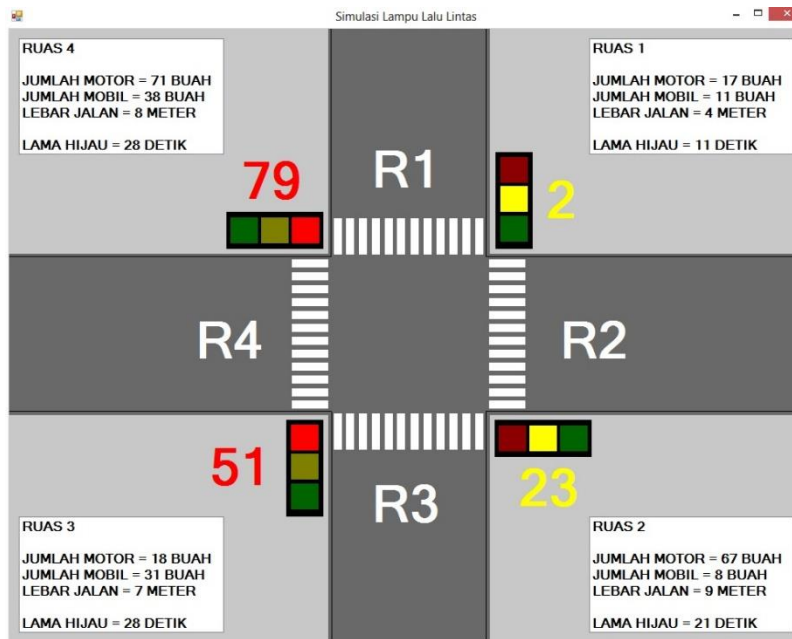
Jadi nilai lamanya lampu hijau menyala yang diperoleh adalah 21 Detik.

Pengujian terhadap suatu perangkat lunak bertujuan untuk melihat apakah perangkat lunak tersebut berfungsi sebagai aplikasi simulasi lampu lalu lintas menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian perangkat lunak ini, digunakan metode pengujian *blackbox*. Tahap pertama yaitu pengujian nilai variabel. Pada tahap ini, Pada tahap ini pengguna memasukan nilai variabel yang telah ditetapkan ke dalam sistem melalui *user interface* yang tersedia. Pengujian ini untuk melihat kestabilan sistem memasukan nilai apakah mengalami error atau tidak pada saat pengujian proses berlangsung. (Gambar 8)

Jumlah Kendaraan		Lebar Jalur	
Ruas 1	Mobil: 11	Ruas 1	Lebar: 4
Ruas 2	Mobil: 8	Ruas 2	Lebar: 9
Ruas 3	Sepeda Motor: 17	Ruas 3	Lebar: 7
Ruas 4	Sepeda Motor: 67	Ruas 4	Lebar: 8
Ruas 1	Mobil: 31		
Ruas 2	Mobil: 38		
Ruas 3	Sepeda Motor: 18		
Ruas 4	Sepeda Motor: 71		

Gambar 7. Pengujian *Input* Jumlah Kendaraan

Nilai- nilai variabel yang sudah dimasukan kemudian dilakukan proses perhitungan sesuai dengan *rules* dan algoritma yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah itu tahap berikutnya, pengujian proses simulasi. Pada tahap ini akan dilakukan proses simulasi lampu lalu lintas secara, proses simulasi ini dipengaruhi oleh proses perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Dari hasil perhitungan, maka diperoleh nilai lama lampu hijau menyala untuk setiap ruas. (Gambar 8)



Gambar 7. Hasil Pengujian Simulasi

4. KESIMPULAN

Perangkat lunak simulasi lampu lalu lintas menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto dilakukan dengan beberapa tahapan secara berurutan. Input nilai variabel adalah tahap pertama dalam perangkat lunak. Tahap kedua adalah fuzzifikasi dimana sistem mengubah nilai tegas menjadi nilai *fuzzy*. Tahap ketiga dilakukan proses perhitungan menggunakan *fuzzy* Tsukamoto sesuai dengan *rules* yang sudah ditentukan. Tahap keempat yaitu defuzzifikasi, dimana sistem mengubah nilai hasil perhitungan yang masih berupa nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas. Tahap kelima setelah diperoleh nilai tegas maka akan dilakukan proses simulasi lampu lalu lintas.

Perangkat lunak ini mampu melakukan perhitungan simulasi lampu hijau menyala menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto. Perangkat lunak menghasilkan jumlah detik lampu hijau menyala yang berbeda sesuai dengan *input* jumlah mobil, motor serta lebar jalur. Sistem lampu lalu lintas dengan logika *fuzzy* lebih efektif dibandingkan dengan sistem konvensional, hal ini dikarenakan sistem lalu lintas dengan logika *fuzzy* dapat menyesuaikan dengan kepadatan yang sedang terjadi pada suatu persimpangan jalan. Adapun terdapat kekurangan pada metode logika *fuzzy* yang digunakan sebagai proses perhitungan untuk menentukan lama lampu hijau menyala.

5. SARAN

Perangkat lunak ini dapat dikembangkan dengan menggunakan atau menambah metode lain Mamdani atau Sugeno. Program ini dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur *database* untuk menyimpan data hasil perhitungan simulasi. Perangkat lunak dapat dikembangkan lebih lanjut dari sistem dinamis dengan cara mengintegrasikan sistem ini dengan metode mikrokontroler serta *hardware* untuk melakukan pengamatan seperti CCTV. Perangkat lunak memerlukan perbaikan algoritma logika *fuzzy* yang diterapkan untuk melakukan proses perhitungan lama lampu hijau menyala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Setiadji., 2009. *Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- [2]. Kusumadewi, Sri., dan Purnomo, Hari., 2010, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Sistem Pendukung Keputusan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [3]. Prasetyo, Erwan Eko., 2016. Perbandingan Kinerja Pengendali Lampu Lalu Lintas Metode Fuzzy Tipe Sugeno Dengan Metode Waktu Tetap. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 3, no. 5, pp. 43-48.
- [4]. Taufik, Rahmat., Supriyono., Sukarman., 2008. Rancang Bangun Simulator Kendali Lampu Lalu Lintas Dengan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroller. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, pp. 459-466.
- [5]. Sommerville, I., 2011. *Software Engineering*. Ninth Edition, Addison-Wesley.
- [6]. Pressman, Roger S, 2002, *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*, CN Harnaningrum, Andi Offset, Yogyakarta.
- [7]. Shneiderman, Ben and Plaisant, Catherine (2010). *Designing the User Interface : Strategies*