SIMULASI PENGATURAN LAMPU LALU LINTAS PADA MULTI PERSIMPANGAN YANG BERDEKATAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat
menempuh ujian Sarjana Strata I (SI)
pada Jurusan Teknik Elektro

Disusun Oleh :
ANGGI TRIANA
13104012

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA
2009

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

SIMULASI PENGATURAN LAMPU LALU LINTAS PADA MULTI PERSIMPANGAN YANG BERDEKATAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Oleh :
ANGGI TRIANA
13104012

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Komputer Indonesia

Disahkan di Bandung, Agustus 2009

Menyetujui,
Pembimbing

Muhammad Aria, MT.
NIP. 4127.70.04.008

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Muhammad Aria, MT.
NIP. 4127.70.04.008

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

SIMULASI PENGATURAN LAMPU LALU LINTAS PADA MULTI PERSIMPANGAN YANG BERDEKATAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Oleh :
ANGGI TRIANA
13104012

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Komputer Indonesia

Disahkan di Bandung, Agustus 2009

Mensahkan,

Penguji I	**Penguji II**
Levy Olivia Nur, MT.	Tri Rahajoeningroem, MT
NIP. 4127.70.04.014	NIP. 4127.70.04.009

ABSTRAK

Sistem pengaturan lampu lalu lintas yang ada di Indonesia sekarang ini masih banyak yang menggunakan penghitung waktu (*timer*) sehingga terjadi penumpukan kendaraan pada salah satu atau semua jalur. Oleh karena itu, dirancang sebuah sistem yang berbasis logika fuzzy yang dapat mengatur lampu lalu lintas sesuai dengan kepadatan yang terjadi. Sehingga tidak lagi terjadi penumpukan kendaraan, apalagi pada enam persimpangan yang berdekatan.

Sistem ini merupakan simulasi pengaturan lampu lalu lintas pada persimpangan yang berdekatan menggunakan logika fuzzy dan sebagai pengontrolnya digunakan program simulator LabView versi 6.1. Cara kerja dari sistem ini berdasarkan aturan (*rule*) yang telah dibuat. Jika keadaan pada saat ruas jalan ketika lampu hijau lebih banyak atau sama dengan jumlah kendaraan yang menunggu saat lampu merah, maka sistem akan meneruskan lampu hijau di ruas jalan tersebut. Kemudian jika keadaan ruas jalan pada saat lampu hijau jumlah kendaraan lebih sedikit dari ruas jalan yang menunggu atau saat lampu merah, maka ruas jalan tersebut akan segera hijau, begitu seterusnya. Hasil dari simulasi ini diharapkan dapat diterapkan pada kondisi yang sebenarnya agar penumpukan kendaraan pada persimpangan yang berdekatan dapat teratasi.

Kata kunci : *Logika Fuzzy, pengontrol lampu lalu lintas, basis kaidah (rule)*

KATA PENGANTAR



Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puji dan syukur penulis penjatkan kehadirat Allah Subhannahu Wata'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga tugas akhir yang diberi judul "SIMULASI PENGATURAN LAMPU LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN YANG BERDEKATAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY", dapat diselesaikan. Dan tak lupa pula shalawat serta salam selalu tercurahkan pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW. Adapun maksud penyusunan skripsi atau tugas akhir ini adalah bertujuan untuk menyelesaikan program studi S1 dan merupakan salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Jurusan Teknik Elektro Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM) Bandung.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasan penulis, baik dalam penyajian materi, sistematika penulisan, sumber bacaan, pengetahuan dan pengalaman penulis. Walaupun demikian, penulis telah berusaha dan mencoba memberikan karya tulis yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyelesaian laporan ini, terutama kepada:

1. Bapak **Ir. Eddy Suryanto Soegoto, M.Sc**. sebagai Rektor UNIKOM Bandung.
2. Bapak **Prof. Dr. H. Ukun Sastraprawira, Ir., M.Sc.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.
3. Bapak **Muhammad Aria, MT**. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro UNIKOM Bandung sekaligus pembimbing dalam penulisan tugas akhir ini.

4. Ibu **Tri Rahajoeningroem, MT.** sebagai Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Universitas Komputer Indonesia.
5. Bapak dan Ibu **Dosen** Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer **UNIKOM Bandung** yang telah membekali ilmu pengetahuan kepada penulis selama menuntut ilmu di UNIKOM Bandung.
6. Ibu **Mery** selaku sekretaris jurusan Program Studi Teknik Elektro Universitas komputer Indonesia.
7. **Ayah dan Ibu,** yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta do'a restu kepada penulis.
8. **Kedua adikku**, yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis selama mengikuti masa perkuliahan.
9. **Keluarga Besar Alm. Bpk. M. Kahfi** dan **Bpk. Rumli**, yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis selama mengikuti masa perkuliahan.
10. **Aris Rusdia Nurdiansyah**, yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. My Best Friend, **David Mabrur Pranoto**, atas semua dukungan moril serta bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama inidemi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
12. Sahabat-sahabat kosan **Ciheulang 89A**, yang selalu memberikan dukungan moril kepada penulis.
13. Semua sahabat – sahabatku**,** dan rekan-rekan mahasiswa, terutama Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis selama mengikuti masa perkuliahan sampai menyelesaikan skripsi ini, yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati, penulis memanjatkan do'a kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala semoga amal dan budi baik yang telah mereka berikan kepada penulis mendapat pahala dari-Nya. Amiin.

Bandung, Juli 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR GAMBAR viii

BAB I. PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Tujuan 3

1.3. Rumusan Masalah 3

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Metoda Penelitian 4

1.5.1. Studi Pustaka 4

1.5.2. Pembuatan Plant Simulasi 4

1.5.3. Pembuatan Pengontrol Fuzzy 4

1.5.4. Pengujian dan Analisa 4

1.6. Sistematika Penulisan 5

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Logika Fuzzy 6

2.1.1. Perkembangan Sistem Logika Fuzzy 6

2.1.2. Sistem Pengontrolan Fuzzy 8
2.1.3. Fungsi Keanggotaan Fuzzy 12
2.1.4. Operator Dasar Operasi Keanggotaan Fuzzy 14
2.1.5. Defuzzifikasi 15
2.2. Lalu Lintas 15
2.2.1. Pengertian dan Persoalan Lalu Lintas 15
2.2.2. Pengelolaan Lalu Lintas 16
2.2.3. Rekayasa Lalu Lintas 18
2.2.4. Rambu Lalu Lintas 21
2.2.5. Pengendalian Lalu Lintas 23
BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SIMULASI 26
3.1. Perancangan Simulasi 26
3.2. Perancangan Menggunakan Logika Fuzzy 29
3.2.1. Next Phase Module 29
3.2.2. Green Phase Module 32
3.2.3. Decision Module 33
3.3. Tahapan Simulasi 35
3.3.1. Fuzzifikasi Next Phase Module 37
3.3.2. Fuzzifikasi Green Phase Module 37
3.3.3. Penentuan Keputusan 38
BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN 40
4.1. Next Phase Module 41
4.2. Green Phase Module 44

4.3. Decision Module 45

4.4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan 47

BAB V. PENUTUP 51

5.1. Kesimpulan.....51

5.2. Saran.....52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Aturan fuzzy untuk *Next Phase Module* 31

Tabel 3.2 Aturan fuzzy untuk *Green Phase Module* 33

Tabel 3.3 Aturan untuk *Decision Module* 34

Tabel 4.1 Hasil pengujian untuk fuzzy *short* 44

Tabel 4.2 Hasil pengujian untuk fuzzy *medium* 45

Tabel 4.3 Hasil pengujian untuk fuzzy *long* 47

Tabel 4.4 Hasil pengujian untuk fuzzy *very long* 48

Tabel 4.5 Hasil pengujian fuzzifikasi *Urgency* 50

Tabel 4.6 Hasil pengujian fuzzifikasi *Extend* 52

Tabel 4.7 Data hasil pengujian *Decision Module* 53

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Blok diagram logika fuzzy.....8

Gambar 2.2 Sistem Fuzzy Generik.....9

Gambar 2.3 Sistem Kendali Fuzzy 10

Gambar 2.4 Sistem Klasifikasi Fuzzy.....10

Gambar 2.5 Sistem Diagnosis Fuzzy 11

Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga.....12

Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium.....13

Gambar 2.8 Grafik representasi *Cycle* dan *Phase*.....23

Gambar 2.9 Diagram yang menunjukan contoh alokasi waktu dari pengontrol tipe VA 24

Gambar 3.1 Front Panel Simulasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas 27

Gambar 3.2 Program Simulasi Lampu Lalu Lintas.....28

Gambar 3.3 Program I/O.....28

Gambar 3.4 Fuzzifikasi dari *Queue Num, Front Num* dan *Red Time* 30

Gambar 3.5 Ilustrasi penggabungan ketiga modul 35

Gambar 3.6 *Flowchart* Simulasi Lampu Lalu Lintas menggunakan *Fuzzy*....36

Gambar 3.7 Salah satu program *Next Phase Module*.....38

Gambar 3.8 Persamaan untuk fungsi S (*short*).....38

Gambar 3.9 Persamaan untuk *Rule S* 38

Gambar 3.10 Salah satu program fuzzifikasi *Green Phase Module*.....39

Gambar 3.11 Persamaan untuk fungsi M 40

Gambar 3.12 Persamaan untuk *Rule L* 40

Gambar 3.7 Program untuk *Decision Module* 41

Gambar 4.1 Fuzzifikasi *Queue Num, Front Num*, dan *Red Time*.....43

Gambar 4.2 Front panel fuzzy *short*.....43

Gambar 4.3 Program fuzzy *short*.....44

Gambar 4.4 Fron panel untuk fuzzy *medium*.....45

Gambar 4.5 Program untuk fuzzy *medium* 45

Gambar 4.6 Front panel untuk fuzzy *long*.....46

Gambar 4.7 Program untuk fuzzy *long* 46

Gambar 4.8 Front panel untuk fuzzy *very long*.....48

Gambar 4.9 Program untuk fuzzy *very long*.....48

Gambar 4.10 Fuzzifikasi *Urgency*.....49

Gambar 4.11 Fuzzifikasi *Extend* 51

Gambar 4.12 Front panel Simulasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas menggunakan Logika Fuzzy 56

Gambar 4.13 Program Fuzzy untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas 57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengawasan dan pengendalian lalu lintas kota sedang menjadi masalah utama di banyak negara. Dengan terus meningkatnya jumlah kendaraan di jalan, menyebabkan kemacetan lalu lintas. Seiring dengan perkembangan otomotif, kemampuan olah gerak kendaraan semakin tinggi, terutama kecepatan, daya jelajah dan daya angkutnya. Oleh karena itu dituntut pula pengembangan rekayasa jaringan jalan, misalnya sistem persimpangan dengan sistem simpang susun. Perencanaan sirkulasi lalu lintas, sistem perparkiran, sistem angkutan masal merupakan sisi lain dari rekayasa lalu lintas.

Salah satu penyebab kemacetan lalu lintas adalah tidak seimbangnya antara kapasitas jaringan jalan dengan banyaknya kendaraan dan orang yang berlalu lalang menggunakan jalan tersebut. Masalah lalu lintas ini timbul pada saat volume lalu lintas mengalami ketidakseimbangan antara kapasitas jaringan jalan dengan permintaan, yakni volume lalu lintas orang, terutama kendaraan. Hal inilah yang menyebabkan kemacetan dan kesemerawutan lalu lintas, kecelakaan lalu lintas, ketegangan psikis pengguna jalan dan lain-lain.

Melihat pentingnya peranan lalu lintas dalam pengaturan kelancaran lalu lintas, maka diperlukan suatu rekayasa sistem untuk pengendalian lampu lalu lintas. Sistem pengendalian lalu lintas yang baik akan secara otomatis menyesuaikan diri dengan kepadatan arus lalu lintas pada jalur yang diatur.

Suatu sistem peralatan yang ditangani oleh komputer akan terasa lebih canggih, lebih pintar, lebih otomatis, lebih praktis, lebih efisien, lebih aman lebih teliti, dan lain sebagainya dibandingkan jika di tangani secara manual. Kemampuan komputer dapat diberdayakan melalui peningkatan kemampuan kinerja perangkat keras (*hardware*) atau pada perangkat lunak (*software*) atau perpaduan keduanya.

Pada tugas akhir ini, penyusun mencoba mensimulasikan pengontrol lampu lalu lintas menggunakan logika fuzzy pada multi persimpangan yang berdekatan. Ada beberapa alasan yang mendasari penyusun menggunakan logika fuzzy, yaitu:

1. konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti
2. logika fuzzy sangat fleksibel
3. logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat
4. logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks
5. logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional
6. logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah membuat pengontrol logika fuzzy untuk mengatur lampu lalu lintas pada multi persimpangan yang berdekatan yang diujikan secara simulasi.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini, yaitu tentang aplikasi logika fuzzy untuk sistem pengaturan lampu lalu lintas pada multi persimpangan yang berdekatan dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu : "Bagaimana mengaplikasikan logika *fuzzy* untuk mengatur lampu lalu lintas pada multi persimpangan yang berdekatan serta bagaimana mensimulasikan pengaturan tersebut?".

1.4. Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini permasalahan dibatasi sebagai berikut :

1. pengujian dilakukan secara simulasi
2. program simulator yaitu LabVIEW 6.1
3. simulasi hanya terbatas pada lampu merah dan hijau
4. kasus yang digunakan terdiri dari 6 persimpangan yang berdekatan
5. di asumsikan pada setiap persimpangan, kendaraan bergerak lurus (tidak ada yang berbelok ke kiri atau kanan)

1.5. Metoda Penelitian

1.5.1. Studi Pustaka

Untuk mendapatkan informasi-informasi yang berkaitan dengan proses penyusunan tugas akhir sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pensimulasian.

1.5.2. Pembuatan Plant Simulasi

Pada tahapan ini dibahas bagaimana merancang program simulasi, dari mulai penentuan aturan (*fuzzy rule*), proses fuzzifikasi, penentuan keputusan, proses dufuzzifikasi, sampai keluaran.

1.5.3. Pembuatan Pengontrol Fuzzy

Pada tahapan ini pembuatan pengontrol *fuzzy* disimulasikan dengan program LabVIEW 6.1.

1.5.4. Pengujian dan Analisa

Menganalisa dan menyimpulkan hasil-hasil simulasi, mengambil suatu kesimpulan dari hasil uji coba serta memberi saran pada proyek tugas akhir ini.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, dengan masing-masing bab sebagai berikut :

BAB I. Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini memuat teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penulisan.

BAB III. Perencanaan dan Pembuatan Simulasi

Menjelaskan mengenai tahapan-tahapan desain program simulasi untuk pengontrol lampu lalu lintas dengan menggunakan program simulator LabVIEW 6.1 sehingga dapat menggambarkan secara jelas bagaimana kinerja sistem pengontrol lampu lalu lintas menggunakan logika fuzzy pada multi persimpangan yang berdekatan.

BAB IV. Analisa dan Pembahasan

Bab ini membahas hasil dari simulasi dan menjabarkan hasil analisa yang telah diperoleh.

BAB V. Penutup

Bab ini memuat kesimpulan dan saran-saran dari seluruh pengerjaan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logika fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Antara input dan output terdapat satu kotak hitam yang harus memetakan input ke output yang sesuai.

2.1.1. Perkembangan Sistem Logika Fuzzy

Pada generasi pertama teknologi fuzzy, terdapat beberapa kendala yang ditemui untuk mengembangkan pada industri-industri atau sistem kendali yang telah ada. Saat itu belum ada metodologi yang sistematik tentang aplikasi pengendali fuzzy, penentuan rancang bangun yang tepat, analisa permasalahan, dan bagaimana pengaruh perubahan parameter sistem terhadap kualitas unjuk kerja sistem. Jadi tidak bisa diharapkan suatu rancang bangun yang universal dan strategi optimasi fuzzy dapat segera digunakan secara praktis.

Dalam perjalanan perkembangan suatu generasi teknologi menjadi lebih mantap dan berdaya guna tinggi, membutuhkan adanya pengembangan dasar pengetahuan dan dilakukannya berbagai macam riset atau penelitian yang bersifat eksperimental. Penelitian atau riset ini akan memberikan jawaban terhadap pertanyaan mendasar seperti : teori-teori apa saja yang masih secara praktis masih relevan untuk kemudian dikembangkan atau

teori mana saja yang sama sekali tidak bisa digunakan lagi? Teori yang bermanfaat adalah teori yang dianggap mampu menjembatani penggabungan pengendali fuzzy dengan sistem kendali konvensional atau algoritma kendali modern seperti jaringan neural, algoritma genetik, dan lain sebagainya.

Saat ini logika fuzzy telah berhasil menerobos kendala-kendala yang dulu pernah ditemui dan segera menjadi basis teknologi tinggi. Penerapan teori logika ini dianggap mampu menciptakan sebuah revolusi dalam teknologi. Sebagai contoh, mulai tahun 90-an para manufaktur industri yang bergerak di bidang *Distributed Control Sistem* (*DCSs*), *Prorammable Logic Control* (*PLCs*), dan *Microcontrollers* (*MCUs*) telah menyatukan sistem logika fuzzy pada barang produksi mereka dan memiliki prospek ekonomi yang baik.

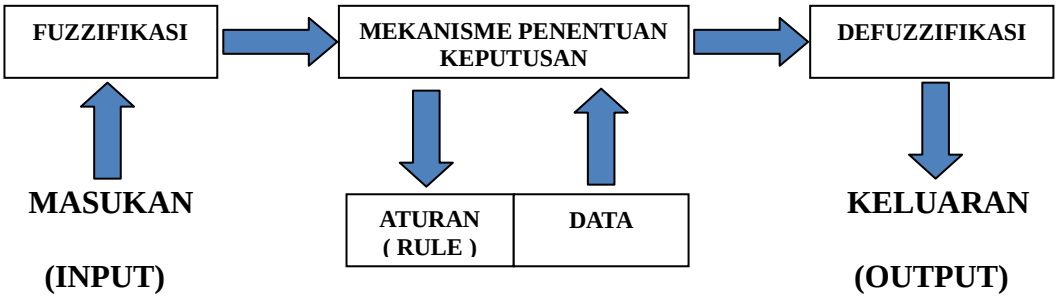
Ada dua alasan utama yang mendasari pengembangan teknologi berbasis sistem fuzzy, yaitu :

- Menjadi *state-of-the-art* dalam sistem kendali berteknologi tinggi. Jika diamati pengalaman pada negara-negara berteknologi tinggi, khususnya di negara Jepang, pengendali fuzzy sudah sejak lama dan luas digunakan di industri-industri dan alat-alat elektronika. Daya gunanya dianggap melebihi dari pada teknik kendali yang pernah ada. Pengendali fuzzy terkenal karena kehandalannya, mudah diperbaiki, dan yang lebih penting lagi pengendali fuzzy memberikan

pengendalian yang sangat baik dibandingkan teknik lain, yang bisaanya membutuhkan usaha dan dana yang lebih besar;

- Dalam perspektif yang lebih luas, pengendali fuzzy ternyata sangat bermanfaat pada aplikasi-aplikasi sistem identifikasi dan pengendalian *ill-structured*, dimana linieritas dan invariansi waktu tidak bisa ditentukan dengan pasti, karakteristik proses mempunyai factor *lag* (*ketertinggalan*), dan dipengaruhi oleh deru acak. Bentuk sistem seperti ini jika dipandang bentuk sistem konvensional sangat sulit untuk dimodelkan.

Proses mekanisme dari logika fuzzy dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dibawah ini.



Gambar 2.1 Blok diagram logika fuzzy

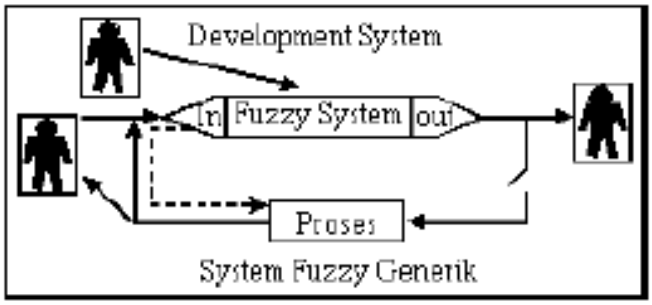
2.1.2. Sistem Pengontrolan Fuzzy

Ada beberapa sistem yang digunakan dalam logika fuzzy, diantaranya adalah :

A. Kendali Fuzzy

B. Klasifikasi Fuzzy

C. Diagnosis Fuzzy



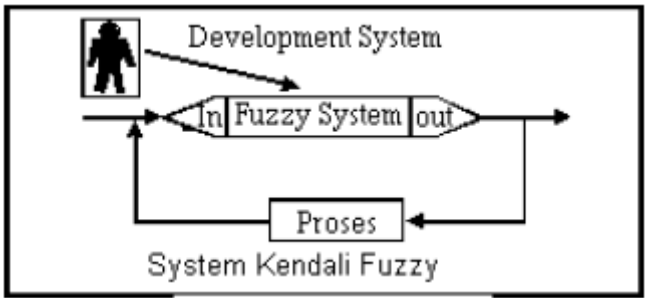
Gambar 2.2 Sistem Fuzzy Generik

Sistem fuzzy secara umum dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Pada gambar tersebut terdapat blok proses, sistem fuzzy dan sistem pengembangan (*development sistem*). Pihak *developer* diletakan paling atas pada gambar ini. Selain itu terdapat dua operator, yaitu seorang yang bertanggung jawab atas masukan untuk sistem fuzzy dan keluaran dari proses, dan seorang lagi bertugas membawa masukan ke dalam proses dan menentukan keluaran dari sistem fuzzy. Operator ini sebenarnya tidak harus seorang operator manusia, biasanya sistem fuzzy atau non-fuzzy yang berfungsi mengantarkan masukan atau keluaran sinyal proses. Dari gambar ini dapat diturunkan beberapa sistem fuzzy, seperti pengendali fuzzy, klasifikasi fuzzy dan sistem pendiagnosaan fuzzy.

A. Kendali Fuzzy

Sebuah kendali fuzzy yang digambarkan pada **Gambar 2.3** merupakan suatu sistem lingkar tertutup, di mana tidak terdapat operator yang menjadi bagian dari sistem lingkar kendali (*control loop*). Contoh dari sistem kendali ini adalah *vacuum cleaner*. Sistem pada alat ini mengatur daya motor penghisap tergantung pada banyaknya debu di lantai atau karpet. Contoh lain dari sistem kendali fuzzy adalah optimasi torsi

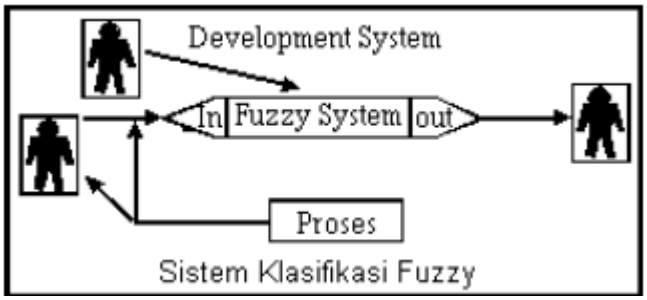
dalam sistem kereta listrik dan sistem kereta bawah tanah. Masukan sistem kandali berupa kecepatan kereta dan koefisien resistansi rel.



Gambar 2.3 Sistem Kendali Fuzzy

B. Klasifikasi Kendali Fuzzy

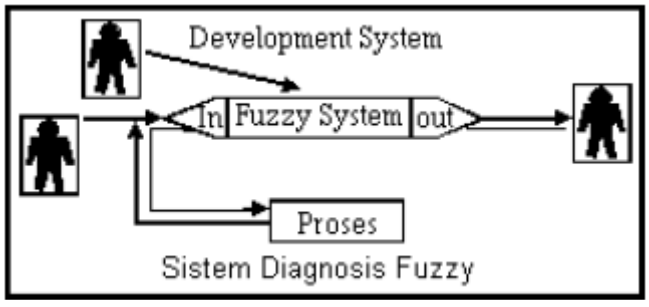
Pada sistem klasifikasi fuzzy (**Gambar 2.4**) tidak terdapat loop tertutup. Sistem ini hanya menerima masukan dan keluaran dari proses untuk selanjutnya memberikan informasi berupa kondisi (*state*) dari proses tadi. Informasi kondisi ini dapat digunakan untuk mengendalikan sistem atau memberikan tanggung jawab kendali kepada operator. Secara matematis, sistem klasifikasi lebih dekat pada teori himpunan dari pada teori fungsi. Pada sistem ini, sifat kesamaan (*Vagueness*) sering ditemui pada opini pakar dan jarang menggunakan model relasi fuzzy.



Gambar 2.4 Sistem Klasifikasi Fuzzy

C. Diagnosis Fuzzy

Pada sistem diagnosis fuzzy (**Gambar 2.5**) peranan manusia/operator lebih domain.pengiriman data dilaksanakna oleh operator ke dalam sistem, ketika sistem memerlikan data tambahan. Selain itu operator dapat meminta atau menanyakan informasi dari sistem diagnosis berupa hasil konklusi diagnosis atau prosedur detail hasil diagnosis oleh sistem. Dari sifat sistem ini, sistem diagnosis fuzzy dapat digolongkan pada sistem pakar fuzzy.sistem pakar fuzzy adalah sistem pakar yang menggunakan notasi fuzzy pada aturan-aturan dan proses inferensi (*logika keputusan*). Salah satu kelebihan sistem pakar fuzzy dibandingkan sistem pakar konvensional adalah jumlah aturan lebih sedikit, sehingga sistem lebih transparan untuk dianalisa. Kekurangannya adalah kehandalan sistem sangat tergantung pada baik-buruknya proses pengumpulan aturan seperti prosedur pertanyaan dan komponen-komponen kuisioner, serta sering terjadi kesulitan untuk menyimpulkan suatu pertanyaan tertentu oleh operator.



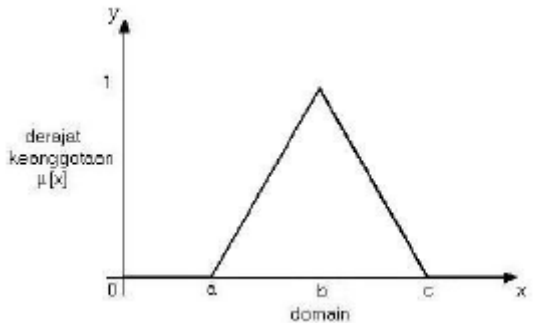
Gambar 2.5 Sistem Diagnosis Fuzzy

2.1.3. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Selain blok diagram dan sistem fuzzy diatas, ada beberapa fungsi keanggotaan fuzzy yang berguna untuk mendapatkan nilai keanggotaan dan digunakan sebagai perhitungan input output sistem. Diantaranya adalah :

A. Representasi Linier Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti terlihat pada **Gambar 2.6.**



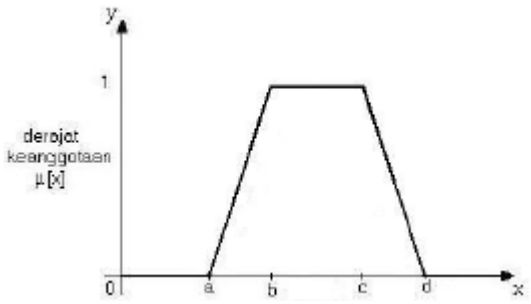
Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva segitiga adalah :

$$\mu[x] = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \qquad \text{(Persamaan 2.1)}$$

B. Representasi Kurva Trapesium

Pada dasarnya kurva trapezium hamper sama dengan kurva segitiga, akan tetapi ketika nilai domain telah mencapai derajat keanggotaan tertinggi terjadi nilai domain dengani nilai sama untuk beberapa saat kemudian nilai domain turun kembali menuju derajat keanggotaan terendah, seperti terlihat pada **Gambar 2.7.**



Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva trapezium adalah :

$$\mu[x == \max(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{x-d}{c-d}\right), 0) \qquad \text{(Persamaan 2.2)}$$

2.1.4. Operator Dasar untuk Operasi Keanggotaan Fuzzy

Untuk mengkombinasikan atau memodifikasi keanggotaan fuzzy, ada beberapa operasi yang didefinisikan, yaitu :

A. Fuzzy Membership

Jika *X* adalah suatu kumpulan obyek-obyek dan *x* adalah elemen dari *X*. Maka himpunan *fuzzy A* yang memiliki domain *X* didefinisikan sebagai:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \qquad \text{(Persamaan 2.3)}$$

B. Fuzzy Intersection

Salah satu operasi umum yang digunakan pada *Fuzzy Intersection* adalah operator MIN dab AND. Irisan dari dua buah himpunan *fuzzy A* dan *B* adalah himpunan fuzzy *C* dituliskan sebagai $C = A \cap B$ atau $C = A\ AND\ B$, memiliki fungsi keanggotaan yang berhubungan dengan *A* dan *B* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_C(x) = \min\ [\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cap \mu_B(x)$$ (Persamaan 2.4)

C. Fuzzy Union

Salah satu operasi umum yang digunakan pada *Fuzzy Union* adalah operator MAX atau operator OR. Gabungan dari dua buah himpunan *fuzzy* *A* dan *B* adalah himpunan fuzzy *C* ditulis sebagai $C = A \cup B$ atau $C = A\ OR\ B$, memiliki fungsi keanggotaan yang berhubungan dengan *A* dan *B* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_C(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cup \mu_B(x)$$ (Persamaan 2.5)

2.1.5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani dengan menggunakan metode *centroid*. Dimana pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan :

$$\mu(x) = \frac{\int_a^b x\mu(x)dx}{\int_a^b \mu(x)dx} \text{ atau } \mu(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^{n} x_i \mu(x_i)}$$

Ada dua keuntungan menggunakan metode *centroid*, yaitu :

a. nilai *defuzzyfikasi* akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan *fuzzy* juga akan berjalan dengan halus;

b. lebih mudah dalam perhitungan.

2.2. Lalu – Lintas

2.2.1. Pengertian dan Persoalan Lalu-Lintas

Lalu-lintas (*traffic*) adalah kegiatan lalu-lalang atau gerak kendaraan atau orang di jalanan. Masalah yang dihadapi dalam perlalulintasan adalah keseimbangan antara kapasitas jaringan jalan dengan banyaknya kendaraan dan orang yang berlalu-lalang menggunakan jalan tersebut. Persoalan lalu lintas timbul bila volume lalu lintas mendekati kapasitas jaringan jalan sebagai akibat ketidakseimbangan antara kesediaan berupa kapasitas jaringan jalan dengan permintaan, yakni volume lalu lintas orang, hewan dan terutama kendaraan. Wujud persoalannya adalah kemacetan dan kesemrawutan lalu lintas, kecelakaan lalu lintas, ketegangan psikis pengguna jalan, dan lain-lain.

2.2.2. Pengelolaan Lalu Lintas

PP No.3 Th. 1993 mendefinisikan bahwa pengelolaan lalu lintas meliputi perencanaan, pengaturan, pengawasan, dan pengendalian lalu lintas. Perencanaan lalu lintas meliputi penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan, inventarisasi dan evaluasi tingkat pelayanan, penetapan pemecahan masalah lalu lintas, serta penyusunan rencana dan program pelaksanaannya.

Pengaturan lalu lintas meliputi penetapan kebijakan lalu lintas pada jaringan atau ruas jalan tertentu, berupa perintah, anjuran dan larangan yang masing-masing mengandung konsekuensi hukum. Konsekuensi

hukumnya hampir sama dengan pengendalian yang meliputi pemberian arahan dan petunjuk dalam pelaksanaan kebijakan lalu lintas serta bimbingan dan penyuluhan kepada masayarakat mengenai hak dan kewajiban masyarakat dalam berlalu lintas.

Sebagaimana telah diutarakan, komponen lalu lintas terdiri dari manusia (pengguna jalan), kendaraan, dan jalan yang saling berkaitan satu sama lain yang saling mempengaruhi. Oleh karena itu, sasaran pengelolaan lalu lintas adalah pada ketiga komponen tersebut diatas. Karakteristik arus lalu lintas sangat berbeda dengan gerak perorangan. Peraturan perundang-undangan dan rekayasa dibidang perlalulintasan ditujukan untuk mengatur ketiga komponen diatas dengan tujuan melancarkan arus lalu lintas dan menurunkan tingkat kecelakaan lalu lintas. Dalam pelaksanaannya semua itu memerlukan pengawasan yang melipiti pemantauan dan penilaian kebijakan lalu lintas, serta tindakan korektif terhadap kebijakan lalu lintas sebagaimana dimaksud diatas.

Upaya mengelola lalu lintas pada dasarnya adalah upaya mengoptimalkan kapsitas jaringan jalan untuk menampung volume lalu lintas yang ada atau diperkirakan akan terjadi. Persoalan utama adalah kapasitas jaringan jalan sudah mendekati kejenuhan atau malah sudah melampaui, artinya persediaan (*kapasitas* =*C*) lebih kecil dari permintaan (*volume* lalu lintas =*V*).

Akibat $V > C$, maka lalu lintas mengalami kemacetan, kesemrawutan, dan kecelakaan. Akibat turunannya adalah meningkatnya biaya angkutan kerena pemborosan bahan bakar, tingginya tingkat kerusakan kendaraan, pemborosan waktu perjalanan, meningkatnya pencemaran lingkungan, meningkatnya ketegangan masyarakat, dan lain-lain. Semua ini merupakan kerugian public yang sebagian dapat diterjemahkan dalam satuan uang dan harus dibayar oleh masyarakat. Sebagian lagi tidak dapat (atau sulit, atau dapat namun secara tidak langsung) dinilai dalam satuan uang, namun tetap menjadi beban masyarakat. Pemecahan persoalan lalu lintas yang bersumber dari ketidakseimbangan antara C dan V dapat ditempuh dengan tiga cara :

Pertama menambah C dengan membangun jaringan jalan baru atau melebarkan jalan yang sudah ada. Cara ini tidak mungkin dilalukan terus-menerus sesuai dengan kebutuhan. Pelebaran jalan ada batasnya, karena pada batas tertentu akan berhadapan dengan masalah ekonomi-sosial-budaya yang sangat berat, kecuali dengan pengorbanan yang cukup besar. Kedua, mengurangi V dengan mengurangi banyaknya kendaraan yang melewati jalan tertentu. Cara ini hanya efektif untuk sementara, apalagi jumlah kendaraan selalu tidak bisa diimbangi dengan laju pembangunan jalan. Ketiga, menggabungkan cara pertama dan kedua melalui berbagai kebijakan lalu lintas yang tertuang dalam rekayasa dan peraturan perundang-undangan tentang perlalulintasan.

2.2.3. Rekayasa Lalu Lintas

Upaya pengendalian lalu lintas tidak cukup hanya diatur melalui peraturan perundang-undangan, tetapi perlu diimbangi dengan upaya di bidang kerekayasaan guna mendukung upaya hukum. Lalu lintas telah berkembang dengan sangat pesat sejalan dengan perkembangan otomotif. Kemampuan olah gerak kendaraan semakin tinggi, terutama kecepatan, daya jelajah, dan daya angkutnya. Oleh karena itu, dituntut pula pengembangan rekayasa jaringan jalan misalnya sistem persimpangan dengan sistem simpang susun. Perencanaan sirkulasi lau lintas, sistem perparkiran, sistem angkutan masal merupakan sisi lain dari rekayasa lalu lintas. Dalam rangka pelaksanaan pengelolaan lalu lintas di jalan, dilakukan rekayasa lalu lintas [PP No.43 Th.1993] yang meliputi :

1. Perencanaan, pembangunan dan pemeliharaan jalan
2. Perencanaan, pengadaan, pemasangan dan pemeliharaan rambu-rambu, marka jalan, alat pemberi isyarat lalu lintas, serta alat pengendali dan pemakai jalan

Perencanaan sebagaimana dimaksud diatas meliputi perencanaan kebutuhan, pengadaan dan pemasaran, pemeliharaan serta penyusunan program pelaksanaannya. Pemasangan dan penghapusan setiap rambu-rambu lalu lintas, marka jalan, alat pemberi isyarat lalu lintas, serta alat pengandali dan alat pengamanan pemakai jalan harus didukung oleh sistem informasi yang diperlukan.

Jalan direncanakan dan dirancang sedemikian rupa sehingga ada hirarki yang membentuk sistem pelayanan yang tak terpisahkan dengan pola tata ruang kegiatan. Watak jalan yang mampu berperan sebagai pemicu dan pemacu pembangunan adalah fakta yang nyata. Ruas jalan yang dibangun sebagai penghubung antara satu kawasan dengan kawasan yang lain, dengan serta merta mengubah nilai lahan pada jalur yang bersangkutan sebagai akibat dari akses yang meningkat. Akibatnya, tak terelakan lagi, kegiatan di sepanjang jalan tersebut berkembang.

Dalam penataan jaringan jalan, agar tersusun sistem jaringan yang baik, harus diperhatikan hirarki jairngan. Hirarki jaringan jalan akan menuntun pada susunan sistem pelayanan jasa angkutan jalan yang kemudian akan menjadi sistem sirkulasi lau lintas di jalan. Tidak kurang pentingnya adalah lingkungan disepanjang jalur jalan, karena hal ini cukup besar pengaruhnya dalam perlalulintasan. Lingkungan yang tertata dengan baik selain dapat menambah pengamanan bagi pengguna jalan, juga mempunyai peranan penting dalam keamanan berkendaraan sehingga dapat menaikan tingkat keamanan lalu lintas. Rambu-rambu, isyarat, lampu, marka jalan, pagar pengaman, pemilihan jenis tanaman pelindung adalah berbagai elemen lingkungan yang harus menjadi perhatian dalam mengelola perlalulintasan.

Menurut *Guide to Traffic Engineering Practice Part I*, Austroads 1988 kinerja arus lalu lintas dan kapasitas jalan dipengaruhi oleh kondisi fisik

jaringan jalan, seperti :

a. Lebar jalur jalan;
b. Rancang geometric jalan;
c. Kondisi dan jenis perkerasan jalan;
d. Lebar dan banyaknya jalur;
e. Gradient;
f. Jarak pandang;
g. Frekuensi dan bentuk persimpangan;
h. Kelengkapan jalan;
i. Hamparan dan daya tarik lintas.

Apabila persyaratan teknis semua elemen tersebut di atas terpenuhi, baik kualitas maupun kuantitas, maka kelancaran arus lalu lintas dapat terjamin. Guna memperlancar arus lalu lintas kendaraaan, jalur jalan dapat ditetapkan menjadi jalur searah atau jalur dua arah yang masing-masing dapat dibagi dalam beberapa jalur sesuai dengan lebar badan jalan. Jalur adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas sedangkan lajur adalah bagian jalur yang memanjang, dengan atau tanpa marka jalan, yang memiliki lebar cukup untuk laju satu kendaraan bermotor, selain sepeda motor. Membangun median jalan untuk membuat satu jalur jalan menjadi dua jalur yang berbeda arah dan tiap jalur terdiri atas beberapa lajur adalah upaya untuk memperlancar arus lalu lintas.

Persimpangan jalan adalah sumber konflik lalu lintas. Satu perempatan jalan sebidang menghasilkan 16 titik konflik. Oleh karena itu, upaya memperlancar arus lalu lintas adalah dengan ‘meniadakan’ titik konflik ini, misalnya dengan membangun pulau lalu lintas atau bundaran, memasang lampu lalu lintas yang mengatur giliran gerak kendaraan, menerapkan arus searah, menerapkan larangan belok kanan, maka titik konflik tinggal 4 buah, dan dengan simpang susun titik konflik secara teori ditiadakan.

2.2.4. Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas adalah salah satu alat perlengkapan jalan dalam bentuk tertentu yang memuat lambang, huruf, angka, kalimat dan/atau perpaduan di antaranya, yang digunakan untuk memberikan peringatan, larangan, perintah dan petunjuk bagi pemakai jalan. Rambu lalu lintas mengandung berbagai fungsi yang masing-masing memiliki konsekuensi hukum. Salah satu rambu lalu lintas adalah lampu lalu lintas. Alat pemberi isyarat lalu lintas ini berfungsi untuk mengatur lalu lintas kendaraan atau para pejalan kaki. Alat ini terdiri dari :

a. Lampu tiga warna

Banyaknya lampu dan penempatannya yang dibuat sedemikian rupa pada setiap jalur persimpangan lalu lintas bertujuan untuk memudahkan para pengguna jalan dalam mengikuti dan mematuhi pengaturan lalu lintas. Lampu tiga warna ini diperuntukan untuk mengatur kendaraan.

b. Lampu dua warna

lampu dua warna dipasang di samping lampu tiga warna bertujuan untuk mengatur waktu bagi pejalan kaki untuk menyebrang. Sehingga tidak sampai menimbulkan kecelakaan lalu lintas.

c. Lampu satu warna

Pada beberapa tempat yang dianggap perlu, dapat dipasangi lampu warna kuning yang terus-menerus berkedip, dengan tujuan member isyarat kepada para pengguna jalan untuk tetap waspada.

Lampu isyarat sebagian melekat pada kendaraan, sebagian lagi menjadi perlengkapan jalan (lampu kedip). Lampu isyarat yang melekat pada kendaraan misalnya: lampu rem, lampu isyarat belok, lampu dim. Lampu isyarat ini menjadi persyaratan teknis minimal pada setiap kendaraan yang dinyatakan layak jalan. Isyarat yang menjadi perlengkapan jalan, misalnya: lampu kedip berwarna kuning atau merah, cahaya berwarna kuning atau merah yang bersumber dari lempeng pantul.

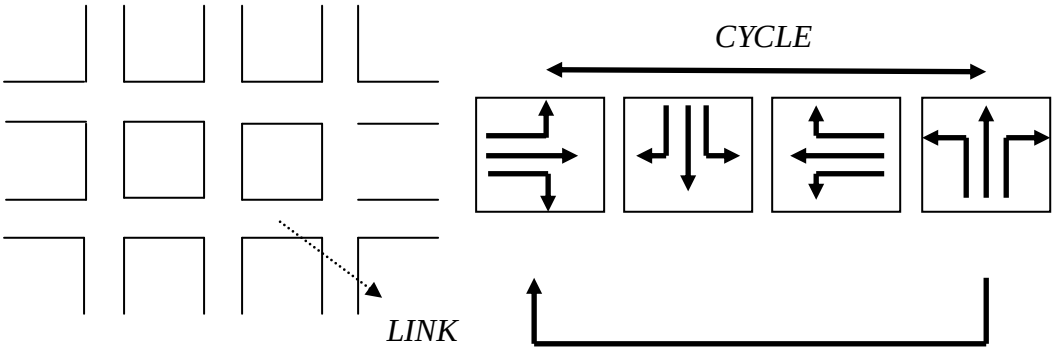
2.2.5. Pengendalian Lalu Lintas

Pengendalian lalu lintas meliputi pemberian arahan dan petunjuk serta bimbingan dan penyuluhan kepada masyarakat mengenai hak dan kewajiban masyarakat dalam pelaksanaan kebijakan lalu lintas. Prasarana beberapa jalur jalan dibatasi oleh ketentuan lebar jalur jalan, kelas jalan, perlengkapan jalan (marka), serta banyaknya lajur.

Guna mengatur dan mengendalikan kelancaran arus lalu lintas, berbagai upaya dilakukan dalam rangka mengelola sirkulasi kendaraan. Cara umum

yang dilakukan adalah menetapkan kebijakan seperti: lajur khusus, larangan belok kanan, sistem arus satu arah, atau sistem arus pasang.

Pada pengontrolan lampu lalu-lintas enam persimpangan, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu jarak antara persimpangan (*link*), tahapan (*phase*) yang menggambarkan jenis aliran lalu-lintas pada persimpangan, dan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi semua tahapan (*cycle*). Jarak antara persimpangan menentukan jumlah kendaraan, pada **Gambar 2.8** U, T, S, dan B menunjukan arah Utara, Timur, Selatan dan Barat dan grafik representasi yang menunjukan jarak antar persimpangan. Pada pengontrolan lampu lalu lintas ini, *cycle* dan *phase* merupakan *input* atau masukan dari sistem untuk mengontrol lampu lalu-lintas.



Gambar 2.8 Grafik representasi, *cycle* dan *phase*

Ada dua cara pengontrolan lampu lalu lintas, yaitu *Preset Cycle Time* (PCT) dan *Vehicle Actuated* (VA).

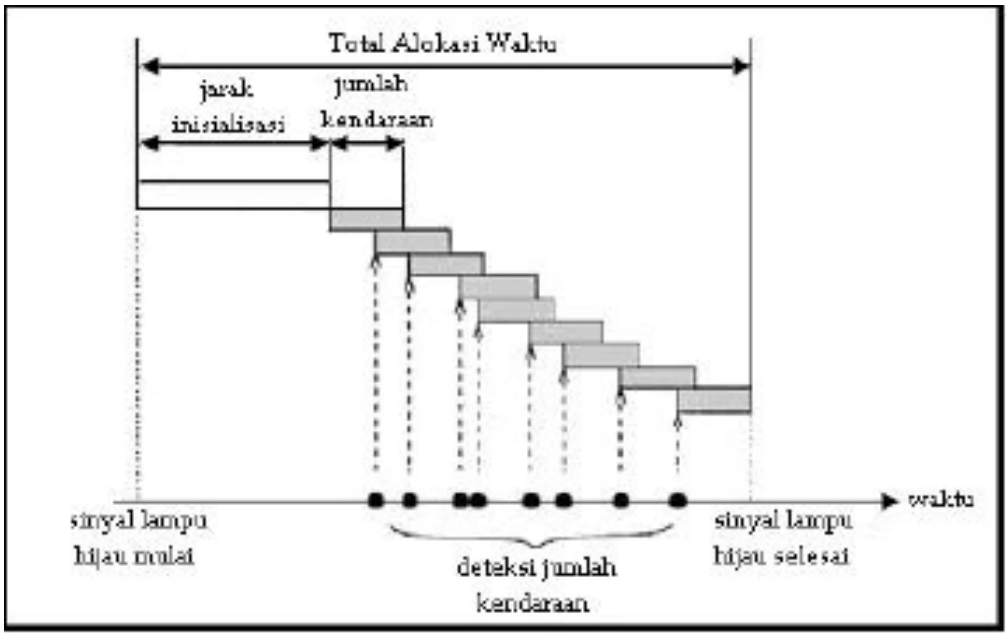
A. Preset Cycle Time (PCT) Controller

Preset Cycle Time (PCT) Controller merupakan pengontrolan untuk menentukan waktu lampu hijau, kuning dan merah untuk setiap tahapan (*phase*), dan durasi dari setiap tahapan pada satu putaran di atur secara bertahap pada setiap programnya. Metode ini tidak berubah menurut kondisi arus lalu-lintas. Kerugian dari metoda ini yaitu jika dipakai pada simpang tiga, lampu hijau tidak akan berkelanjutan dan tahap berikutnya dilanjutkan tanpa mempertimbangkan kepadatan kendaraan dari simpangan manapun.

B. Vehicle Actuated (VA) Controller

Vehicle Actuated (VA) Controller terdiri dari detektor yang dapat mengaktifkan suatu perubahan lamanya waktu setiap tahapan. Pada metoda ini, setiap persimpangan jalan memiliki detektor atau sensor kendaraan yang mendeteksi jumlah kendaraan pada setiap persimpangan. Metoda ini memiliki tiga parameter, yaitu *Initial Interval, Extension Unit,* dan *Extension limit*. Pada saat lampu hijau pertama kali menyala, maka waktu yang digunakan yaitu *Initial Interval*. Setelah itu, sinyal lampu hijau akan diteruskan oleh *Extension Unit*. Jika pada saat *Extension Unit* kendaraan masih terdeteksi, maka lampu hijau akan diperpanjang waktunya oleh *Extension Unit* yang lain. Bagaimanapun lampu hijau tidak akan

diperpanjang lagi ketika mencapai *Extension Limit*. **Gambar 2.9** menunjukan contoh dari alokasi waktu tingkatan tertentu pada tipe VA pengontrolan lampu lalu-lintas.



Gambar 2.9 Diagram yang menunjukan contoh alokasi waktu dari Pengontrolan tipe VA

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SIMULASI

3.1. Perancangan Simulasi

Untuk membuat simulasi pengontrol lampu lalu lintas pada persimpangan yang berdekatan dibutuhkan suatu simulator. Ada 6 persimpangan yang akan dibuat dengan menggunakan program simulator LABView 6.1 seperti terlihat pada **Gambar 3.1.** Sedangkan **Gambar 3.2** merupakan program simulasi untuk front panel **Gambar 3.1.**

Ada beberapa istilah yang digunakan dalam pengendalian lampu lalu lintas. Untuk sebaran kendaraan antara lain: *short* (pendek), medium, *long* (panjang), dan *very long* (sangat panjang).

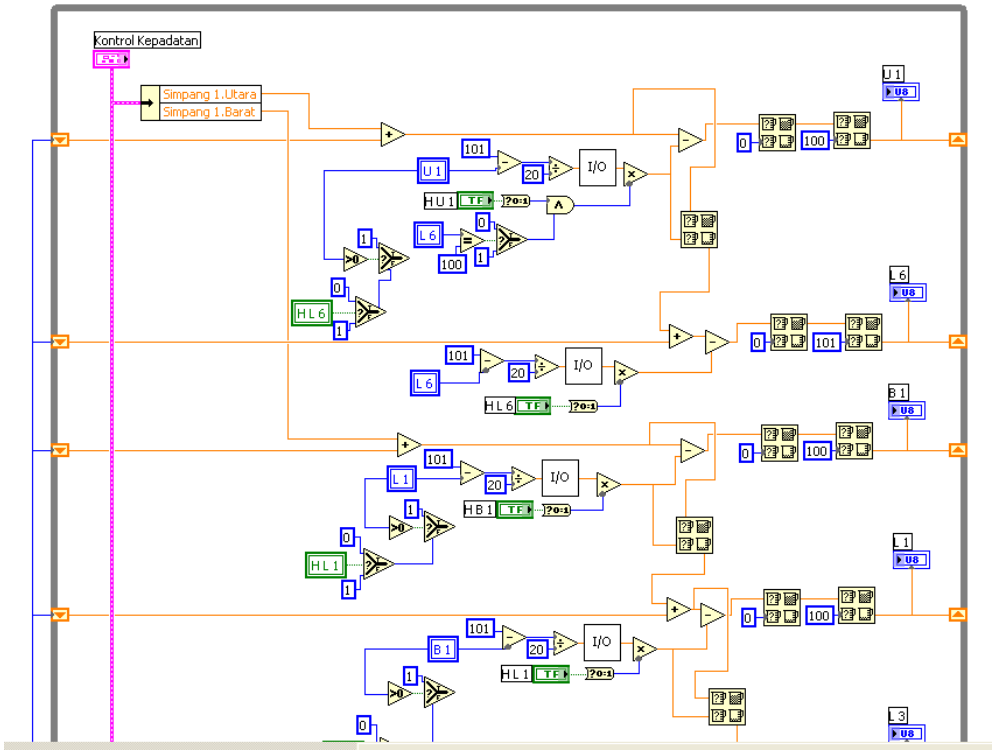
Untuk contoh kita ambil simpangan pertama. Jika U1 ada mobil lalu kontrol kepadatan simpang 1 utara di nol (tidak ada mobil masuk lagi), kemudian HU1 hijau dan HL6 merah, maka jumlah kendaraan pada L6 akan sama dengan jumlah U1 yang tadi. Jika kontrol kepadatan pada simpang 1 utara tidak nol (ada mobil masuk), HU1 hijau, HL6 merah, maka jumlah kendaraan pada L6 akan terus bertambah. Jika HU1 hijau, HL6 merah, dan jumlah kendaraan pada L6 telah mencapai batas maksimal, maka U1 bagai lampu merah (jumlah kendaraan akan terus bertambah seperti saat HL1 merah).

Ket: HU1 : lampu lalu lintas (merah/hijau) pada jalan utara 1

U1 : jumlah kendaraan pada simpang 1 utara

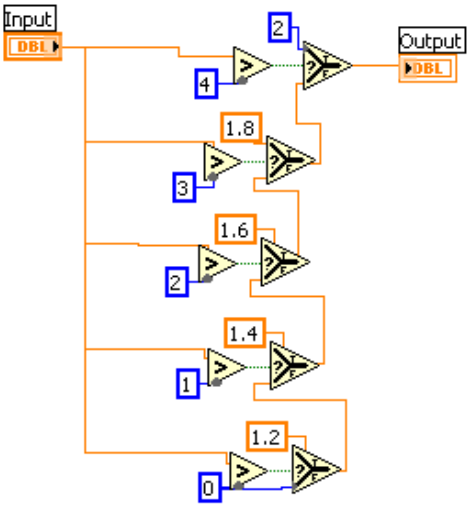
HL6 : lampu lalu lintas (merah/hijau) pada simpang pertama

L6 : jumlah kendaraan pada *link* 6



Gambar 3.2 Program Simulasi Lampu Lalu Lintas

Dalam program simulasi pengontrol lampu lalu lintas terdapat fungsi *input*/*output* (I/O) untuk menentukan keluaran dari setiap kondisi masukan. **Gambar 3.3** merupakan program untuk I/O.



Gambar 3.3 Program I/O

3.2. Perancangan Menggunakan Logika Fuzzy

3.2.1. Next Phase Module

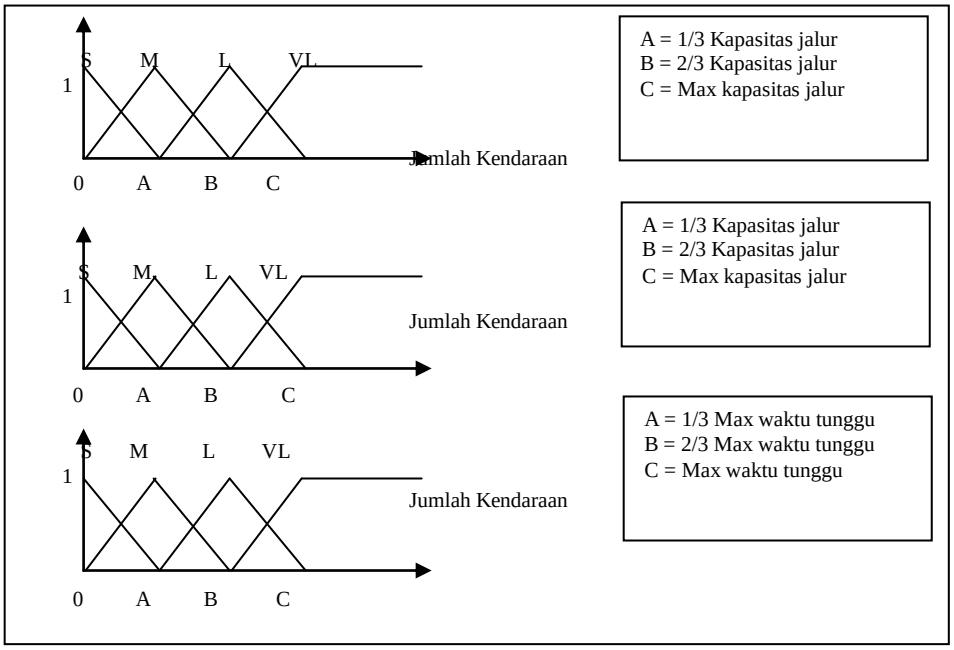
Next Phase Module yaitu fase pada saat lampu merah, memiliki 3 (tiga) *input* dan 2 (dua) *output*. Ketiga *input* tersebut adalah *Queue Num*, *Front Num*, dan *Red Time*. *Queue Num* yaitu jumlah kendaraan pada saat lampu merah menyala. *Front Num* yaitu jumlah kendaraan yang menunggu pada jalan penghubung (*link*). *Red Time* yaitu waktu pada saat lampu merah.

Sedangkan kedua *output*nya yaitu: *Urgency* dan *Phase*. *Urgency* merupakan kondisi lalu lintas yang paling diutamakan seberapa lamakah waktu untuk berpindah ke lampu hijau. *Phase* maerupakan fase yang dipilih untuk fase berikutnya setelah lampu hijau. Nilai dari *Urgency* pada setiap jalur merupakan penjumlahan dari fase tersebut.

Komponen fuzzifikasi variabel masukan dari *Next Phase Module* dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Pada modul ini terdapat 28 aturan dan ada 2 aturan yang harus diperhatikan pada *output Urgency*, yaitu:

a. Jika jumlah kendaraan pada penghubung (*Link*) antar persimpangan mencapai kapasitas maksimum, tidak ada kendaraan yang diijinkan untuk memasuki penghubung tersebut.

b. Jika *Red Time* sangat panjang, kendaraan akan diberikan prioritas untuk melintas. Hal ini ditujukan agar waktu tunggu untuk setiap kendaraan dapat diperkecil.



Gambar 3.4 Fuzzifikasi dari *Queue Num*, *Front Num*, dan *Red Time*

Rule 1 (aturan 1) pada **Table 3.1** menunjukan bahwa bagaimanapun *fuzzy* untuk *Queue Num* di set nol (*Zerro* = Z) dan berapapun *Front Num* dan *Red Time*, keluaran *Urgency* akan tetap nol (Z). jika nilai *Queue Num* dan *Red Time* makin besar, maka *Urgency* pun akan semakin besar secara otomatis. Akan tetapi jika nilai *Qeueu Num* semakin besar, maka nilai *Urgency* akan semakin kecil secara otomatis. Untuk mendapatkan kedua keluaran dari *Next Phase Module* (*Phase* dan *Urgency*), kita harus membandingkan seluruh nilai *Urgency* dari setiap fase kecuali saat fase lampu hijau.

Tabel 3.1 Aturan *Fuzzy* untuk *Next Phase Module*

RULE	INPUT			OUTPUT
	QEUEU NUM	FRONT NUM	RED TIME	URGENCY
1	Z			Z
2	S	S	S	S
3	S	S	M	S
4	S	S	L	M
5	S	M	S	S
6	S	M	M	S
7	S	M	L	M
8	S	L	S	S
9	S	L	M	S
10	S	L	L	S
11	M	S	S	S
12	M	S	M	M
13	M	S	L	L
14	M	M	S	S
15	M	M	M	M
16	M	M	L	L
17	M	L	S	S
18	M	L	M	M
19	M	L	L	M
20	L	S	S	M
21	L	S	M	L
22	L	S	L	VL
23	L	M	S	M
24	L	M	M	L
25	L	M	L	L
26	L	L	S	S
27	L	L	M	M
28	L	L	L	M

Ket : S = *Short* (pendek)

M = *Medium* (menengah)

L = *Long* (panjang)

VL = *Very Long* (sangat panjang)

Z = *Zerro* (nol)

Salah satu contoh cara kerja dari aturan di atas, jika kita lihat aturan ke tujuh. Saat antrian kendaraan pada salah satu persimpangan (*Qeueu Num*) pendek (S), kemudian antrian jumlah kendaraan pada jalan penghubung (*Front Num*) sedang (M) sedangkan waktu lampu merah pada jalan berikutnya (*Red Time*) panjang (L), maka keluaran *Next Phase Module* (*Urgency*) adalah sedang (M).

3.2.2. *Green Phase Module*

Green Phase Module merupakan keadaan atau fase pada saat lampu hijau menyala. Modul ini memiliki dua *input* yaitu *Qeueu Num* dan *Front Num* dan satu *output* yaitu *Extend*. Fuzzifikasi masukan dari modul ini sama dengan *Next Phase Module*, seperti yang ditunjukan **Gambar 3.4**, tetapi keluaran variable *fuzzy* dari modul ini (*Extend*) berisi lima fungsi keanggotaan. *Qeueu Num* merupakan jumlah antrian kendaraan pada saat lampu hijau menyala. *Front Num* merupakan jumlah kendaraan yang menunggu saat lampu hijau pada jalan penghubung. Keluaran *Green Phase Module* yaitu *Extend* merupakan penterjemahan kemungkinan yang terjadi ketika lampu hijau menyala. 10 aturan dari modul ini dapat dilihat pada **Table 3.2**

Tabel 3.2 Aturan Fuzzy untuk *Green Phase Module*

RULE	INPUT		OUTPUT
	QEUEU NUM	FRONT NUM	EXTEND
1	Z		Z
2	S	S	S
3	S	M	S
4	S	L	S
5	M	S	L
6	M	M	M
7	M	L	S
8	L	S	VL
9	L	M	VL
10	L	L	L

Melihat dari aturan diatas, ketika nilai *Queue Num* tinggi, nilai dari keluaran *Extend* juga akan ikut tinggi, dan ketika *Front Num* tinggi, maka *Extend* rendah. Untuk mendapat keluaran dari *Green Phase Module*, kita mengkombinasikan semua nilai *Extend* pada setiap jalur saat lampu hijau menyala.

Contoh cara kerja pada aturan diatas, kita ambil aturan ke lima. Jika jumlah kendaraan pada saat lampu hijau *Qeueu Num* sedang (M), dan kendaraan yang akan memasuki *link* (*Front Num*) pendek (S), maka keluaran dari *Green Phase Module* (*Extend*) panjang (L).

3.2.3. Decision Module

Decision Module membuat keputusan untuk perpindahan ke *Green Phase Module*. Masukan modul ini adalah keruaran dari *Next Phase Module* dan *Green Phase Module* yaitu *Urgency* dan *Extend*. Pada kasus ini kita menggunakan *Yes* untuk mengakhiri sinyal lampu hijau, dan *No* untuk melanjutkan sinyal lampu hijau. Jika *Urgency* lebih besar dari *Extend*, ini

menunjukan bahwa kondisi lalu lintas untuk fase berikutnya sangat besar dibandingkan dengan fase saat lampu hijau menyala, dan keluaran akan berganti ke fase selanjutnya daripada memperpanjang fase lampu hijau. Aturan dari *Decision Module* ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3** di bawah ini.

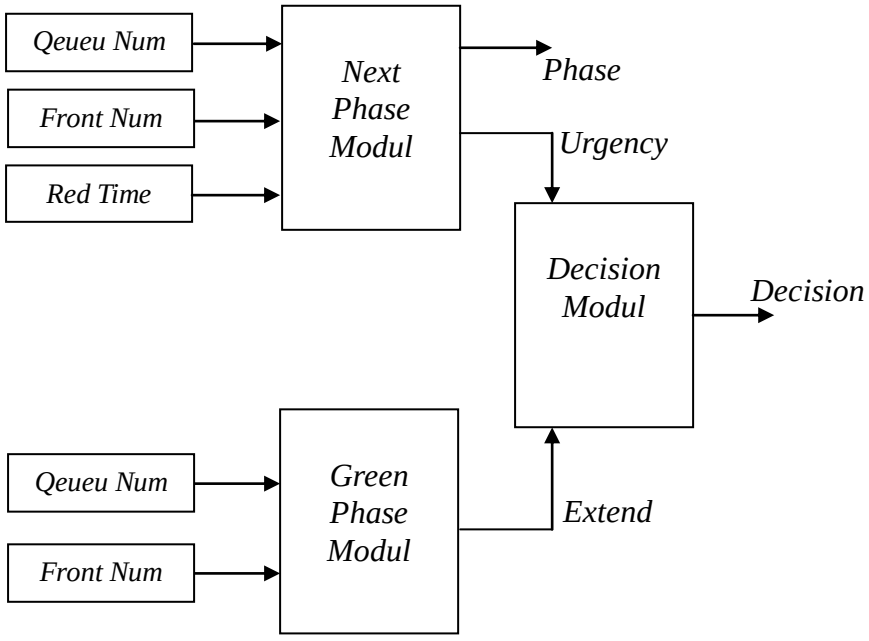
Tabel 3.3 Atruan untuk *Decision Module*

RULE	URGENCY	EXTEND	DECISION
1	Z	Z	NO
2	Z	S	YES
3	Z	M	YES
4	Z	L	YES
5	S	VL	YES
6	S	Z	NO
7	S	S	NO
8	S	M	YES
9	S	L	YES
10	S	VL	YES
11	M	Z	NO
12	M	S	NO
13	M	M	NO
14	M	L	YES
15	M	VL	YES
16	L	Z	NO
17	L	S	NO
18	L	M	NO
19	L	L	NO
20	L	VL	YES
21	VL	Z	NO
22	VL	S	NO
23	VL	M	NO
24	VL	L	NO
25	VL	VL	NO

Cara kerja dari aturan diatas, kita ambil aturan ke 20, jika *Extend* panjang (L), *Urgency* sangat panjang (VL), maka perintah yang keluar pada keluaran *Decision Module* adalah melanjutkan sinyal lampu hijau (*NO*).

3.2.4. Penggabungan Ketiga Modul

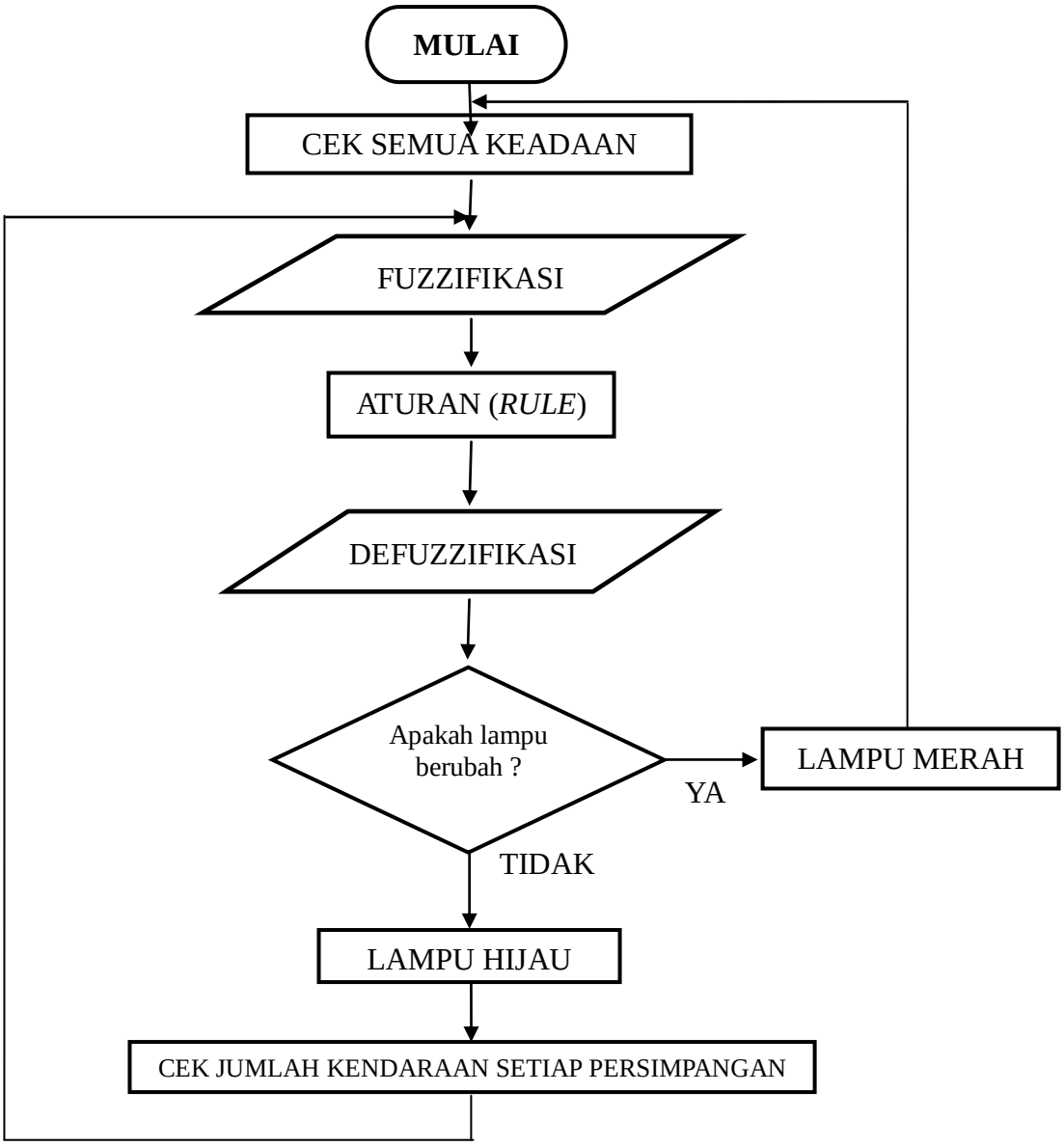
Perancangan logika fuzzy untuk pengaturan lampu lalu lintas pada multi persimpangan yang berdekatan dengan cara menggabungkan ketiga modul (*Grenn Phase Module*, *Next Phase Module*, dan *Decision Module*). **Gambar 3.5** merupakan mekanisme penggabungan dari ketiga modul.



Gambar 3.5 Ilustrasi penggabungan ketiga modul

3.3. Tahapan Simulasi

Tahapan simulasi dari pengontrol lampu lalu lintas pada persimpangan yang berdekatan ini menggunakan LABView 6.1. *Flowchart* dari simulasi ini dapat dilihat pada **Gambar 3.6** dibawah ini.



Gambar 3.6 *Flowchart* Simulasi Lampu Lali Lintas menggunakan *Fuzzy*

Pada saat program mulai dijalankan, ia akan mengecek semua keadaan, baik itu jumlah kendaraan, nyala lampu, dan waktu saat lampu merah. Setelah itu dilakukan proses fuzzifikasi untuk *Next Phase Module*, *Green Phase Module*, dan *Decision Module*. Keluaran dari masing-masing modul akan dicocokan dengan aturan (*rule*) yang ada. Kemudian

dilakukan proses defuzzifikasi berupa nyala lampu (merah atau hijau). Jika lampu merah, maka program akan kembali mengecek semua keadaan. Jika lampu berubah hijau, maka program akan mengecek jumlah kendaraan pada setiap persimpangan untuk menentukan jalan manakah yang akan mendapat priroritas utama untuk lampu hijau.

Tahapan dari simulasi pengontrol lampu lalu lintas dengan menggunakan logika fuzzy adalah.

1. Fuzzifikasi *Next Phase Module*
2. Fuzzifikasi *Green Phase Module*
3. Penentuan keputusan

3.3.1. Fuzzifikasi Next Phase Module

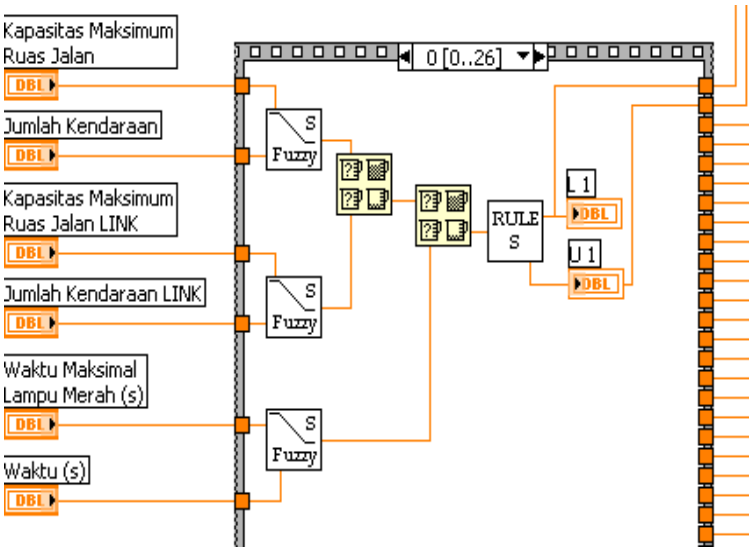
Pada tahapan ini ada beberapa komponen yang di fuzzifikasikan, yaitu:

a. fuzzifikasi *qeueunum* yaitu fuzzifikasi jumlah kendaraan yang menunggu pada saat lampu merah di satu jalur;

b. fuzzifikasi *frontnum* yaitu fuzzifikasi jumlah kendaraan yang berada pada saat lampu hijau;

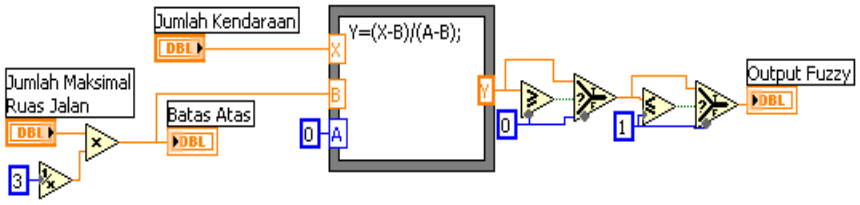
c. fuzzifikasi *redtime* yaitu waktu tunggu pada saat lampu merah menyala;

d. fuzzifikasi *urgency* yaitu fuzzifikasi untuk berubah ke lampu hijau.

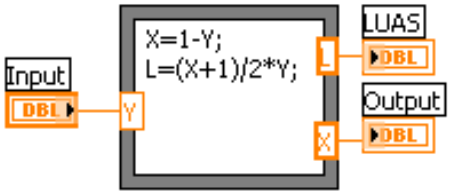


Gambar 3.7 Salah satu program *Next Phase Module*

Pada **Gambar 3.7** (salah satu program *Next Phase Module*) terdapat fungsi S dan aturan (RULE S). Untuk fungsi S digunakan fungsi keanggotaan linier. Persamaan yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.8**. sedangkan **Gambar 3.9** merupakan persamaan yang digunakan untuk *Rule S*.



Gambar 3.8 Persamaan untuk fungsi S (*Short*)



Gambar 3.9 Persamaan untuk *Rule S*

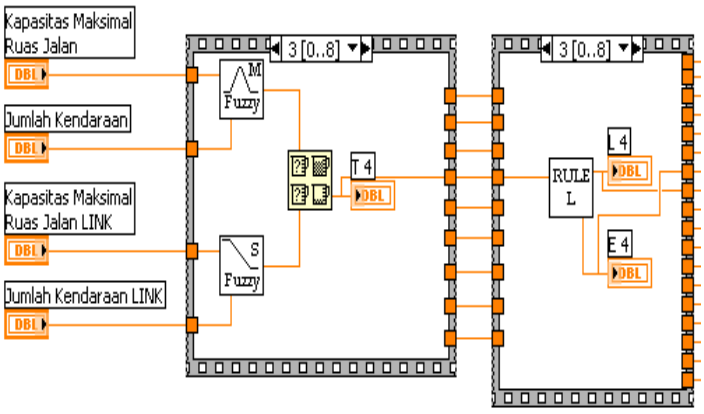
3.3.2. Fuzzifikasi Green Phase Module

Pada tahapan fuzzifikasi *Green Phase Module*, ada beberapa komponen yang difuzzifikasi, yaitu :

a. fuzzifikasi *qeueunum* yaitu fuzzifikasi jumlah kendaraan yang ada pada saat lampu hijau menyala;

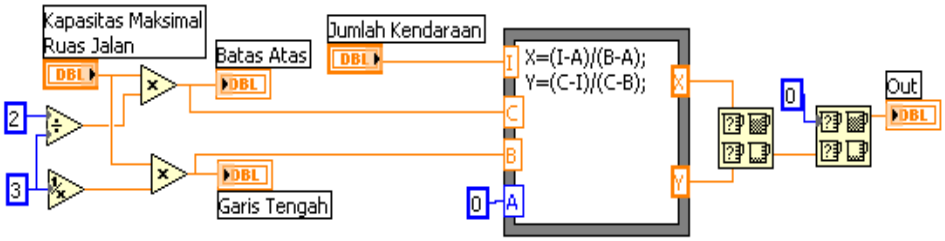
b. fuzzifikasi *frontnum* yaitu fuzzifikasi jumlah kendaraan yang menunggu pada saat lampu hijau;

c. fuzzifikasi *extend* yaitu fuzzifikasi seberapa lama lagi untuk lampu hijau.

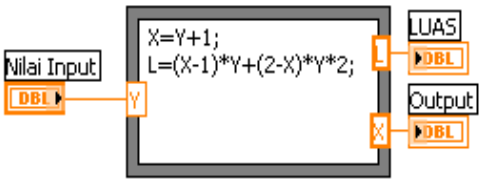


Gambar 3.10 Salah satu program fuzzyfikasi *Green Phase Module*

Pada **Gambar 3.10** (salah satu program *Green Phase Module*) terdapat fungsi M dan aturan (RULE S). Untuk fungsi M digunakan fungsi keanggotaan segitiga. Persamaan yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.11**. sedangkan **Gambar 3.12** merupakan persamaan yang digunakan untuk *Rule S*.



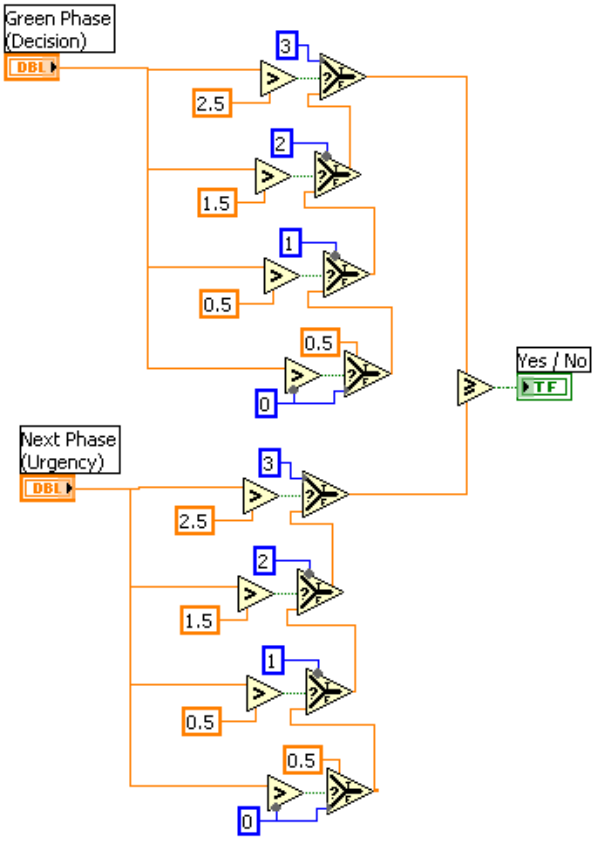
Gambar 3.11 Persamaan untuk fungsi M (*Medium*)



Gambar 3.12 Persamaan untuk *Rule L*

3.3.3. Penentuan Keputusan

Pada tahapan ini, penentuan keputusan menggunakan *Decision Module*. Masukan dari modul ini merupakan nilai keluaran dari *Next Phase Module* yaitu *Urgency* atau kondisi yang lebih diutamakan untuk segera lampu hijau dan nilai keluaran dari *Green Phae* Module yaitu *Extend* atau kondisi untuk mempertahankan lampu hijau. Salah satu program untuk *Decision Module* dapat dilihat pada **Gambar 3.13** dibawah ini.



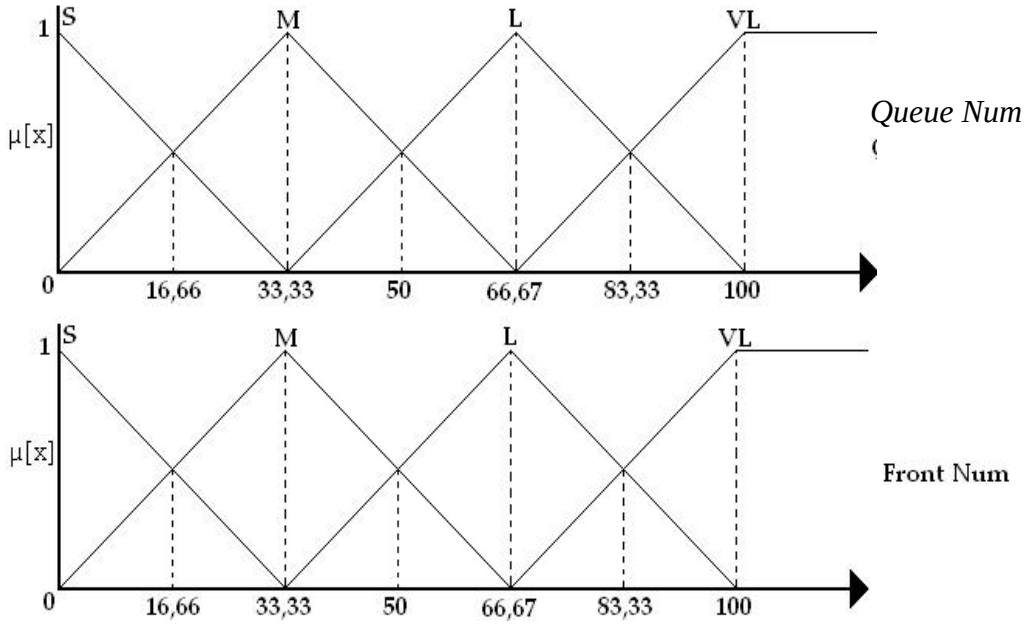
Gambar 3.13 Program untuk *Decision Module*

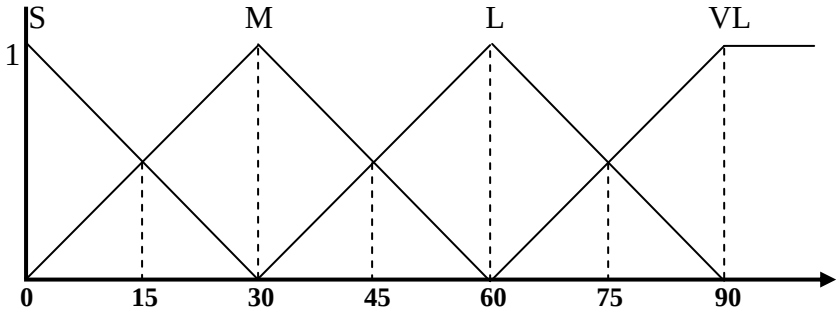
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil-hasil simulasi dan analisis dari hasil simulasi. Pada simulasi ini digunakan simulator LABView versi 6.1.

Analisa dan pembahasan sistem terhadap simulasi yang telah dibuat meliputi pengujian semua parameter fuzzy yang telah di buat, diantaranya: pengujian semua fungsi keanggotaan fuzzy, aturan (*rule*), *Next Phase Module*, *Green Phase Module*, *Decision Module*, dan simulasi pengaturan lampu lalu lintas. Pada simulasi ini kapasitas maksimal jalan di set 100 kendaraan, dan waktu maksimal lampu merah yaitu 90 detik, seperti terlihat pada **Gambar 4.1** dibawah ini.





Gambar 4.1 Fuzzifikasi *Qeueu Num*, *Front Num*, dan *Red Time*

4.1. Pengujian Fungsi Keanggotaan Fuzzy

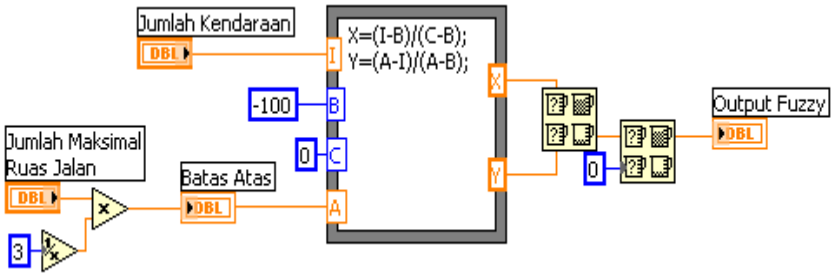
Pada simulasi ini ada dua fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan, yaitu fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapesium. Fungsi keanggotaan tersebut digunakan pada kondisi yang berbeda-beda. Istilah yang digunakan untuk kondisi-kondisi pada simulasi ini diantaranya : *short* (S), *medium* (M), *long* (L), dan *very long* (VL).

4.1.1. Pengujian Fuzzy Short

Ada dua parameter yang menjadi acuan apakah hasil simulasi telah sesuai dengan apa yang diharapkan, yaitu jumlah maksimal kendaraan dan jumlah kendaraan yang ada. Pada fuzzy *short* digunakan fungsi keanggotaan segitiga. **Gambar 4.2** merupakan front panel untuk fuzzy *short*, sedangkan **Gambar 4.3** merupakan program untuk fuzzy *short*.



Gambar 4.2 Front panel fuzzy short



Gambar 4.3 Program untuk fuzzy short

Hasil dari simulasi dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini.

Table 4.1 Hasil pengujian untuk fuzzy short

Jumlah Max Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Output
100	0	0.25
100	5	0.21
100	10	0.17
100	15	0.14
100	20	0.1
100	25	0.06
100	30	0.02

Dari **Tabel 4.1** terlihat ketika jumlah kendaraan semakin banyak, maka outputnya akan semakin kecil. Itu dikarenakan fungsi yang digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga. Jika kita lihat **Gambar 4.1**, ketika jumlah kendaraan semakin banyak, maka nilai untuk fuzzy semakin kecil.

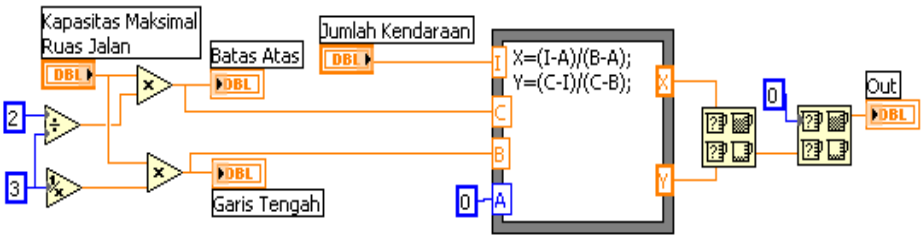
4.1.2. Pengujian Fuzzy Medium

Ada empat parameter yang menjadi acuan apakah hasil simulasi telah sesuai dengan apa yang diharapkan, yaitu jumlah maksimal kendaraan, jumlah kendaraan, batas atas, dan batas bawah. Sama seperti fuzzy *short*, pada fuzzy *medium* juga digunakan fungsi keanggotaan segitiga. **Gambar**

4.4 merupakan front panel untuk fuzzy *medium*, sedangkan **Gambar 4.5** adalah program untuk fuzzy *medium*.



Gambar 4.4 Front panel untuk fuzzy medium



Gambar 4.5 Program untuk fuzzy medium

Hasil dari simulasi dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil pengujian untuk fuzzy medium

Jumlah Max Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Output
100	0	0
100	5	0.15
100	10	0.3
100	15	0.45
100	25	0.75
100	35	0.95
100	45	0.65
100	50	0.5
100	60	0.05

Dari hasil pengujian terlihat nilai keluaran pada saat jumlah kendaraan kecil, nilai keluaran juga akan kecil. Nilai keluaran akan terus naik sampai

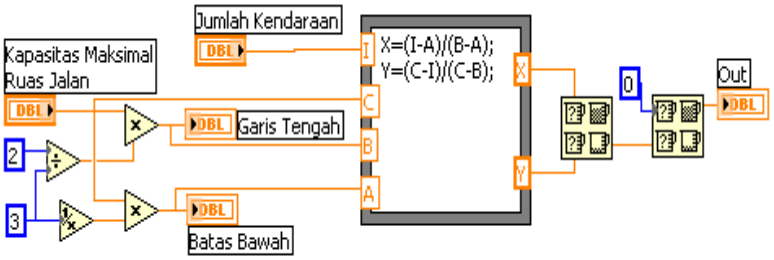
jumlah kendaraan mencapai nilai 33,33 yang merupakan batas tengah dari fungsi keanggotaan segitiga. Saat jumlah kendaraan melebihi garis tengah, maka nilai keluaran akan kembali turun walaupun jumlah kendaraan semakin besar.

4.1.3. Pengujian Fuzzy Long

Ada empat parameter yang menjadi acuan apakah hasil simulasi telah sesuai dengan apa yang diharapkan, yaitu jumlah maksimal kendaraan, jumlah kendaraan, batas atas, dan batas bawah. Sama seperti fuzzy *short* dan *medium*, pada fuzzy *long* juga digunakan fungsi keanggotaan segitiga. **Gambar 4.6** merupakan front panel untuk fuzzy *long*, sedangkan **Gambar 4.7** adalah program untuk fuzzy *long*.



Gambar 4.6 Front panel untuk fuzzy long



Gambar 4.7 Program untuk fuzzy long

Hasil dari simulasi dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil pengujian fuzzy long

Jumlah Max Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Output
100	25	0
100	40	0.2
100	50	0.5
100	65	0.95
100	67	0.99
100	70	0.9
100	80	0.6
100	90	0.3
100	99	0.03

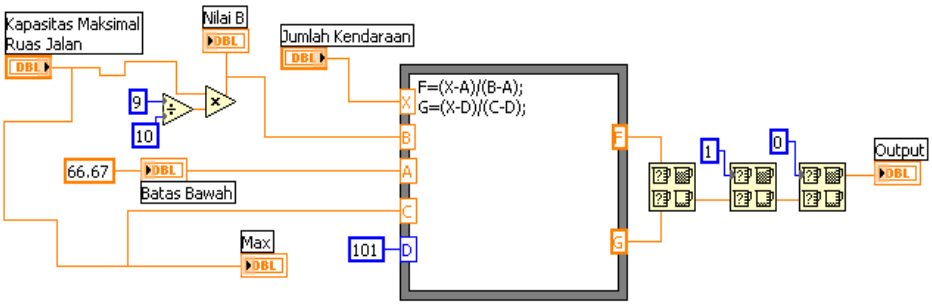
Dari hasil pengujian terlihat sama dengan hasil pengujian fuzzy medium. Pada saat jumlah kendaraan kecil, nilai keluaran juga akan kecil. Nilai keluaran akan terus naik sampai jumlah kendaraan mencapai nilai 66,67 yang merupakan batas tengah dari fungsi keanggotaan segitiga. Saat jumlah kendaraan melebihi garis tengah, maka nilai keluaran akan kembali turun walaupun jumlah kendaraan semakin besar.

4.1.4. Pengujian Untuk Fuzzy Very Long

Ada tiga parameter yang perlu diperhatikan pada fuzzy *very long*, yaitu : jumlah maksimal kendaraan, jumlah kendaraan, dan batas bawah. Pada fungsi *very long* digunakan fungsi keanggotaan trapesium. Persamaan yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**. **Gambar 4.8** merupakan front panel untuk fuzzy *very long*.



Gambar 4.8 Front panel untuk fuzzy very long



Gambar 4.9 Program untuk fuzzy very long

Hasil pengujian untuk fuzzy *very long* dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Hasil pengujian fuzzy very long

Jumlah Max Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Output
100	60	0
100	67	0.01
100	70	0.14
100	75	0.36
100	85	0.79
100	89	0.96
100	95	1
100	100	1
100	101	0

Dari **Tabel 4.4** terlihat ada nilai output yang sama ketika jumlah kendaraan berbeda nilainya. Ini karena penggunaan fungsi keanggotaan trapesium. Tapi saat jumlah kendaraan lebih dari 100, nilai output akan kembali turun.

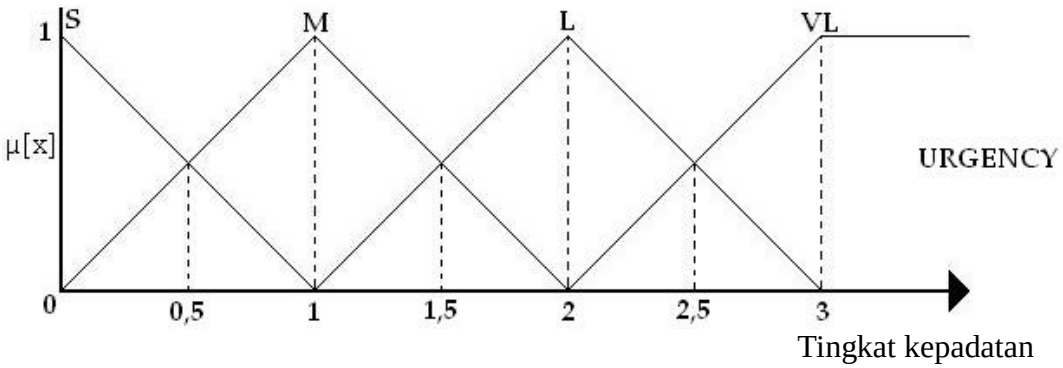
Hal ini akan menyebabkan error pada simulasi pengontrol lampu lalu lintas saat antrian kendaraan pada ruas jalan tertentu sangan panjang (*very long*).

4.2. Pengujian Modul

Terdapat tiga modul yang akan diujikan pada tahapan ini, yaitu : *Next Phase Module*, *Green Phase Module*, dan *Decision Module*.

4.2.1. Pengujian Next Phase Module

Pada modul ini terdapat tiga parameter yang menjadi acuan apakah hasil simulasi sesuai dengan aturan (*rule*) yang telah dijelaskan pada **tabel 3.1**, yaitu jumlah kendaraan yang menunggu saat lampu merah (*Queue Num*), jumlah kendaraan yang berada pada jalan penghubung antar persimpangan (*Front Num*), dan waktu lamanya lampu merah menyala (*Red Time*). Dan yang menjadi keluarannya adalah *Urgency* yaitu kondisi yang lebih diutamakan untuk segera lampu hijau. Agar lebih mudah untuk perhitungan maka dibuatkan *fuzzifikasi Urgency* seperti **Gambar 4.10**. Hasil pengujian *next phase module* dengan data acak dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.



Gambar 4.10 Fuzzifikasi *Urgency*

Tabel 4.5 Hasil pengujian fuzzifikasi *Urgency*

INPUT			OUTPUT	HASIL	Output yang diharapkan
Queue Num	Front Num	Red Time	Urgency		
0	0	0	0	Z	Rule 1 (Z)
4	5	4	0.43	S	Rule 2 (S)
5	5	45	0.48	S	Rule 3 (S)
5	5	135	0.83	M	Rule 4 (M)
10	15	30	0.48	S	Rule 5 (S)
10	15	50	0.5	S	Rule 6 (S)
10	15	150	0.83	M	Rule 7 (M)
10	50	30	0.48	S	Rule 8 (S)
15	70	70	0.44	S	Rule 9 (S)
10	70	150	0.3	S	Rule 10 (S)
30	10	30	0.52	M	Rule 11 (S)
30	10	50	0.65	M	Rule 12 (M)
45	10	150	1.52	L	Rule 13 (L)
30	30	30	0.53	M	Rule 14 (S)
30	30	50	0.72	M	Rule 15 (M)
30	30	110	0.87	M	Rule 16 (L)
45	70	30	0.45	S	Rule 17 (S)
30	55	50	0.63	M	Rule 18 (M)
45	70	150	0.53	M	Rule 19 (M)
70	10	30	0.9	M	Rule 20 (M)
70	10	70	1.53	L	Rule 21 (L)
70	10	150	1.83	L	Rule 22 (VL)
70	45	30	0.78	M	Rule 23 (M)
70	45	70	1.06	M	Rule 24 (L)
70	45	150	1.13	M	Rule 25 (L)
70	70	30	0.45	S	Rule 26 (S)
70	70	70	0.82	M	Rule 27 (M)
70	70	150	0.75	M	Rule 28 (M)

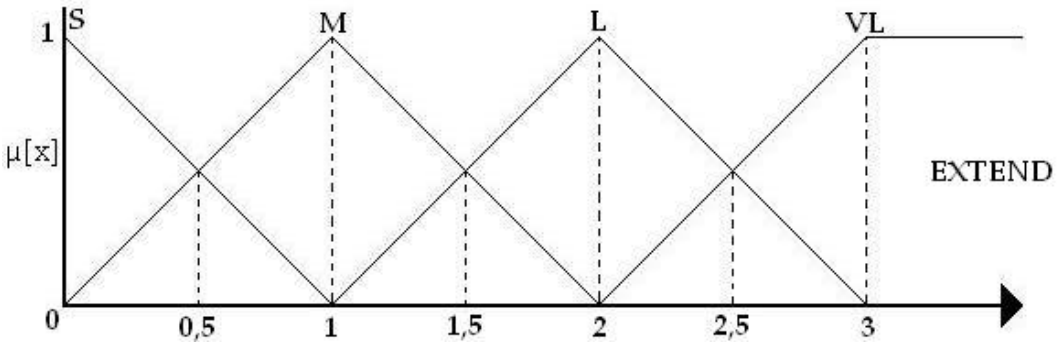
$$\%error = \left(\frac{6}{28}\right) x\ 100\% = 21{,}43\ \%$$

Dari hasil perhitungan *next phase module* diatas, didapat prosentase ketepatan data sebesar 78,57% untuk pengujian seluruh *rule*. Kesalahan keputusan

yang diambil oleh sistem dikarenakan penggunaan SubVI yang bertumpuk, sehingga perhitunngan tidak secara langsung, tetapi menunggu rule-rule yang lain (*delay*).

4.2.2. Green Phase Module

Pada modul ini terdapat dua parameter yang menjadi acuan apakah hasil simulasi sesuai dengan aturan (*rule*) yang telah dijelaskan pada **Tabel 3.2**, yaitu jumlah kendaraan saat lampu hijau (*QueueuNum*), dan jumlah kendaraan yang berada pada jalan penghubung antar persimpangan (*FrontNum*). Sedangkan yang menjadi keluarannya adalah *Extend* yaitu kondisi untuk mempertahankan lampu hijau. Agar lebih mudah untuk perhitungan maka dibuatkan *fuzzifikasi Extend* seperti **Gambar 4.11**. Data hasil perhitungan *green phase module* dengan mengambil nilai secara acak dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dibawah ini.



Gambar 4.11 Fuzzifikasi *Extend*

Tabel 4.6 Perhitungan *Green Phase Module*

INPUT		OUTPUT	HASIL	Output yang diharapkan
Queue Num	**Front Num**	**Extend**		
0	0	0	Z	Rule 1 (Z)
5	5	0.47	S	Rule 2 (S)
5	45	0.44	S	Rule 3 (S)
5	70	0.3	S	Rule 4 (S)
45	5	1.43	M	Rule 5 (L)
45	45	0.99	M	Rule 6 (M)
30	60	0.33	S	Rule 7 (S)
70	10	2.59	VL	Rule 8 (VL)
70	30	2.84	VL	Rule 9 (VL)
70	70	1.9	L	Rule 10 (L)

$$\%\ error = \left(\frac{1}{10}\right)\ x\ 100\% = 10\%$$

Dari hasil perhitungan *green phase module* diatas, didapat prosentase ketepatan data sebesar 90% untuk pengujian seluruh *rule*. Kesalahan keputusan yang diambil oleh sistem dikarenakan penggunaan SubVI yang bertumpuk, sehingga perhitunngan tidak secara langsung, tetapi menunggu rule-rule yang lain. Dan juga ketika nilai perhitungan seluruh kondisi berada pada titik yang sama, sehingga kondisi yang dipilih oleh sistem untuk *crips* adalah acak.

4.2.3. Decision Module

Pada modul ini terdapat dua parameter yang menjadi acuan apakah hasil simulasi sesuai dengan aturan (*rule*) yang telah dijelaskan pada T**abel 3.3**, yaitu kondisi yang diutamakan untuk segera lampu hijau (*Urgency*), dan kondisi untuk mempertahankan lampu hijau (*Extend*). Dan yang menjadi

keluarannya yaitu *Decision* kondisi dimana mempertahankan lampu hijau (*No*) atau belalih ke lampu merah (*Yes*). *Sampling* data hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dibawah ini.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian *Decision Module*

INPUT		**OUTPUT**	**Output yang diharapkan**
Extend	**Urgency**	**Decision**	
0	0	NO	Rule 1 (NO)
0	0.4	YES	Rule 2 (YES)
0	1	YES	Rule 3 (YES)
0	2	YES	Rule 4 (YES)
0.4	3	YES	Rule 5 (YES)
0.4	0	NO	Rule 6 (NO)
0.4	0.4	NO	Rule 7 (NO)
0.4	1	YES	Rule 8 (YES)
0.4	2	YES	Rule 9 (YES)
0.4	3	YES	Rule 10 (YES)
1	0	NO	Rule 11 (NO)
1	0.4	NO	Rule 12 (NO)
1	1	NO	Rule 13 (NO)
1	2	YES	Rule 14 (YES)
1	3	YES	Rule 15 (YES)
2	0	NO	Rule 16 (NO)
2	0.4	NO	Rule 17 (NO)
2	1	NO	Rule 18 (NO)
2	2	NO	Rule 19 (NO)
2	3	YES	Rule 20 (YES)
3	0	NO	Rule 21 (NO)
3	0.4	NO	Rule 22 (NO)
3	1	NO	Rule 23 (NO)
3	2	NO	Rule 24 (NO)
3	3	NO	Rule 25 (NO)

Dari *sampling* data yang didapkan dari perhitungan *decision module* seperti yang terlihat pada **Tabel 4.7** diketahui bahwa perhitungan tersebut sesuai dengan aturan (*rule*) yang terdapat pada **Tabel 3.3**.

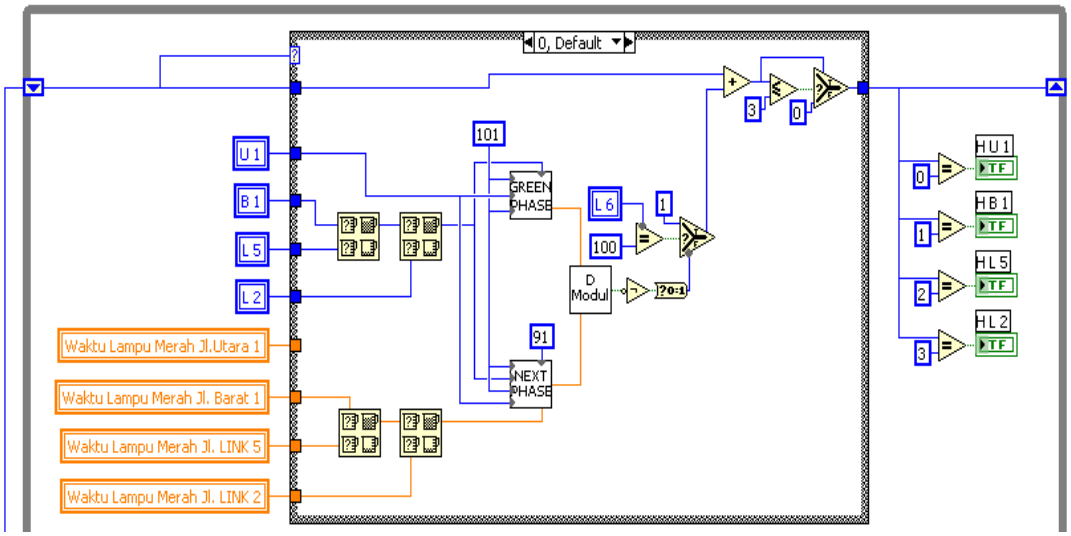
4.4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk menguji keakuratan simulasi pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan logika fuzzy dan untuk mengetahui apakah sistem sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggabungkan seluruh modul yang ada, yaitu *next phase module*, *green phase module* dan *decision module*. **Gambar 4.12** memperlihatkan *front panel* dari simulasi pengaturan lampu lalu lintas di persimpangan yang berdekatan dengan menggunakan logika fuzzy. **Gambar 4.13** merupakan salah satu program fuzzy untuk simulasi pengaturan lampu lalu lintas pada persimpangan yang berdekatan.

Cara kerja dari sistem ini adalah sebagai berikut :

a. ketika program mulai dijalankan, maka ia akan mulai menscan seluruh keadaan, baik itu jumlah kendaraan, lampu yang menyala, dan waktu lampu merah;
b. pada simulasi ini arah perputaran pergantian lampu berlawanan dengan arah jarum jam, maka lampu hijau menyala berurutan seperti berikut : pertama lampu hijau jalan utara, lampu hijau jalan barat, lampu hijau jalan selatan, lampu hijau jalan timur, dan kembali lagi ke lampu hijau jalan utara;

c. ketika lampu hijau jalan utara menyala, maka program akan mencari jalan mana yang diprioritaskan untuk segera lampu hijau, dengan mencari perbandingan terbesar antara jalan barat, jalan selatan dan jalan timur;
d. pada saat yang bersamaan, program juga memperhitungkan berapa lama lampu merah jalan barat, jalan selatan dan jalan timur sudah menyala;
e. program akan menjalankan logika fuzzy, jalan manakah yang akan mendapat waktu lampu hijau yang lama, dan jalan manakah yang akan mendapat lampu hijau sebentar;
f. jika jumlah jalan kendaraan jalan utara saat lampu hijau menyala lebih kecil dari jumlah kendaraan jalan barat saat lampu merah menyala, maka program akan menghidupkan lampu hijau jalan barat;
g. begitu seterusnya sesuai dengan urutan penyalaan lampu hijau.



Gambar 4.13 Program Fuzzy untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan nilai kontrol kepadatan berbeda-beda. Error terjadi pada saat nilai untuk semua kontrol kepadatan di set 0.7.

Pada saat nilai kontrol kepadatan di set 0.7, jumlah kendaraan pada ruas jalan mencapai nilai maksimal. Dalam hal ini dapat di artikan jumlah kendaraan sangat panjang (*very long*). Seperti yang telah dijelaskan pada saat pengujian fuzzy *very long*, terjadi kesalahan. Saat jumlah kendaraan melebihi dari batas maksimal, keluarannya bernilai nol (0). Hal ini disebabkan karena penggunaan fungsi keanggotaan trapesium.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem untuk simulasi pengontrol lampu lalu lintas pada persimpangan yang berdekatan dengan menggunakan logika fuzzy, kemudian dilakukan pengujian dan analisanya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang kinerja sistem yang telah dibuat, yaitu sebagai berikut:

a. penggunaan fungsi keanggotaan berpengaruh besar pada hasil simulasi. Terlihat pada pengujian fuzzy *very long*, kesalahan yang terjadi menyebabkan error pada simulasi ketika mencapai nilai maksimum;
b. kinerja dari sistem kendali fuzzy sangat dipengaruhi oleh penalaan skala masukan dan keluaran, jumlah keanggotaan, dan basis kaidah (*rule*);

5.2. Saran

Dari hasil simulasi dan analisis serta kesimpulan yang didapat dari penyususnan Tugas Akhir tentang simulasi pengontrol lampu lalu lintas pada persimpangan yang berdekatan menggunakan logika fuzzy, diharapkan sistem dapat disempurnakan lagi dari kesalahan-kesalahan (*error*) yang ada. Diharapkan juga sistem dapat digunakan pada kondisi yang sebenarnya (*real time*), dengan tujuan tidak lagi terjadi kepadatan atau kemacetan pada persimpangan yang berdekatan, khususnya pada kota-kota besar yang memiliki mobilitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Aria, Muhammad. (2007). **Modul Praktikum Kendali Cerdas**, Bandung : UNIKOM

Wibowo Sanjaya, Bomo. (2003). **Studi Komparatif Beberapa Metoda Kendali Fuzzy**, Bandung : ITB

Blogs.ie. **Sistem Pengaturan Lalu Lintas Menggunakan Logika Fuzzy**, Januari : 2007

Logika Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas, 2006

Fuzzy Logic Team. (2004). **Belajar logika fuzzy.** Malang: ITN.

Triana, Ika. (2007). **Sistem Kontrol Lampu Lalu Lintas Otomatis Dengan Menggunakan Kamera Berdasarkan Distribusi Kepadatan.** Surabaya: PENS.

Zalarasca, Qiki Findus. (2007). **Aplikasi Logika Fuzzy Pada Alat Ukur Suhu Ruangan Secara Digital Sebagai Informasi Kondisi Suhu Berbasis Suara.** Surabaya: PENS.

LAMPIRAN TERDAPAT DI DALAM FOLDER