



TUGAS MATA KULIAH SISTEM FUZZY
Bidang Pengaturan Lalu Lintas

**IMPLEMENTASI SISTEM FUZZY UNTUK PENGATURAN
LAMPU LALU LINTAS BERDASARKAN KEPADATAN ARUS
KENDARAAN**

KELOMPOK
Bagus Tris Atmaja NRP 2405 100 019
Budiman Putra AR NRP 2405 100 023

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu perangkat penting dalam pengaturan lalu lintas adalah lampu lalu lintas (*traffic light*). *Traffic light* yang ada saat ini membantu kelancaran dan pengaturan lalu lintas. Namun tidak jarang pula *traffic light* menjadi salah satu penyebab kemacetan lalu lintas. Hal ini terjadi karena *traffic light* yang ada saat ini bekerja secara konstan sepanjang hari, bagaimanapun keadaan dan kepadatan lalu lintas.

Traffic signal control adalah salah satu aplikasi fuzzy logic yang tertua, setidaknya pada teknik lalu lintas. Traffic signal programming secara umum memiliki permasalahan mendasar, yaitu: mengoptimalkan lamanya green time pada suatu fase. Dengan adanya suatu sistem traffic light yang baik, diharapkan bisa menghasilkan pengaturan lalu lintas semaksimal mungkin, teratur, dan optimal. Sehingga meningkatkan efisiensi dan keefektifan dari traffic light itu sendiri, yang pada akhirnya akan meningkatkan efisiensi waktu dan biaya, penghematan bahan bakar kendaraan, dan mengurangi polusi udara. Karena itu dalam makalah ini akan dirancang suatu sistem kontrol traffic light dengan mengimplementasikan logika fuzzy berdasarkan keadaan dan kepadatan lalu lintas.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat pada makalah ini adalah sebagai berikut,

- a. Bagaimana merancang kontrol traffic light dengan logika fuzzy?
- b. Bagaimana performansi dari sistem kontrol yang telah dirancang?

1.3 Tujuan

Tujuan yang diangkat pada makalah ini adalah sebagai berikut,

- a. Bagaimana merancang kontrol traffic light dengan logika fuzzy?
- b. Bagaimana performansi dari sistem kontrol yang telah dirancang?

1.4 Batasan Masalah

Sedangkan batasan masalah pada makalah ini adalah sebagai berikut,

- a. Data yang digunakan merupakan data sekunder
- b. Funbgsi keanggotaan dilakukan berdasarkan data sekunder

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Konsep Logika Fuzzy

Logika Fuzzy pertama kali dicetuskan oleh Lotfi Zadeh dari Universitas Berkeley, California pada tahun 1965. Logika ini adalah turunan dari teori *fuzzy set* yang berhubungan dengan *premise* atau sebab. Sistem logika yang merupakan perluasan dari logika *multivalued*. Logika fuzzy banyak digunakan dalam pengenalan pola (*pattern recognition*), pengolahan citra, pengendalian (*control*), hingga pengambilan keputusan (*decision making*)

Menghadapi permasalahan ketidakpastian, umumnya pakar statistikawan akan menyelesaiakannya dengan teori probabilitas. Berbeda dengan teori tersebut, logika fuzzy akan menyelesaikan ketidakpastian dengan pendekatan yang lebih baik melalui posibilitas. Tinjau kasus suhu di suatu daerah. Suhu tidak saja didefinisikan dengan panas dan tidak panas (dingin), dengan angka 1 dan 0. Namun pada suhu tertentu, manusia akan mendefinisikannya sebagai sangat panas, panas, setengah panas-setengah dingin dan lain-lain. Dengan menggunakan logika Fuzzy, akan diberikan angka yang lebih manusiawi pada kondisi-kondisi tersebut dengan nilai 0 hingga 1. Misalnya sangat panas dengan 1, panas saja dengan 0,75, dan setengah panas-setengah dingin dengan 0,5.

Probabilitas hanya akan memberikan pengertian ya atau tidak seperti permainan koin dan pelemparan dadu serta peluang masing-masing kemungkinan, tapi untuk perkara ketidakpastian yang lebih kompleks dan lebih nyata, teori fuzzy akan sangat tepat digunakan. Keunikan lain dari logika ini adalah dapat dipakainya bahasa manusia dan bukannya angka sebagai pernyataan suatu keadaan

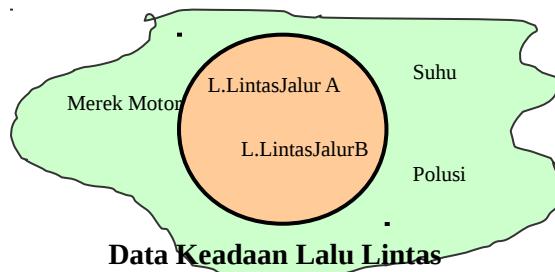
2.2 Teori Logika Fuzzy

Dasar-dasar dari logika fuzzy, yakni:

Teori Fuzzy set

Dalam sebuah semesta, setiap anggota akan dikelompokkan ke dalam himpunan yang sesuai. Sedangkan yang tidak sesuai akan dikelompokkan dalam himpunan lain atau komplementer dari himpunan tersebut. Seperti dalam himpunan data keadaan lalu lintas untuk pengaturan lalu lintas,

maka kepadatan lalu lintas jalur yang dikendalikan dan kepadatan jalur lain dalam suatu junction akan dikategorikan dalam himpunan tersebut. Sedangkan waktu, jenis motor, polusi diletakkan di luar himpunan (Gambar 2.4).



Gambar 2.1. Himpunan Data Keadaan LaluLintas Untuk Pengaturan

Membership function

Sebuah *Membership Function* (MF) adalah kurva yang mendefinisikan bagaimana setiap poin dalam ruang (*space*) input dipetakan dalam *membership value* atau *degree of membership* antara 0 hingga 1. *Membership function* dinyatakan dalam μ . Seperti saat menyatakan bahwa kepadatan di jalur A adalah data pengaturan lalu lintas (Gambar 2.3), maka $\mu_A = 1$, dan polusi sebagai bukan data pengaturan lalu lintas, maka $\mu_{\text{polusi}} = 0$.

Space input tersebut juga dinamakan sebagai semesta pembicaraan atau *universe of discourse*. Dalam satu variabel, suhu misalnya, bisa terdapat tiga *membership function* dengan semesta pembicaraan yang telah ditentukan, yakni panas, sedang, dingin.

Logical operation

Dalam logika fuzzy, akan digunakan logika standar Boolean, yakni AND, OR, dan NOT. Dalam menyatakan kebenaran sebagai 1 dan 0, maka operasi menggunakan logika Boolean akan terlihat seperti pada Tabel 2.1

Dalam logika fuzzy, operasi AND akan dinotasikan dengan $\min(A,B)$, sedangkan operasi OR dengan $\max(A,B)$. Komplemen atau NOT akan dinotasikan dengan $1-A$. Tabel 2.2 adalah kebenaran dari logika operasi tersebut, perhatikan bahwa nilai output dari operasi adalah tetap.

Tabel 2.1. Logika Boolean

0	1	0
1	0	0
1	1	1

0	1	1
1	0	1
1	1	1

1	0
1	0

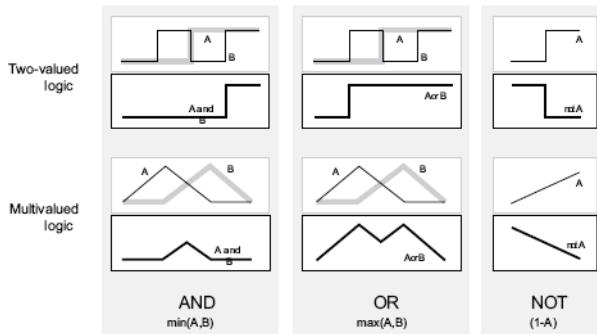
Tabel 2.2. Logika Operasi Fuzzy

A	B	$\min(A,B)$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	$\max(A,B)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A	$\neg A$
0	1
1	0

Hasil dari logika operasi Boolean yang terdapat atas dua nilai, 0 dan 1, juga akan menghasilkan nilai hasil 0 dan 1. Sedangkan logika fuzzy yang memiliki nilai antara 0 hingga 1 atau *multi-valued*, maka nilai hasil operasi adalah 0 hingga 1. Lihat Gambar 2.6.



Gambar 2.2. Logika AND, OR dan NOT

Aturan *if-then*

Aturan (*rule*) *if-then* digunakan untuk menyatakan *statement* dalam logika fuzzy. Aturan ini dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{If } x \text{ is } A \text{ Then } y \text{ is } B$$

x menyatakan input sedangkan y adalah output. A dan B adalah nilai linguistik dari x dan y. kalimat "x is A" disebut *antecedent* atau *premise*, sedangkan kalimat "y is B" merupakan *consequent* atau *conclusion*. Perhatikan contoh berikut:

$$\text{If } \text{kepadatanJalurA} \text{ is padat } \text{Then } \text{lampaHijau} \text{ is lama}$$

Dalam fuzzy, nilai tingkat dari x adalah antara 0 dan 1, sehingga nilai tingkat y juga akan bervariasi antara 0 dan 1 sesuai dengan nilai x . Jika nilai tingkat x adalah p dan nilai tingkat y adalah q , maka:

$$\begin{array}{ccc} p & \rightarrow & q \\ 0,5 p & \rightarrow & 0,5 q \\ \text{padat} & \rightarrow & \text{lama} \\ \text{tidak padat} & \rightarrow & \text{tidak lama} \\ \text{setengah padat} & \rightarrow & \text{setengah lama} \end{array}$$

Setelah memahami dasar-dasar fuzzy, maka akan diberikan alur bagaimana sebuah inputan linguistik akan diproses menjadi output yang linguistik pula. Algoritma logika ini adalah:

1. Fuzzifikasi input

Langkah pertama adalah mem-fuzzikan data input dengan memberikan nilai tingkat pada *membership function* yang sesuai. Dalam fuzzy, nilai μ tentu saja hanya berkisar antara 0 dan 1.

2. Memberikan operator fuzzy

Setelah mem-fuzzy-kan inputan, maka akan dilakukan operasi yang sesuai dengan aturan (*rule*) logikanya. Jika inputan lebih dari satu, maka akan dilakukan logika operasi AND atau OR sehingga memberikan nilai yang akan digunakan untuk menentukan output.

3. Menerapkan metode implikasi

Sebelum menerapkan metode implikasi, terlebih dahulu akan diberikan beban atau *weight* dari masing-masing aturan. Pada umumnya, setiap aturan akan diberi harga yang sama yakni 1.

Seperti halnya *antecedent*, maka *conclusion* juga akan dibentuk dalam *membership function*. Keluaran dari *antecedent* adalah sebuah *membership function* yang akan diimplementasikan pada *fuzzy set* dari *conclusion*.

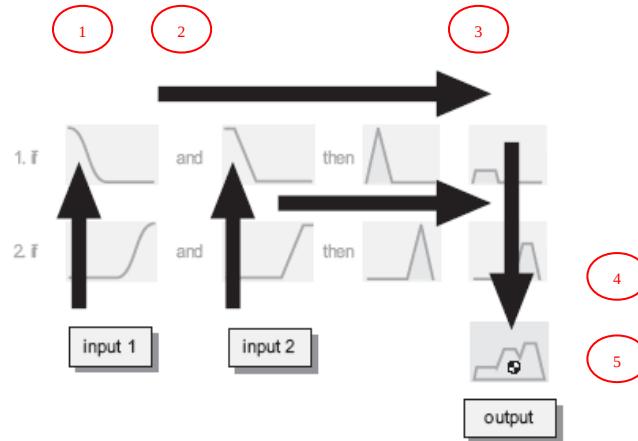
4. Menjumlahkan semua output

Setiap output dari masing-masing aturan selanjutnya akan dijumlahkan untuk mendapatkan hasil akhir output. Keluaran inilah yang selanjutnya akan difuzzifikasi. Satu variabel output akan memiliki satu penjumlahan dari output setiap aturan.

5. Defuzzifikasi

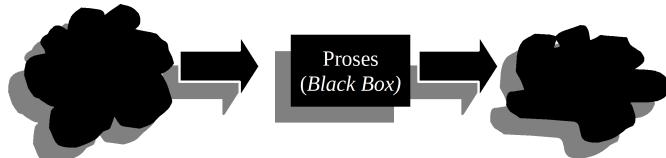
Hasil penjumlahan semua output akan menghasilkan *fuzzy set* berupa *range* nilai output sehingga memerlukan defuzzifikasi untuk menghasilkan satu nilai keluaran.

Keseluruhan proses tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.3. Alur Logika Fuzzy

Logika fuzzy dapat digunakan untuk memetakan input terhadap output. Seperti saat kita memiliki data input-output saja, dan proses bagaimana input berubah menjadi output tidak kita ketahui. Sistem ini kemudian dikenal dengan istilah *black-box* (Gambar 2.8).



Gambar 2.4. Logika Fuzzy-*Black Box*

Banyak hal yang dapat terjadi dalam *black-box*, dapat berupa *neural-network*, sistem linier, ataupun sistem fuzzy. Namun fuzzy selalu memiliki 7 kelebihan dalam mengisi *black-box* tersebut, karena:

1. Konsep fuzzy mudah dimengerti
2. Logika fuzzy lebih fleksibel dalam menyelesaikan beragam masalah
3. Logika fuzzy dapat digunakan pada data yang tidak akurat
4. Logika fuzzy dapat digunakan untuk memodelkan persamaan nonlinier dan kompleksitas yang tidak terkendali.
5. Logika fuzzy dapat didasarkan pada pengalaman para ahli

6. Logika fuzzy dapat digabungkan dengan teknik pengendalian yang telah umum digunakan
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa natural^[8].

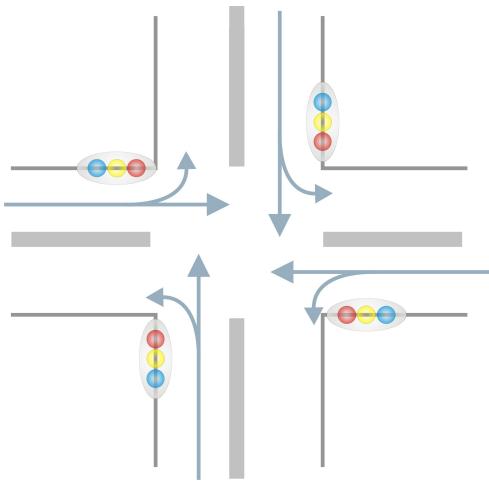
BAB III

PERANCANGAN

3.1 Pra Perancangan

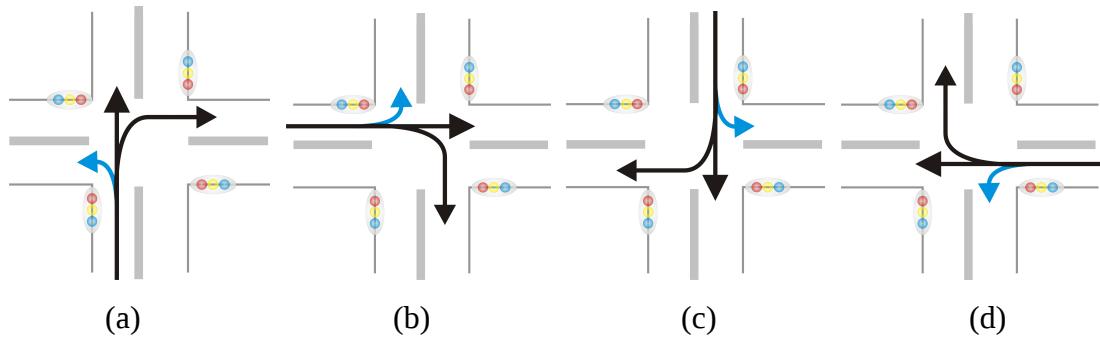
Kondisi Jalur

Dalam makalah ini akan merancang pengaturan lalu lintas pada jalur perempatan. Berikut adalah ilustrasi dari jalur perempatan,



Gambar 3.1 Jalur Perampatan Yang menggunakan FTL

Fase lalu lintas dapat dibagi menjadi empat fase yaitu



Gambar 3.2 Fase Dalam Pengaturan Lalu Lintas dalam Perampatan

Kepadatan Jalur

Sebelum melakukan perancangan terlebih dahulu dilakukan analisa terhadap keadaan lalu lintas yang akan diberikan fuzzy traffic light. Misalakan berikut data bentuk perempatan (gambar 3.1) dan jumlah arus keadaan jalan tiap jalur:

Jalur 1:

Max=3600/jam; Min=1000/jam

Jalur 2:

Max=3400/jam; Min=30/jam

Jalur 3:

Max=200/jam; Min=0/jam

Jalur 4:

Max=500/jam; Min=10/jam

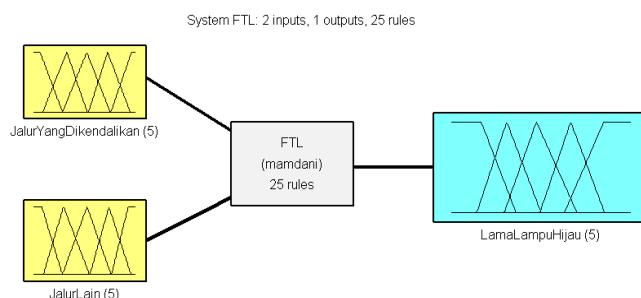
Waktu untuk lampu hijau: 60 detik (1 menit)

Maka untuk semua jalur, nilai maksimum kepadatana kendaraan adalah 3600/jam dan minmal adalah 0/jam.

3.2 Perancangan

Struktur Fuzzy

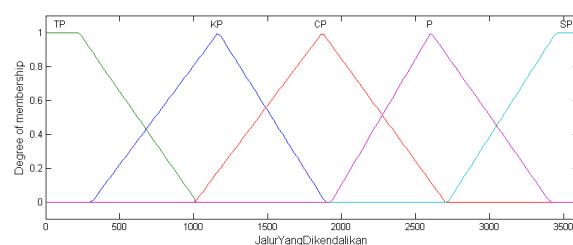
Sistem Fuzzy yang dibuat adalah dengan dua input dan satu output. Input adalah kepadataan jalur lalu lintas yang dikendalikan dan kepadatan jalur lain. Sedangkan output adalah lamanya nyala lampu hijau.

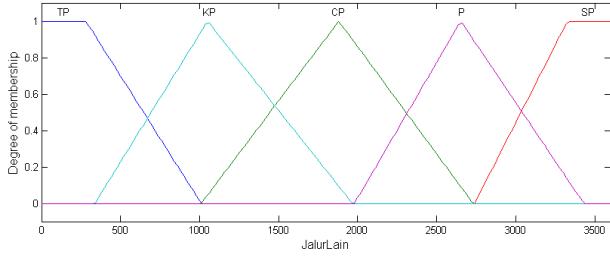


Gambar 3.3 Struktur Fuzzy dari FTL

Membership Function

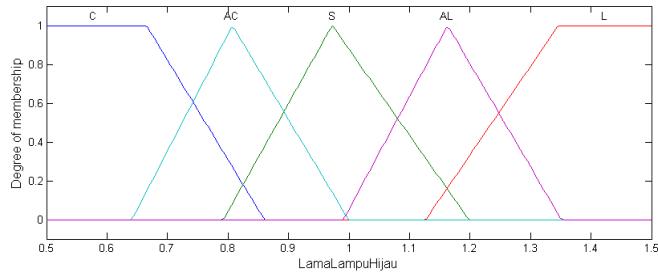
Untuk kedua input memiliki fungsi keanggotaan yang sama seperti gambar berikut,





Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan Input

Sedangkan output memiliki fungsi keanggotaan sebagai berikut,



Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Output

If -Then Rules

Aturan If-Then adalah sebagai berikut

Tabel 3.1 If-Then Rules

Jalur Lain	Jalur Yang Dikendalikan				
	TP	KP	CP	P	SP
TP	C	AC	S	AL	L
KP	C	AC	S	AL	L
CP	C	AC	S	AL	AL
P	C	AC	S	S	AL
SP	C	AC	AC	S	S

Keterangan

TP : Tidak Padat

C : Cepat

KP : Kurang Padat

AC : Agak Cepat

CP : Cukup Padat

S : Sedang

P : Padat

AL : Agak Lama

SP : Sangat Padat

L : lama

Running Logika Fuzzy

Untuk melihat apakah sistem fuzzy yang digunakan bisa berjalan maka dilakukan pengujian beberapa data uji.

Tabel 3.2 Hasil pengujian Logika Fuzzy

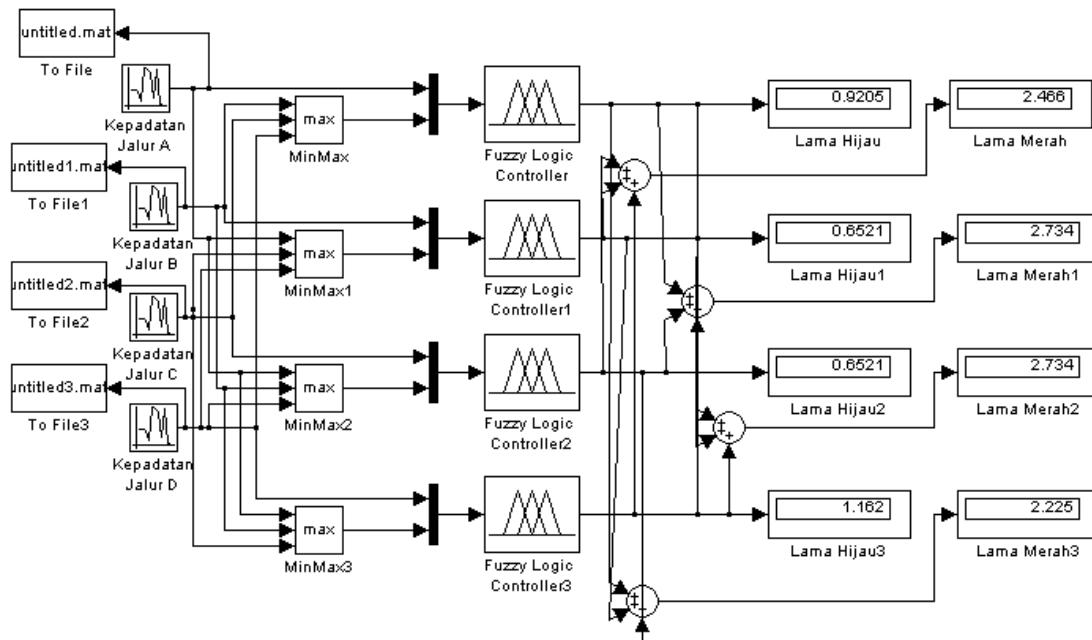
No	Jalur Yang Dikendali kan (kend/jam)	Jalur Lain (kend/jam)	Lamanya Lampu Hijau (menit)
1	300	3600	0.6381
2	2000	1500	1.0141
3	600	2300	0.7092
4	1500	3000	0.9130
5	2000	2500	1.0094

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Perancangan Simulasi

Untuk mengetahui kinerja dari sistem pengaturan lampu lalu lintas yang telah dirancang maka dilakukan simulasi. Simulasi ini akan mendisplaykan lamanaya lampu hijau dan lampu merah dalam tiap jalur. Lamanya lampu hijau dan merah ini berjalan/berlaku selama satu siklus (4 fase). Setelah satu siklus, controller akan mengkalkulasi kembali waktu lampu lalu lintas berdasarkan kepadatan lalu lintas yang terbaru.



Gambar. 4.1 Simulasi

Secara random untuk keadaan variatif dilakukan pengujian lamanaya lampu lalu lintas diperoleh data sebagai berikut,

Tabel.4.1 Hasil Simulasi Keadaan Variatif

Siklus	Jalur	Kepadatan (kend/jam)	Lamp.Hijau	Lampu Merah
1	A	10	0.6372	2.132
	B	300	0.6381	2.131
	C	1000	0.8109	1.958
	D	500	0.6829	2.086
2	A	30	0.6396	2.7
	B	500	0.6829	2.657

	C	2000	1.009	2.331
	D	2000	1.009	2.331
3	A	30	0.6407	2.194
	B	20	0.6407	2.194
	C	1200	0.8709	1.964
	D	500	0.6829	2.152
4	A	3000	1.253	2.181
	B	10	0.6521	2.782
	C	1200	0.8771	2.557
	D	50	0.6521	2.782
5	A	3000	0.99	2.65
	B	3600	1.079	2.56
	C	1000	0.8109	2.829
	D	800	0.7594	2.88

Sedangkan pada keadaan ekstrim, lamanya lampu hijau dan merah adalah

Tabel.4.1 Hasil Simulasi Keadaan Ekstrim

Siklus	Jalur	Kepadatan	Lamp.Hijau	Lamp.Merah
1	A	10	0.6347	2.633
	B	3600	1.363	1.904
	C	20	0.6347	2.633
	D	30	0.6347	2.633
2	A	3000	1.06	3.179
	B	3000	1.06	3.179
	C	3000	1.06	3.179
	D	3000	1.06	3.179

4.2 Analisa

Dari hasil simulasi diperoleh beberapa analisa sebagai berikut

- Untuk jalur yang memiliki perbedaan kepadatan lalu lintas FTL memberikan waktu lampuhijau-merah yang berbeda. Untuk kepadatan yang lebih besar memperoleh waktu lampu hijau lebih lama dari pada jalur yang lebih sedikit kepadatannya. Sedangkan lamanya lampu merah untuk jalur padat memiliki waktu yang lebih sedikit dari pada jalur yang lebih sepi. Hal ini ditunjukkan pada simulasi pada siklus pertama yaitu untuk jalur A dan C. Perbedaan waktu nyala lampu hijau dan merah ini akan dapat meningkatkan kelancaran lalu lintas.
- Untuk Jalur yang memiliki kepadatan yang sama memiliki waktu lampu hijau-merah dengan durasi sama. Hal ini ditunjukkan dengan hasil simulasi siklus kedua jalur C dan D

3. Untuk kepadatan yang tidak terlalu signifikan atau dalam satu kategori dalam membership function yang telah terprogram dalam FTL maka memiliki durasi nyala lampu yang sama. Seperti pada hasil simulasi siklus 3 jalur A dan B
4. Perbedaan ekstrim dari tiap jalur juga memiliki perbedaan ekstrim dalam durasi nyala lampu. Perbedaan inilah yang nantinya dapat memperlancar lalu lintas secara signifikan. Bisa dibayangkan apabila lampu lalu lintas menggunakan durasi lampu lalu lintas yang sama untuk semua kondisi di semua jalur. Akan timbul kemacetan di sisi jalur yang jauh lebih padat dari jalur yang lain.
5. Pada keadaan ekstrim yaitu pada semua jalur memiliki kepadatan yang sama yaitu sangat padat, maka lalu lintas memiliki kelambatan yaitu terlihat dari durasi lampu merah tiap jalur yang cukup lama.