

STUDI KASUS SISTEM LAMPU LALU LINTAS PERSIMPANGAN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIF NEURO FUZZY

REDI DARMAWAN

Dosen Tetap Universitas Pamulang

Email : redidarmawan@gmail.com

ABSTRAK

Pengaturan Lampu Lalu Lintas yang ada di Indonesia saat ini menggunakan sistem pengaturan yang statis (menggunakan sistem Fixed Time Signal) tanpa memperhatikan naik turunnya arus lalu lintas. Kemacetan menjadi permasalahan di berbagai wilayah, terutama di kota-kota besar. Kota Jakarta sebagai pusat pemerintahan dan pusat perekonomian terbesar di Indonesia memiliki kegiatan yang tinggi, namun kurang didukung dengan prasarana dan sikap pengguna jalan kurang disiplin, salah satu permasalahan yang timbul adalah pada persimpangan. Permasalahan ini tidak mudah untuk diatasi karena semakin hari pertumbuhan populasi kendaraan semakin bertambah.

Untuk itu dibutuhkan pengaturan lampu lalu lintas yang optimal dan efektif, dengan menggunakan sistem Fuzzy Logic. Dengan metode Fuzzy Logic pada sistem transportasi dapat mengefisienkan waktu nyala lampu lalu lintas berdasarkan tingkat kepadatan suatu persimpangan jalan. Ciri utama dari sistem ini adalah cocok untuk logika berfikir yang tidak pasti khususnya untuk sistem yang sulit dimodelkan secara matematika dan sistem ini membolehkan pengambilan keputusan dengan nilai pemikiran atau berdasarkan informasi yang tidak lengkap atau tidak pasti.

Variabel input sistem ini yaitu tingkat kepadatan lalu lintas dan variabel output dari sistem ini adalah durasi waktu nyala lampu hijau. Hasil dari penelitian menunjukkan metode Adaptif Neuro Fuzzy memberikan perhitungan waktu lampu yang lebih optimal dibandingkan metode statis (durasi tetap).

Kata Kunci : *fuzzy logic, sistem lampu lalu lintas, persimpangan, tingkat kepadatan, durasi*

1. PENDAHULUAN

Perbedaan karakteristik ruang yang dimiliki di kota Jakarta mengakibatkan timbulnya interaksi antar wilayah sehingga timbul mobilitas yang semakin besar, serta akan timbul permasalahan yang semakin besar pula. Persimpangan merupakan satu elemen yang penting dalam sistem transportasi di kota Jakarta, pengaturan lampu lalu lintas harus dilakukan seoptimal mungkin untuk membantu kelancaran transportasi. Persimpangan terbagi atas beberapa tipe yakni simpang tiga lengan, simpang empat lengan, dan simpang enam. (Manual Kapasitas Jalan Indonesia, MKJI 1997). Namun saat ini pengaturan persimpangan belum optimal sehingga selalu terjadi kemacetan arus kendaraan. Keberadaan persimpangan pada satu jalan ditujukan agar kendaraan bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari dasar pergerakan tersebut.

Sistem pengendalian lampu lalu lintas yang baik akan secara otomatis menyesuaikan dengan kepadatan arus lalu lintas pada jalur yang diatur. Dengan penerapan *Fuzzy Logic* hal ini sangat mungkin untuk dilakukan.

2. LANDASAN TEORI

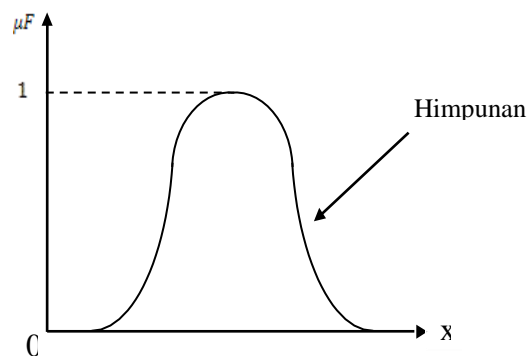
2.1 Logika Fuzzy

Penggunaan teknik Logika Fuzzy telah cukup meluas pada berbagai aplikasi mulai dari consumer electronic, sistem robot, dan pengendalian kegiatan industri, dan lain-lain. Teknik Logika Fuzzy sangat cocok digunakan untuk sistem yang dalam pemrosesannya banyak melibatkan aturan (*ruled based*). Sistem Logika Fuzzy biasanya memiliki sifat toleransi seperti layaknya pikiran manusia dan mampu

mengakomodasi ketidakpresisian dalam proses akuisisi data. Implementasi kendali Fuzzy biasanya dilakukan multi-purpose mikroprosesor dan membutuhkan alat atau software yang membantu untuk mengembangkan aplikasi Fuzzy mulai dari tahap perancangan, evaluasi, implementasi, dan penalaan.

2.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi fuzzy (*variabel linguistik*) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. Misalkan U merupakan kumpulan objek yang dinotasikan dengan $\{u\}$. U disebut semesta dan u menyatakan elemen generik dari U . Suatu himpunan Fuzzy F di dalam semesta wacana U dikarakteristikan dengan fungsi keanggotaan μ_F yang bernilai dalam interval $[0,1]$.



Dengan teori himpunan Fuzzy suatu peubah bahasa dapat diwakili dengan sebuah daerah yang mempunyai jangkauan tertentu yang menunjukkan derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan tersebut mempunyai nilai yang bergradasi sehingga dapat mengurangi lonjakan pada sistem.

2.3 Inferensi Fuzzy

Proses inferensi dalam suatu sistem

berbasis aturan fuzzy memperhitungkan semua aturan yang ada di dalam basis pengetahuan. hasil dari proses inferensi ini direpresentasikan oleh suatu himpunan fuzzy untuk setiap variabel bebas pada konsekuen. sedangkan derajat keanggotaan untuk setiap variabel tidak bebas menyatakan ukuran komparabilitas terhadap variabel bebas pada antaseden Banyak terdapat model aturan fuzzy, dua diantaranya adalah model Mamdani dan model Sugeno.

2.4 Defuzzifikasi

Ada beberapa metode *defuzzifikasi* yang bisa dipakai pada komposisi aturan mamdani, metode tersebut antara lain :

2.4.1 Centroid Method

$$ZCOA = \frac{\int z\mu_A(z)zdz}{\int z\mu_A(z)zdz}$$

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan mengambil titik pusat (ZCOA) daerah fuzzy. Strategi defuzzifikasi ini banyak diadopsi karena mirip dengan perhitungan nilai terharap dari distribusi probabilitas.

2.4.2 Bisector of Area (ZBOA)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy.

$$\int_{\alpha}^{z_{BOA}} \mu_A(z)zdz = \int_{z_{BOA}}^{\beta} \mu_A(z)zdz$$

2.4.3 Mean of Maximum=MOM

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. ZMOM adalah rerata dari z dalam memaksimumkan model Fuzzy mencapai μ^* .

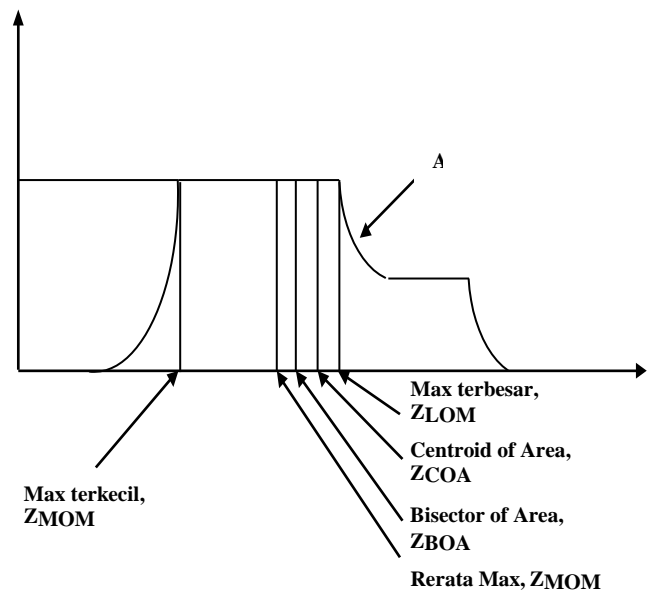
$$Z_{MOM} = \frac{\int_{z^*} z dz}{\int_{z^*} z dz}$$

2.4.4 Smallest of Maximum=ZSOM

Pada metode ini, solusi nilai crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. ZSOM adalah minimum dari z dalam memaksimumkan model Fuzzy.

2.4.5 Maksimum Terbesar

ZLOM adalah maksimum z dalam memaksimumkan model Fuzzy. Karena ZSOM dan ZLOM menunjukkan bisa, maka tidak banyak digunakan.



2.5 Sistem Lampu Lalu Lintas

2.5.1 Pengertian dan Persoalan Lalu-Lintas

Lalu-lintas (traffic) adalah kegiatan lalu-lalang atau gerak kendaraan atau orang di

jalanan. Masalah yang dihadapi dalam peralulintasan 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

2.5.2 Pengelolaan Lalu Lintas

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 karena 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 :

- a. Pertama menambah C dengan membangun jaringan jalan baru atau melebarkan jalan yang sudah ada. Cara ini tidak mungkin dilakukan 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.

- b. 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.
- c. Ketiga, menggabungkan cara pertama dan kedua melalui berbagai kebijakan lalu lintas yang tertuang dalam rekayasa dan peraturan perundang-undangan tentang peralulintasan.

Ada 3 mode *VTP* yang disediakan, yaitu :

1. *Server Mode*
2. *Client Mode*
3. *Transparent Mode*

2.5.3 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 lalu lintas, sistem parkir, sistem angkutan massal merupakan sisi lain dari rekayasa lalu lintas. 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 jaringan. Hirarki jaringan

jalan akan menuntun pada susunan sistem pelayanan jasa angkutan jalan yang kemudian akan menjadi sistem sirkulasi lalu lintas di jalan. Tidak kurang pentingnya adalah lingkungan disepanjang jalur jalan, karena hal ini cukup besar pengaruhnya dalam peralulintasan.

Lingkungan yang tertata dengan baik selain dapat menambah pengamanan bagi pengguna jalan, juga mempunyai peranan penting dalam keamanan berkendara sehingga dapat menaikkan 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 peralulintasan.

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 kendaraan, jalur jalan dapat ditetapkan menjadi jalur searah atau jalur dua arah yang masing-masing dapat dibagi dalam beberapa jalur sesuai dengan lebar badan jalan.

2.5.4 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 dipasang lampu warna kuning yang terus-menerus berkedip, dengan tujuan memberi isyarat kepada para pengguna jalan untuk tetap waspada. Lampu isyarat sebagian melekat pada kendaraan, sebagian lagi menjadi perlengkapan jalan (lampu kedip).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penentuan Lokasi

Pemilihan persimpangan didasarkan pada kendala kemacetan, antrian yang cukup panjang pada masing-masing lengan terutama yang terjadi pada jam-jam sibuk (*peak hour*). Jam-jam sibuk yang dimaksud jam pada periode mana arus lalu lintas menjadi tersendat (*congestion*). Hal tersebut memungkinkan terjadinya kondisi arus lalu lintas menjadi jenuh pada persimpangan sehingga apabila

kendaraan yang melewati persimpangan tersebut harus mengalami lampu merah dua kali.

3.2 Periode Survey

Pengamatan arus lalu lintas didasarkan pada pengamatan arus rata-rata pada satu periode jam puncak. Berdasarkan pengamatan pendahuluan yang dilakukan secara visual pada kedua simpang yang diamati didapat bahwa perkiraan terjadinya jam puncak adalah selama satu periode pagi antara pukul 06.30 s.d 09.30 WIB, antara pukul 12.00 s.d 14.00 WIB dan sore hari pukul 16.00 s.d 18.00 WIB.

Survei keadaan persimpangan meliputi kondisi sinyal traffic light yakni lama waktu siklus pada persimpangan tersebut. Pencatatan waktu siklus dilaksanakan satu hari meliputi jam sibuk dan diluar jam sibuk, untuk mendapatkan keadaan sinyal yang beroperasi. Geometrik simpang yang dibutuhkan sebagai data masukan yakni lebar jalan, lebar efektif jalan dan lebar per jalur. Pelaksanaan pengukuran dilakukan saat lalu lintas sepi yakni pada waktu dini hari, untuk menghindari terganggunya arus lalu lintas.

3.3 Prosedur Pelaksanaan

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, jenis data utama yang ingin didapat terkait dengan perhitungan fuzzy adalah jumlah kendaraan yang dilewatkan pada lengan yang dilayani dan lengan lainnya dalam waktu yang bersamaan. Jadi, perhitungan arus kendaraan tiap lengan tidak didasarkan pada time slice traffic light, dengan kata lain, jumlah kendaraan yang melewati tiap lengan simpang tetap dihitung baik lengan tersebut terlayani atau tidak. Data jumlah kendaraan yang diambil adalah berdasarkan pergerakan lurus dan belok kanan, sebab hanya arus ini saja yang mempengaruhi lama waktu hijau untuk kedua simpang.

3.4 Penempatan Surveyor Untuk Perolehan Data Fuzzy

Untuk survei fuzzy, surveyor harus melakukan pengamatan penuh sebab hubungan antara arus kendaraan pada lengan yang dilayani dengan lengan lainnya merupakan faktor utama yang ingin ditinjau. Posisi penempatan surveyor untuk perolehan data fuzzy yaitu berada di daerah sebelum panjang antrian maksimal.

- Jumlah surveyor yang dibutuhkan untuk masing-masing simpang adalah 8 orang, masing-masing dua orang untuk setiap lengan simpang.
- Surveyor I ditempatkan pada pendekat utara, surveyor II pendekat timur, surveyor III pada pendekat selatan, dan surveyor IV pada pendekat barat.
- Dua orang surveyor untuk setiap lengan masing-masing mengamati pergerakan kendaraan lurus dan belok kanan pada saat lengan dilayani dan mencatat jumlah kendaraan pada saat lengan tidak dilayani.
- Tiap surveyor mencatat jumlah kendaraan di tiap-tiap lengan simpang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Sesuai dengan tujuan penulisan ini yaitu untuk menentukan efektifitas waktu *traffic light*, maka setelah menyelesaikan tahap-tahap pekerjaan pada bab sebelumnya, kegiatan selanjutnya adalah analisis data simpang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan waktu *traffic light* menggunakan metode yakni Logika *neuro - fuzzy*. Tahap analisa data dan perhitungan akan dilakukan terhadap simpang yang telah ditentukan dari data lalu lintas yang diperoleh (data *artificial* dan data sekunder)

4.1.1 Data Geometrik Simpang

Pada penelitian ini, data geometrik simpang diperoleh dari data primer dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Survei dilakukan pada saat kondisi jalan masih sepi dari kendaraan untuk menghindari gangguan arus lalu lintas.

Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4
-------------------	-----	-----

Tabel 1 Kondisi Geometrik Simpang Jl. Raya Bogor – Jl. Dewi Sartika

PENDEKAT	UTARA	TIMUR	SELATAN	BARAT
Tipe lingkungan jalan	RES	COM	RES	COM
Hambatan samping	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Median	Ada	Ada	Ada	Ada
Lebar Median (m)	2,85	1,55	2,85	1,55
Belok kiri jalan terus	Ada	Ada	Ada	Ada
Lebar Pendekat (m)	16,50	12,95	16,80	12,55
Lebar Pendekat masuk (m)	10,50	9,70	10,80	9,75
Lebar pendekat LTOR	3,25	6,00	2,80	6,00
Lebat pendekat keluar (m)	9,75	6,50	11,60	6,85

Keterangan:

Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan samping
Komersial (COM)	Tinggi/Sedang/Rendah
Permukiman (RES)	Tinggi/Sedang/Rendah
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah

4.1.2 Data Lalu Lintas

Parameter-parameter persimpangan yang dihitung secara manual adalah total arus lalu lintas (Q), ekivalen mobil penumpang (smp/jam), arus jenuh (S), Kapasitas (C), derajat kejenuhan (DS), dan parameter-parameter yang didapat langsung dari survei dilapangan seperti; waktu siklus (detik), kondisi geometrik seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, serta faktor-faktor penyesuaian kondisi persimpangan. Arus lalu lintas yang diperoleh dari hasil survei dalam satuan kendaraan per jam dikonversi menjadi dalam satuan mobil penumpang per-jam sesuai dengan rencana pendekatan.

Tabel 2 Faktor Arus Lalu Lintas

Jenis Kendaraan/ Tipe Kendaraan	Empiris untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3

Analisa data yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai kapasitas serta panjang antrian dan tingkat pelayanan persimpangan yang akan disajikan dalam lembar kerja berikut.

Lengan Persimpangan	Hari/ Tanggal	Waktu (Jam)	Volume Lalu Lintas (Kend/jam)	PHF
UTARA	Rabu, 26 Agustus '15	18.15 – 18.30	3768	0,98
SELATAN	Rabu, 26 Agustus '15	14.00 – 14.15	3054	0,97
TIMUR	Rabu, 26 Agustus '15	12.45 – 13.00	1582	0,95
BARAT	Rabu, 26 Agustus '15	13.15 - 13.30	1862	0,97

Data-data pada tabel diatas akan menjadi data acuan selanjutnya untuk menganalisa kapasitas dan menentukan panjang antrian maksimal di persimpangan. Data diatas diambil karena merupakan data maksimum dimana terjadi arus lalu lintas yang padat, sehingga dapat mewakili data lainnya. Data utama yang dipakai adalah data volume lalu lintas kendaraan per jam.

Tipe Kendaraan	Jumlah Arus Lalu Lintas											
	Lengan Utara			Lengan Selatan			Lengan Timur			Lengan Barat		
	ST	RT	LTOR	ST	RT	LTOR	ST	RT	LTOR	ST	RT	LTOR
LV	234	97	45	205	83	42	185	25	21	211	49	46
HV	37	52	17	29	15	10	10	7	5	0	0	0
MC	367	221	114	336	187	109	276	15	47	254	87	90
UM	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

Data Traffic Light Persimpangan

Pendekat	Waktu nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)	Berada Pada Fase -
	Hijau	Kuning	Merah	All Red		
UTARA	20	3	75	4	98	I
TIMUR	20	3	75	4	98	III

BARAT	20	3	75	4	98	IV
SELATAN	20	3	75	4	98	II

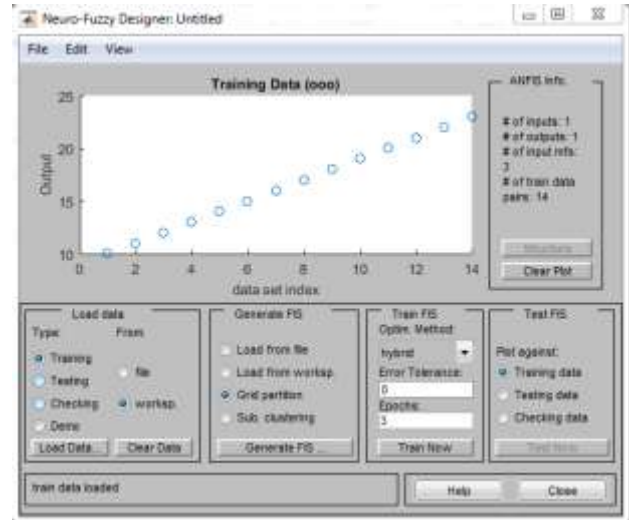
4.1.3 Perhitungan Waktu Sinyal *Traffic Light* Dengan *Neuro-Fuzzy*

Untuk membuat sistem dengan adaptif neuro fuzzy yang pertama kita lakukan adalah menentukan input / output sistem. Dari data pengamatan di atas dapat disimpulkan bahwa faktor kepadatan kendaraan di masing-masing ruas simpang yang akan digunakan sebagai masukan dan durasi lampu hijau sebagai keluaran.

Kepadatan Kendaraan (smp/menit)	Nilai	Durasi lampu hijau (detik)
0 - 10	1	10
10 - 20	2	11
20 - 30	3	12
30 - 40	4	13
40 - 50	5	14
50 - 60	6	15
60 - 70	7	16
70 - 80	8	17
80 - 90	9	18
90 - 100	10	19
100 - 110	11	20
110 - 120	12	21
120 - 130	13	22
> 130	14	23

4.1.4 Hasil Training dan Testing data menggunakan Matlab.

Command yang digunakan adalah "*neuroFuzzyDesigner*". Selanjutnya akan muncul tampilan windows seperti gambar dibawah. Setelah proses *loading data* tahap selanjutnya adalah proses *Training*.



Proses loading data training menggunakan aplikasi neuro fuzzy didalam Matlab. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kepadatan semakin lama pula durasi lampu hijau.

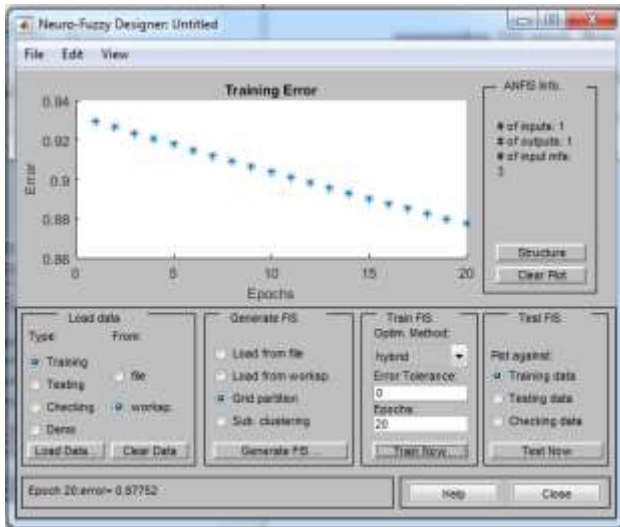
4.1.5 Training menggunakan "trimf", trapz, dan gauss.

Hasil Training dengan trimf menunjukkan hasil yang paling bagus jika dibandingkan dengan membership function yang lain. Hal ini bisa dilihat dari error Mse yang paling kecil, yaitu $4,11 \times 10^{-6}$ dengan epoch (iterasi) ke 20.

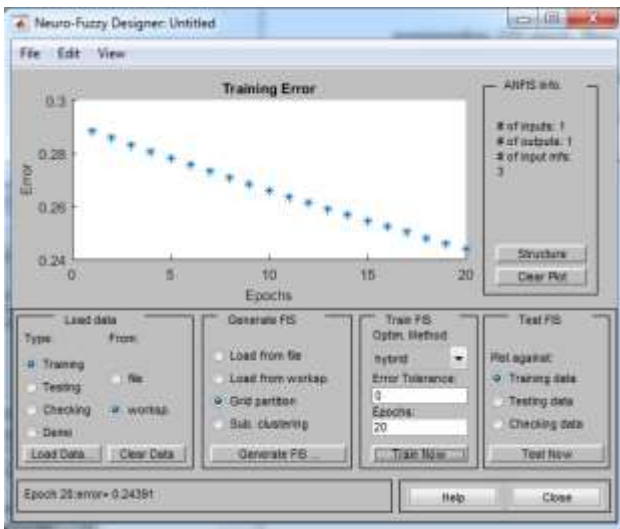


Training menggunakan membership

function Trimf (fungsi segitiga), error hasil training mendekati nol.



Training menggunakan membership function Trapz(fungsi trapesium), error hasil training bernilai 0.8. Lebih besar dari error menggunakan trimf.

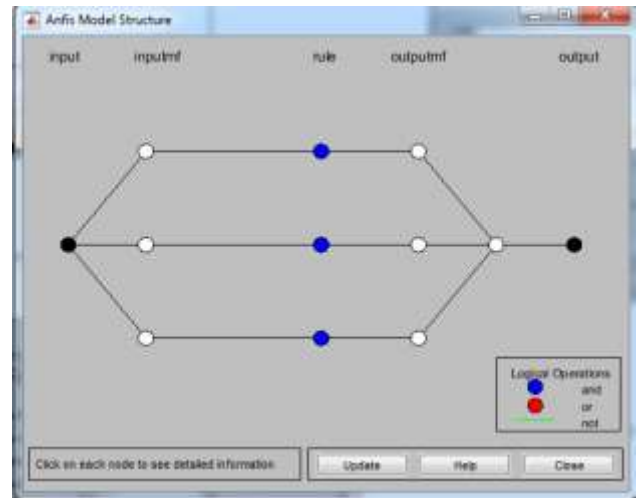


Training menggunakan membership function gauss, error hasil training bernilai 0.25.

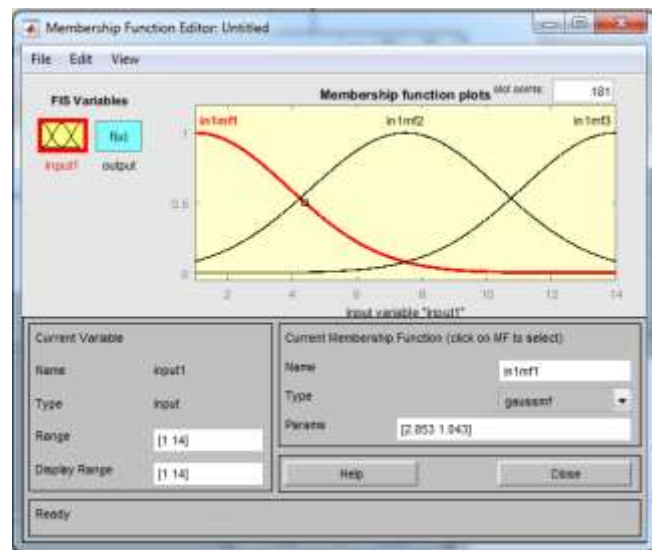
4.1.5 Fis (Fuzzy Inference System) hasil Training.

Hasil Fis yang didapat akan disimpan di workspace matlab. Fis ini nantinya yang akan

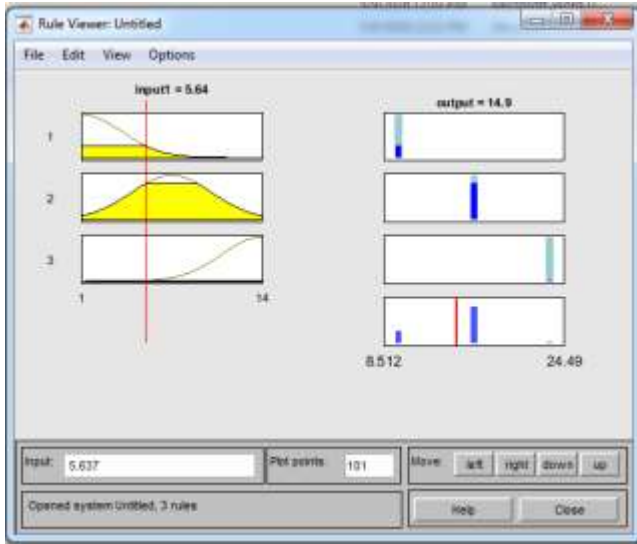
digunakan sebagai sistem kendali untuk menentukan durasi lampu hijau untuk masing-masing ruas simpang. Setelah fis didapat kita akan membuat aplikasi berbasis GUI (Graphic User Interface) yang digunakan untuk mengatur traffic light.



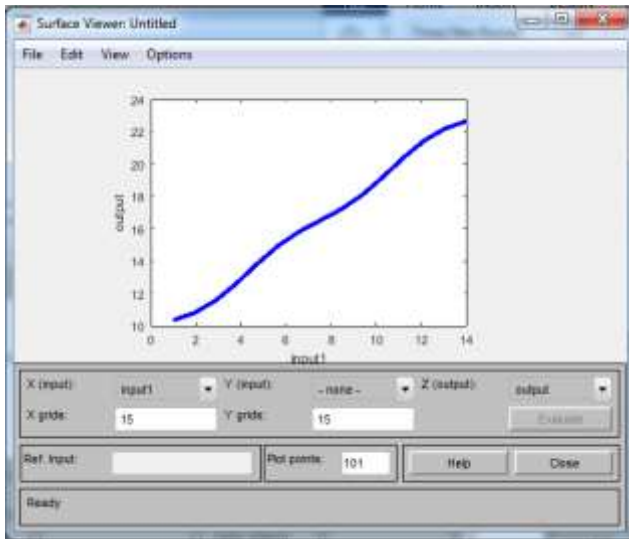
Struktur Fis yng digunakan terdiri dari 1 input, 3 membership function input, 3 rules, 3 membership function output, dan 1 output.



Gambar membership function pada Matlab. Nilai parameter nya dapat diubah sesuai dengan karakteristik Fis yang kita inginkan.



Rules View digunakan untuk mengetest apakah Fis yang dihasilkan sudah sesuai dengan kriteria.



Gambar diatas menunjukkan karakteristik Fis yang dihasilkan sudah mendekati karakteristik Fis yang kita inginkan. Semakin besar kepadatan akan semakin lama durasi lampu hijau sebuah ruas jalan.



Desain Grafik User Interface dari aplikasi yang kita bangun menggunakan Matlab. Aplikasi ini langsung bisa menghitung berapa lama durasi lampu hijau yang optimal berdasarkan kepadatan ruas di masing-masing simpang. Hasil analisisnya juga langsung dilihat apakah metode Fuzzy lebih baik daripada metode statis. Hal ini bisa dilihat dari parameter waktu siklus dan waktu tunggu rata-ratanya.

4.2 Hasil analisa penerapan aplikasi pengaturan traffic light dengan neuro fuzzy.

Kita akan membandingkan hasil dari penerapan neuro fuzzy dengan metode statis. Hal yang kita amati dan analisa adalah durasi waktu siklus dan waktu tunggu rata-rata yang digunakan oleh suatu kendaraan untuk melewati simpang tersebut. Tabel hasil analisa nampak seperti tabel di bawah ini.

Kepadatan Kendaraan (smp/menit)				Durasi Hijau (detik)				Neuro Fuzzy		Metode Statis	
Uta ra	Bar at	Selat an	Tim ur	Uta ra	Bar at	Selat an	Tim ur	Wak tu Siklu s	Wakt u Tung gu	Wak tu Siklu s	Wakt u Tung gu
10	10	>140	>140	10	10	23	23	78	99	92	129
20	20	130	130	11	11	22	22	78	51	92	65
30	30	120	120	12	12	21	21	80	38	92	46
40	40	110	110	13	13	20	20	80	29	92	35
50	50	100	100	14	14	19	19	80	24	92	28
60	60	90	90	15	15	18	18	80	20	92	23
70	70	80	80	16	16	17	17	80	17	92	20
80	80	70	70	17	17	16	16	80	15	92	17
90	90	60	60	18	18	15	15	80	13	92	17
30	30	30	30	13	13	13	13	64	12	92	17

50	50	50	50	15	15	15	15	72	13	92	17
100	100	100	100	20	20	20	20	92	17	92	17

Dari tabel di atas kita dapat menyimpulkan bahwa dengan menggunakan neuro-fuzzy pengaturan traffic light dapat dioptimalkan. Durasi lampu hijau ditentukan oleh kepadatan kendaraan di masing-masing ruas simpang. Ruas simpang yang sepi akan mendapat durasi lampu hijau yang lebih pendek, sedangkan ruas yang lebih padat diberikan durasi yang lebih panjang. Hal ini berakibat pada waktu tunggu dan waktu siklus yang lebih kecil. Dengan neuro-fuzzy diharapkan pengaturan traffic light bisa lebih optimal, sehingga dapat mengurangi kemacetan.

Dari tabel hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode Fuzzy untuk pengaturan lampu lalu lintas dapat mengurangi waktu siklus dan waktu tunggu rata-rata yang berakibat pada berkurangnya kemacetan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan.

Setelah dilakukan tahapan-tahapan studi, didapatkan kesimpulan:

- Teori Logika Neuro-Fuzzy dapat digunakan untuk prosedur penentuan waktu sinyal tidak tetap (fully actuated signal).
- Perhitungan untuk memperoleh waktu sinyal traffic light dapat dilakukan dengan memanfaatkan Fuzzy Logic Toolbox yang terdapat pada program komputer Matlab, termasuk perancangan pemodelannya.
- Kinerja yang dihasilkan dengan metode Neuro-fuzzy lebih baik dari pada pengaturan dengan metode statis. Dengan waktu siklus dan waktu

tunggu yang lebih baik pada simpang akan berdampak baik pada lalu lintas di kota-kota besar. Sehingga ini dapat dijadikan salah satu solusi yang harus dipertimbangkan untuk mengatasi kemacetan di wilayah kota Jakarta lainnya.

- Penggunaan Metode Fuzzy dapat mengurangi waktu siklus dan waktu tunggu rata-rata lebih kecil daripada menggunakan metode statis, sehingga penggunaan kapasitas di suatu persimpangan lebih optimal.

5.2 Saran.

Pengaturan waktu *traffic light* dengan menggunakan Logika Fuzzy dapat menghasilkan kinerja simpang yang lebih baik, yakni menghasilkan tundaan yang lebih kecil sehingga mengurangi panjang antrian untuk tiap lengan simpang. Kajian dan penelitian terkait metode ini seharusnya terus dilakukan, sehingga pemecahan masalah lalu lintas dan transportasi dapat diterapkan di lapangan. Beberapa kajian yang sebaiknya dilakukan adalah mengenai :

- Anteseden yang digunakan sebagai input waktu sinyal metode fuzzy.
- Fungsi keanggotaan, sehingga dapat diketahui fungsi keanggotaan yang jauh lebih baik untuk digunakan dalam waktu sinyal metode fuzzy.
- Batasan-batasan yang berkaitan dengan pengaturan simpang sebagai masukan fungsi keanggotaan dalam waktu sinyal metode fuzzy.
- Dalam penerapannya bisa dipasang kamera di masing-masing ruas untuk mendeteksi tingkat kepadatan kendaraan. Kamera selanjutnya dihubungkan ke microcontroller yang sudah diisi program Fuzzy Logic yang digunakan untuk mengatur durasi lampu lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bilal A, Khan., An Intelligent Traffic Controller Based on Fuzzy Logic, Asia Pacific university of Technology and Innovation, 2013
- [2] Budi Yulianto, Traffic Signal Controller for Mixed Traffic Conditions, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 2012
- [3] Kamlesh Kumar., A Case Study for Traffic Control Signal at Four-Way Intersection Road, International Journal of Computer Techniques, 2015.
- [4] Kok Khiang Tan., Intelligent Traffic Lights Control By Fuzzy Logic, Malaysian Journal of Computer Science, Vol 9 No.2, Malaysia, 1996.
- [5] Kusumadewi, S., et al., Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf, Graha Ilmu, Yogyakarta 2006.
- [6] Lucian Balut., A Fuzzy Approach for an Intelligent Traffic Light Controller, paper at Proceedings of the 2nd International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems, Romania, 2009.
- [7] Marzuki Khalid, Control of a Complex Traffic Junction using Fuzzy Inference, Centre for Artificial Intelligence and Robotics (CAIRO), Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia, 2004
- [8] Mehta, S., Fuzzy Control System For Controlling Traffic Lights, paper at Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hongkong 2008.
- [9] Mojtaba Salehi., TLCSBFL: A Traffic Lights Control System Based on Fuzzy Logic, International Journal of u- and e-Service, Science and Technology, 2014.
- [10] Novan P, Simanjuntak., Aplikasi Fuzzy Logic Controller pada Pengontrolan Lampu Lalu Lintas, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2012.
- [11] Septian Nugraha., Simulasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Cellular Automata dan Fuzzy Inference System, Universitas Telkom, Indonesia 2015.
- [12] Zinoviy Stotko., Simulation og Signalized Intersection Functioning With Fuzzy Control Algorithm, Institute of Engineering Mechanics and Transport, Ukraine, 2013.