

SIMULASI PENERAPAN ANFIS PADA SISTEM LAMPU LALU LINTAS ENAM RUAS

^aBuana Suhurdin Putra, ^bRomi Satria Wahono, ^cRufman Iman Akbar E

^aSekolah Tinggi Teknologi Jakarta,

Jl. Raya Jatiwaringin 273, Pondok Gede 17411

^bPT Brainmatics Cipta Informatika, Jakarta, Menara Bidakara, Lantai 2, Suite 0205

Jl. Jend. Gatot Subroto Kav. 71-73, Jakarta 12870

^cSekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Eresha, Jakarta

Jl. Haji Samali No. 51, Kalibata 12740

E-Mail: ^abuana_s@yahoo.com

Abstrak

Sistem lampu lalu lintas atau alat pemberi isyarat lalu lintas bertujuan untuk dapat mengatur arus lalu lintas di sebuah persimpangan. Pengaturan durasi lampu hijau di tiap ruas dapat dilakukan secara statis maupun secara dinamis. Pengaturan durasi yang tepat, tidak hanya terwujud dengan kelancaran arus lalu lintas namun dapat juga terwujud dengan waktu tunggu kendaraan yang tidak terlalu lama di persimpangan. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan waktu tunggu rata-rata yang dihasilkan dari pengaturan metode statis dan metode dinamis dengan *neuro-fuzzy* menggunakan ANFIS di persimpangan enam ruas. Data penelitian dibuat berdasarkan pengamatan lapangan terhadap waktu rata-rata kedatangan kendaraan di suatu ruas persimpangan, waktu rata-rata kendaraan melewati ruas persimpangan, serta durasi lampu hijau di setiap ruas persimpangan. Kemudian data ini diolah menggunakan suatu perangkat lunak simulasi untuk memperoleh hasil pada metode statis. Tahap berikutnya pada rutin perangkat lunak tersebut ditambahkan sistem ANFIS untuk menentukan durasi lampu hijau berdasarkan kondisi ruas lainnya sehingga diperoleh hasil untuk metode dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode dinamis menggunakan ANFIS dapat memberikan hasil hingga 20,24% lebih optimal dari metode statis yang diterapkan saat ini.

Kata kunci: sistem lampu lalu lintas, *Neuro-Fuzzy*, ANFIS.

Abstract

The traffic light system aims to control the flow of traffic at an intersection. Arrangement the duration of green lights on every section can be done either statically or dynamically. The right duration arrangement not just can be proved by the smooth flow of traffic but also the waiting time of the vehicles that are not too long at the intersection. This research was conducted to compare the average of waiting time between static method arrangement and dynamic method arrangement using ANFIS at the six-way intersection. Research data are based on field observations of the average arrival time of vehicles, the average time when vehicle passes the segment of intersection, and duration of green lights on each segment of intersection. Then the data are processed using simulation software to obtain the static method result. The next step, ANFIS system is added to the software routine to determine the duration of green lights based on the condition of the other segments in order to obtain the dynamic method results. The result showed that the dynamic method using ANFIS can provide 20,24% more optimal result than the static method that is applied today.

Key words: traffic light systems, Neuro-Fuzzy, ANFIS.

PENDAHULUAN

Penggunaan lampu lalu lintas (*traffic light*) di persimpangan jalan merupakan salah satu solusi yang digunakan untuk mengendalikan arus lalu lintas. Pengendalian sistem lampu lalu lintas mengambil peran penting dalam memberikan kualitas arus lalu lintas yang lebih baik [1]. Strategi yang lebih baik dalam mengendalikan arus lalu lintas memberikan dampak pengurangan polusi, penghematan bahan bakar, serta meningkatkan pergerakan kendaraan dengan mempersingkat waktu perjalanan [2].

Parameter yang digunakan untuk menentukan durasi pada sistem lampu lalu lintas adalah kepadatan kendaraan di suatu sisi persimpangan yang dipengaruhi arus kendaraan di sisi tersebut. Nilai parameter ini tidak dapat diketahui secara pasti karena berubah terhadap waktu dan kondisi lainnya. Penentuan durasi lampu hijau dapat dilakukan dengan model matematis berdasarkan data historis arus lalu-lintas, atau dengan kecerdasan buatan [3].

Penelitian mengenai model matematis untuk memperkirakan dan mengendalikan arus lalu lintas telah dilakukan sejak 1935 [4]. Namun demikian, penggunaan data historis sebagai dasar penentuan durasi pada sistem lampu lalu lintas sangat rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*) [5]. Di sisi lain, sistem lampu lalu lintas dengan kecerdasan buatan umumnya menggunakan metode logika *fuzzy* [6] [7] [8] [9], yang juga dapat dikombinasikan dengan metode *Soft Computing* lain [10]. Pendekatan lain yang juga digunakan dalam penelitian adalah menggunakan *Multi Agent System* [11] [12].

Meskipun penggunaan metode logika *fuzzy* dalam sistem lampu lalu lintas sudah lebih baik dibandingkan metode statis [13], namun masih ada kelemahan pada implementasi logika *fuzzy* pada sistem lampu lalu lintas. Salah satu kelemahan itu adalah logika *fuzzy* tidak memiliki kemampuan belajar [14], sehingga parameter *fuzzy* untuk suatu lokasi belum tentu dapat diterapkan pada lokasi lain.

Penelitian ini dibatasi pada optimalisasi *ANFIS* pada sistem lampu lalu lintas terutama pada persimpangan yang memiliki enam ruas lampu lalu lintas dengan membuat model perangkat lunak yang memberikan simulasi kondisi persimpangan tersebut. Sistem *ANFIS* yang diterapkan akan diuji dengan fungsi

keanggotaan yang berbeda-beda serta dengan jumlah himpunan keanggotaan yang berbeda-beda pula.

Nilai yang akan diperbandingkan adalah rata-rata waktu tunggu kendaraan di setiap ruas lampu lalu lintas. Waktu tunggu yang semakin singkat menunjukkan bahwa metode yang digunakan untuk menentukan durasi lampu semakin baik atau semakin optimal.

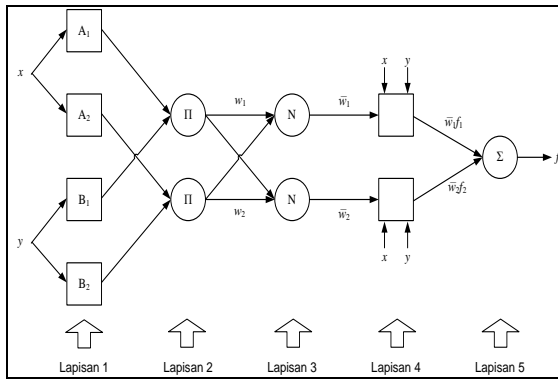
Penelitian berkaitan dengan pengaturan sistem lampu lalu lintas dinamis telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian terakhir, diantaranya adalah:

Widiantoro bersama Afriyanti membuat Aplikasi *Fuzzy Inference System (FIS)* Metode Tsukamoto pada Simulasi *Traffic Light* Menggunakan Java [6]. Pada tahun 2008, Rahmat Taufik, Supriyono, dan Sukarman membuat prototipe sebuah sistem lampu lalu lintas berbasis sistem *fuzzy* menggunakan mikrokontroler [7]. Metode *fuzzy* yang dipilih untuk digunakan dalam sistem adalah metode Sugeno. Pada tahun yang sama, Htin Lin dan rekan-rekannya juga membuat prototipe sistem lampu lalu lintas simpang empat berbasis sistem *fuzzy* menggunakan mikrokontroler [8]. Metode *fuzzy* yang dipilih untuk digunakan dalam sistem tersebut adalah metode Mamdani.

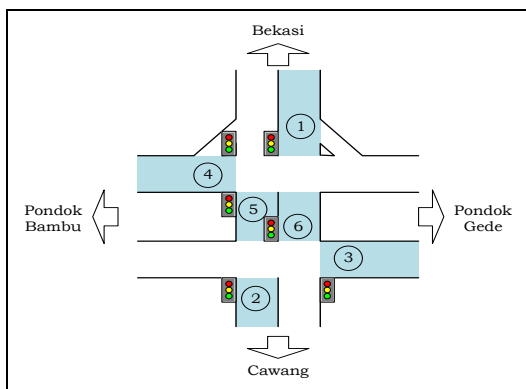
Perbedaan utama penelitian-penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan adalah penggunaan metode *neuro-fuzzy* dan akan digunakan pada persimpangan enam ruas.

ANFIS

ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems) merupakan salah satu sistem dalam kelompok *neuro-fuzzy* yaitu sistem *hybrid* dalam *soft computing*. Sistem *hybrid* merupakan padupadan atau gabungan dari setidaknya dua metode *soft computing* dengan tujuan untuk memperoleh algoritma yang lebih sempurna [15]. Sistem *neuro-fuzzy* berdasar pada sistem inferensi *fuzzy* yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem *neural networks*. Dengan demikian, sistem *neuro-fuzzy* memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh sistem inferensi *fuzzy* dan sistem *neural networks*.



Gambar 1. Struktur ANFIS.



Gambar 2. Denah Persimpangan Pangkalan Jati, Kalimalang, Jakarta Timur.

Tabel 1. Rata-Rata Jumlah Kendaraan per Menit (hanya Roda 4 dan 6).

Jam	Ruas			
	1	2	3	4
05:00 - 08:00	35-50	35-50	15-20	10-15
08:00 - 14:00	15-25	15-25	10-15	10-15
14:00 - 17:00	20-30	20-30	15-20	5-10
17:00 - 20:00	35-50	35-50	15-20	10-15
20:00 - 22:00	15-25	15-25	10-15	5-10
22:00 - 00:00	5-10	5-10	5-10	5-10

Tabel 2. Arah Arus Kendaraan.

Ruas Asal	Arah Tujuan (%)		Keterangan
	Lurus	Belok Kanan	
1	100	0	Semua ke ruas 6
2	100	0	Semua ke ruas 5
3	70	30	
4	90	10	
5	70	30	
6	90	10	

Salah satu bentuk struktur ANFIS yang sudah sangat dikenal adalah seperti terlihat pada Gambar 1. Dalam struktur ini, sistem inferensi fuzzy yang diterapkan adalah inferensi fuzzy model Takagi-Sugeno-Kang orde satu.

Persimpangan Enam Ruas

Sistem lampu lalu lintas (*traffic light*) merupakan salah satu bagian dari sistem penyelenggaraan lalu lintas yang diharapkan mampu membantu kelancaran arus lalu lintas jalan. Pada persimpangan dengan enam ruas jalan dibutuhkan enam lampu lalu lintas dalam satu sistem. Pengaturan sistem ini tentunya lebih rumit dibandingkan sistem dengan jumlah lampu lalu lintas yang lebih sedikit. Meskipun jarang, namun persimpangan seperti ini dapat ditemukan di beberapa lokasi di Jakarta dan termasuk sering menjadi simpul kemacetan.

Dalam penelitian ini, yang menjadi obyek penelitian adalah persimpangan Pangkalan Jati, Kalimalang, Jakarta Timur, seperti terlihat pada Gambar 2.

Pada persimpangan tersebut, ruas 1 dan 2 hanya memiliki jalur lurus dan tidak dapat belok kanan. Jalur 3 dapat lurus dan belok kanan ke ruas 5. Jalur 4 dapat lurus dan belok kanan ke ruas 6. Dengan demikian, sumber kendaraan berasal dari ruas 1-4, sedangkan ruas 5 dan 6 berasal dari ruas 1-4 tersebut. Kendaraan dari ruas 1 dan 2 yang akan berbelok ke kanan akan berbelok di ruas 5 dan 6. Sedangkan dari ruas 3 dan 4 yang berbelok kanan ke ruas 5 dan 6, tidak akan berbelok kanan lagi di ruas 5 dan 6 tersebut.

Penelitian ini akan membuat suatu model menggunakan perangkat lunak yang menerapkan *neuro-fuzzy* untuk menentukan durasi lampu hijau di persimpangan Pangkalan Jati, Kalimalang, Jakarta Timur. Model ini juga akan sekaligus menghitung waktu tunggu tiap kendaraan yang tiba di persimpangan hingga kendaraan tersebut meninggalkan persimpangan.

Karena keterbatasan dalam memperoleh data arus kendaraan yang akurat, maka data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah estimasi dari hasil pengamatan yang dilakukan selama beberapa putaran giliran pada beberapa waktu berbeda dalam beberapa hari di bulan Januari 2011 seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dari kedua tabel tersebut dibuat data waktu kedatangan kendaraan serta arah tujuan

dengan struktur dan contoh data seperti pada Tabel 3.

Data percobaan yang telah disiapkan kemudian diuji coba menggunakan perangkat lunak yang telah disiapkan. Untuk fungsi keanggotaan, dipilih empat fungsi dasar yang umum digunakan, yaitu dua fungsi linier (fungsi segitiga dan trapezium) serta dua fungsi non-linier (fungsi Gauss dan *generalized Bell*). Sedangkan untuk jumlah himpunan keanggotaan diuji coba pada beberapa nilai yaitu 3 hingga 6 dengan pertimbangan bahwa nilai-nilai tersebut masih cukup cepat seandainya sistem ini diwujudkan pada suatu perangkat keras di perempatan tersebut.

Data pelatihan diperoleh dengan mengamati pola pengaturan yang dilakukan polisi lalu lintas pada jam sibuk, yaitu pagi hari dan sore hari. Pada pagi hari antara pukul 06.00 hingga 08.00 dan sore hari sekitar pukul 17.00 hingga 19.00, biasanya ditempatkan beberapa polisi lalu lintas yang mengatur arus lalu lintas di persimpangan agar tetap terjaga ketertiban dan kelancarannya. Petugas-petugas ini biasanya memberikan durasi lebih lama pada ruas yang memiliki kepadatan berlebih dan mengurangi durasi pada ruas yang lengang, dengan cara mengatur secara manual tanpa merubah sistem lampu lalu lintas. Karena ruas, lebar jalan, dan kapasitas jalan tidak sama, maka hasil pengamatan diubah menjadi tingkat kepadatan dan tingkat durasi.

Sebelum dilakukan uji coba terhadap data arus lalu lintas, dilakukan pengujian tingkat kesalahan (*error*) sistem ANFIS terhadap data pelatihan yang diberikan. Namun karena sulit menghitung *error* untuk nilai nol, maka penghitungan rata-rata kesalahan hanya dilakukan pada data pelatihan dengan nilai target lebih besar dari nol. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan dengan menerapkan sistem yang berbeda pada data yang persis sama. Dari percobaan diperoleh waktu tunggu rata-rata untuk metode statis yang saat ini digunakan adalah 45,89 detik. Sedangkan waktu tunggu rata-rata kendaraan di persimpangan dengan menggunakan metode ANFIS dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil yang diarsir (pada Tabel 5) merupakan waktu tunggu rata-rata yang lebih baik dari waktu tunggu statis. Dengan demikian pada fungsi keanggotaan dan jumlah kategori tersebut, metode dinamis dapat lebih optimal dibandingkan metode statis yang digunakan saat ini.

Secara umum, untuk memperoleh hasil yang lebih baik daripada metode statis dibutuhkan lebih dari tiga himpunan untuk semua fungsi keanggotaan. Pada Tabel 6 terlihat bahwa untuk tiga himpunan fungsi keanggotaan, semua memberikan nilai yang hampir sama, yaitu lebih dari 47 detik.

Tabel 3. Struktur dan Contoh Data Percobaan.

Ruas 1		Ruas 4	
detik tiba	arah tujuan	detik tiba	arah tujuan
1	0	1	0
2	0	4	1
3	0	6	0
...		...	
68364	1	68385	0
68375	0	68400	1

Keterangan kolom arah tujuan:

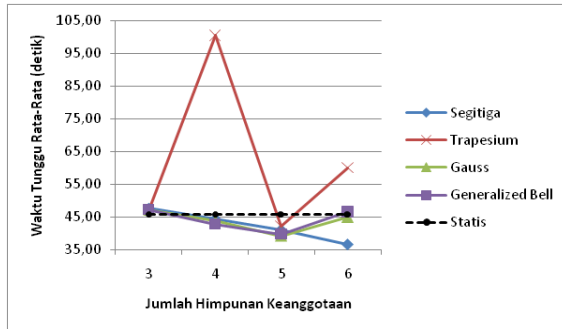
0: lurus, 1: belok kanan

Tabel 4. Tingkat Kesalahan Sistem dalam Uji coba pada Data Pelatihan.

Fungsi Keanggotaan	Jumlah Himpunan			
	3	4	5	6
Segitiga	8,84%	0,78%	0,04%	0,00%
Trapezium	7,87%	3,58%	0,64%	0,00%
Gauss	5,11%	0,80%	0,04%	0,00%
<i>Generalized Bell</i>	5,61%	0,78%	0,04%	0,00%

Tabel 5. Waktu Tunggu Rata-Rata Hasil Percobaan (detik).

Fungsi Keanggotaan	Jumlah Himpunan			
	3	4	5	6
Segitiga	47,90	44,48	41,06	36,61
Trapezium	47,34	100,60	42,13	60,08
Gauss	47,09	43,88	39,23	44,87
<i>Generalized Bell</i>	47,35	42,83	39,81	46,59



Gambar 3. Grafik Perbandingan Waktu Tunggu Rata-Rata menggunakan fungsi keanggotaan yang berbeda.

Tabel 6. Waktu Tunggu Rata-Rata Terbaik dari Tiap Fungsi Keanggotaan.

Fungsi Keanggotaan	Jumlah Himpunan	Waktu Tunggu Rata-Rata (detik)	Tingkat Optimalisasi (%)
Segitiga	6	36,61	20,24%
Trapesium	5	42,13	8,20%
Gauss	5	39,23	14,53%
Generalized Bell	5	39,81	13,26%

Dari seluruh percobaan yang dilakukan, jumlah lima himpunan dalam fungsi keanggotaan memberikan hasil yang lebih baik dari metode statis untuk semua jenis fungsi keanggotaan. Pada kondisi ini, fungsi keanggotaan *Gauss* memberikan hasil terbaik yaitu 39,23 detik.

Dari keempat fungsi keanggotaan yang digunakan dalam percobaan, fungsi keanggotaan trapesium memberikan hasil yang paling buruk. Di samping memberikan hasil yang tidak stabil seperti terlihat pada Gambar 3, fungsi keanggotaan trapesium memberikan waktu rata-rata yang lebih baik dari kondisi statis hanya pada lima himpunan keanggotaan.

Waktu terbaik dari setiap fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Tabel 6. Terlihat bahwa waktu tunggu rata-rata terbaik dari setiap fungsi, hampir seluruhnya berada pada lima himpunan keanggotaan, kecuali untuk himpunan keanggotaan segitiga. Meski demikian, fungsi keanggotaan segitiga dengan enam himpunan keanggotaan justru memberikan waktu tunggu rata-rata yang paling optimal dari seluruh percobaan, yaitu sebesar 20,24%.

Dari hasil uji coba terlihat bahwa durasi statis yang saat ini diterapkan pada persimpangan Pangkalan Jati, Kalimalang, Jakarta Timur, dapat lebih dioptimalkan dengan sistem berbasis *neuro-fuzzy*. Jika sistem cerdas ini diterapkan, maka kehadiran polisi lalu lintas untuk mengatur kendaraan, terutama di saat jam sibuk, dapat dikurangi. Selain itu, dengan penerapan sistem cerdas, maka waktu tunggu rata-rata kendaraan semakin singkat sehingga dapat mengurangi kesempatan bagi orang yang ingin melakukan kejahatan terhadap pengendara yang berhenti di persimpangan. Namun demikian, sistem ini memerlukan perangkat keras yang lebih rumit dibandingkan yang ada saat ini. Selain rumit, keberadaan sensor kepadatan tentunya harus secara rutin dipelihara agar terjaga tingkat akurasi. Dengan kondisi seperti itu, tentu harus dikaji lebih dalam mengenai biaya yang harus dikeluarkan apakah sebanding dengan keuntungan yang akan diperoleh.

Implikasi

Untuk dapat menerapkan sistem lampu lalu lintas dengan metode dinamis menggunakan ANFIS maka terdapat beberapa perubahan yang harus dilakukan pada sistem lampu lalu lintas, karena sistem cerdas seperti ini membutuhkan sensor yang dapat memberikan data masukan secara otomatis.

Untuk mengetahui kepadatan suatu ruas, dapat digunakan sensor keberadaan obyek atau dapat menggunakan kamera. Penggunaan sensor keberadaan obyek dapat memberikan data lebih cepat namun dibutuhkan jumlah yang banyak serta memiliki resiko kegagalan fisis yang lebih tinggi. Sedangkan penggunaan kamera cukup digunakan sesuai jumlah ruas yang dipantau, bahkan dapat kurang. Namun penggunaan kamera membutuhkan proses awal yang lebih rumit, yaitu menerjemahkan gambar menjadi data kepadatan suatu ruas. Dikhawatirkan, proses ini justru dapat memperlambat hasil yang seharusnya dapat diperoleh lebih cepat.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengaturan sistem lalu lintas di persimpangan Pangkalan Jati, Kalimalang, Jakarta Timur, sudah optimal untuk kondisi arus kendaraan normal. Namun demikian kondisi ini dapat

lebih dioptimalkan lagi dengan sistem dinamis yang memanfaatkan metode ANFIS. Waktu tunggu yang paling optimal dapat diberikan oleh fungsi keanggotaan segitiga dengan enam himpunan keanggotaan yaitu 36.61 detik.

Dari penelitian ini juga terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan untuk

pengembangan lebih lanjut dari sistem dinamis ini, antara lain, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengintegrasikan sistem ini dengan metode masukan seperti sensor jarak atau kamera, dan perlu kajian lebih lanjut dan menyeluruh sebelum sistem ini diputuskan untuk digunakan pada suatu persimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cheng KYR, Lee CHL and Liu A. Designing Intelligent Agents for Traffic Delay Compensation. *Journal of Integrated Systems, Design, and Process Science*. 12: 15-26. 2008.
- [2] Nakamiti G, Freitas R and Gomide F. Intelligent Real-Time Traffic Control. *Smart Engineering System Design*. 4: 49-62. 2002.
- [3] Purnomo MRA, Wahab DA, Hassan A, and Rahmat RA. Development of a Low Cost Smart Traffic Controller System. *European Journal of Scientific Research*. 32: 490-499. 2009.
- [4] Poli JrJ and Monteiro LHA. Improving Vehicle Flow with Traffic Lights. *Advances in Complex Systems*. 08: 59-63. 2005.
- [5] Hereth WR, Zundel A and Saito M. Automated Estimated of Average Stopped Delay at Signalized Intersections Using Digitized Still-Image Analysis of Actual Traffic Flow. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 20: 132-140. 2006.
- [6] Widiantoro RW and Afriyanti L. Aplikasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto pada Simulasi Traffic Light Menggunakan Java. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*. E.104-E.107. 2009.
- [7] Taufik R, Supriyono and Sukarman. Rancang Bangun Simulator Kendali Lampu Lalu Lintas dengan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler. *Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. 459-466. 2008.
- [8] Lin H, Aye KM, Tun HM, Theingi and Naing ZM. Design and Construction of Intelligent Traffic Light Control System Using Fuzzy Logic. *Proceeding of International Conference on Power Control and Optimization, Innovation in Power Control for Optimal Industry*. 237-239. 2008.
- [9] Mehta S. Fuzzy Control System for Controlling Traffic Lights. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist*. IMECS. 105-108. 2008.
- [10] Liu TI. *Automatic Traffic Light Control System*. California State University, Sacramento. Presented by: Pramond Krishnani, Dongun Sul, Chima Anyanwu. 2008.
- [11] Hirankitti V, Krohkaew J and Hogger C. A Multi-Agent Approach for Intelligent Traffic-Light Control. World Congress on Engineering 2007. WCE. 116-121. 2007.
- [12] Wiering M, van Veenen J, Vreeken J and Koopman A. Intelligent Traffic Light Control. *Utrecht University, Utrecht. Technical Report UU-CS-2004-029*. 2004.
- [13] Khalid M, Liang SC and Yusof R. Control of a Complex Traffic Junction using Fuzzy Inference. *Proceeding of 5th Asian Control Conference*. ASCC. 1544-1551. 2004.
- [14] Suyanto. *Soft Computing: Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi*. Bandung: Informatika. 2008.
- [15] Kusumadewi S and Hartati S. *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2006.