

PENUNJUK ARAH CERDAS BERBASIS ATURAN FUZZY (SEBUAH IDE IMPLEMENTASI DARI PENGGUNAAN SENSOR LALU LINTAS)

Ditdit Nugeraha Utama ¹⁾, Redno Novicta Sari ²⁾, Risa
Sekarningtyas ³⁾, M. Habibullah ⁴⁾, Anasta Wulandari ⁵⁾,
Indriyani Eta Rahastri ⁶⁾, Darnilia Nurul Sakina ⁷⁾, M.
Miftahuddin ⁸⁾, Hilda Cahyani ⁹⁾

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
Email : rednons11@gmail.com

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas telah menjadi permasalahan klasik yang kerap dihadapi kota-kota besar. Perempatan jalan, volume lalu lintas, ketidakdisiplinan para pengendara kendaraan adalah berbagai potensi kemacetan di jalan raya. Kondisi ini merupakan permasalahan multi dimensi yang harus diselesaikan dengan cara yang luar biasa. Berbagai kajian ilmu di berbagai bidang keahlian telah urun ide untuk menyelesaikan permasalahan ini. Salah satunya adalah keberadaan sensor otomatis untuk pendeteksian jumlah kendaraan dalam kurun waktu tertentu, mengestimasi kepadatan kendaraan, dan laju kendaraan di jalan raya. Dengan menggunakan metode *fuzzy* (bias) yang diterapkan pada aturan *fuzzy* (*fuzzy rules*) serta terapkan melalui prinsip-prinsip konsep optimasi, ide pemanfaatan sensor otomatis tersebut direalisasikan. Metode *fuzzy* adalah anak cabang keilmuan informatika dan komputer, yang memungkinkan komputer dapat menalar berbagai jenis bahasa alamiah manusia. Disini, aturan *fuzzy* digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan kemacetan yang terjadi dan bagaimana aksi lanjutan atas kemacetan tersebut. Dengan aturan *fuzzy* ini, data yang diperoleh dari sensor dikirim dalam bentuk sinyal ke lampu lalu lintas dan palang definitif yang telah didesain sedemikian rupa. Kendaraan yang berada pada lajur yang mengalami kepadatan tertentu akan memperoleh dua lajur alternatif (*smart direction* atau arah cerdas), sementara kendaraan pada lajur yang lain akan terus bergerak berdasarkan arah yang ditunjukkan oleh lampu lalu lintas dan tindakan dari palang yang bekerja, sehingga tidak ada lajur yang mengalami penumpukan kendaraan, dan memungkinkan kemacetan akan terurai dengan sendirinya. Sistem usulan ini berjalan berdasarkan tingkat kepadatan kendaraan tertentu yang dideteksi oleh sensor, artinya sistem ini berjalan secara fleksibel otomatis (*automated flexibly*).

Kata kunci: *fuzzy*, kemacetan, lalu lintas, palang, sensor

ABSTRACT

Traffic congestion had been being a classic problem that metropolitan city faces commonly. Road intersection, traffic volume, indiscipline drivers are several potential of congestion on highway. This condition is a multidimensional problem that should be resolved by an amazing way. Various science domain in various expertise domain had contributed ideas to solve this problem. One is the existence of an automatic sensor for detection the number of vehicles within a certain time, estimating density of vehicle, and vehicle velocity on highway. By using fuzzy which is applied to fuzzy rules, the idea of automatic sensor utilization is realized. Fuzzy method is informatics and computer science subsidiary, which allows computer can detect natural type various of human language. Here, fuzzy rules are used to identify possible congestion that occur and further action over congestion. By using fuzzy rules, data is obtained from sensors is sent as signal to traffic lights and definitive gate has been designed in such a way. Vehicles are in the line which in a certain density will acquire two-line alternatives (smart direction), while vehicle is on other line will be continue to move to direction that is indicated by traffic lights and action of gate working, so no line occur vehicle congested in density on one line or more. Thus, system is running in accordance with vehicle density on a certain level in a line that is detected by sensor, its mean that system is not going to running constantly if not detected vehicle density

Keywords: congestion, fuzzy, gate, traffic, sensor

PENDAHULUAN

Dewasa ini, kemajuan teknologi berkembang dengan sangat cepat dan memberikan pengaruh positif di dalam penyelesaian masalah pada setiap aspek kehidupan, termasuk permasalahan di bidang lalu lintas dan transportasi. Namun, kecanggihan alat teknologi tinggi tersebut, tidak (belum) mampu untuk menyelesaikan permasalahan klasik di dalam lalu lintas dan transportasi. Permasalahan klasik tersebut adalah kemacetan.

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu masalah luar biasa yang kerap dihadapi oleh kota besar. Hal ini menjadi masalah yang luar biasa sehingga pemerintah perlu mencari cara yang tepat dan efisien untuk memecahkan masalah ini. Ketidaksiplinan para pengguna jalan dan masalah teknis merupakan beberapa penyebab kemacetan lalu lintas yang dapat dianggap dominan.

Beberapa penelitian berkenaan dengan lalu lintas dan kemacetan ini telah dilakukan banyak peneliti. Di antaranya adalah Li et al. (2014) yang mencoba membangun sebuah lalu lintas cerdas untuk mengatasi kemacetan di China; Zhang et al. (2014) yang mencoba untuk mengembangkan sistem yang dapat memperkirakan gambaran arus lalu lintas jangka pendek di persimpangan jalan di Beijing, China; atau untuk memantau jalanan perkotaan di Italia, Fanello et al. (2014) telah mencoba mengembangkan model yang terintegrasi untuk infrastruktur jalan perkotaan dan *me-record*-nya.

Lebih lanjut, Yang et al. (2012) mengusulkan sebuah model jaringan lalu lintas transportasi yang akan dijadikan sebuah model objek dari penggunaan lalu lintas yang nantinya berfungsi untuk

merealisasikan semua jenis simulasi dari berbagai jenis kebiasaan berlalu lintas di jalan raya. Régine et al. (2015) mengusulkan dua jenis metode yaitu fokus pada pengurangan batas kecepatan kendaraan dan menekankan pada pengurangan kemacetan di jalan raya. Lalu, Borg dan Scerri (2015) mengusulkan model yang menggambarkan pemblokiran di awal persimpangan karena meluapnya antrian lalu lintas dari adanya simpangan jalan di lalu lintas lainnya. Khusus di kondisi Jalan di Jakarta dan sekitarnya Utama et al. (2016a) dan Utama et al. (2016b) telah melakukan pemodelan untuk mengurai kemacetan dengan menggunakan metode utama *water flow algorithm* (WFA).

Di dalam studi ini, kami melihat fungsi lampu lalu lintas menjadi sangat penting, bukan hanya untuk mengatur arus kendaraan di persimpangan, namun seharusnya menjadi solusi penunjuk arah terbaik bagi para pengendara. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem cerdas yang mampu mengarahkan kendaraan ke lajur tertentu. Sehingga, jalur yang dipilih dan dilalui oleh si pengendara, merupakan jalur terbaik (jalur cerdas) untuk mengurangi kemacetan.

Artikel ini diawali oleh bagian pendahuluan. Kemudian empat bagian berikutnya merupakan bagian lanjutannya, yaitu kajian literatur, metodologi penelitian, hasil dan diskusi, kesimpulan dan penelitian lanjutan. Artikel akan ditutup dengan daftar pustaka yang merupakan rujukan langsung artikel.

KAJIAN LITERATUR

Kemacetan

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas

rencana jalan tersebut. Kondisi ini mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan dapat dihitung, sebuah kondisi dimana nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 akan menyebabkan kemacetan (DJBM, 1997).

Lalu Lintas

Lalu lintas di dalam Undang-Undang no. 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan. Sedangkan ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung. Untuk mengendalikan pergerakan orang dan atau kendaraan agar bisa berjalan dengan lancar dan aman diperlukan perangkat peraturan perundangan yang sebagai dasar dalam hal ini Undang-undang No. 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan (PRI, 2009).

Untuk mengatur padatnya lalu lintas diperlukan rambu-rambu dan petugas yang mengatur arus lalu lintas untuk menghindari adanya penumpukan kendaraan pada jalan raya. Lampu lintas merupakan alat yang mengatur pergerakan lalu lintas di persimpangan jalan, melalui pemisah waktu berbagai arah pergerakan yang saling berpotongan. Pada umumnya, setiap lampu lalu lintas memiliki tiga warna yang menjadi tanda bagi pengendara, yaitu:

1. Lampu menyala merah, memiliki arti bahwa pengguna kendaraan diharuskan untuk berhenti dan memberikan jalan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.
2. Lampu menyala kuning, memiliki arti untuk memberikan peringatan

kepada pengguna kendaraan bahwa lampu akan berganti warna.

3. Lampu menyala hijau, memiliki arti bahwa pengguna kendaraan diberikan waktu untuk melewati jalan.

Volume Lalu Lintas

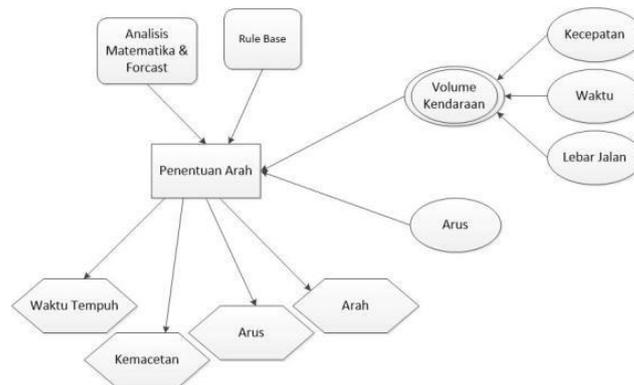
Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang lewat pada satu titik di ruas jalan, atau pada suatu lajur selama interval waktu tertentu. Satuan dari volume secara sederhana adalah “kendaraan”, walaupun dapat dinyatakan dengan cara lain yaitu satuan mobil penumpang (smp) tiap satu waktu (Lindawati, 2012). Volume lalu lintas dapat dinyatakan dalam persamaan (1), dimana V adalah volume lalu lintas, n adalah jumlah kendaraan, dan T adalah interval waktu pengamatan.

METODE PENELITIAN

Rancangan Kegiatan

Uji coba model semua dilakukan di dalam skala laboratorium (*virtual environment*) dan menggunakan skema perempatan jalan yang memiliki separator di tiap jalan, sehingga terdapat delapan lajur untuk desain lalu lintasnya.

Secara umum, penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, di antaranya adalah menentukan parameter yang menjadi pertimbangan dalam menunjang sistem ini, penentuan metode yang digunakan, penentuan tujuan optimasi dari sistem, dan rancangan model. Keterkaitan parameter, fungsi atau metode model, dan tujuan optimasi digambarkan dalam sebuah *influence diagram* (Gambar 1).



Gambar 1. *Influence Diagram* dan Skema Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, parameter utama yang dipertimbangkan di dalam model ini adalah volume kendaraan, kecepatan, waktu, lebar jalan, dan arus; serta beberapa parameter turunan yang lebih detail yang tidak tergambar di Gambar 1. Sedangkan metode yang digunakan dalam sistem model ini adalah metode analisis matematika dan *forecasting*, yang diatur dalam rencana basis aturan (*rule base*). Basis aturan itu

sendiri didasarkan pada metode logika *fuzzy* (logika bias; Zadeh, 1996).

Sedangkan untuk tujuan optimasi, model ini didesain untuk dapat mengurangi waktu tempuh si kendaraan, mengurangi kemacetan lalu lintas, mengurangi arus kendaraan, memberikan petunjuk arah yang disarankan untuk diikuti oleh para pengendara.

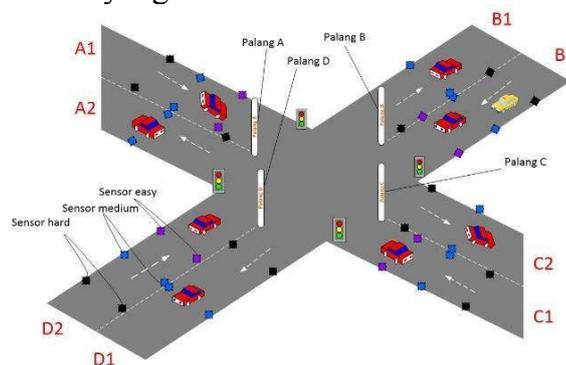
HASIL DAN DISKUSI

Skema Umum Model Usulan

Salah satu produk dari penelitian ini adalah desain lokasi dan penempatan sensor dan palang, serta desain lampu lalu lintas yang diletakan pada lokasi perempatan delapan lajur. Beberapa sensor yang digunakan adalah merupakan hasil penelitian para peneliti sebelumnya, yang terkait sensor lalu lintas yang kemudian kami berikan sedikit modifikasi. Sensor yang kami

gunakan terdiri dari sensor utama dan sensor pendukung (Riyadi et al. 2014).

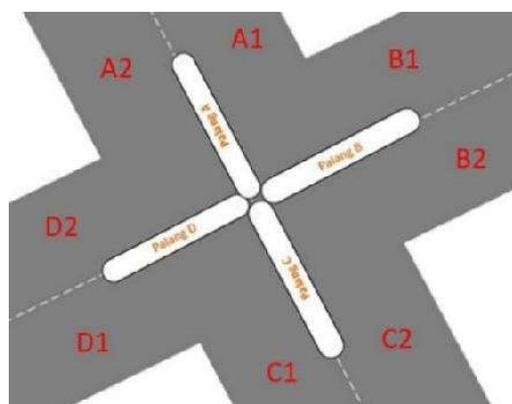
Sensor utama memungkinkan berkomunikasi dengan lampu lalu lintas dan dipasang di setiap ruas jalan sebagai detektor kepadatan kendaraan. Cara mendeteksi kepadatannya yaitu dengan mengukur lamanya kendaraan menutupi sensor, diasumsikan bahwa kendaraan dikatakan berhenti apabila kendaraan menutupi sensor tersebut selama tiga detik.



Gambar 2. Gambaran Penempatan Sensor dan Palang

Disini modifikasi sensor pun dilakukan. Dimana pada setiap lajur yang berada di depan lampu lalu lintas dilengkapi tiga pasang sensor dengan jarak yang berbeda dan terletak di tepi jalan, sementara lajur yang berada di belakang lampu lalu lintas hanya dilengkapi dengan dua pasang sensor saja (Gambar 2).

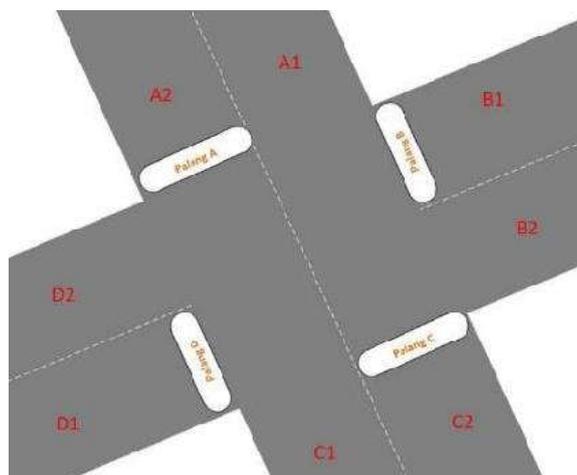
Tiga sensor yang terpasang pada tepi jalan tersebut memiliki level yang berbeda, yaitu *easy*, *medium* dan *hard*. Jika dilihat pada Gambar 2, sensor dengan level *easy* berwarna ungu, sensor dengan level *medium* berwarna biru, dan sensor dengan level *hard* berwarna hitam.



Gambar 3. Palang menutup ke tengah jalan

Sementara sensor pendukung yang kami gunakan yaitu sensor-sensor yang diambil dari hasil penelitian Liao et al. (2012) dengan menggunakan sensor tekanan, serta penelitian Jatmika dan Andiko (2014) yang menggunakan metode *image processing* dengan mengimplemtasikan kamera webcam sebagai detektor. Kedua sensor tersebut dapat mendeteksi kepadatan kendaraan, yang dimana sensor tersebut akan

berfungsi ketika terdapat dua atau lebih lajur yang mengalami tingkat kepadatan atau kemacetan yang sama berdasarkan level sensor yang telah ditentukan pada sensor utama, Sehingga dapat diketahui lajur yang mana yang mengalami kepadatan tertinggi. Sedangkan, sensor pendukung lainnya yaitu *archived sensor data* yang dapat mendeteksi kecepatan kendaraan (Li, 2014).



Gambar 4. Palang menutup ke kanan ruas jalan

Selain desain penempatan beberapa sensor, kami pun mendesain palang yang dapat terintegrasi dengan lampu lalu lintas dan sensor. Palang yang dipasang dapat dianalogikan sebagai polisi lalu lintas, dimana alat ini dapat dijadikan sebagai polisi lalu lintas, dimana alat ini dapat dijadikan sebagai alat ini dapat dijadikan sebagai pengatur arah dan

dapat menertibkan para pengendara kendaraan. Palang yang kami gunakan pada sistem ini hanya berfungsi menutup dua arah, yang mana hanya dapat menutup ke tengah-tengah ruas jalan (Gambar 3) dan kanan ruas jalan atau lajur di belakang lampu lalu lintas (Gambar 4).



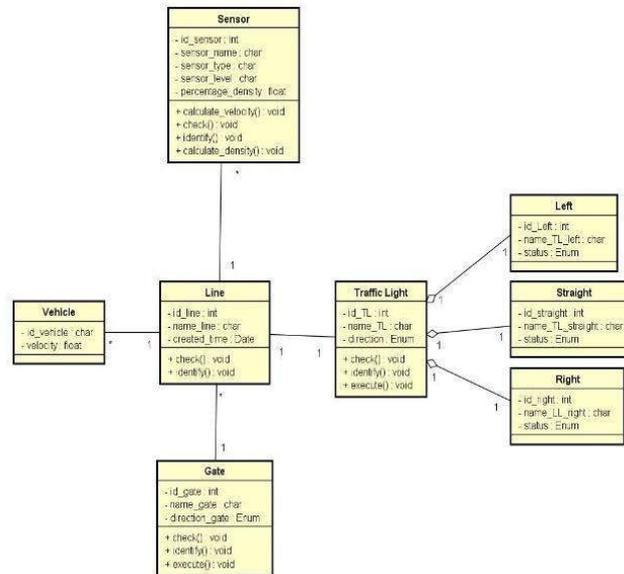
Gambar 5. Desain lampu lalu lintas

Untuk memudahkan para pengendara dalam memahami informasi logika berpikir dari model yang kami usulkan, desain lampu lalu lintas pun

diusulkan (Gambar 5). Lampu lalu lintas tersebut terdiri dari tiga panah yang masing-masing masing-masing menginformasikan arah tujuan. Panah

kiri untuk menginformasikan pengemudi yang ingin berbelok kiri, panah tengah untuk menginformasikan pengemudi yang ingin berjalan lurus, dan panah kanan untuk

menginformasikan pengemudi yang ingin berbelok kanan. Masing-masing panah dapat berubah warna layaknya lampu lalu lintas pada umumnya, yaitu merah, kuning, dan hijau.



Gambar 6. *Class Diagram*

Skema logika sistem model yang kami lakukan, digambarkan jelas dengan menggunakan diagram kelas (*class diagram*, Gambar 6). Di dalam diagram kelas tersebut terpaparkan ada terdapat lima kelas utama, yaitu *sensor*, *traffic light*, *gate*, *vehicle*, dan *line*. Sedangkan atribut-atribut informasi mengenai kelima kelas utama tersebut dapat dilihat jelas pada Gambar 6.

Basis Aturan Fuzzy

Kami menggunakan metode logika fuzzy (bias) yang diterapkan pada aturan fuzzy (*fuzzy rules*) serta melalui prinsip-prinsip konsep optimasi. Metode logika fuzzy adalah anak cabang keilmuan informatika dan komputer, yang memungkinkan komputer dapat menalar berbagai jenis bahasa alamiah manusia. Disini, aturan fuzzy digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan kemacetan yang terjadi dan bagaimana aksi lanjutan atas kemacetan tersebut. Dengan aturan

fuzzy ini, data yang diperoleh dari sensor dikirim dalam bentuk sinyal ke lampu lalu lintas dan palang definitif yang telah didesain sedemikian rupa.

Kemungkinan-kemungkinan yang teridentifikasi ini diasumsikan telah memenuhi semua kemungkinan kemacetan yang akan terjadi. Kemungkinan tersebut kemudian kami ubah berdasarkan aturan fuzzy. Untuk memudahkan dalam penyusunan aturan fuzzy. Tabel 1 adalah daftar penotasian simbol yang digunakan pada basis aturan fuzzy beserta keterangannya.

Tabel 1. Penjelasan Notasi *Fuzzy Rules Based*

Istilah	Keterangan
VA1	Volume kendaraan di lajur A1
VA2	Volume kendaraan di lajur A2
VB1	Volume kendaraan di lajur B1

VB2	Volume kendaraan di lajur B2
VC1	Volume kendaraan di lajur C1
VC2	Volume kendaraan di lajur C2
VD1	Volume kendaraan di lajur D1
VD2	Volume kendaraan di lajur D2
<i>Hard Traffic Jam</i>	Kemacetan yang parah
GateA	Palang A
GateB	Palang B
GateC	Palang C
GateD	Palang D
<i>Center Closed</i>	Palang menutup ke tengah
<i>Side Closed</i>	Palang menutup ke samping
RA1	Lampu lalu lintas A1 arah kanan
LA1	Lampu lalu lintas A1 arah kiri
SA1	Lampu lalu lintas A1 arah lurus
RB2	Lampu lalu lintas B2 arah kanan
LB2	Lampu lalu lintas B2 arah kanan
SB2	Lampu lalu lintas B2 arah kanan
RC1	Lampu lalu lintas C1 arah kanan
LC1	Lampu lalu lintas C1 arah kiri
SC1	Lampu lalu lintas C1 arah lurus
RD1	Lampu lalu lintas D2 arah kanan
LD2	Lampu lalu lintas D2 arah kiri
SD2	Lampu lalu lintas D2 arah lurus

Konsep dasar dalam aturan *fuzzy* ini, apabila salah satu lajur dari A1, B2, C1,

dan D2 terdeteksi terjadi kepadatan, maka dua palang yang saling berhadapan akan menutup ke tengah searah dengan arah lajur yang macet. Jadi, misalnya kepadatan terdeteksi di lajur A1 dan/atau C1, maka palang A dan palang C akan menutup ketengah. Begitu juga jika B2 dan/atau C2 terjadi kepadatan, maka palang B dan D yang akan menutup ke tengah (Tabel 2).

Apabila telah ada terjadi aksi lanjutan oleh palang terhadap terdeteksinya kepadatan, semua kendaraan, baik yang berada di lajur kemacetan maupun di luar jalur tersebut akan terus bergerak mengikuti arah dan nyala dari lampu lalu lintas, sehingga satu lajur atau lebih yang mengalami kepadatan, kemudian terjadi aksi lanjutan oleh palang, maka saat itu pula tidak ada kendaraan yang berhenti, melainkan tetap berjalan sesuai informasi yang diberikan oleh lampu lalu lintas dan para pengendara kendaraan tentu saja harus mengikuti rambu-rambu lalu lintas tersebut.

Tabel 2. Contoh *Rule Based*

$\&\& (VA1 > VB1) \&$ $\& (VA1 > VB2) \&\& (VA1 > VC1) \&\& (VA1 > VC2) \&\& (VA1 > VD2) \&\& ((C1 = "Hard Traffic Jam"))$	$\text{to C2) } \&\& (\text{GateA} = "Center Closed") \&\& (\text{GateC} = "Center Closed") \&\& ((\text{RA1} = "Red") \&\& (\text{LA1} = "Green") \&\& (\text{SA1} = "Green")) \&\& ((\text{RB2} = "Red") \&\& (\text{LB2} = "Green") \&\& (\text{SB2} = "Red")) \&\& ((\text{RC1} = "Red") \&\& (\text{LC1} = "Green") \&\& (\text{SC1} =$
--	--

	“Green”)) && ((RD2 = “Red”) && (LD2 = “Green”) && (SD2 = “Red”))
--	--

Untuk mengidentifikasi secara keseluruhan kemungkinan terjadinya kepadatan, kami berfokus pada satu lajur sebagai patokan, yaitu lajur A1 yang mengalami kepadatan. Kendaraan dari A1 memiliki tiga alternatif lajur tujuan, yaitu B1, C2, dan D1. Selanjutnya, mengidentifikasi setiap kemungkinan yang mengharuskan kendaraan dari A1 hanya dapat menuju ke salah satu lajur diantara B1, C2, dan D1. Tidak hanya itu, diidentifikasi pula kemungkinan kendaraan dari A1 hanya dapat menuju ke dua dari tiga alternatif lajur tujuan tersebut. Contoh dari aturan *fuzzy* kasus ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Contoh Kemungkinan Aturan *Fuzzy* yang berfokus pada lajur A1

	A1 ke B1
IF	((VA1 > VA2) && (VA1 > VB1) && (VA1 > VB2) && (VA1 > VC1) && (VA1 > VD2)) && ((C2 =
IF	THEN
((VA1 > VA2)	((A1 to B1) && (A1
	(D1 = “Hard Traffic Jam”))
THEN	((A1 to B1) && (GateA = “Center Closed”) && (GateB = “Center Closed”) && (GateC =

	“Side Closed”) && (GateD = “Side Closed”)) && ((RA1 = “Red”) && (LA1 = “Green” && (SA1 = “Red”))) && ((RB2 = “Green”) && (LB2 = “Red”) && (SB2 = “Red”)) && ((RC1 = “Red”) && (LC1 = “Red”) && (SC1 = “Green”)) && ((RD2 = “Red”) && (LD2 = “Green”) && (SD2 = “Red”))
	A1 ke C2 dan D1
IF	((VA1 > VA2) && (VA1 > VB2) && (VA1 > VC1) && (VA1 > VD1) && (VA1 > VD2)) && ((B1 = ”Hard Traffic Jam”))
THEN	((A1 to D1) && (A1 to C2) && (GateB = “Side Closed”) && (GateA = “Center Closed”) && (GateD = “Center Closed”)) && ((RA1 = “Green”) & d (LA1 = “Red”) && (SA1 = “Green”)) && ((RB2 = “Red”) && (LB2 = “Red”) && (SB2

	= “Green”)) && ((RC1 = “Red”) && (LC1 = “Green”) && (SC1 = “Red”)) && ((RD2 = “Red”) && (LD2 = “Green”) && (SD2 = “Red”))
--	---

Tabel 4. Contoh Aturan *fuzzy* dengan kemungkinan empat lajur terdeteksi kepadatan

	A1, B2, C1, dan D2
IF	((A1 = “Hard Traffic Jam”) && (B2 = “Hard Traffic Jam”) && (C1 = “Hard Traffic Jam”) && (D1 = “Hard Traffic Jam”))
THEN	((A1 to B1) && (B2 to C2) && (C1 to B1) && (D2 to A2) && (GateA = “Center Closed”) && (GateB = “Center Closed”) && (GateC = “Center Closed”) && (GateD = “Center Closed”)) && ((RA1 = “Red”) d (LA1 = “Green”) && (SA1 = “Red”)) && ((RB2 = “Red”) && (LB2 = “Green”) && (SB2 = “Red”)) && ((RC1 = “Red”) && (LC1 = “Green”) && (SC1 = “Red”)) && ((RD2 = “Red”) && (LD2 =

	A2, B1, C2, dan D1
IF	((A1 = “Hard Traffic Jam”) && (A2 = “Hard Traffic Jam”) && (C1 = “Hard Traffic Jam”) && (C2 = “Hard Traffic Jam”))
THE N	((A1 to B1) && (B2 to C2) && (C1 to B1) && (D2 to A2) && (GateA = “Center Closed”) && (GateB = “Center Closed”) && (GateC = “Center Closed”) && (GateD = “Center Closed”)) && ((RA1 = “Red”) d (LA1 = “Green”) && (SA1 = “Red”)) && ((RB2 = “Red”) && (LB2 = “Red”) && (SB2 = “Green”)) && ((RC1 = “Red”) && (LC1 = “Green”) && (SC1 = “Red”)) && ((RD2 = “Red”) && (LD2 = “Red”) && (SD2 = “Green”))

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini terdiri dari lima poin, yaitu:

1. Sistem model usulan ini berjalan berdasarkan tingkat kepadatan kendaraan tertentu yang dideteksi oleh sensor, artinya sistem ini berjalan secara fleksibel otomatis (*automated flexibly*) dan tidak berjalan secara

- konstan.
2. Sitem model ini akan digunakan pada perempatan jalan yang mana masing-masing jalan memiliki pembatas jalan.
 3. Sistem model ini menggunakan lampu lalu lintas yang terdiri dari tiga panah yang masing-masing menginformasikan arah tujuan selain lampu lalu lintas, Masing- masing panah dapat berubah warna layaknya lampu lalu lintas pada umumnya, yaitu merah, kuning, dan hijau, yang membedakan sistem ini dengan yang lain adalah penggunaan palang dan beberapa sensor yang saling terintegrasi dengan lampu lalu lintas.
 4. Sensor utama yaitu sensor pendeteksi jumlah kendaraan pada lajur yang mana sensor ini menggunakan 3 level kepadatan (*easy, medium, hard*).
 5. Sensor penunjang yaitu sensor image processing akan diaktifkan apabila terdapat lebih dari 1 lajur yang mengalami jumlah kepadatan kendaraan pada level yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Borg, L.D., Scerri, K. 2015. Efficient Traffic Modelling and Dynamic Control of an Urban Region. *Transportation Research Procedia*, Vol.6, pp. 224-238.
- DJBM – Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Francello, G., M, Carta, M., Fadda, P. 2014. A modeling tool for measuring the performance of urban road networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.111, pp. 559- 566.
- Jatmika, S., Andiko, I. 2014. Simulasi pengaturan lampu lalu lintas berdasarkan data image processing kepadatan kendaraan berbasis mikrokontroler atmega 16. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA*, Vol.8 No.2, pp. 81-96.
- Liao, W., Liu, M., Meng, Q. 2012. Mixed traffic information collection system based on pressure sensor. *Physics Procedia*, Vol.25, pp. 726-732.
- Li, H. 2014. Automatically generating empirical speed-flow traffic parameters from archived sensor data. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol.138, pp. 54-66.
- Li, B., Zou, M., Guo, Y. 2014. Business process analysis and optimization on road traffic law enforcement of the beijing intelligent traffic management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.138, pp. 748-756.
- Lindawati, M. Z. 2012. Analisa Tingkat Pelayanan Lalu Lintas Berdasarkan Kapasitas Jalan di Jalan Dr. Setiabudi Pada Ruas Jalan Simpang Resor-Simpang Empat Kampung Baru Kota Baturaja Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Teknika*.
- PRI - Presiden Republik Indonesia. 2009. Undang-undang No. 22 Tahun 2009 Tentang: Lalu Lintas dan Angkatan Jalan. Jakarta.
- Régine, S., Simon, C., Maurice, A. 2015. Processing traffic and road accident data in two case studies of road operation assessment. *Transportation Research Procedia*, Vol.6, pp. 90-100.
- Riyadi, K.P., Wahyunggoro, O., Prabowo, H. 2014. Simulasi lampu lalu lintas dengan sensor di simpang empat menggunakan

- software automation studio 5.0. *Jurnal Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, Vol.1 No.1, pp. 24-28.
- Utama, D.N., Zaki, F.A., Munjeri, I.J., Putri, N.U. 2016a. A Water Flow Algorithm Based Optimization odel for Road Traffic Engineering. *International Conference on Advanced Computer Science and Computer Systems*, Malang, Indonesia.
- Utama, D.N., Zaki, F.A., Munjeri, I.J., Putri, N.U. 2016b. FWFA Optimization based Decision Support System for Road Traffic Engineering. *Proceeding of the 2016 International Conference on Computing and Applied Informatics*, Medan, Indonesia.
- Yang, Y., Han, X., Yuan, Z. 2012. A model of the dynamic traffic road network. *IERI Procedia*, Vol.3, pp. 46- 51.
- Zadeh, L. A. 1996. Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions of Fuzzy Systems*, Vol.4 No.2, pp. 103-111.
- Zhang, L., Jia, Z., Niu, Z., Li, H. 2014. Research on short-term traffic flow forecasting for junction of isomerism road network based on dynamic correlation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.138, pp. 446-451.