

Analisis Kinerja Jalan Raya Kota Malang Menggunakan Metode FCD (*Floating Car Data*)

Mega Satya Ciptaningrum¹, Muhammad Aziz Muslim², Agus Naba³

Abstract—Congestion is one of the symptoms of inadequate road conditions and interaction between the traffic elements that affect the performance of the highway. Methods of measuring the performance of the highway have been reported in *Manual Kapasitas Jalan Indonesia* in 1997. Highway performance measurement parameters that can be used are speed and time delay. Floating Car Data (FCD) is a method to retrieve data such as speed and time delay quickly and efficiently. While Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) can be used as a method of measuring the performance of the FCD method. In this study, the FCD method is applied to the segment of urban roads in the city of Malang by utilizing the GPS feature on a mobile device carried by the rider. The results of data recording by FCD are tested using ANFIS with two input parameters (speed and time delay) and one output (congestion level). Results of experiments using 70% training data and 30% test data are able to obtain maximum performance, with the lowest MSE is 0.43, while the calculated travel speed results of the FCD method compared with the base flow speed (based on MKJI) is 68.22% during spare time, and 43.96% during traffic jam.

Intisari—Kemacetan merupakan salah satu gejala tidak memadainya kondisi jalan dan interaksi antar elemen lalu lintas sehingga mempengaruhi kinerja jalan raya. Metode pengukuran kinerja jalan raya telah dilaporkan dalam buku *Manual Kapasitas Jalan Indonesia* pada tahun 1997. Parameter pengukuran kinerja jalan raya yang dapat digunakan antara lain kecepatan dan waktu tunda. Untuk dapat mengambil data kecepatan dan waktu tunda dengan cepat dan efisien dapat dilakukan metode *Floating Car Data* (FCD). Sedangkan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat digunakan sebagai metode pengukuran kinerja dari metode FCD. Pada paper ini metode FCD diterapkan pada segmen jalan perkotaan di kota Malang dengan memanfaatkan fitur GPS pada perangkat bergerak yang dibawa oleh pengendara. Hasil rekaman data perjalanan menggunakan metode FCD diuji menggunakan ANFIS dengan dua parameter input (kecepatan dan waktu tunda) dan satu output (tingkat kemacetan). Hasil percobaan menggunakan 70% data latihan dan 30% data uji memperoleh performa yang maksimal dengan MSE terendah yaitu sebesar 0,43. Sedangkan rasio hasil perhitungan kecepatan tempuh hasil metode FCD dibandingkan dengan perhitungan kecepatan arus dasar (berdasarkan MKJI) adalah sebesar 68,22% saat lalu lintas senggang dan sebesar 43,96% saat lalu lintas padat.

Kata Kunci — ANFIS, FCD, kemacetan, kecepatan, waktu tunda.

¹Program Magister Teknik Elektro Minat Sistem Komunikasi dan Informatika Universitas Brawijaya Malang, Jl. Veteran Malang, Jawa Timur, Indonesia 65145 (telp: 0341-551611; fax: 0341565420; e-mail: ciptani11@gmail.com)

²Dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, Jl. Veteran Malang, Jawa Timur, Indonesia 65145 (telp: 0341-551611; fax: 0341565420; e-mail: muh_aziz@ub.ac.id)

³Dosen Jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang, Jl. Veteran Malang, Jawa Timur, Indonesia 65145 (telp: 0341-551611; fax: 0341565420; e-mail: anaba@ub.ac.id)

I. PENDAHULUAN

Kemacetan merupakan salah satu gejala tidak memadainya kinerja jalan raya yang merupakan kondisi jalan dan interaksi antar elemen lalu lintas [1]. Tidak maksimalnya kinerja jalan dapat mengakibatkan terganggunya perjalanan. Untuk mengetahui kinerja jalan raya, dibutuhkan analisis terhadap parameter-parameter penentunya. Dalam [1] telah dilaporkan beberapa metode dalam mengukur kinerja jalan raya untuk membantu manajemen lalu lintas sehingga dapat mengurangi atau mengatasi masalah kemacetan. Salah satu parameter yang dapat digunakan dalam pengukuran kinerja jalan raya adalah kecepatan karena datanya bersifat stabil, dapat diulang, berpengaruh besar terhadap kemacetan (refleksi langsung), dan nilainya bersifat kontinu [2].

Pengambilan data kecepatan kendaraan membutuhkan tenaga, waktu, dan akurasi yang baik. Dalam beberapa penelitian sebelumnya, telah dilakukan metode untuk pengambilan data kecepatan kendaraan yang efisien dan secara *real time* menggunakan metode *floating car data* (FCD) dengan memanfaatkan teknologi GPS [3], [4], [5]. Selain itu, dengan menggunakan metode FCD, dapat juga diketahui waktu tunda perjalanan yang merupakan penilaian operasional arus lalu lintas [1].

FCD digunakan untuk melakukan klasifikasi tingkat kemacetan jalan raya sebagai refleksi kinerja jalan raya. Parameter yang digunakan adalah kecepatan tempuh dan waktu tunda, dikarenakan kedua parameter tersebut mendukung data arus lalu lintas di ruas jalan dan juga di persimpangan jalan. Hasil klasifikasi kemudian akan diuji menggunakan ANFIS dengan metode pelatihan *backpropagation*. Dengan digunakannya kedua parameter diharapkan klasifikasi kemacetan akan lebih akurat. Selain membuktikan akurasi penggunaan metode FCD untuk klasifikasi kemacetan jalan raya, penelitian ini juga bertujuan untuk menyampaikan informasi secara *real time* kepada pengguna melalui perangkat bergerak berbasis Android. Selain itu, data *history* kecepatan kendaraan dalam perjalanan tiap waktu yang telah direkam dapat dijadikan informasi untuk pengambilan keputusan bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kecepatan jalan raya menggunakan teknologi GPS, menerapkan metode FCD dengan memanfaatkan perangkat bergerak milik pengguna, melakukan uji analisis ANFIS terhadap metode FCD, dan menerapkan hasil penelitian pada perangkat bergerak sebagai informasi yang bermanfaat bagi pengguna. Penelitian ini disusun dengan menyajikan konsep Parameter Kinerja Jalan Raya, metode FCD dan ANFIS, kemudian Perancangan Sistem, Hasil dan Pembahasan, dan Kesimpulan.

A. Parameter Kinerja Jalan Raya

Dalam [1] digunakan beberapa parameter pengukuran kinerja jalan raya antara lain sebagai berikut.

1) *Kecepatan Tempuh*: Kecepatan rata-rata (km/jam) arus lalu lintas dihitung dari panjang jalan dibagi waktu tempuh rata-rata kendaraan yang melalui segmen jalan, sedangkan waktu tempuh merupakan waktu rata-rata yang digunakan kendaraan untuk menempuh segmen jalan dengan panjang tertentu, termasuk semua tundaan waktu berhenti (detik) atau jam [1].

2) *Waktu Tunda*: Waktu tunda merupakan pengukuran tingkat pelayanan (*level of service*) jalan raya. Tingkat pelayanan merupakan pengukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas Derajat Kejenuhan (DS) [1].

3) *Derajat kejenuhan*: didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan [1].

Dalam penelitian sebelumnya, disebutkan bahwa pengukuran kecepatan kendaraan di jalan raya dapat menggunakan kamera atau sensor yang dipasang di infrastruktur jalan raya. Tapi metode ini dinilai mahal, sulit diimplementasikan, area terbatas, akurasi waktu kurang, dan terpengaruh oleh cuaca [3].

Beberapa penelitian menawarkan metode yang murah, mudah diimplementasikan, dan terbukti keakuratannya dalam mendeteksi kepadatan (kemacetan) jalan raya, yaitu menggunakan informasi *Global Positioning System* (GPS) pada kendaraan bergerak. Dengan teknologi GPS, dapat dilakukan pengambilan data lalu lintas menggunakan metode FCD [4], [5].

B. Floating Car Data (FCD)

Prinsip metode FCD adalah menjadikan kendaraan sebagai sensor bergerak, serta sebagai metode pengumpulan data, pemrosesan, penyimpanan data, sekaligus sebagai metode penyampaian informasi [6]. Data yang diperoleh dapat dikirimkan ke pusat pemrosesan data (*server*) dan disimpan di *database*. Data dalam *database* selanjutnya dapat diolah menjadi informasi yang berguna seperti distribusi kendaraan di jalan raya, kepadatan jalan raya, dan kemacetan [3]. Data yang dibutuhkan dalam metode FCD adalah data kendaraan, waktu, lokasi, dan data titik (*longitude* dan *latitude*) perpindahan kendaraan per satuan waktu. Jadi selama kendaraan melakukan perjalanan, data-data tersebut akan direkam dan dikirim ke *server* untuk dilakukan perhitungan. Pada [4] telah dilakukan penelitian menggunakan FCD dengan memanfaatkan GPS pada teknologi *mobile* berbasis J2ME, sedangkan [5] memanfaatkan perangkat GPS pada kendaraan taksi untuk melakukan perhitungan perkiraan kecepatan rata-rata kendaraan bergerak.

C. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Sebagai metode pengujian performa, ANFIS dapat digunakan untuk membuktikan akurasi penggunaan metode FCD. Pada [6], ANFIS merupakan gabungan antara konsep

backpropagation neural network dengan konsep logika *fuzzy* dan tidak memerlukan analisis matematik untuk pemodelan [7]. Dengan demikian ANFIS dinilai efektif dalam perhitungan perkiraan kondisi (kemacetan) jalan raya dan menganalisis tingkat kesalahan dengan *mean square error* (MSE) [8]. Penggunaan metode ANFIS dimulai dengan membentuk *fuzzy set input* dan *output*, menghitung derajat keanggotaan, menghitung parameter *output*, pelatihan, dan menghitung nilai kesalahan (MSE).

II. PERANCANGAN SISTEM

A. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer meliputi data *longitude*, *latitude*, dan waktu kendaraan bergerak. Data sekunder merupakan data jalan raya (nama jalan, hambatan samping, panjang dan lebar jalan, serta data simpangan). Pengambilan data dilakukan di tipe segmen jalan perkotaan di kota Malang (Jl. A Yani - Jl. Letjend S. Parman - Jl. Letjend Sutoyo - Jl. Jaksa Agung Suprpto) dengan total panjang segmen jalan adalah $\pm 4,5$ km. Waktu pengambilan data adalah pada waktu puncak pagi dan waktu sepi. Data masukan untuk pengujian ANFIS adalah kecepatan (km/jam) dan waktu tunda (detik).

B. Rumus Haversine

Metode FCD memanfaatkan kendaraan dengan teknologi GPS sebagai sensor. Titik-titik perpindahan kendaraan di jalan raya direkam selama perjalanan. Dari data posisi perpindahan kendaraan (*longitude* dan *latitude*) akan dihitung jarak perpindahan kendaraan menggunakan rumus Haversine seperti pada (1), (2), dan (3).

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos\phi_1 \cdot \cos\phi_2 \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (1)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2)$$

$$d = R \cdot c \quad (3)$$

dengan ϕ = latitude, λ = longitude, R = radius bumi (rata-rata radius = 6,371 km), dan d = jarak (m).

Dari data jarak dan waktu yang direkam selama proses FCD, akan diketahui kecepatan tempuh kendaraan seperti pada (4).

$$V = d/t \quad (4)$$

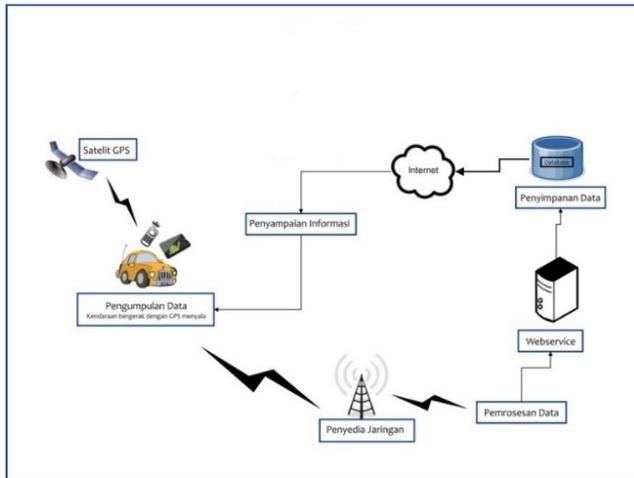
dengan V = kecepatan (km/jam), d = jarak (km), dan t = waktu (jam).

Gambaran proses disajikan pada Gbr. 1 yang menunjukkan proses rekaman data menggunakan FCD berbasis GPS pada perangkat bergerak milik pengendara kendaraan, data dikirim ke *server* untuk diolah dan disimpan, kemudian hasil akhir kembali disajikan kepada pengguna secara *real time*.

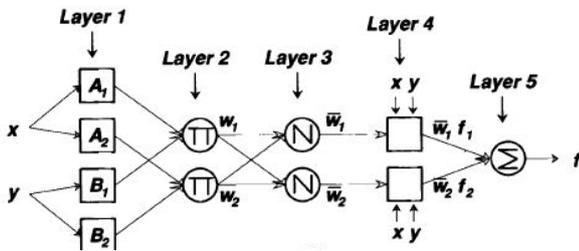
C. ANFIS Takagi-Sugeno

ANFIS merupakan kombinasi antara logika *Fuzzy* dengan Jaringan Syaraf Tiruan. Dalam pembelajaran data, ANFIS dapat menggunakan algoritma *back propagation* atau dapat menggunakan metode gabungan (*hybrid learning*) [8]. Model ANFIS Takagi-Sugeno (TSK) merupakan metode FIS di

mana pembangunan data berasal dari data *input* dan *output* yang diberikan. Arsitektur standar model TSK disajikan pada Gbr. 2.



Gbr. 1 Diagram blok sistem.



Gbr. 2 Arsitektur ANFIS Sugeno [9].

Layer 1 merupakan fungsi untuk membangkitkan nilai derajat keanggotaan setiap masukan (*input*). Salah satu metode perhitungan derajat keanggotaan adalah menggunakan *Generalized Bell Membership Function (gbell)*. Fungsi keanggotaan *gbell* merupakan fungsi kurva yang menunjukkan posisi sebuah nilai masukan ke dalam nilai keanggotaan antara 0 dan 1, dengan *x* merupakan *input* dan empat parameter *a, b, c, d* digambarkan dalam (5).

$$f(x: a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \tag{5}$$

Layer 2 merupakan penghitungan bobot setiap parameter masukan, menggunakan (6).

$$O_{2,1} = w_i = \mu A_i(x) \mu B_i(y), i = 1,2 \tag{6}$$

dengan w_i = bobot, μA_i = nilai derajat keanggotaan input pertama, μB_i = nilai derajat keanggotaan input kedua, x = nilai input pertama, y = nilai input kedua, i = *node* dalam jaringan.

Layer 3 merupakan normalisasi dari nilai bobot dihitung berdasarkan (7).

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1,2 \tag{7}$$

Dengan w_i = bobot node ke-*i*, w_1 = bobot input 1, dan w_2 = bobot input 2.

Langkah selanjutnya adalah pelatihan, salah satunya dapat digunakan metode *backpropagation*. Metode *backpropagation*

adalah pelatihan dengan mengubah (*update*) dari bobot dan *bias* dalam jaringan FIS hingga tercapai kinerja yang diinginkan dalam bentuk vektor *gradient* berdasarkan (8).

$$x_{k+1} = x_k - \alpha_k g_k \tag{8}$$

dengan:

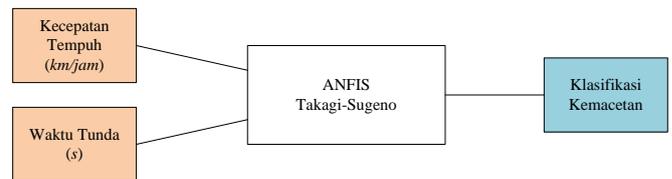
x_k = vektor dari bobot sekarang

g_k = gradien sekarang

α_k = *learning rate*

D. Klasifikasi Kinerja Jalan Raya

Untuk menghitung tingkat kinerja jalan raya berdasarkan kemacetan dan waktu tunda, dilakukan dua metode pengujian, yaitu klasifikasi kemacetan menggunakan ANFIS dengan struktur ANFIS seperti pada Gbr. 3, dan menghitung rasio kinerja jalan raya dibandingkan dengan arus bebas dengan rumus perhitungan berdasarkan [1] seperti pada (9).



Gbr. 3 Struktur ANFIS untuk FCD.

$$FV = (FV0 + FVw) \times FFVSF \times FFVCS \tag{9}$$

dengan:

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

FV0 = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan yang diamati

FVw = Penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)

FFVSF = Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu atau jarak kereb penghalang

FFVCS = Faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota.

Sedangkan rumus kecepatan tempuh berdasarkan [1] seperti pada (10).

$$V = L/TT \tag{10}$$

dengan:

V = kecepatan rata-rata ruang LV (*Light Vehicle/* kendaraan ringan) (km/jam)

L = panjang segmen (km)

TT = waktu tempuh rata-rata sepanjang segmen (jam)

Tabel klasifikasi kinerja jalan raya berdasarkan kecepatan dalam [1] ditunjukkan pada Tabel I. Sedangkan klasifikasi kinerja jalan raya berdasarkan waktu tunda dalam [1] ditunjukkan pada Tabel II.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari sistem FCD yang telah dibangun pada perangkat bergerak berbasis Android, diperoleh rekaman data perjalanan kendaraan. Beberapa rekaman data perjalanan kendaraan dan hasil perhitungan jarak tempuh menggunakan (1), (2), dan (3) hingga dihitung kecepatan tempuh dan waktu tunda tersaji pada Tabel III.

TABEL I
HUBUNGAN KECEPATAN DENGAN KONDISI KEMACETAN
JALAN PERKOTAAN

Lancar	Ramai-Lancar	Macet ringan (Slight)	Macet sedang (moderate)	Macet Berat (heavy)
>45	(35,45]	(25, 35]	(15, 25]	<= 15

TABEL II
HUBUNGAN WAKTU TUNDA DENGAN KONDISI KEMACETAN
JALAN PERKOTAAN

Level layanan	A	B	C	D	E	F
Tundaan (s)	<= 10	(10,20]	(20,35]	(35,55]	(55,80]	>80

TABEL III
HASIL PERHITUNGAN METODE FCD

No	Id_Perangkat	Kecepatan	Waktu tunda
1	356535054694...	31,57	23
2	356535054694...	41,54	34
3	356535054694...	32,32	27
4	356535054694...	41,09	33
5	356535054694...	31,61	120
6	356535054694...	25,32	110
7	359528050041...	20,43	72
8	865676026526...	23,21	81
9	353232061848...	19,34	103
10	353232061848..	23,81	23
11	353232061848...	18,28	103
12	356529060057...	16,90	61
13	356529060057...	20,76	138
14	356535054694...	30,53	54
15	356535054694...	37,85	52
16	356535054694...	22,38	170
17	357874069322...	29,24	15
18	356535054694...	28,38	117
19	359528050041...	32,32	24
20	356535054694...	42,08	21

Dari data kecepatan tempuh dan waktu tunda yang telah diperoleh, dilakukan pengujian menggunakan metode ANFIS. Metode ANFIS dilakukan terhadap data masukan kecepatan dan waktu tunda (masing-masing memiliki tiga derajat keanggotaan, yaitu kecepatan tempuh lambat, sedang, dan cepat, serta waktu tunda singkat, sedang, dan lama. Dari data input ini dihitung parameter derajat keanggotaan *gbell* sesuai (5), dengan hasil pada Tabel IV. Sedangkan perhitungan parameter output ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL IV
PARAMETER DERAJAT KEANGGOTAAN INPUT

No	Input	Derajat Keanggotaan (MF)	Parameter Derajat Keanggotaan		
			MF1	MF2	MF3
1	kecepatan	lambat	5,55	2	19,34
		sedang	5,55	1,99	30,44
		cepat	5,56	1,99	41,54
2	waktu tunda	singkat	24,25	2	23
		sedang	24,25	2	71,5
		lama	24,25	2	120

TABEL V
PARAMETER OUTPUT

Rule	Parameter Output		
1	0,1103	0,1033	0,004559
2	0,02688	0,06298	0,001035
3	0,01801	0,03869	0,0002878
4	0,09853	0,002001	0,004187
5	0,002107	0,03854	0,0002952
6	0,002452	0,04666	0,0006355
7	0,03067	0,02324	0,0005839
8	0,01054	0,009215	0,0002265
9	-0,004418	-0,01702	-0,0001322

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN ANFIS TERHADAP KLASIFIKASI KEMACETAN

Data Uji			
Input 1	Input 2	Output	Uji ANFIS
8.76	24	4	3.11
12.94	1	3	2.05
13.90	27	4	3.55
14.59	52	4	4.63
15.07	36	4	3.79
16.47	26	3	3.58
16.79	33	3	3.65
17.38	31	3	3.58
17.57	6	2	2.74
18.18	39	4	3.77

Kemudian data diuji menggunakan metode *backpropagation* dengan beberapa variasi perbandingan data latih dan data uji. Hasil pengujian ANFIS terhadap klasifikasi kemacetan tersaji pada Tabel VI, sedangkan hasil uji MSE dengan perbedaan persentase data latih dan data uji tersaji pada Tabel VII.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN NILAI MSE METODE FCD DENGAN ANFIS

Percobaan	Data Latih	Data Uji	MSE
1	30	70	1,2
2	50	50	0,47
3	60	40	0,46
4	70	30	0,43
5	60	20	0,54

Dari hasil pengujian ANFIS untuk klasifikasi kemacetan terhadap data uji, terdapat selisih nilai jika dibandingkan dengan pelabelan awal. Dengan demikian nilai selisih menunjukkan kedekatan atau kecenderungan tingkat kemacetan terhadap nilai tertentu, sehingga akan memberikan label yang berbeda antara nilai input yang satu dengan yang lain. Contoh konversi pelabelan tingkat kemacetan hasil uji ANFIS tersaji pada Tabel VIII.

TABEL VIII
CONTOH PERBEDAAN PELABELAN TINGKAT KLASIFIKASI

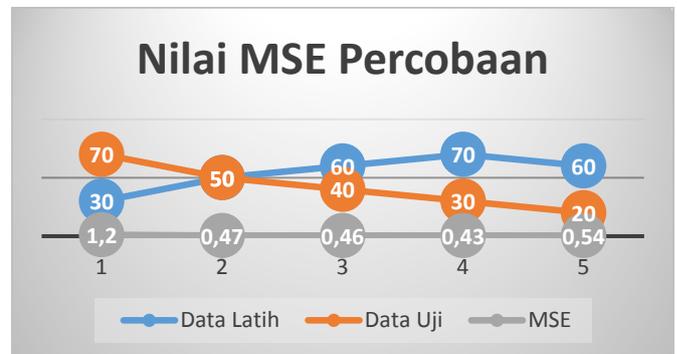
No	Kecepatan Tempuh	Waktu Tunda	Pelabelan Klasifikasi	Hasil Uji ANFIS	Konversi Pelabelan Hasil Uji ANFIS
1	31.39	1	2	1.70	Ramai Lancar Cenderung Lancar
2	17.45	1	2	2.45	Ramai Lancar Cenderung Macet Ringan

Dari kelima pengujian menggunakan ANFIS, diperoleh nilai MSE terkecil pada variasi data latih 70% dan data uji 30%, yaitu sebesar 0.43. Sedangkan MSE terbesar terdapat pada variasi percobaan data latih 30% dan data uji 70%, yaitu sebesar 1.2. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya data latih dibandingkan dengan data uji mempengaruhi hasil pengujian (tingkat kesalahan), tetapi sebaran data latih juga harus cukup mewakili sebaran keseluruhan data. Hal ini terlihat pada persentase data latih 60% dan data uji 20%, walaupun persentase data latih lebih banyak dari pada data uji, tapi lebih tinggi daripada perbandingan 60% dan 40%. Hal ini dapat terjadi karena nilai sebaran nilai data latih tidak cukup mewakili nilai data yang diujikan. Grafik perbandingan nilai MSE pada lima percobaan ditunjukkan pada Gbr. 4.

Sedangkan rasio perbandingan hasil perhitungan kecepatan arus dasar dan kecepatan tempuh untuk mengetahui kinerja jalan raya sesuai [1] disajikan pada Tabel IX. Berdasarkan (9), kecepatan arus dasar (FV) segmen jalan perkotaan adalah sebesar 53.01 (Tabel IX). Sedangkan dari hasil metode FCD, didapatkan kecepatan tempuh pada situasi lalu lintas senggang dan puncak pagi, yang tersaji pada Tabel X.

Tabel X menunjukkan bahwa kinerja segmen jalan A. Yani sampai dengan jalan J.A. Suprpto cukup baik pada lalu lintas

senggang, yaitu sebesar 68,22% dibandingkan dengan kecepatan arus bebas. Sedangkan pada situasi puncak pagi, kinerja jalan raya sebesar 43,96%, yang berarti tidak maksimal (hanya setengah dari kinerja jalan normal). Hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya persimpangan di sepanjang segmen yang menyebabkan lamanya waktu tunda perjalanan pengendara kendaraan. Hasil akhir informasi klasifikasi kemacetan jalan raya ditampilkan secara visual dan *real time* pada perangkat bergerak berbasis Android seperti pada Gbr 5.



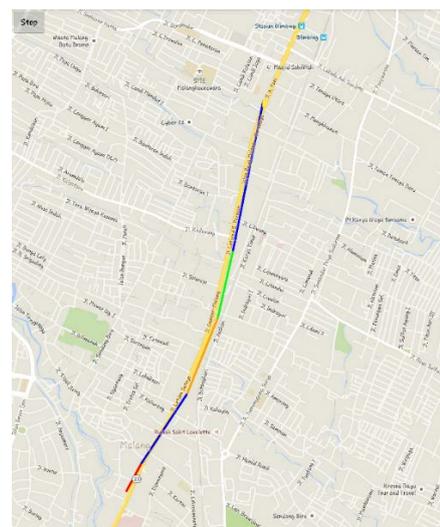
Gbr. 4 Grafik perbandingan nilai MSE.

TABEL IX
PERHITUNGAN KECEPATAN ARUS BEBAS

FV_0 (km/jam)	57
FV_w (km/jam)	0
FFV_{SF}	1
FFV_{cs}	0,93
FV (km/jam)	53,01

TABEL X
RASIO KECEPATAN ARUS BEBAS DENGAN KECEPATAN TEMPUH

Kondisi Lalu Lintas	Rata-rata	Rasio (%)
Puncak Pagi	23,31	43,96
Senggang	36,16	68,22



Gbr. 5 Pemetaan klasifikasi kemacetan pada aplikasi.

IV. KESIMPULAN

Dari proses dan analisis hasil dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan teknologi GPS pada perangkat bergerak yang dibawa oleh pengendara, dapat dilakukan perhitungan kecepatan kendaraan, yaitu menggunakan rumus Haversine. Metode FCD yang diterapkan pada perangkat bergerak dapat merekam dengan baik perpindahan, jarak, kecepatan tempuh kendaraan secara *real time*. Kemudian, metode pengujian ANFIS menunjukkan hasil yang baik yaitu dengan nilai MSE yang kecil (sebesar 0.43) dengan ketentuan sebaran data harus mencukupi. Untuk perhitungan rasio kinerja jalan raya pada situasi nyata (riil) dibandingkan dengan kondisi standar perhitungan pada buku MKJI, didapatkan kinerja jalan yang baik (68.22 %), kecuali pada saat kondisi lalu lintas puncak yang memungkinkan kemacetan (sebesar 43.96 %). Dengan adanya informasi ini, dapat dilakukan tindakan pencegahan untuk pengaturan lalu lintas pada kondisi lalu lintas puncak (bagi pihak yang berwenang). Selain itu, aplikasi yang diterapkan dalam perangkat bergerak berbasis Android dapat menampilkan klasifikasi kemacetan secara visual dan *real time* dan dapat diakses oleh pengguna jalan sehingga dapat memberikan petunjuk perjalanan.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut antara lain pengambilan sampel data yang lebih banyak pada variasi kepadatan lalu lintas dan penggunaan parameter lain (misal arus dan volume kendaraan) sebagai pembanding untuk mengukur kinerja jalan raya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada para pembimbing yang telah membantu tersusunnya tulisan ini.

REFERENSI

- [1] Anonymous, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.
- [2] Rao, A. M, "Measuring Urban Traffic Congestion – A Review", *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 286-305, 2012.
- [3] Leduc, G, "Road Traffic Data: Collection Methods and Applications, *Joint Research Centre: Working Papers on Energy, Transport, and Climate Change*", 1-9, 2008.
- [4] Herrera, J. C, "Evaluation of Traffic Data Obtained via GPS-Enabled Mobile Phones: The Mobile Century Field Experiment", *Elsevier: Transportation Research Part C* 18, 568-583, 2010.
- [5] Tiedong, W. et al, "Traffic Monitoring Using Floating Car Data in Hefei", *International Symposium on Intelligence Information Processing and Trusted Computing IEEE*, 122-124, 2008.
- [6] Aida, A. dan Jesuk Ko, "Real Time Road Traffic Management Using Floating Car Data", *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 13(4), 269-276, 2013.
- [7] Dewi, Candra & M. Muslikh, "Perbandingan Akurasi Backpropagation Neural Network dan ANFIS untuk Memprediksi Cuaca", *Journal of Scientific Modelling & Computation*, Vol 1 No. 1, 2013
- [8] Shankar, H, "Multi Model Criteria for the Estimation of Road Traffic Congestion from Traffic Flow Information Based on Fuzzy Logic". *Journal of Transportation Technologies*, 50-62, 2012
- [9] Chen, B, "Fuzzy Logic Membership Function", Retrieved from BindiCHEN A Research Note: www.bindichen.co.uk, 2013