

METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) UNTUK PREDIKSI TINGKAT LAYANAN JALAN

Noor Azizah

Fakultas Sains dan Teknologi, UNISNU Jepara
azizah.simply@gmail.com

ABSTRACT

Level of service indicates that the size and quality are used to limit the volume of road traffic. The service which is bad will have an impact on traffic congestion, and currently a traffic congestion is having a serious problem, especially in the metropolis. It is necessary to develop a predictive modeling service level road using ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System). This study aims to assist in processing and seeking alternative solutions to overcome the problems of traffic congestion. ANFIS method, in this study, is used to build a predictive model of traffic congestion based on the level of service. ANFIS method is the incorporation of methods of fuzzy logic and neural network which has advantages in making predictions based on historical data of the learning data as well as a decisions based on rules that diterapkan. The result of ANFIS research shows that the method can be used to build a predictive model of traffic congestion with RMSE and MAPE best values each obtained 0.0106 and 0.931%.

Keywords : ANFIS, prediction, road service levels

ABSTRAK

Tingkat layanan jalan menunjukkan ukuran dan kualitas yang digunakan untuk membatasi volume lalu lintas jalan. Tingkat layanan jalan yang buruk akan berdampak pada kemacetan lalu lintas, dan saat ini kemacetan arus lalu lintas merupakan permasalahan yang serius, terlebih di kota metropolitan. Maka perlu dikembangkan sebuah pemodelan prediksi tingkat layanan jalan dengan menggunakan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*). Penelitian ini bertujuan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dan mencari alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan kemacetan arus lalu lintas yang terjadi. Pada penelitian ini, metode ANFIS digunakan untuk membangun sebuah model prediksi kemacetan arus lalu lintas berdasarkan tingkat pelayanan jalan atau *level of service*. Metode ANFIS merupakan penggabungan dari metode logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan yang memiliki kelebihan dalam melakukan prediksi berdasarkan data histori dari pembelajaran data serta pengambilan keputusan berdasarkan *rules* yang diterapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ANFIS dapat digunakan untuk membangun sebuah model prediksi kemacetan arus lalu lintas dengan nilai RMSE dan MAPE terbaik yang diperoleh masing-masing adalah 0,0106 dan 0,931%.

Kata kunci: ANFIS, prediksi, tingkat layanan jalan

Pendahuluan

Kemacetan arus lalu lintas merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh kota besar. Dengan banyaknya fenomena dan permasalahan lalu lintas yang terjadi, banyak pula penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Selain itu perkembangan transportasi cerdas dan kemajuan teknologi untuk pengukuran

lalu lintas saat ini terus berkembang pesat dan diharapkan muncul penemuan baru dibidang penelitian *traffic flow management* (Guan, *et all*, 2012)

Tindakan kontrol lalu lintas yang paling sesuai untuk mengatasi kemacetan lalu lintas merupakan tugas yang sangat kompleks yang membutuhkan pengetahuan dari para pakar dan dari beberapa pengalaman sebelumnya.

Salah satunya, dengan diusulkannya pemecahan masalah kemacetan secara terintegrasi, yaitu dengan adanya ITCS (*Intelligence Traffic Control System*) dengan pendekatan terkoordinasi. ITCS ini digunakan untuk mempermudah manusia dalam mengontrol lalu lintas. Pada sistem ini, dibentuk dalam sub-sub jaringan untuk menangkap dampak yang terjadi di lapangan kemudian solusi dapat diterima secara global dan terintegrasi. Kelebihan ITCS adalah penggunaannya yang efektif untuk memprediksi kinerja kontrol lokal dengan menggunakan data lalu lintas dan perubahan trafik. Selain itu juga interpolasi faktor dalam mengkalkulasi untuk pengelolaan *performance* secara global sehingga operator dapat mudah dalam menentukan kontrol untuk mengoptimalkan tujuan yang diinginkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengontrolan dapat dilakukan secara optimal (Dahal, 2013).

Metode ANFIS merupakan metode yang efektif untuk sebuah prediksi karena tingkat kesalahannya lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode ANN (*artificial neural network*) (Ata, *et al*, 2010). Selain itu, tingkat keakuratan dari model ANFIS dipengaruhi oleh jumlah dan kualitas dari sampel data (Faisal, *et al*, 2012).

Penelitian dan pengembangan sistem transportasi telah menjadi fokus perhatian dalam beberapa tahun terakhir. Berbagai metode alternatif juga telah dikembangkan, salah satunya adalah metode Jaringan Syaraf Tiruan. Meskipun hasilnya cukup baik tetapi masih ada kendala pada pengimplementasian yang sulit. Kemudian dikembangkan penggabungan dua model yaitu *Fuzzy Inference* dan *Neural Network* yang merupakan teknik yang lebih menjanjikan untuk pemodelan arus lalu lintas (Quek, *et al*, 2009).

Sistem *neuro-fuzzy* digunakan untuk memprediksi arus lalu lintas kendaraan untuk kota metropolitan di negara berkembang. *Neuro-fuzzy* merupakan gabungan antara

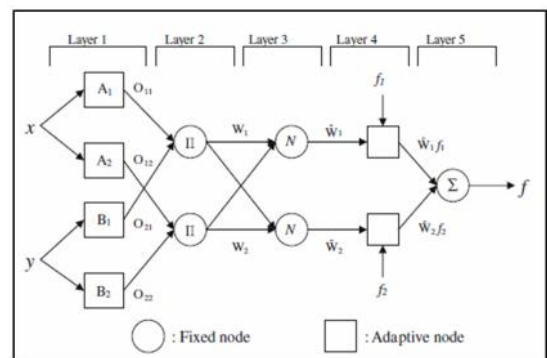
sistem logika *fuzzy* dan *neural network*. Sistem logika *fuzzy* diimplementasikan untuk mengeksekusi keputusan dan memprediksi situasi berdasarkan *real time traffic*, jaringan lalu lintas dan modul fuffizier sedangkan *neural network* bertugas dalam penentuan rute terbaik ataupun rute tertentu (Ogunwolu, 2011).

Landasan Teori

1. *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan penggabungan dari logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan (JST). Logika *fuzzy* memiliki kelebihan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan dengan menerapkan basis aturan (*rules*). JST memiliki kelebihan dalam mengenali pola, belajar dan berlatih dalam menyelesaikan suatu permasalahan tanpa memerlukan pemodelan matematik. Serta dapat bekerja berdasarkan data historis yang dimasukkan kepadanya dan dapat melakukan prediksi kejadian yang akan datang berdasarkan data-data tersebut. Sehingga ANFIS memiliki kemampuan keduanya (Jang, *et al* 1997).

Framework dari metode ANFIS mempunyai lima layer, yaitu layer fuzzifikasi, layer rule, layer normalisasi, layer defuzzifikasi, dan hasil neuro tunggal (Ata, *et al*, 2010). Adapun struktur ANFIS seperti pada Gambar 1 :



Gambar 1. Struktur ANFIS (Wu *et al* : 2008)

2. *Level of Service (LOS)*

Tingkat pelayanan jalan (*level of service*) menunjukkan ukuran kualitas suatu jalan (mempertimbangkan faktor kenyamanan dan geometrik jalan), dan digunakan sebagai ukuran untuk membatasi volume lalu lintas suatu jalan. Tingkat pelayanan jalan dapat dihitung dengan melakukan perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan. Adapun rumus perhitungannya adalah (Ata, *et all*, 2010) :

$$LOS = V/C \tag{1}$$

Keterangan :

LOS : *level of service*

V : volume lalu lintas (smp/jam)

C : kapasitas Jalan (smp/jam)

Adapun tingkat pelayanan LOS ada enam tingkat, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 (*HIGHWAY CAPACITY MANUAL PROJECT (HCM)*, 1997) :

Tabel 1. Tingkat Pelayanan LOS

No	Kelas Tingkat Pelayanan	Nilai V/C Ratio	Karakteristik Arus Lalu Lintas
1	A (sangat baik)	<0,6	a. Arus lalu lintas bebas b. Volume lalu lintas rendah c. Kecepatan tinggi, pemakai dapat memilih kecepatan yang dikehendaki
2	B (baik)	0,6 – 0,7	a. Arus lalu lintas stabil b. Kecepatan sedikit terbatas karena peningkatan volume lalu lintas
3	C (sedang)	0,7 – 0,8	a. Arus lalu lintas stabil b. Kecepatan dikontrol oleh volume lalu lintas
4	D (buruk)	0,8 – 0,9	a. Arus lalu lintas tidak stabil b. Kecepatan rendah
5	E (sangat buruk)	0,9 – 1,0	a. Arus lalu lintas tidak stabil b. Kecepatan rendah c. Volume lalu lintas mendekati kapasitas
6	F (sangat buruk sekali)	>1,0	a. Arus lalu lintas sangat terhambat b. Kecepatan sangat rendah, banyak kendaraan berhenti c. Volume lalu lintas di atas kapasitas

3. *Uji Performa Statistik*

Ada beberapa cara untuk menguji dan mengukur performa statistik. Diantaranya adalah menggunakan *root mean square error* (RMSE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE). RMSE digunakan untuk mencari keakuratan hasil peramalan dengan data histori. Semakin kecil nilai yang dihasilkan semakin bagus pula hasil peramalan yang dilakukan dan nilai dari RMSE dimulai dari 0 hingga tak terbatas, dengan 0 menjadi nilai terbaiknya. RMSE dapat dihitung dengan persamaan (2):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \tag{2}$$

Keterangan :

y_i : nilai data aktual

\hat{y}_i : nilai data prediksi

n : jumlah data

Pengukuran performa statistik berikutnya yaitu menggunakan MAPE, yaitu dengan melakukan perhitungan perbedaan antara data asli dengan data hasil peramalan. Perbedaan tersebut diabsolutkan kemudian dihitung kedalam bentuk persentase terhadap data asli. Pengukuran performa statistik dengan MAPE dapat dilihat pada persamaan (3) (Vanajakshi, 2004) :

$$MAPE = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n \cdot y_i} \times 100 \tag{3}$$

Keterangan :

y_i : nilai data aktual

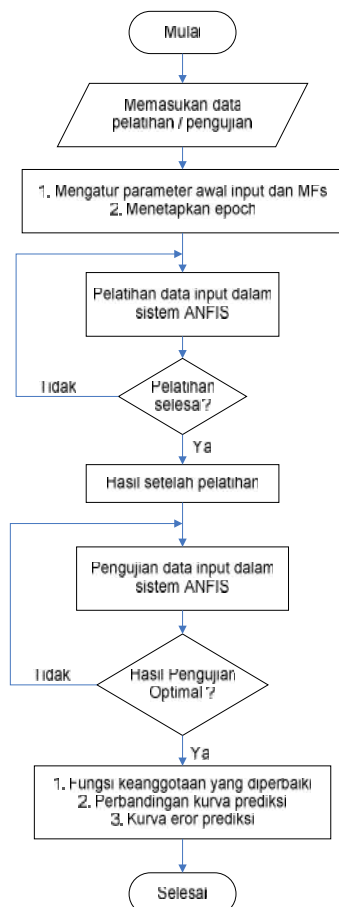
\hat{y}_i : nilai data prediksi

n : jumlah data

Metodologi

Proses prediksi di dalam ANFIS diawali dengan menetapkan parameter awal seperti tipe *membership function*, *error goal*, dan *epoch*. Kemudian dilakukan proses *training* dan *testing* sampai ditemukan model data terbaik yang selanjutnya akan dibuat acuan dalam proses prediksi. Validasi dari performa ANFIS menggunakan penghitungan nilai RMSE dan MAPE. Gambar 2 menunjukkan diagram alir prediksi ANFIS.

Pada proses pembelajaran ANFIS, dilakukan *training* mulai tahun 1996-2010 untuk memprediksi tahun 2011. Kemudian untuk memprediksi tahun 2012, digunakan data pembelajaran mulai tahun 1997-2011. Dalam penelitian ini, proses prediksi diambil pada tahun 2011-2012. Parameter *input* yang digunakan adalah tipe *membership function gaussian*, nilai *error goal* sebesar 1×10^{-5} , dan nilai *epoch* maksimal sebesar 100.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Prediksi ANFIS

Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sebuah prediksi tingkat layanan jalan dengan mengambil sampel data pada Departemen Transportasi California (*sumber: traffic-counts.dot.ca.gov*). Prediksi kemacetan arus lalu lintas menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* berdasarkan jumlah kendaraan dan kapasitas jalan.

Kemudian hasil yang diperoleh akan diukur berdasarkan tingkat pelayanan jalan (*level of service*).

Untuk melakukan prediksi dengan ANFIS, ada dua tahapan yang dilakukan yaitu *training* dan *testing*. Kemudian pada proses testing, dipilih pola terbaik berdasarkan perbandingan penggunaan data pada *training* dan *testing* yang akan diketahui nilai RMSE dan MAPE terbaik. Selanjutnya dari pola data terbaik itulah yang akan dijadikan acuan dalam proses prediksi. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, parameter terbaik dilakukan dengan menggunakan *membership function* tipe *gaussian*.

Pembahasan

Sebelum dilakukan pembelajaran, dilakukan *testing* terhadap beberapa parameter untuk menguji kehandalan dari metode ANFIS, yaitu dengan membandingkan tipe *membership function*. Perbandingan penggunaan data pada proses pembelajaran terlihat pada Tabel 2.

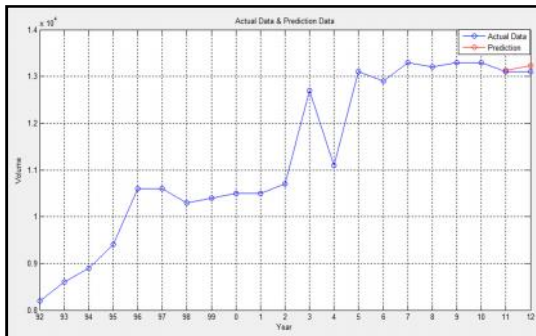
Tabel 2. Perbandingan Nilai RMSE dan MAPE berdasarkan penggunaan data pada jalan LA Mesa alur maju

Tipe MF	RMSE	MAPE
<i>Trimf</i>	0,0503	3,866%
<i>Trapmf</i>	0,2187	3,145%
<i>Gbellmf</i>	0,015	1,521%
<i>Gaussmf</i>	0,0106	0,931%

Selanjutnya adalah proses prediksi berdasarkan model data terbaik dari proses pembelajaran yang dilakukan oleh ANFIS yaitu dengan menggunakan tipe MF *gaussian*. Pada penelitian ini dilakukan prediksi untuk tahun 2011 dan 2012 kemudian dibandingkan dengan data aktual yang ada. Dari hasil prediksi untuk dua tahun tersebut diperoleh nilai RMSE sebesar 0,0106 dan nilai MAPE sebesar 0,931%. Adapun perbandingan data aktual dengan dengan data prediksi pada tahun 2011-2012 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Perbandingan Data Aktual dan Data Prediksi Tahun 2011-2012 pada jalan LA Mesa alur maju

Thn	Data Aktual	Prediksi	RMSE	MAPE
2011	12800	13134,8	0,0106	0,93158%
2012	12800	13228,1		



Gambar 4. Grafik Prediksi dan Perbandingan ANFIS dengan Data Aktual pada Tahun 2011-2012

Pada Gambar 4 menunjukkan perbandingan data aktual dengan data prediksi hasil olahan dari ANFIS. Data aktual disajikan mulai dari tahun 1992-2012 dengan bentuk garis warna biru. Sedangkan data prediksi digambarkan dengan garis warna merah. Perbandingan kedua data ditunjukkan pada tahun 2011 dan 2012. Dari grafik perbandingan prediksi antara data aktual dengan hasil pengujian ANFIS dapat dilihat bahwa secara garis besar hasil penentuan dengan ANFIS sudah mendekati nilai aktual volume kendaraan.

Pada proses prediksi, dapat diketahui jumlah kendaraan, kapasitas jalan, nilai LOS dan status kemacetan yang terjadi saat itu. Pada contoh prediksi tahun 2012, diketahui jumlah kendaraan yang melewati jalan LA Mesa pada alur maju rata-rata tahunan setiap jamnya mencapai 13228,1 dengan kapasitas jalan 14288. Sehingga status kemacetan yang terjadi adalah sangat buruk dengan nilai LOS sebesar 0,92 dengan kriteria E. Prediksi untuk tahun 2013 juga dilakukan dengan hasil prediksi status kemacetan arus lalu lintas yang terjadi adalah sangat buruk dengan nilai LOS sebesar 0,92 dengan kriteria E.

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa metode ANFIS dapat dipergunakan untuk membangun prediksi tingkat layanan jalan berdasarkan *level of service* (LOS). Adapun parameter *inputnya* adalah tipe *membership function gaussian*, *error goal* 1×10^{-5} , dan *epoch* maksimal 100. Sehingga diperoleh RMSE terbaik adalah 0,0106 dan MAPE terbaik sebesar 0,931% (pada hasil uji yang dilakukan pada jalan LA Mesa alur maju).

Daftar Pustaka

Ata, R. and Y. Kocyigit. 2010. *Expert Systems with Applications An adaptive neuro-fuzzy inference system approach for prediction of tip speed ratio in wind turbines. Expert Syst. Appl.*, vol. 37, no. 7, pp. 5454–5460.

Dahal, K. Almejalli, and M. A. Hossain. 2013. *Decision support for coordinated road traffic control actions. Decis. Support Syst.*, vol. 54, no. 2, pp. 962–975.

Faisal, M. N. Taib, T. and F. Ibrahim. 2012. *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for diagnosis risk in dengue patients. Expert Syst. Appl.*, vol. 39, no. 4, pp. 4483–4495.

Guan, S. He, W. and J. Ma. 2012. *Review on Traffic Flow Phenomena and Theory. J. Transp. Syst. Eng. Inf. Technol.*, vol. 12, no. 3, pp. 90–97.

HIGHWAY CAPACITY MANUAL PROJECT (HCM). 1997, vol. 7802112, no. 264.

Jang, J.S. R. , C.-T. Sun, and E. Mizutani. 1997. *Neuro-Fuzzy And Soft Computing Jang: a computational approach to learning and machine intelligence.*

Ogunwolu, L. , O. Adedokun, O. Orimoloye, and S. A. Oke. 2011. *A neuro-fuzzy approach to vehicular traffic flow prediction for a metropolis in a developing country.* vol. 7, no. 13, pp. 52–66.

- Quek, M. Pasquier, and B. Lim. 2009. *Expert Systems with Applications A novel self-organizing fuzzy rule-based system for modelling traffic flow behaviour*. *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 10, pp. 12167–12178.
- Vanajakshi, L.. 2004. *A Comparison Of The Performance Of Artificial. Neural Networks And Support Vector Machines For The Prediction Of Traffic Speed*. pp. 194–199.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan pada Departemen Transportasi California yang telah memberikan data dalam penelitian ini.