



Studi Model Prediksi Fatalitas Korban Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Berdasarkan Karakteristik Wilayah dengan Multi Variabel

Supratman Agus

Program Studi Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr Setiabudi 207 Bandung, Indonesia

Email: Supratman_agus@yahoo.com

Abstract

Road safety researchers in many countries assume that population and numbers of vehicles as the most decisive variables to predict numbers of fatality by road accidents. That assumption is not accordance with conditions in Indonesian. In ASEAN, Indonesia has largest of area and population, longest road infrastructure, and largest number of motor vehicles, but road victims' fatality is low. This indicate under reporting. Tis study aimed to obtaining the predictive model of road victims' fatality which suits Indonesia's conditions. Three model were compared are Andreassen model, Artificial Neural Network with two variable (ANN2) and four variables (ANN4), with numbers of driving license holder and length of road as two additional variables. Model validation was performed on three cities in West Java with different categories population densities. Result of comparison and validation test using MAPE, MAE, and RMSE criteria show that the best predictions models of road victims' fatality is ANN4. In addition, predictions of road victim numbers in Indonesia are not only influenced by population and numbers of vehicles, but also by driving license holder numbers and length of road.

Keywords: Fatality, Model comparison, Andreassen model, Artificial Neural Network (ANN) model.

Abstrak

Penelitian keselamatan jalan di berbagai negara menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk dan jumlah kendaraan sebagai variabel yang paling menentukan untuk memprediksi jumlah fatalitas akibat kecelakaan lalu lintas. Asumsi ini dipandang tidak sesuai dengan kondisi di Indonesia. Di ASEAN, Indonesia memiliki wilayah terluas, penduduk terbanyak, sarana infrastruktur jalan terpanjang, dan jumlah kendaraan bermotor terbanyak, tetapi angka fatalitas korban kecelakaan lalu lintas adalah rendah. Hal tersebut mengindikasikan under-reporting. Studi ini bertujuan untuk memperoleh model prediksi fatalitas terbaik yang paling sesuai dengan kondisi di Indonesia. Tiga model yang digunakan adalah model Andreassen, model Artificial Neural Network dua variabel (ANN2) dan empat variabel (ANN4), dengan menambahkan variabel jumlah kepemilikan SIM (surat ijin mengemudi) dan panjang jalan. Validasi model dilakukan pada tiga kota di Jawa Barat dengan kategori kepadatan penduduk berbeda. Hasil perbandingan dan uji validasi model dengan kriteria MAPE, MAE dan RMSE menunjukkan bahwa model ANN4 adalah model fatalitas terbaik. Selain itu, prediksi jumlah korban kecelakaan lalu lintas di Indonesia tidak hanya dipengaruhi jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor, tetapi juga jumlah kepemilikan SIM dan panjang jalan.

Kata-kata kunci: Fatalitas, Analisis model, Model Andreassen, Model Artificial Neutral Network (ANN)

Pendahuluan

Jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor dipandang sebagai variabel yang sangat dominan oleh banyak peneliti keselamatan jalan (*road safety*) di berbagai negara, yaitu sebagai variabel yang sangat mempengaruhi terjadinya kecelakaan lalu lintas jalan (*accident*) dan menimbulkan

jumlah korban jiwa meninggal dunia (*fatality*). Variabel ini dikembangkan pada model prediksi *Smeed* tahun 1949 dan kemudian disempurnakan oleh model prediksi Andreassen tahun 1985 di Eropa. Dibandingkan dengan Negara-negara di ASEAN, Indonesia memiliki wilayah daratan terluas, jumlah penduduk terbanyak, sarana infrastruktur jalan terpanjang, dan jumlah

kendaraan bermotor tertinggi, akan tetapi angka korban meninggal dunia akibat kecelakaan lalu lintas jalan (*fataliti*) tergolong rendah. Kondisi ini tidak sesuai dengan asumsi model prediksi Andreassen (1985) bahwa variabel jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor mempengaruhi jumlah fatalitas.

Dilaporkan, bahwa di Indonesia jumlah fatalitas korban kecelakaan lalu lintas jalan yang sebenarnya terjadi hampir empat kali dari yang tercatat di Kepolisian RI (ADB, 2005). Departemen Perhubungan RI (2004) juga menyatakan bahwa Indonesia merupakan Negara yang paling buruk dalam sistem pencatatan informasi korban kecelakaan lalu lintas. Keadaan ini mengindikasikan adanya *under-reporting*. Saat ini jumlah korban meninggal akibat kecelakaan lalu lintas di jalan tidak pernah diketahui dengan pasti. Namun, beberapa estimasi mencatat bahwa di Indonesia tiap hari 80 orang meninggal dunia akibat korban kecelakaan lalu lintas. Angka fatalitas ini diragukan oleh banyak pengamat transportasi dalam dan luar negeri.

Pencatatan fatalitas kecelakaan lalu lintas di Indonesia

Pencatatan data fatalitas korban kecelakaan lalu lintas jalan di Indonesia diamanatkan oleh Undang-undang No. 22 Tahun 2009 pasal 233 yang menyatakan bahwa setiap kecelakaan wajib dicatat dalam formulir data kecelakaan lalu lintas yang merupakan bagian data forensik, data kecelakaan lalu lintas tersebut harus dilengkapi dengan data yang berasal dari rumah sakit, yang dikelola oleh Kepolisian Negara Republik Indonesia, dan dapat dimanfaatkan oleh Pembina lalu lintas dan angkutan umum.

Data yang dimaksud adalah data korban kecelakaan lalu lintas meninggal dunia (*fataliti*), korban luka parah (*serious injury*), dan korban luka ringan (*slight injury*). *International Road Traffic and Accident Database* (IRTAD, 1998) memberikan definisi bahwa *fataliti* adalah korban kecelakaan lalu lintas yang meninggal dunia seketika atau yang mati dalam waktu 30 hari sejak terjadinya kecelakaan. Oleh sebab itu, pasal 233 Undang-undang No. 22 mengandung makna bahwa pencatatan data kecelakaan lalu lintas seyogyanya dilakukan oleh Kepolisian Negara Republik Indonesia bersama pihak rumah sakit sehingga data korban kecelakaan lalu lintas yang diperoleh memiliki nilai akurasi tinggi dan dapat dimanfaatkan oleh semua pihak. Namun, di Indonesia pada saat ini pendataan korban kecelakaan lalu lintas oleh kepolisian Republik Indonesia adalah berasal dari rumah sakit sebagai data fatalitas faktual.

Hasil studi dan analisis beberapa pakar transportasi dan lembaga internasional menunjukkan bahwa Indonesia menghadapi masalah pencatatan jumlah korban kecelakaan lalu lintas yang sangat serius.

Data korban kecelakaan lalu lintas yang dilaporkan oleh Kepolisian RI masih belum mencerminkan korban sebenarnya di lapangan. Diperkirakan masih banyak korban kecelakaan lalu lintas yang belum tercatat dan belum dilaporkan. Departemen Perhubungan RI (2004) menyatakan bahwa perbedaan data korban meninggal dunia disebabkan karena Kepolisian RI mencatat korban *fataliti* yang dilaporkan adalah korban meninggal dunia di tempat kejadian.

Kementerian Kesehatan RI atau Rumah Sakit tidak melaporkan jumlah penyebab kecelakaan fatal tersebut. Pihak asuransi Jasa Raharja (AJR) hanya mencatat kasus berdasarkan kalim yang diajukan oleh keluarga korban sehingga menghasilkan informasi data yang berbeda-beda untuk kejadian kecelakaan yang sama.

MTI (2007) melaporkan bahwa di Indonesia instansi yang melakukan pendataan korban kecelakaan lalu lintas tidak mampu berkoordinasi dengan baik, masing-masing berjalan sendiri-sendiri seakan tidak mengindahkan mitranya. Akibatnya, keselamatan jalan sangat buruk dan angka kecelakaan lalu lintas menjadi tinggi, sebab data kecelakaan yang dibuat polisi meragukan karena sangat rendah yang tidak mencerminkan kenyataan yang sesungguhnya.

Data fatalitas jalan di beberapa Negara ASEAN.

Dibandingkan dengan Negara-negara ASEAN, Indonesia merupakan Negara yang paling buruk dalam sistem pencatatan informasi korban kecelakaan lalu lintas. Hal ini terlihat dari perbedaan antara luka mati yang dilaporkan dengan data yang diperkirakan (Dephub RI, 2004).

Hal yang sama dikemukakan oleh WHO (2009) berdasarkan data tahun 2007 terhadap beberapa Negara-negara ASEAN (Tabel 1), Hobbs (1995) berpendapat bahwa kasus kecelakaan lalu lintas sulit diminimalisasi dan cenderung meningkat seiring penambahan panjang jalan dan banyaknya pergerakan dari kendaraan.

Peranan data fatalitas pada studi keselamatan lalu lintas jalan.

Data kecelakaan lalu lintas merupakan data pokok atau data utama (*primary data*) pada studi keselamatan lalu lintas jalan.

Tabel 1. Data kecelakaan lalu lintas yang dilaporkan di ASEAN.

Negara	Jumlah penduduk	Jumlah kendaraan	Korban MD dilaporkan	Estimasi
Kamboja	14.443.679	154.389	1.664	
Indonesia	231.626.978	63.318.522	16.548	37.438
Malaysia	26.571.879	16.825.150	6.282	
Singapura	4.436.281	851.336	214	
Thailand	63.883.662	25.618.447	12.492	
Vietnam	87.375.196	22.92.238	12.800	

Para peneliti dapat merumuskan tujuan dan menetapkan target pencapaian studi, menyusun program rencana aksi jalan berkeselamatan, dan melakukan evaluasi terhadap program yang telah dan akan dilakukan.

Pada tingkat nasional, akurasi data dan hasil studi diperlukan untuk menetapkan kebijakan strategis, seperti kewajiban menggunakan sabuk keselamatan (*safety belt*), penggunaan helm, pembatasan umur pengemudi, menetapkan strategi penegakan hukumnya (*enforcement*), perbaikan daerah rawan kecelakaan, dan beberapa peraturan untuk menurunkan risiko jumlah korban kecelakaan lalu lintas jalan.

Menurut kajian Direktorat Keselamatan Transportasi Darat (2008), ketidakakurasian data korban kecelakaan lalu lintas, baik secara kuantitas maupun kualitas, membuat data kecelakaan tidak bisa menjadi sumber sah dalam rangka menganalisis dan menyusun kebijakan umum perbaikan sistem keselamatan jalan di Indonesia. Bila studi keselamatan jalan (*road safety*) dilakukan dengan *input data* yang tidak memiliki akurasi tinggi, maka *output* hasil studi tidak dapat menunjukkan kondisi yang diharapkan. Dengan pernyataan lain bahwa hasil studi adalah meragukan.

Oleh karena itu, studi ini dilakukan untuk memperoleh akurasi prediksi fatalitas faktual yang paling sesuai dengan kondisi di Indonesia. Analisis dilakukan dengan mengimplementasikan model prediksi Andreassen (1985) dan mengembangkan model *Artificial Neural Network* masing-masing menggunakan dua dan empat variabel (ANN2 dan ANN4) pada tiga kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk yang berbeda di Jawa Barat.

Pada studi ini, variabel yang digunakan adalah panjang jalan, kepemilikan Surat Ijin Mengemudi (SIM), jumlah kendaraan bermotor, dan jumlah penduduk.

Untuk mengetahui model terbaik dari ketiga model prediksi tersebut dilakukan uji *error model test* menggunakan tiga macam kriteria, yaitu *Mean*

Absolute Percent Error (MAPE), *Mean Absolute Errors (MAE)*, dan *Root Mean Square Errors (RMSE)*. Model prediksi fatalitas terbaik adalah model yang memiliki nilai selisih terkecil.

Metode Penelitian

Model prediksi Andreassen

Andreassen mengembangkan model prediksi Smeed dengan melakukan penyesuaian parameter *intercept* dan *gradient* persamaan Smeed dengan bentuk umum:

$$F = C \times (V)^{M_1} \times (P)^{M_2} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- F = prediksi jumlah korban meninggal dunia.
- C = konstanta.
- V = jumlah kendaraan bermotor.
- P = jumlah penduduk.
- M₁ = koefisien pangkat terhadap kendaraan bermotor
- M₂ = koefisien pangkat terhadap jumlah penduduk.

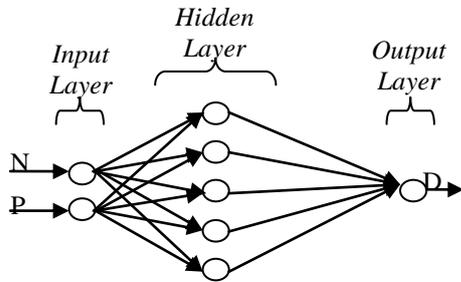
Pada model Andreassen diperlukan perhitungan konstanta C, koefisien M₁, dan M₂ dengan mencari nilai α , β dan γ menggunakan analisis regresi linier ganda sehingga:

$$F = e^\alpha \times (V)^\beta \times (P)^\gamma \dots\dots\dots (2)$$

Model Artificial Neural Network (ANN)

Artificial Neural Network (ANN) adalah sebuah alat pemodelan data statistik non-linier yang dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola. Model ANN ini telah banyak diimplementasikan pada berbagai bidang keilmuan untuk melakukan prediksi atau peramalan (William dan L. Yan, 2008). Terdapat tiga jenis model ANN, yaitu *Multilayer Perceptron (MLP)*, *Radial Basis Function (RBF)*, dan *Kohonen Network*. Untuk permasalahan prediksi, model yang paling banyak digunakan adalah MLP untuk memetakan suatu set *input data* menjadi set *output* dengan menggunakan fungsi aktivitas non-

linear. Pada MLP, variabel independen maupun variabel dependen memiliki tingkat pengukuran metrik maupun non-metrik. MLP dapat disebut pula dengan *forward network* atau *back-propagation* sebab informasi bergerak hanya dalam satu arah, yaitu dari *input layer*, lalu menuju *output layer* (Gambar 1).



Gambar 1. Model prediksi ANN

Fungsi aktivasi pada *hide layer* adalah:

– *Hyperbolic tangent*

$$Y(c) = \tanh(c) = \frac{e^c - e^{-c}}{e^c + e^{-c}} \dots\dots\dots (4)$$

– *Sigmoid*

$$Y(c) = \frac{1}{1 + e^{-c}} \dots\dots\dots (5)$$

Fungsi aktivasi pada *output layer*:

– *Identity*

$$Y(c) = c \dots\dots\dots (6)$$

– *Softmax*

$$Y(c_k) = \frac{\exp(c_k)}{\sum_j \exp(c_j)} \dots\dots\dots (7)$$

– *Hyperbolic tangent*

$$Y(c) = \tanh(c) = \frac{e^c - e^{-c}}{e^c + e^{-c}} \dots\dots\dots (8)$$

– *Sigmoid*

$$Y(c) = \frac{1}{1 + e^{-c}} \dots\dots\dots (9)$$

Uji validasi model

Validasi model dilakukan secara matematis dengan *error model test* menggunakan tiga macam

kriteria, yaitu *Mean Absolute Percent Error* (MAPE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left(\left| \frac{o_j - t_j}{o_j} \right| * 100 \right)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |t_j - o_j|$$

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum |t_j - o_j|^2}$$

Model prediksi terbaik adalah model yang memiliki *selisih terkecil* terhadap data fatalitas faktual, yaitu data korban meninggal dunia yang dilaporkan oleh Kepolisian RI dan dilengkapi oleh data korban kecelakaan lalu lintas yang meninggal dunia di rumah sakit. Secara visual hasil uji validasi ketiga model ditunjukkan dari kedekatan garis pada grafik visualisasi jumlah fatalitas faktual dan jumlah fatalitas prediksi dari tiap model.

Karakteristik wilayah studi

Sampel wilayah studi adalah Provinsi Jawa Barat yang terdiri dari tiga kategori kerapatan penduduk, yaitu wilayah dengan kerapatan penduduk tinggi/padat, sedang dan rendah. Studi perbandingan untuk masing-masing model dilakukan pada wilayah yang memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu berdasarkan kategori kepadatan penduduk kabupaten/kota dan wilayah operasional pelayanan rumah sakit kelas A dan kelas B di Provinsi Jawa Barat. Tabel 2 dibawah ini menunjukkan kategori kepadatan penduduk berdasarkan standar pelayanan minimum dari aspek mobilitas jaringan jalan menurut Surat Keputusan Menteri Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010, dan Undang-undang Nomor 44 Tahun 2009 Pasal 5a tentang rumah sakit serta pedoman penyelenggaraan operasional rumah sakit kelas A dan B di daerah setempat.

Tabel 2. Kluster kabupaten/kota berdasarkan tingkat kepadatan penduduk.

Tingkat kepadatan penduduk *)	Kerapatan penduduk (jiwa/km ²) *)	Sampel wilayah studi	Jumlah (jiwa/ km ²)
Tinggi	>5000	Kota Banjar	1328
Sedang	500-1000	Kota/Kabupaten Sukabumi	632
Rendah/sangat rendah	<500	Kota/Kabupaten Cirebon	498

Sumber: Peraturan Menteri Kementrian Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010

Sumber data dan variabel penelitian

Variabel penelitian disesuaikan dengan variabel model prediksi Andreassen (1985), sedangkan pada pengembangan model prediksi ANN disesuaikan dengan kondisi infrastruktur jalan di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Barat. Tabel 3 menunjukkan input data dan masing-masing variabel yang digunakan. Gambar 2 menunjukkan sumber data dari masing-masing variabel dan prosedur analisis model.

Pembahasan dan Hasil Penelitian

Hasil analisis ketiga model prediksi masing-masing pada kategori wilayah studi yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.

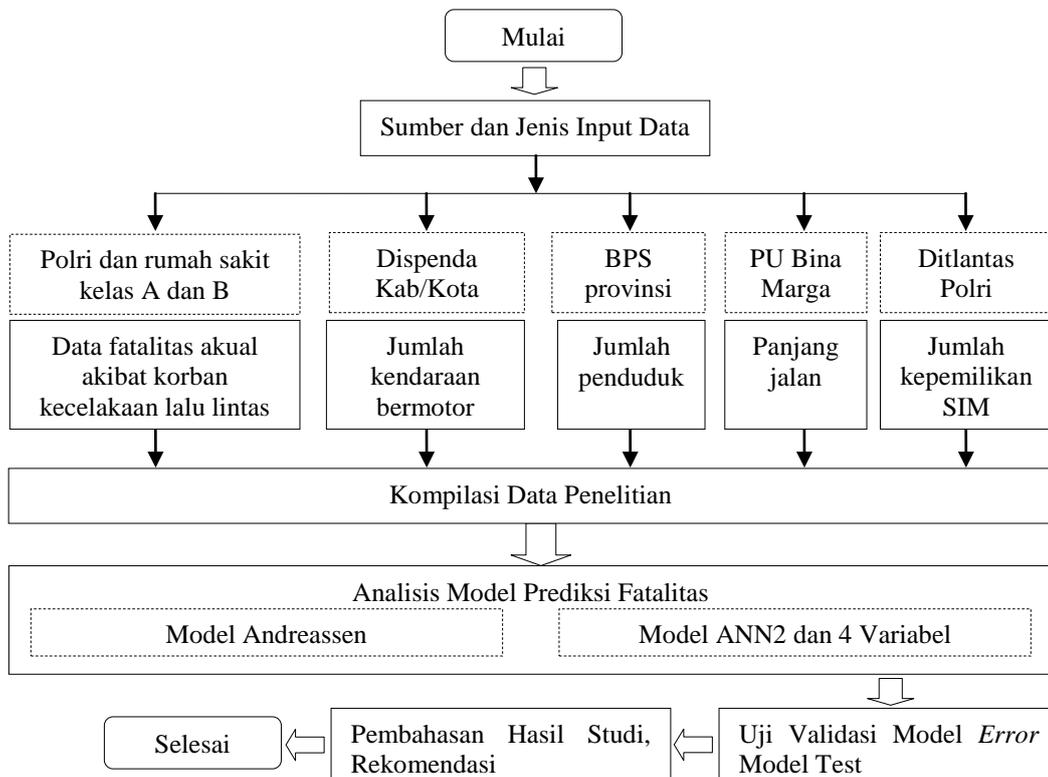
Untuk mengetahui model prediksi terbaik, maka dilakukan uji validasi masing-masing model dengan menggunakan tiga kriteria, yaitu MAPE,

MAE, dan RMSE. Model terbaik adalah model yang memiliki nilai *error* terkecil dibandingkan dengan model lainnya. Hasil pengujian ketiga model prediksi dapat dilihat pada Tabel 4.

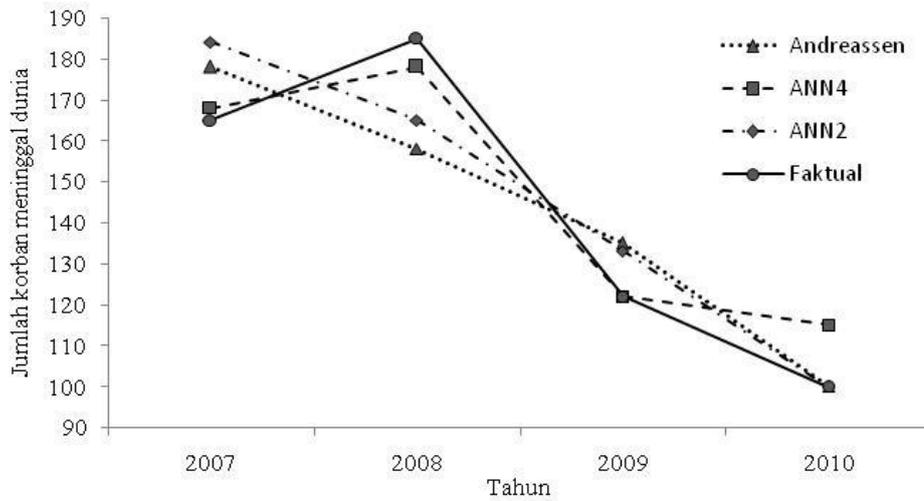
Berdasarkan analisis data dan uji validasi ketiga model prediksi fatalitas korban kecelakaan lalu lintas jalan diatas, masing-masing wilayah dengan kategori kerapatan penduduk rendah, sedang dan kerapatan penduduk tinggi di Provinsi Jawa Barat, maka diperoleh temuan bahwa MAPE, MAE dan RMSE dari model prediksi ANN dengan empat variabel (ANN4) jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan model lainnya yang menggunakan input dua variabel. Dari keseluruhan hasil validasi ketiga model prediksi diatas, prediksi model ANN dengan empat variabel (ANN4) dapat menjelaskan model prediksi fatalitas lebih baik dibanding dengan model Andreassen maupun model prediksi ANN dengan dua variabel (ANN2).

Tabel 3. Variabel penelitian dan input data pada tiap model yang diperbandingkan

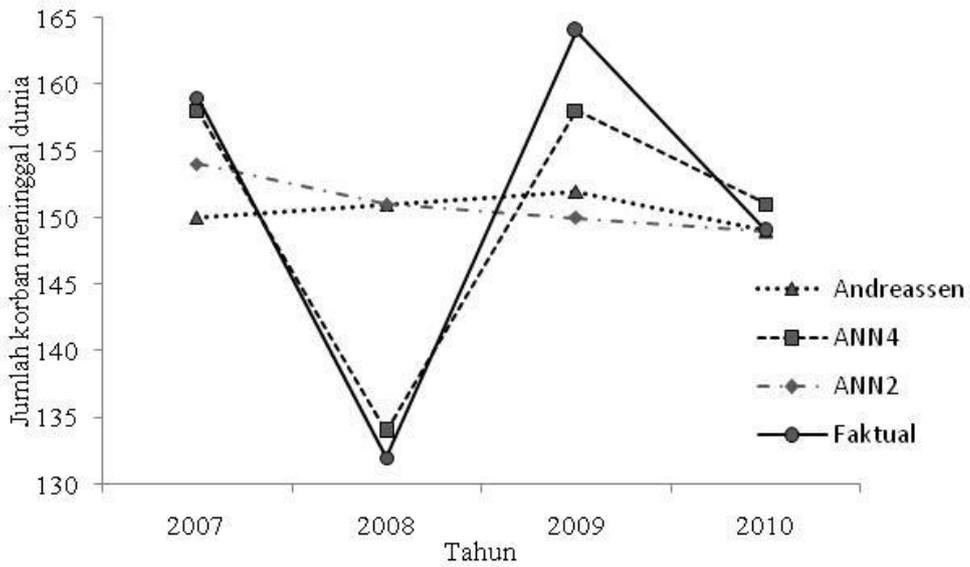
Variabel penelitian	Input data				Model prediksi		
	2007	2008	2009	2010	Model Andreassen	Model ANN2	Model ANN4
Jumlah penduduk	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Jumlah kendaraan (unit)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Panjang jalan (km)	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Ya
Jumlah pemilik SIM	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Ya



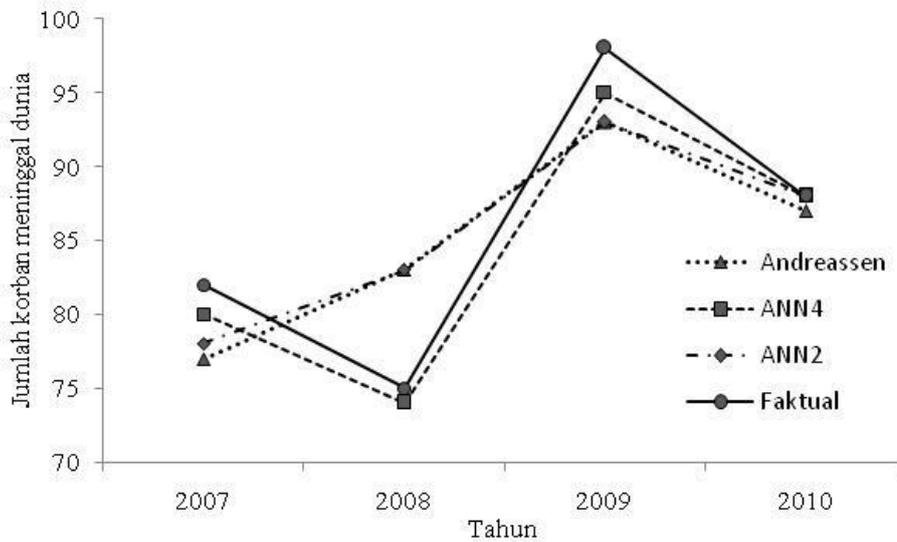
Gambar 2. Prosedur analisis model



Gambar 3. Perbandingan model prediksi pada wilayah kerapatan rendah



Gambar 4. Perbandingan model prediksi pada wilayah kerapatan sedang



Gambar 5. Perbandingan model prediksi pada wilayah kerapatan tinggi

Tabel 4. Uji perbandingan model menggunakan criteria MAPE, MAE, RMSE

Kota	Kerapatan penduduk rendah (Kota/Kab. Cirebon)			Kerapatan penduduk sedang (Kota/Kab. Sukabumi)			Kerapatan penduduk tinggi (Kota/Kab. Banjar)		
	Andreassen	ANN4	ANN2	Andreassen	ANN4	ANN2	Andreassen	ANN4	ANN2
MAPE	8.812	4.078	7.839	6.834	1.519	6.151	5.739	1.927	5.567
MAE	13.704	5.435	12.749	10.315	2.340	9.280	4.817	1.645	4.708
RMSE	16.861	7.241	15.023	12.176	2.908	11.865	5.634	2.008	5.610

Hal ini mengindikasikan bahwa dengan menambah variabel panjang jalan dan jumlah kepemilikan Surat Ijin Mengemudi (SIM) terbukti memiliki askurasi yang lebih tinggi, yaitu untuk memprediksi jumlah fatalitas korban kecelakaan lalu lintas jalan untuk semua kategori wilayah yang memiliki kerapatan penduduk rendah, sedang, dan padat.

Hasil uji validasi ini juga menunjukkan bahwa variabel jumlah penduduk dan jumlah kendaraan yang digunakan pada model prediksi Andreassen, maupun model prediksi ANN dengan dua variabel (ANN2) masih belum cukup baik untuk dijadikan variabel dalam memprediksi jumlah fatalitas akibat korban kecelakaan lalu lintas jalan.

Kesimpulan

Model prediksi ANN dengan empat variabel (ANN4) memiliki akurasi yang lebih tinggi untuk memprediksi jumlah fatalitas korban kecelakaan lalu lintas jalan untuk semua kategori wilayah, baik dari kategori dengan kerapatan penduduk rendah, sedang, maupun padat apabila dibandingkan dengan model prediksi Andreassen. Selain itu, prediksi jumlah korban kecelakaan lalu lintas di Indonesia tidak hanya dipengaruhi jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor, tetapi juga oleh jumlah kepemilikan SIM dan panjang jalan.

Daftar Pustaka

Andreassen D., 1985. *Linking Deaths with Vehicles and Population*. Traffic Engineering and Control 26(11):547-549.

Asian Development Bank (ADB), 2005. *Asean Regional Road Safety Strategy and Action Plan 2005-2010*. Publication No, 071105, Manila.

Departemen Perhubungan R.I., 2004. *Masterplan Transportasi Darat*, laporan antara. PT Arsiona Bangun Prima, Jakarta.

Direktorat Keselamatan Transportasi Darat, 2008. *Profil Kinerja Keselamatan Transportasi Darat*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Departemen Perhubungan, Jakarta.

Hobbs FD, 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Edisi Kedua. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

IRTAD, 1998. *Definitions and Data Availability*. Special Report. OECD-RTR, BAST, Gladbach, Germany.

Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 828/Menkes/SK/IX/2008, tentang *Petunjuk Teknis Standar Pelayanan Minimal Bidang Kesehatan di Kabupaten/Kota*.

Kurner Nachtsheim Neter, 2004. *Applied Linear Regression Models*. Fourth edition . Mc Graw-Hill. New York, USA.

Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI), 2007. *1-2-3 langkah, Referensi ringkas bagi proses Advokasi Pembangunan Transportasi*. Volume 2, Jakarta.

Undang-undang Nomor 44 tahun 2009 *tentang rumah sakit*. Sekretariat Negara RI. Biro Peraturan Perundang-undangan Bidang Politik dan Kesejahteraan Rakyat.

Williams and L., Yan, 2008. *A Case Study Using Neural Network Algorithms: Horse Racing Prediction in Jamaica*. In International Conf. on Artificial intelligence (ICAI'08), Las Vegas.

World Health Organization (WHO), 2009. *Regional Report on Status of Road Safety: The South-East Asia Region*.