

HUBUNGAN ANTARA *HOURLY FLOW* DENGAN KECELAKAAN: KASUS JALAN TOL JAKARTA-CIKAMPEK

Bambang Haryadi*, Alfa Narendra*, dan Bambang Riyanto**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Telp. 024-8508102, E-mail: haryaba@yahoo.com

** Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro (UNDIP)

Jl. Hayam Wuruk No. 5 Semarang 50241, Telp. 024-8311802, E-mail: bb_riyanto@yahoo.com

Abstract: *Accident prediction models is related to the quantification of the relationship between accidents that occurred at certain location with factors that influence it at a particular time. The models could provide ideas how each variable contributes to the accident that occurred at a particular location. The purpose of the study was to develop toll road accident prediction models by considering hourly traffic flow. Microscopic analysis result shows that the relationship between accident frequency and hourly traffic can be represented by exponential step-functions. Up to 700 vehicle/hour accident frequency increases exponentially, then it decreases exponentially as traffic flow increases furthermore. This trend was common for total, single-vehicle, and multi-vehicle accidents.*

Keywords: *accident prediction models, toll road accident, hourly traffic flow.*

Abstrak: Model prediksi kecelakaan merupakan kuantifikasi hubungan antara kecelakaan yang terjadi pada suatu lokasi dengan faktor-faktor yang berpengaruh pada waktu itu. Model prediksi dapat memberi gagasan bagaimana masing-masing variabel tersebut berkontribusi menyebabkan kecelakaan yang terjadi di lokasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan tol dengan berdasarkan volume lalu lintas per jam (*hourly traffic flow*). Analisis secara mikroskopik dengan menggunakan volume lalu lintas per jam sebagai variabel bebas menunjukkan bahwa hubungan antara besarnya frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam berbentuk eksponensial bertingkat. Sampai dengan nilai volume lalu lintas 700 kendaraan/jam hubungan frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam dapat dinyatakan dengan fungsi eksponensial positif, sedangkan di atas nilai volume lalu lintas 700 kendaraan/jam hubungannya dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi eksponensial negatif. Hal ini berlaku baik untuk kecelakaan total, tunggal, maupun jamak.

Kata Kunci: model prediksi kecelakaan, kecelakaan jalan tol, arus lalu lintas per jam.

PENDAHULUAN

Jumlah kecelakaan pada suatu ruas jalan sering kali dikaitkan dengan volume lalu lintas pada ruas jalan tersebut. Sejumlah model dikembangkan dengan menghubungkan kecelakaan dengan lalu lintas harian rata-rata (LHR), misalnya Ceder & Livneh (1978), Persaud & Dzibik (1993), Maher & Summersgill (1995), Berhanu (2004), Caliendo dkk. (2007) dan Haryadi dkk. (2008a). Peneliti lain menggunakan besaran volume lalu lintas tahunan (misalnya, Turner & Thomas, 1986) dan *vehicle miles traveled* (VMT) (misalnya,

Jovanis & Chang, 1986). Kesulitan yang dihadapi dengan model tersebut adalah bahwa model tersebut bersifat makroskopik karena menghubungkan kecelakaan dengan lalu lintas harian rata-rata, tidak berdasarkan volume lalu lintas tertentu pada saat terjadi kecelakaan. Salah satu kelemahan pendekatan makroskopik adalah bahwa jalan tol dengan arus lalu lintas yang tinggi pada saat periode puncak jelas mempunyai potensi kecelakaan yang berbeda dibandingkan dengan jalan tol dengan LHR yang sama tetapi mempunyai volume lalu lintas yang lebih tersebar secara merata sepanjang

hari, tetapi model yang berdasarkan LHR akan menunjukkan bahwa kedua jalan tol tersebut mempunyai potensi kecelakaan yang identik (Persaud & Dzbiq, 1993). Kebutuhan untuk mengatasi kelemahan ini sangat penting dalam pendekatan pemodelan kecelakaan. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan pendekatan mikroskopik dengan mengembangkan model kecelakaan berdasarkan volume lalu lintas per jam (*hourly flow rate*) yang dapat lebih mencerminkan kondisi lalu lintas pada saat terjadinya kecelakaan, dibandingkan dengan LHR. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian untuk mengembangkan model prediksi

kecelakaan di ruas jalan tol bebas hambatan (Haryadi dkk., 2008b).

DATA

Jalan tol Jakarta - Cikampek membentang sepanjang sekitar 73 km dari Barat ke Timur, mulai dari simpang Cawang di Jakarta hingga Cikampek melalui Bekasi, Cibitung, Cikarang, dan Kerawang. Jalan Tol terbagi atas 13 segmen, dimana tiap segmen terdiri dari dua arah, yaitu ke arah Cikampek (arah A) dan ke arah Jakarta (arah B). Pembagian segmen (ruas) serta panjang tiap segmen (ruas) selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian segmen (ruas) jalan tol Jakarta - Cikampek

No	Nama Segmen	Kode Ruas		KM
		Arah Cikampek	Arah Jakarta	
1	Cawang - Pondok Gede Barat	A	A	00+000 – 04+500
2	Pondok Gede Barat - Pg Timur	B	b	04+500 – 08+500
3	Pondok Gede Timur - Cikunir	C	c	08+500 – 10+000
4	Cikunir - Bekasi Barat	D	d	10+000 – 14+000
5	Bekasi Barat- Bekasi Timur	E	e	14+000 – 17+000
6	Bekasi Timur - Cibitung	F	f	17+000 – 24+000
7	Cibitung - Cikarang Barat	G	g	24+000 – 30+000
8	Cikarang Brt - Cikarang Tmr	H	h	30+000 – 35+500
9	Ckr Tmr - Kerawang Barat	I	i	35+500 – 46+000
10	Krwg Brt - Kerawang Timur	J	j	46+000 – 53+700
11	Karawang Timur - Dawuan	K	k	53+700 – 66+000
12	Dawuan - Kalihurip	L	l	66+000 – 67+000
13	Kalihurip - Cikampek	M	m	67+000 – 72+000

Data Kecelakaan

Data kecelakaan lalu lintas diperoleh dari Bagian Pelayanan Jalan Tol PT Jasamarga Cabang Jakarta-Cikampek. Pada penelitian ini dihimpun data kecelakaan selama periode tiga tahun, yaitu tahun 2003, 2004, dan 2005. Data ini digunakan untuk pengembangan model. Selama periode tiga tahun tercatat 2899 (dua ribu delapan ratus sembilan puluh sembilan) kasus kecelakaan.

Data kecelakaan meliputi: waktu kejadian, lokasi kecelakaan, tipe kecelakaan,

dan tingkat kecelakaan. Data waktu kecelakaan mencakup tanggal, hari dan jam terjadinya kecelakaan. Informasi mengenai lokasi terjadinya kecelakaan ditunjukkan dengan kilometer (km) tempat kejadian dan bentuk alinyemen tempat kejadian tersebut. Arah A menunjukkan kecelakaan terjadi pada jalur yang menuju ke Cikampek, sedangkan arah B menunjukkan kecelakaan terjadi pada jalur yang menuju Jakarta. Informasi tentang tipe kecelakaan mencakup apakah kecelakaan yang terjadi berupa kecelakaan tunggal atau

kecelakaan jamak. Kecelakaan tunggal berarti kecelakaan tersebut melibatkan hanya satu kendaraan saja. Sedangkan kecelakaan jamak artinya kecelakaan yang melibatkan dua kendaraan atau lebih.

Data Lalulintas Harian Rata-rata Bulanan (LHRB)

Data lalulintas diperoleh dari Bagian Pengumpulan Tol, Divisi Operasi PT Jasamarga Cabang Jakarta – Cikampek. Data lalu-lintas berupa rekapitulasi volume lalu-lintas setiap bulan untuk masing-masing ruas menurut golongan kendaraan. Seperti halnya data kecelakaan, pada penelitian ini juga dihimpun data volume lalulintas bulanan untuk periode tiga tahun dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2005. Secara keseluruhan diperoleh 936 (sembilan ratus tiga puluh enam) data LHRB, yang berasal dari 13 ruas jalan, dua arah untuk masing-masing ruas (ke arah Jakarta dan ke arah Cikampek), selama tiga tahun dengan 12 belas bulan per tahun.

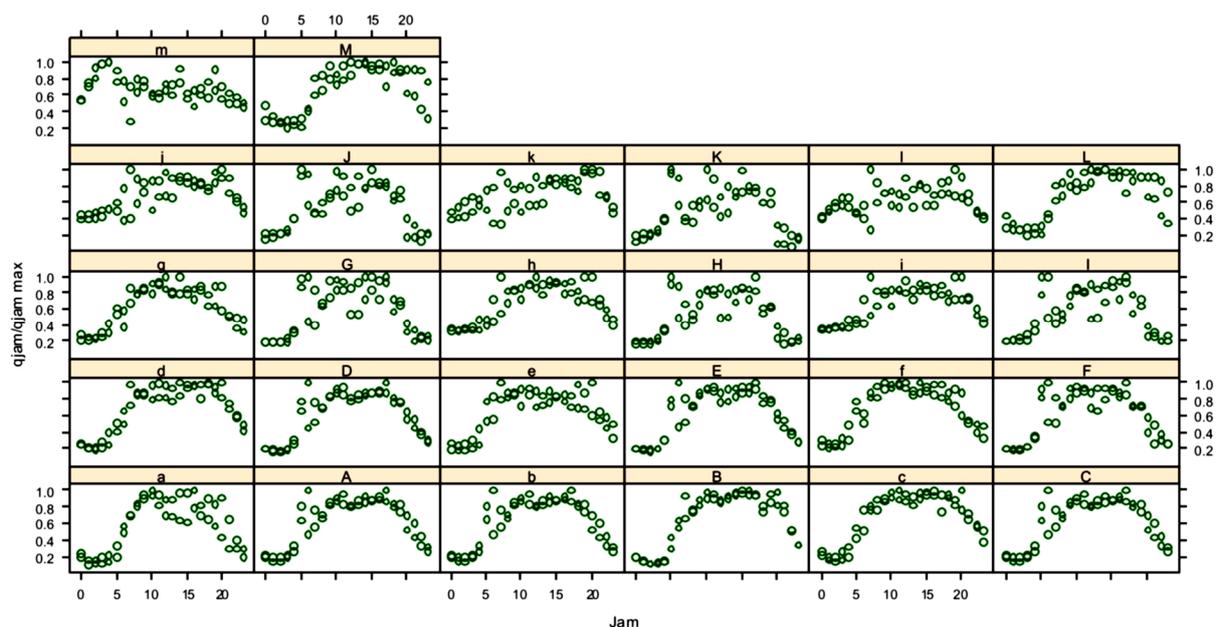
Data Lalulintas Per Jam

Data lalulintas per jam diperoleh dari hasil survei yang dilakukan PT Jasamarga Cabang Jakarta – Cikampek pada tanggal 15 s/d 19 Mei 2005. Data volume lalu-lintas per jam diperlukan untuk mendapatkan profil arus lalu-lintas per jam harian, sehingga dapat diketahui fluktuasi lalulintas di jalan tol selama 24 jam. Data yang dikumpulkan mewakili profil tipikal lalulintas harian.

HASIL

Eksplorasi Data Dasar

Data besarnya arus lalulintas per jam pada saat terjadinya kecelakaan tidak tersedia secara langsung. Untuk mengatasi persoalan ini data besarnya arus lalulintas diturunkan dari LHR dengan menggunakan profil lalulintas harian tipikal dengan prosedur sebagai berikut. Untuk mendapatkan profil lalulintas harian tipikal dilakukan survei lalulintas selama 5 kali 24 jam. Dari hasil survei ini diperoleh data volume lalulintas per jam selama 24 jam pada tiap ruas.



Gambar 1. Profil lalulintas harian per ruas yang dinormalkan

Gambar 1 menunjukkan profil lalulintas harian yang dinormalkan (q_{jam-n}) untuk tiap ruas. q_{jam-n} diperoleh dengan membagi besarnya volume lalulintas pada jam yang bersangkutan (q_{jam}) dengan besarnya volume lalulintas per jam maksimum selama periode 24 jam ($q_{jam-max}$) untuk ruas yang bersangkutan, atau dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_{jam-n} = q_{jam} / q_{jam-max} \dots\dots\dots (1)$$

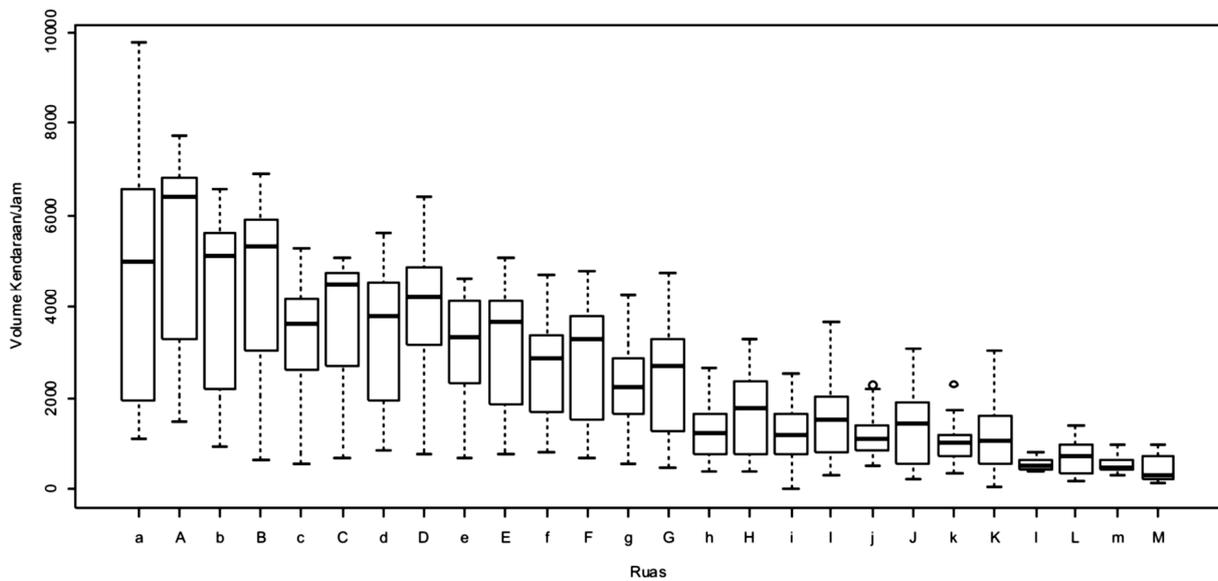
Dari Gambar 1 terlihat pola yang berbeda untuk tiap ruas. Selain itu, dari gambar tersebut dapat dilihat karakteristik puncak pada tiap ruas.

Volume lalulintas harian per jam untuk tiap ruas diperoleh dengan prosedur sebagai berikut. Volume tiap jam selama 24 jam

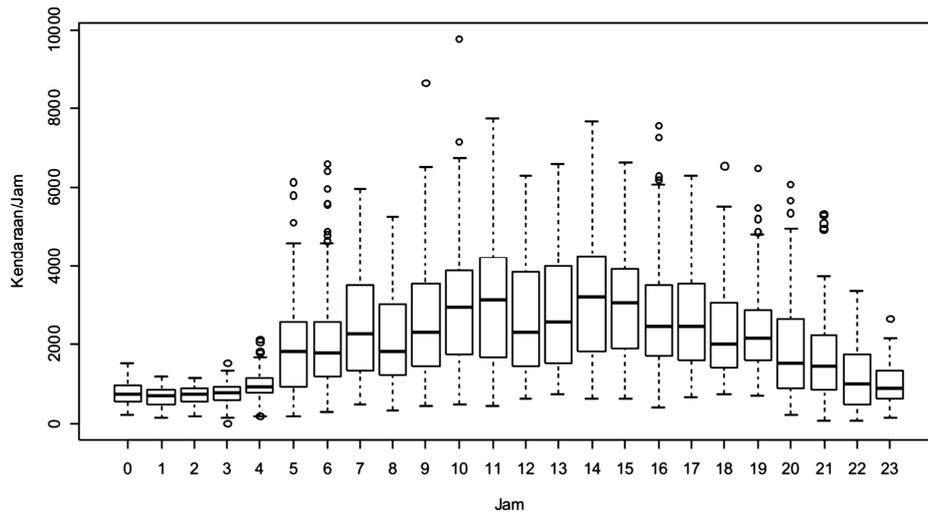
dijumlahkan untuk mendapatkan volume total untuk periode satu hari. Selanjutnya proporsi untuk tiap jam (p_{jam}) didapatkan dengan membagi volume lalulintas jam yang bersangkutan (q_{jam}) dengan volume total selama 24 jam (q_{24-jam}), atau dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$p_{jam} = q_{jam} / q_{24-jam} \dots\dots\dots (2)$$

Selanjutnya, berdasarkan informasi jam terjadinya kecelakaan yang ada dalam data kecelakaan, besarnya volume lalulintas pada jam terjadinya kecelakaan diperoleh dengan mengalikan p_{jam} dengan volume harian rata-rata bulanan (LHRB) pada bulan yang bersangkutan. Gambar 2 menunjukkan distribusi volume kendaraan per jam pada tiap ruas.



Gambar 2. Distribusi lalulintas per jam untuk tiap ruas

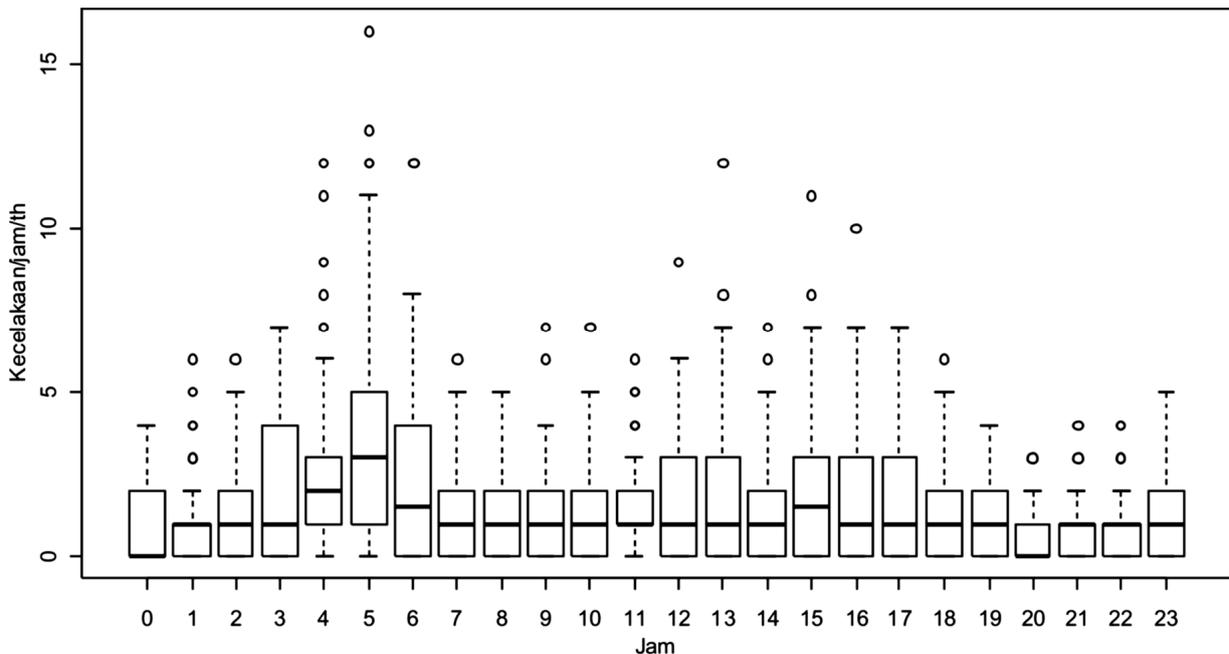


Gambar 3. Distribusi volume lalulintas per jam

Seperti terlihat pada Gambar 2, secara keseluruhan volume lalulintas per jam mempunyai rentang nilai yang cukup besar, yaitu berkisar dari sekitar 150 kendaraan/jam hingga sekitar 10.000 kendaraan/jam. Namun pengamatan lebih lanjut menunjukkan bahwa rentang nilai volume lalulintas per jam untuk tiap ruas berbeda cukup besar. Sebagai contoh, ruas “a” yang mengarah ke Barat mempunyai rentang nilai volume lalulintas per jam dari yang terendah sekitar 1100 kendaraan/jam hingga

yang tertinggi 9800 kendaraan/jam. Sedangkan ruas “M” yang mengarah ke Timur mempunyai rentang nilai sekitar 160 kendaraan/jam hingga sekitar 980 kendaraan/jam.

Gambar 3 dan 4 berturut-turut menunjukkan distribusi volume lalulintas per jam dan distribusi kecelakaan per jam per tahun. Dari kedua gambar nampak bahwa besarnya kecelakaan tidak naik atau turun seiring dengan naik turun volume lalu lintas.



Gambar 4. Distribusi kecelakaan per jam per tahun

Pengembangan Model Frekuensi Kecelakaan

Pada bagian ini dicoba untuk mengklarifikasi dan memperbaiki pemahaman hubungan antara ukuran kecelakaan dan arus lalu lintas per jam, yang merupakan persoalan yang lebih fundamental dibandingkan hubungan kecelakaan-LHR. Untuk mengetahui bentuk fungsional yang tepat untuk memodelkan hubungan matematis antara frekuensi kecelakaan dan volume lalu lintas per jam, dibuat *scatterplot* kedua variabel tersebut yang hasilnya disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan *scatterplot* pada Gambar 5 tersebut hubungan antara frekuensi kecelakaan dan volume lalu lintas per jam dapat dimodelkan dengan menggunakan fungsi eksponensial, dengan bentuk umum sebagai berikut:

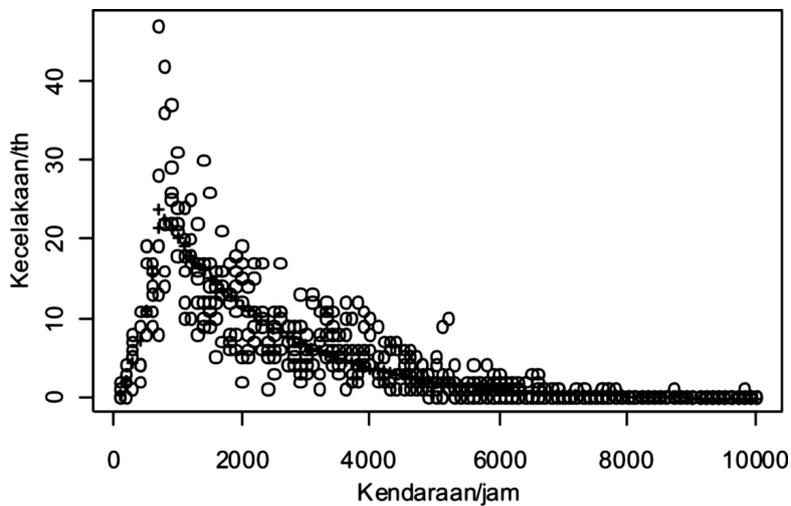
$$K_f = \beta_0 + \beta_1 \exp^{q_{jam} / \theta} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

K_f = Frekuensi kecelakaan/th

β_0, β_1, θ = parameter yang harus ditaksir

q_{jam} = volume lalu lintas per jam



Gambar 5. Diagram pencar hubungan antara frekuensi kecelakaan total dengan volume lalu lintas per jam (°), dan nilai prediksi model frekuensi kecelakaan total (+)

Pengamatan lebih lanjut terhadap Gambar 5 menunjukkan bahwa frekuensi kecelakaan meningkat secara eksponensial seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas sampai pada nilai volume lalu lintas sekitar 700 kendaraan/jam, dan selanjutnya turun dengan semakin besarnya volume lalu lintas lebih lanjut. Oleh karena itu, taksiran besarnya frekuensi kecelakaan berdasarkan besarnya volume lalu lintas per jam secara matematis dimodelkan dengan *step function* dengan bentuk fungsi eksponensial secara terpisah, masing-masing untuk nilai $q_{jam} < 700$ kendaraan/ jam dan $q_{jam} \geq$

700 kendaraan/jam. Model matematis hubungan frekuensi kecelakaan total – volume lalu lintas per jam dapat diformulasikan sebagai berikut:

Untuk $q_{jam} < 700$ kendaraan/ jam:

$$K_f = -5.8101 + 5.0585 \cdot \exp(q_{jam} / 413.8254)$$

Untuk $q_{jam} \geq 700$ kendaraan/jam:

$$K_f = -0.1916 + 35.2603 \cdot \exp(-q_{jam} / 1844.9578)$$

Gambar 5 juga menyajikan estimasi model yang di-plot pada *scatterplot* hasil pengamatan. Gambar 5 mengindikasikan estimasi model yang dengan baik merepresentasikan fenomena hubungan

frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam.

Dalam penelitian ini selain dikembangkan model prediksi frekuensi kecelakaan total, juga dikembangkan model terpisah untuk kecelakaan tunggal dan kecelakaan jamak. Sama seperti yang dilakukan untuk kecelakaan total, pembuatan *scatterplot* hubungan frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam juga dilakukan untuk kecelakaan tunggal. Diagram pencar mengindikasikan pola hubungan frekuensi kecelakaan tunggal dengan volume lalu lintas per jam yang serupa dengan yang terjadi pada kecelakaan total. Oleh karena itu, sama seperti pada kasus kecelakaan total, fungsi eksponensial juga digunakan untuk memodelkan pola hubungan frekuensi kecelakaan tunggal dengan volume lalu lintas per jam. Model matematis hubungan frekuensi kecelakaan tunggal – volume lalu lintas per jam dapat diformulasikan sebagai berikut:

Untuk $q_{jam} < 700$ kendaraan/ jam:

$$K_f = -0.2872 + 1.5079 \cdot \exp(q_{jam} / 243.7692)$$

Untuk $q_{jam} \geq 700$ kendaraan/jam:

$$K_f = 0.2529 + 51.2903 \cdot \exp(-q_{jam} / 1331.9459)$$

Sama seperti pada kasus kecelakaan total dan kecelakaan tunggal, pola hubungan kecelakaan jamak dengan volume lalu lintas per jam juga mengindikasikan bentuk fungsi eksponensial. Sedangkan model matematis hubungan frekuensi kecelakaan jamak – volume lalu lintas per jam dapat diformulasikan sebagai berikut:

Untuk $q_{jam} < 700$ kendaraan/ jam:

$$K_f = -2.8266 + 2.2258 \cdot \exp(q_{jam} / 281.4831)$$

Untuk $q_{jam} \geq 700$ kendaraan/jam:

$$K_f = -1.4738 + 25.2557 \cdot \exp(-q_{jam} / 2930.4531)$$

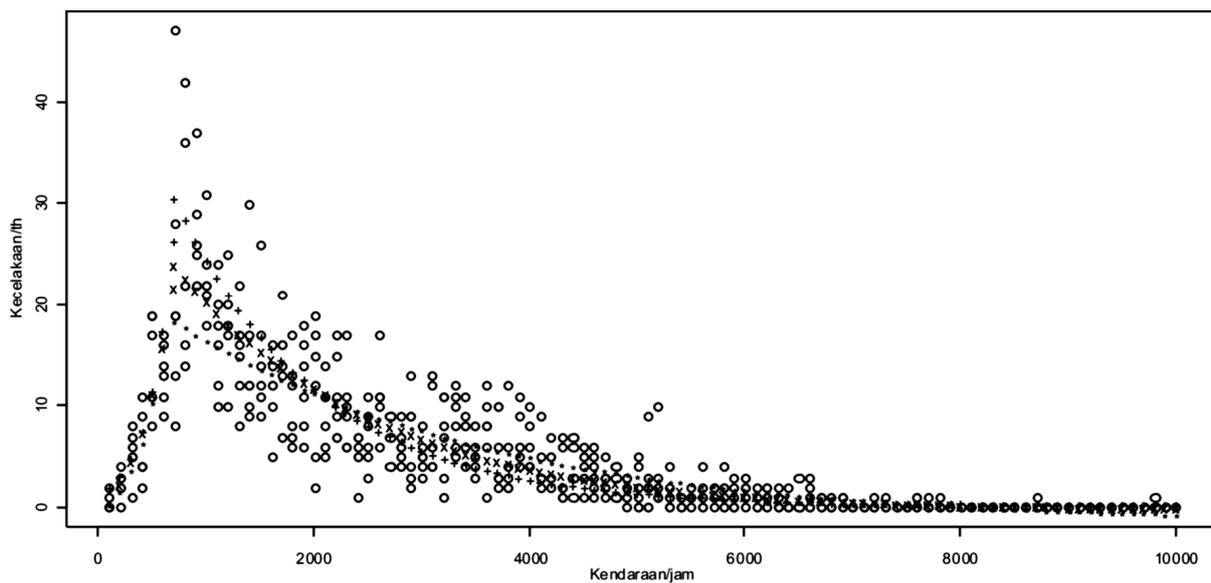
PEMBAHASAN

Sejumlah penelitian terdahulu mengidentifikasi sejumlah aspek geometri jalan sebagai faktor dominan penyebab kecelakaan pada lokasi tertentu. Selanjutnya, ada usaha yang dilakukan untuk menginterpretasikan frekuensi dan jumlah kecelakaan dengan menggunakan nilai LHR sebagai informasi tambahan geometri jalan. Meskipun demikian, jika pertimbangan geometri dihilangkan, LHR saja tidak dapat digunakan untuk menjelaskan interaksi keseluruhan antara karakteristik arus lalu lintas dan kecelakaan. Untuk maksud ini, kita harus menggunakan arus lalu lintas yang sebenarnya yang diamati pada saat terjadi kecelakaan. Selain itu, tingkat resiko yang berkaitan dengan arus lalu lintas hanya dapat ditentukan berdasarkan interval waktu yang lebih pendek dibandingkan periode harian.

Rangkuman model matematis prediksi kecelakaan dengan menggunakan hubungan antara besarnya frekuensi kecelakaan total, tunggal, dan jamak dengan volume lalu lintas per jam disajikan dalam Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa hubungan antara frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam mempunyai bentuk eksponensial. Untuk rentang nilai volume lalu lintas dibawah 700 kendaraan/jam hubungan antara frekuensi kecelakaan dan volume lalu lintas berupa fungsi eksponensial positif, sedangkan untuk rentang nilai volume lalu lintas diatas 700 kendaraan/jam hubungannya dapat direpresentasikan dalam bentuk fungsi eksponensial negatif. Secara lebih jelas hal ini bisa dilihat pada Gambar 6.

Tabel 2. Rangkuman model prediksi frekuensi kecelakaan total, tunggal, dan jamak berdasarkan volume lalu lintas per jam.

Tipe Kecelakaan		Model
Total	$q_{jam} < 700$ kend/jam	$K_{ftot} = -5.8101 + 5.0585 \cdot \exp(q_{jam}/413.8254)$
	$q_{jam} \geq 700$ kend/jam	$K_{ftot} = -0.1916 + 35.2603 \cdot \exp(-q_{jam}/1844.9578)$
Tunggal	$q_{jam} < 700$ kend/jam	$K_{ft} = -0.2872 + 1.5079 \cdot \exp(q_{jam}/243.7692)$
	$q_{jam} \geq 700$ kend/jam	$K_{ft} = 0.2529 + 51.2903 \cdot \exp(-q_{jam}/1331.9459)$
Jamak	$q_{jam} < 700$ kend/jam	$K_{fj} = -2.8266 + 2.2258 \cdot \exp(q_{jam}/281.4831)$
	$q_{jam} \geq 700$ kend/jam	$K_{fj} = -1.4738 + 25.2557 \cdot \exp(-q_{jam}/2930.4531)$



Gambar 6. Perbandingan estimasi model prediksi untuk frekuensi kecelakaan total (x), kecelakaan tunggal (+), dan kecelakaan jamak (*) terhadap volume lalu lintas per jam.

Gambar 6 menyajikan kurva nilai prediksi model tersebut di atas yang di-plot pada diagram pencar hubungan antara frekuensi kecelakaan dan volume lalu lintas. Gambar 6 juga mengungkapkan bahwa nilai prediksi untuk frekuensi kecelakaan total berada diantara nilai prediksi frekuensi kecelakaan tunggal dan jamak. Oleh karena itu, dalam aplikasi, untuk memprediksi frekuensi kecelakaan total dilakukan dengan menghitung nilai prediksi untuk frekuensi kecelakaan tunggal dan kecelakaan jamak secara terpisah, dan menjumlahkannya untuk mendapatkan prediksi frekuensi kecelakaan total. Selain itu dari

Gambar 6 juga dapat dilihat bahwa, pada volume lalu lintas rendah frekuensi kecelakaan tunggal cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kecelakaan jamak. Sebaliknya, pada volume lalu lintas tinggi frekuensi kecelakaan jamak cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kecelakaan tunggal.

KESIMPULAN

Analisis secara mikroskopik dengan menggunakan volume lalu lintas per jam sebagai variabel bebas menunjukkan bahwa hubungan antara besarnya frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam berbentuk

eksponensial. Sampai dengan nilai volume lalu lintas 700 kendaraan/jam hubungan frekuensi kecelakaan dengan volume lalu lintas per jam dapat dinyatakan dengan fungsi eksponensial positif, sedangkan di atas nilai volume lalu lintas 700 kendaraan/jam hubungannya dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi eksponensial negatif. Hal ini berlaku baik untuk kecelakaan total, tunggal, maupun jamak.

Kecelakaan total merupakan gabungan dari kecelakaan tunggal dan kecelakaan jamak. Dalam aplikasi model prediksi kecelakaan, kecelakaan tunggal dan jamak diprediksi secara terpisah, selanjutnya hasilnya dijumlahkan untuk mendapatkan nilai prediksi kecelakaan total.

Hasil penelitian ini berlaku untuk ruas jalan tol Jakarta – Cikampek dengan rentang nilai LHR dan geometri jalan seperti dalam kondisi pada saat penelitian dilakukan. Oleh karena itu penerapannya pada ruas jalan yang lain atau di luar rentang nilai LHR seperti dalam penelitian ini memerlukan pertimbangan-pertimbangan lain.

SARAN

Dalam penelitian ini analisis dilakukan secara *cross-section* melibatkan 26 ruas jalan tol dengan kondisi geometri yang berbeda. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan mengintegrasikan faktor geometri dan lalu lintas yang lain dalam upaya mengembangkan model prediksi kecelakaan yang lebih baik. Faktor geometri dimaksud misalnya adalah jumlah lajur, lebar lajur, lebar bahu, tipe median, lebar median, serta alinyemen jalan. Sedangkan faktor lalu lintas yang dimaksud misalnya adalah komposisi kendaraan agar diperoleh satuan volume lalu lintas yang lebih representatif.

Penelitian lanjutan juga perlu dilakukan dalam upaya mengembangkan bentuk model matematik yang lebih representatif, yang dapat mencerminkan fenomena dan sifat kecelakaan dengan lebih baik. Model matematik yang dimaksud misalnya adalah model yang bersifat probabilistik atau stokastik, serta dengan mengeksplorasi bentuk distribusional yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Berhanu, G., 2004. Models Relating Traffic Safety with road Environment and Traffic Flows on Arterial Roads in Addis Ababa. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, pp. 697-704.
- Caliendo, D., Guida, M., Parisi, A., 2007. A Crash-Prediction Model For Multilane Roads. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, pp. 657-670.
- Ceder, A. & Livneh, M., 1978. Further Evaluation of the Relationship Between Road Accident and Average Daily Traffic. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 10, pp. 95-109.
- Haryadi, B., Riyanto, B., Narendra, A., 2008a. Model Makroskopis Hubungan Antara Jumlah Kecelakaan Dengan Lalu lintas harian Rata-rata (LHR): Kasus Jalan Tol Jakarta-Cikampek. *Prosiding Simposium XI FSTPT, Universitas Diponegoro, Semarang 29-30 Oktober 2008*.
- Haryadi, B., Riyanto, B., Narendra, A., 2008b. *Model Matematis Untuk Prediksi Kecelakaan di Ruas Jalan Tol Bebas Hambatan*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Universitas Negeri Semarang.
- Jovanis, P.P. & Chang, H-L., 1986. Modelling the Relationship of Accident to Miles Traveled. *Transportation Research Record 1068*, pp. 42-51.
- Maher, M.J. & Summersgill, I., 1995. A Comprehensive Methodology for the Fitting of Predictive Accident Models. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 28, No. 3, pp. 281-296.
- Persaud, B. & Dzbik, L., 1993. Accident Prediction Models for Freeway. *Transportation Research Record 1401*, pp. 55-60.

Turner, D.J. & Thomas, R., 1986. Motorway Accidents: an Examination of Total, Rates and Severity and Their Relationship with

Traffic Flow. *Traffic Engineering and Control*, July/August 1986, pp. 377-387.