

**ANALISA BI-VARIAT PENGARUH PANJANG RUAS JALAN DAN
VOLUME KENDARAAN (LHR) TERHADAP TINGKAT KECELAKAAN
DI JALAN TOL SURABAYA – GEMPOL DAN JALAN TOL SURABAYA – GRESIK**

Nur Setiaji Pamungkas

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang

Abstract

Safety aspects to be important in the development of the transportation system. Different events occur on the road pushing the chances of conflict against the friction (friction). Addition of a vehicle rapidly and do not offset the availability of road infrastructure system for road transport has yet to provide an adequate service. The accident became one of the result of conditions that cannot be controlled. This research aims to know the influence of the length of the roads and the volume of the vehicle against the level of accident in Surabaya-Gresik toll road and the Surabaya-Gempol toll road. Used analysis of bi-variati (analysis of the relationship of two variables) with the help of the microsoft excel program to know the pattern of influence traffic volume and a long road towards the level of accidents on the freeway. The results of the analysis using excel shows that in general the pattern of the relationship between the level of accidents with the length and volume of road vehicle has a pattern like the letter U, but to the relationship between the level of accidents and the volume of vehicles in Surabaya-Gresik toll road that shows the pattern like the letter U upside down. Linear regression analysis of the results shows that a linear regression model is inappropriate to predict the relationship between level of accident-free variabel with volume of vehicles and long road in the Surabaya-Gempol toll road and toll roads in Surabaya-Gresik.

Keywords: *long road, highway, multiple linear regression, traffic volume, the rate of accidents*

PENDAHULUAN

Indonesia dengan jumlah penduduk lebih dari 214,6 juta jiwa dan pertumbuhan rata-rata pertahun sebesar 1,6. Produk Domestik Bruto (PDB/*Gross Domestic Product*/GDP) juga meningkat sekitar 5% setiap tahun serta pertumbuhan kendaraan rata-rata meningkat 11% setiap tahunnya (sepeda motor 73%), hal ini berdampak terhadap tingginya jumlah kecelakaan lalulintas di Indonesia. (Kusumahati, 2008). Kondisi ini akan tetap memburuk dengan tetap tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan dan peningkatan jumlah penduduk yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan jaringan jalan jika tidak diimbangi dengan perbaikan di bidang manajemen keselamatan lalu lintas baik menyangkut prasarana, kendaraan dan sumber daya manusia.

Aspek keselamatan menjadi penting dalam pengembangan sistem transportasi. Berbagai aktivitas terjadi di jalan mendorong peluang adanya konflik terhadap pergesekan (*friction*). Penambahan kendaraan yang pesat dan tidak

diimbangi ketersediaan prasarana jalan menyebabkan sistem transportasi jalan belum memberikan pelayanan yang memadai. Kecelakaan menjadi salah satu akibat dari kondisi-kondisi yang tidak dapat dikendalikan.

Konsep tol adalah jawaban terhadap tingginya kebutuhan pengembangan jaringan jalan dalam kondisi anggaran pemerintah yang terbatas. Jalan tol telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kegiatan ekonomi maupun kehidupan masyarakat modern sehari-hari. Data dari PT Jasa Marga menyebutkan hingga akhir tahun 2008, Indonesia memiliki 18 ruas jalan tol yang sudah beroperasi sepanjang 630 km. Jumlah dan panjang jalan tol ini sangat minim bila dibandingkan dengan kebutuhan jaringan jalan yang tersedia. Setiap hari, lebih dari 2,4 juta kendaraan melewati gerbang tol di 13 ruas jalan tol Jasa Marga. Berdasarkan data kecelakaan dari Jasa Marga, pada tahun 2004 secara nasional terjadi sebanyak 2679 kecelakaan dengan 205 korban jiwa di jalan tol. Sedangkan pada tahun 2005 tercatat sebanyak 2573 kejadian kecelakaan

dengan korban meninggal dunia sebanyak 132 jiwa. Walaupun terdapat penurunan baik dari segi jumlah kecelakaan maupun jumlah korban jiwa, tetapi data tersebut masih menunjukkan angka kejadian kecelakaan dan korban jiwa yang cukup tinggi pada jalan bebas hambatan.

Jalan tol Surabaya – Gempol dengan panjang 43 km merupakan jalan tol yang menghubungkan kota Surabaya di sebelah utara dengan Gempol di sebelah selatan dan menjadi akses utama jalur Surabaya – Malang dan Surabaya – Pasuruan, yang merupakan salah satu daerah industri utama di Jawa Timur. Jalan tol Surabaya – Gempol terdiri atas 7 simpang susun, 27 jembatan perlintasan kendaraan dan 2 jembatan penyeberangan orang. Jalan tol ini sebagian menggunakan sistem transaksi terbuka (6 gerbang tol), yang lainnya menggunakan sistem transaksi tertutup (4 gerbang tol) serta dikelola oleh PT Jasa Marga (Persero) Cabang Surabaya. (*Annual Report 2008*, PT Jasa Marga).

Sedangkan jalan tol Surabaya – Gresik merupakan jalan tol sepanjang 20,732 km yang menghubungkan Manyar – Gresik – Surabaya dan dikelola oleh perusahaan swasta yaitu P.T. Margabumi Matraraya. Jalan tol ini terdiri dari 2 gerbang tol menggunakan sistem transaksi terbuka dan 5 gerbang tol menggunakan sistem transaksi tertutup.

Sebagian besar penelitian keselamatan di jalan raya telah difokuskan pada berbagai faktor yang mempengaruhi keselamatan jalan raya. Faktor-faktor tersebut dikategorikan sebagai karakteristik lalu lintas, kondisi geometrik jalan, kondisi permukaan jalan raya, cuaca dan faktor manusia. Dari hubungan faktor yang disebutkan di atas, beberapa peneliti telah mengembangkan hubungan keselamatan jalan raya dengan frekuensi kecelakaan dan tingkat kecelakaan, tingkat kematian dan cedera dan elemen jalan raya, karakteristik lalu lintas, dan kondisi permukaan jalan. Banyak dari studi ini mempelajari hubungan tingkat kecelakaan atau frekuensi kecelakaan dengan jumlah jalur, lebar jalur, pemasangan median, lebar median, jenis median, lebar bahu, AADT (*average annual daily traffic*), aksesibilitas, jumlah persimpangan

bersinyal per ruas jalan, batas kecepatan, lengkung vertikal, lengkung horisontal, panjang ruas jalan raya, dan kondisi cuaca. Hubungan antara keselamatan di jalan raya dan faktor-faktor yang disebutkan di atas merupakan fokus utama dalam upaya mengeliminir kecelakaan dan dalam memprediksi keselamatan di jalan raya.

Beberapa studi telah berusaha untuk menentukan variasi tingkat kecelakaan berkaitan dengan volume lalu lintas jam-an dan kemacetan lalu lintas. Kemacetan lalu lintas terjadi ketika jumlah kendaraan yang melebihi kapasitas suatu jalan raya. Dalam beberapa literatur, efek dari volume dikaitkan dengan aspek lain dari lalu lintas seperti kecepatan, kepadatan, dan arus lalu lintas. Literatur menunjukkan bahwa volume lalu lintas mempunyai korelasi yang positif dengan kejadian kecelakaan lalu lintas. Pada saat jumlah kendaraan di jalan raya meningkat, potensi konflik dalam arus lalu lintas juga meningkat. Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung mengukur pengaruh volume pada kecelakaan ganda dan kecelakaan fatal.

Qin *et al* (2004) menemukan bahwa untuk kecelakaan tunggal, tingkat kecelakaan marjinal adalah tinggi pada volume lalu lintas rendah dan bernilai rendah pada volume lalu lintas tinggi, mungkin karena kecelakaan lebih cenderung melibatkan beberapa kendaraan saat volume lalu lintas tinggi. Zeeger *et al* (1994) menemukan bahwa kecelakaan jalan raya saat volume lalu lintas rendah terutama dipengaruhi oleh lebar jalan, sisi jalan yang berbahaya, kondisi wilayah, dan panjang perjalanan. Martin (2002) menemukan bahwa nilai insiden kecelakaan yang mengakibatkan kerugian material (*Property Damage Only/ PDO*) dan kecelakaan dengan korban tidak meninggal dunia di Perancis yang tertinggi adalah pada saat lalu lintas ringan (kurang dari 400 kend/jam) dan terendah ketika arus lalu lintas antara 1000 sampai 1500 kend/jam.

Hadi *et al* (1995) mengemukakan bahwa nilai LHRT tertinggi berhubungan dengan frekuensi kecelakaan yang lebih tinggi pada semua tipe jalan raya. Garber (2000) menyebutkan bahwa ada peningkatan nilai kecelakaan ketika arus lalu lintas per jalur meningkat. Mouskos *et al* (1999)

menemukan bahwa jika LHRT meningkat maka angka kecelakaan juga meningkat. Milton dan Mannering (1998) mengemukakan bahwa koefisien positif LHRT dalam model mengindikasikan bahwa jika jumlah kendaraan yang melintas meningkat maka jumlah kecelakaan juga meningkat. Ia menjelaskan bahwa karena jumlah kendaraan meningkat maka paparan potensi kecelakaan dan jumlah konflik juga meningkat. Temuan yang sama tentang efek LHRT terhadap tingkat kecelakaan juga dikemukakan oleh Aruldas (1998), Sawalha (2003), dan Poch dan Mannering (1996).

Gwyn (1967) meneliti untuk jalan 4 lajur menyebutkan bahwa hubungan antara volume lalu lintas terhadap tingkat kecelakaan sepanjang 5,9 km di jalan raya New Jersey dari tahun 1959 sampai 1963, menunjukkan bahwa kecelakaan tertinggi terjadi ketika volume lalu lintas rendah dan pada sisi lain menampilkan bentuk kurva-U (non linier) antara hubungan volume dan tingkat kecelakaan.

Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Cerder dan Livenh (1982), menunjukkan bentuk yang tidak berbeda (bentuk kurva-U) antara hubungan kecelakaan dengan volume lalu lintas perjam.

Hall dan Pendelton (1989) dalam laporannya menyimpulkan bahwa kecelakaan akan berkurang ketika semakin meningkatnya volume lalu lintas. Dalam satu kajian Hiselius (2004) memperkirakan hubungan antara frekuensi kecelakaan dan arus lalu lintas dengan melakukan pendekatan membagi arus lalu lintas per jam menjadi dua cara : pertama terdiri dari kendaraan yang homogen dan yang kedua terdiri dari mobil dan truk. Ia melakukan penelitian pada jalan pedesaan di Swedia menggunakan model regresi Poisson dan *Negative Binomial*. Ia mengemukakan bahwa akan kehilangan informasi penting jika tidak ada pertimbangan yang diambil untuk membedakan jenis kendaraan ketika memperkirakan efek marjinal dari arus lalu lintas. Miaou (1993) melakukan evaluasi kinerja regresi model Poisson dan *Negative Binomial* (NB) dalam membangun hubungan antara kecelakaan truk dan desain geometrik jalan. Milton dan

Mannering (1998) menggunakan persentase dari satu unit truk dan persentase truk sebagai variabel dalam model prediksi kecelakaan.

Tingkat Kecelakaan

PT. Jasa Marga (Persero) sebagai pengelola jalan bebas hambatan menggunakan tolok ukur keselamatan yaitu tingkat kecelakaan (TK), dengan definisi sebagai berikut :

$$TK = \frac{JK \times 100 \text{ juta kendaraan}}{LHR \times L \times \text{jumlah hari}}$$

di mana :

- TK = tingkat kecelakaan
- JK = jumlah kecelakaan
- LHR = lalu lintas harian rata-rata
- L = panjang ruas jalan

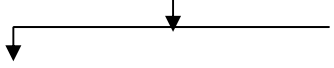
METODE PENELITIAN

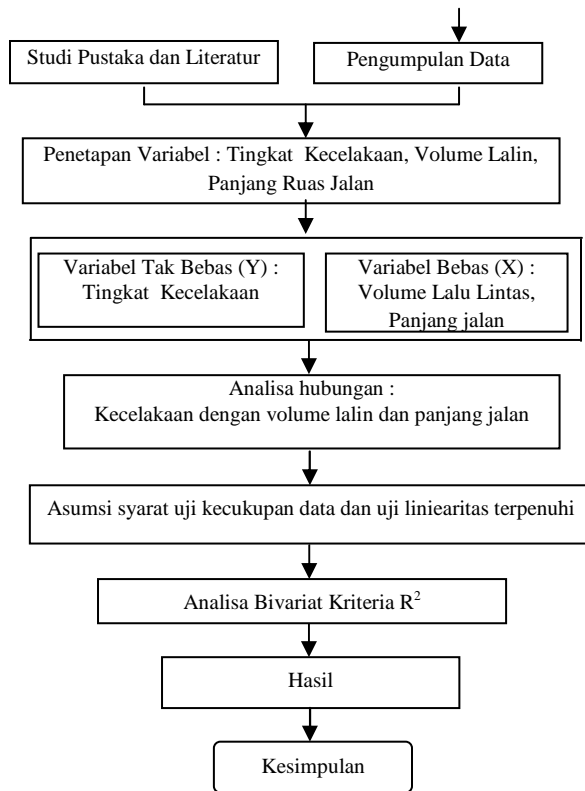
Pemodelan matematis adalah teknik untuk membuat metode kuantifiabel untuk memprediksi terjadinya kejadian tertentu. Model prediksi kecelakaan adalah persamaan yang menyatakan tingkat kecelakaan sebagai fungsi dari arus lalu lintas dan karakteristik jalan yang lain.

Dalam penelitian ini hubungan antara kecelakaan lalu lintas dengan faktor penyebabnya (volume lalu lintas dan panjang ruas jalan) akan dikaji secara sederhana menggunakan program microsoft excel.

Untuk tahapan metode analisa, akan dilakukan kajian koefisien determinasi (R^2), di mana koefisien determinasi (R^2) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Nilai R^2 yang kecil berarti kemampuan variabel-variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen amat terbatas. Nilai R^2 yang mendekati satu berarti variabel-variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel dependen.

Mulai





Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisa berdasarkan data yang diperoleh dari pengelola Jalan Tol Surabaya-Gempol dan Jalan Tol Surabaya-Gresik didapat hasil-hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hubungan Tingkat Kecelakaan Dan LHRT Ruas Tol Surabaya-Gempol

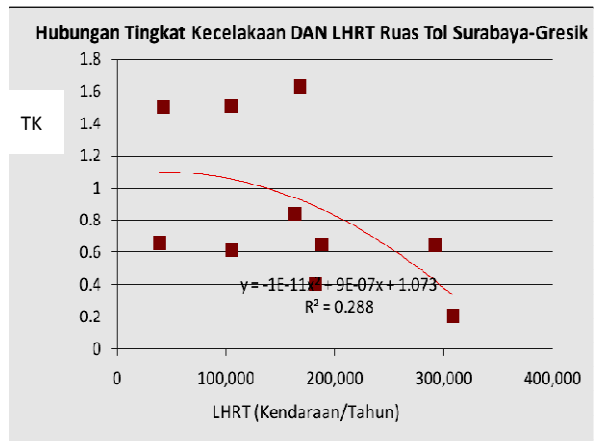
NO	RUAS/SEGMENT	Panjang	JML	JML	TINGKAT	LHRT
		(KM)	KEC	TH		
JALAN TOL 2 LAJUR						
1	PERAK - DUPAK	3	4	3.4	0.602449472	178,339
2	WARU - SIDOARJO	11	35	3.4	0.9113387	281,335
3	SIDOARJO - PORONG	9	23	3.4	1.104492583	186,445
4	PORONG - SIDOARJO	9	19	3.4	0.819497298	207,583
5	SIDOARJO - WARU	11	30	3.4	1.227766808	178,995
6	DUPAK - PERAK	3	8	3.4	1.418661971	151,467
JALAN TOL 3 LAJUR						
7	DUPAK - BANYU URIP	2	3	3.4	0.297186644	406,715
8	BANYU URIP - KOTA SATELIT	4	9	3.4	0.439264149	412,748
9	KOTA SATELIT - GN. SARI	3	14	3.4	0.8019963	468,881
10	GN. SARI - WARU	5	29	3.4	1.053176618	443,767
11	WARU - GN. SARI	5	32	3.4	2.129092876	242,222
12	GN. SARI - KOTA SATELIT	3	16	3.4	1.516971096	283,302
13	KOTA SATELIT - BANYU URIP	4	16	3.4	1.198031196	269,042
14	BANYU URIP - DUPAK	2	9	3.4	1.350576186	268,486

Sumber : olah data 2014

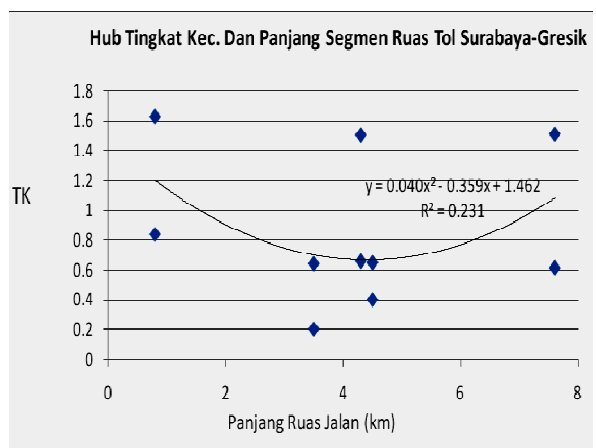
Tabel 2. Hubungan Tingkat Kecelakaan Dan LHRT Ruas Tol Surabaya-Gresik

NO	RUAS/SEGMENT	Panjang	JML	JML	TINGKAT	LHRT
		(KM)	KEC	TH		
JALAN TOL 2 LAJUR						
1	MANYAR - KEBOMAS	3.5	4	5	0.20324	308,117
2	KEBOMAS - ROMOKALISARI	0.8	4	5	1.63124	167,954
3	ROMOKALISARI-TANDES BARAT	4.5	10	5	0.650120	187,297
4	TANDES BARAT-TANDES TIMUR	7.6	9	5	0.616597	105,236
5	TANDES TIMUR - DUPAK	4.3	2	5	0.66024	38,601
6	DUPAK-TANDES TIMUR	4.3	5	5	1.508001	42,251
7	TANDES TIMUR-TANDES BARAT	7.6	22	5	1.513682	104,788
8	TANDES BARAT- ROMOKALISARI	4.5	6	5	0.401460	181,984
9	ROMOKALISARI- KEBOMAS	0.8	2	5	0.840469	162,988
10	KEBOMAS - MANYAR	3.5	12	5	0.643585	291,907

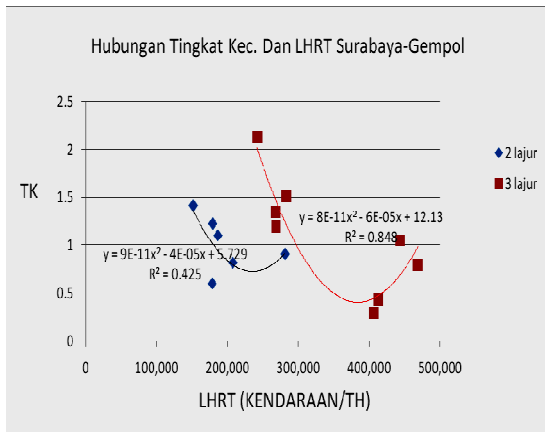
Sumber : olah data 2014



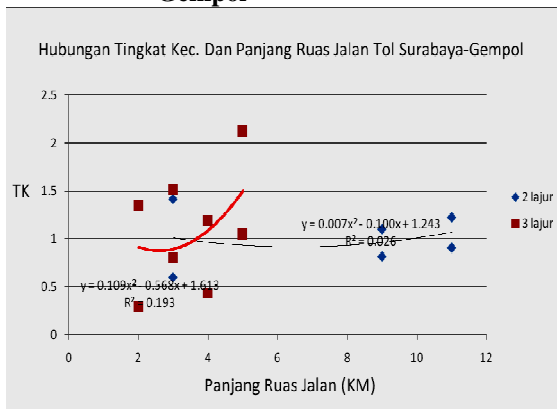
Gambar 2. Grafik Hubungan Tingkat Kecelakaan (TK) dan Volume (LHRT) di Ruas Tol Surabaya-Gresik



Gambar 3. Grafik Hubungan Tingkat Kecelakaan (TK) dan Panjang Segmen di Ruas Tol Surabaya-Gresik



Gambar 4. Grafik Hubungan Tingkat Kecelakaan (TK) dan Volume (LHRT) di Ruas Tol Surabaya-Gempol



Gambar 5. Grafik Hubungan Tingkat Kecelakaan (TK) dan Panjang Segmen di Ruas Tol Surabaya-Gempol

Analisa Hasil

Analisa Bi-variati

Dari grafik hubungan antara tingkat kecelakaan dan volume lalu lintas (LHRT) maupun hubungan antara tingkat kecelakaan dan panjang segmen di ruas jalan tol Surabaya-Gresik dan jalan tol Surabaya-Gempol dapat diketahui hal-hal sebagai berikut :

Jalan Tol Surabaya-Gresik

Hubungan antara tingkat kecelakaan dan volume lalu lintas di ruas tol Surabaya-Gresik (gambar 2) menunjukkan pola seperti huruf U terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar volume lalu lintas maka semakin meningkat pula tingkat kecelakaan, sampai pada suatu saat ketika volume lalu lintas semakin bertambah besar tetapi tingkat kecelakaan cenderung mengalami penurunan. Hal

ini bisa dijelaskan karena volume lalu lintas yang meningkat (semakin padat) akan membatasi pengguna jalan dalam memacu kendaraannya dalam kecepatan tinggi sehingga resiko kecelakaan menjadi menurun.

Sedangkan hubungan antara tingkat kecelakaan dan panjang segmen di ruas tol Surabaya-Gresik (gambar 3) menunjukkan pola seperti huruf U, di mana semakin panjang segmen jalannya maka tingkat kecelakaan semakin menurun, sampai pada suatu saat ketika ruas jalan bertambah panjang, tingkat kecelakaan cenderung juga mengalami peningkatan. Hal ini karena semakin panjang suatu ruas jalan, apalagi misalnya dalam kondisi lurus cenderung membuat pengendara menjadi lengah dan memacu kendaraannya melebihi batas kecepatan yang diinginkan. Akibatnya resiko kecelakaan juga menjadi besar.

Jalan Tol Surabaya-Gempol

Hubungan antara tingkat kecelakaan dan volume lalu lintas (LHRT) di ruas tol Surabaya-Gempol (gambar 4) untuk ruas 2 lajur maupun ruas 3 lajur menunjukkan pola yang sama yaitu seperti huruf U, di mana semakin besar volume lalu lintas yang melintas maka tingkat kecelakaan semakin menurun, sampai pada suatu saat ketika volume lalu lintas semakin meningkat, tingkat kecelakaan cenderung juga mengalami peningkatan.

Sedangkan hubungan antara tingkat kecelakaan dan panjang segmen di ruas tol Surabaya-Gempol (gambar 5) untuk ruas 2 lajur maupun ruas jalan 3 lajur juga menunjukkan pola yang sama seperti huruf U, di mana semakin panjang segmen jalannya maka tingkat kecelakaan semakin menurun, sampai suatu saat ketika ruas jalan bertambah panjang, tingkat kecelakaan cenderung juga mengalami peningkatan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis menggunakan excel menunjukkan bahwa secara umum pola hubungan antara tingkat kecelakaan dengan panjang jalan dan volume kendaraan mempunyai pola seperti huruf U, di mana semakin panjang segmen jalannya dan semakin besar volume kendaraan maka tingkat kecelakaan semakin menurun, sampai pada suatu

saat ketika ruas jalan bertambah panjang ataupun volume kendaraan meningkat, tingkat kecelakaan cenderung juga mengalami peningkatan. Adapun pola hubungan antara tingkat kecelakaan dan volume kendaraan di ruas jalan tol Surabaya-Gresik yang menunjukkan pola seperti huruf U terbalik, di mana semakin besar volume lalu lintas maka semakin meningkat pula tingkat kecelakaan, sampai pada suatu saat ketika volume lalu lintas semakin bertambah besar tetapi tingkat kecelakaan cenderung mengalami penurunan.

Saran

Perlu dilakukan analisa multivariat dengan menambahkan beberapa variabel bebas berupa struktur geometrik jalan tol seperti bentuk tikungan (alinement horizontal), lebar dan jumlah lajur, median, dan sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tersusunnya penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ketua UP2M Polines yang telah membiayai penelitian ini
2. Bapak Effendi dari PT Jasa Marga (Persero) beserta jajarannya selaku pengelola jalan tol Surabaya-Gempol serta bapak Antonius Darussalam beserta jajarannya selaku pengelola jalan tol Surabaya-Gresik atas bantuannya meminjamkan data-data jalan tol.

DAFTAR PUSTAKA

(_____). 2008. *Laporan Tahunan 2008 / 2008 Annual Report*, P.T. Jasa Marga (Persero) Tbk, Jakarta.

Aruldhas, J., 1998. Examination of Statistical Relationships Between Highway Crashes and Highway Geometric and Operational Characteristics of Two-Lane urban Highways, PhD thesis, University of Florida

Ceder A and Livenh M. 1982. *Relationships Between Road Accidents and Hourly Traffic Flow II*, Accident Analysis & Prevention Vol. 14, pp. 35-44

Chang,J., Oh. C., and Chang M. 1999. *Effects of Traffic Condition (v/c) on Safety at Freeway Facility Sections*, Journal of Korean Society of Transportation vol. 17, pp.21-27

Damodar N. Gujarati. 2003. *Basic Econometrics*, Mc.graw Hill, New York, 4th edition;

Chimba, D., 2004. Evaluation of Geometric And Traffic Characteristics Affecting The Safety of Six-Lane Divided Roadways, College of Engineering, The Florida State University

Garber, N. J. and A.A.Ehrtart, 2000. The Effect of Speed, Flow, and Geometric Characteristics on Crash Rates for Different Types of Virginia Highways. Final Report, Virginia Transportation Research Council, VTRC 00-R15.

Gwynn, D.W. 1967. Relationships of Accident Rates and Accident Involvements with Hourly Volume, Traffic Quarterly vol. 21, pp. 407-418

Hadi, M.A., Aruldhas. J., Chow. L. F., And Wattleworth, J. A.1995. "Estimating Safety Effects Of Cross-Section Design For Various Highway Types Using Negative Binomial Regression". Transportation Research Center, University Of Florida

Hall, J.W., and O.J. Pendleton. 1989. *Relationship Between V/C Ratio and Accident Rates*, Report FWHA-HPR-NM-88-02.FWHA, U.S.DOT

Hiselius, L. Wt.2004. Estimating The Relationship Between Accident Frequency And Homogeneous And Inhomogeneous Traffic Flows. Accident Analysis and Prevention Article in Press

Kusumahati, D. 2008. Hubungan Kecelakaan Dengan Variabel-Variabel Jalan Dan Lingkungan Pada Jalan Bebas Hambatan, Simposium XI FSTPT Universitas Diponegoro, Semarang

Martin, J.L. 2002. Relationship Between Crash Rate and Hourly Traffic Flow on Interurban Motorways, Accident Analysis and Prevention vol 34, pp. 619-629

- Miaou, S.-P. 1994. The Relationship Between Truck Accidents and Geometric Design of Road Sections : Poisson versus Negative Binomial Regressions, Accident Analysis and Prevention, vol 26, pp. 471-482
- Milton, John C, and Fred.L.Mannering. 1998. The Relationship Among Highway Geometrics, Traffic-Related Elements and Motor Vehicle Accident Frequencies, Transportation vol. 25, pp. 395-413
- Mouskos, K.C., Sun, W., and Qu.T. 1999. *Impact of Acces Driveways on Accident Rates At Multilane Highways*, National Center for Transportation and Industrial Productivity, New Jersey Institute of Technology
- Poch, M and Fred L. Mannering. 1996. *Negative Binomial Analysis of Intersection – Accident Frequencies*, Journal of Transportation Engineering vol. 122, pp. 105-113
- Qin, X., John, N., Ivan and Ravishanker. 2004. *Selecting Exposure Measures in Crash Rate Prediction for Two-Lane Highway Segments*. Accident Analysis and Prevention 36, pp.183-191
- Sawalha, Z. 2003. *Statistical Issues in Traffic Accident Modelling*, in Proceeding of The 82th Annual Meeting of The Transportation Research Board, Washington D.C.
- Wright, P.H. and N.J. Ashford. 1989. *Transportation Engineering. 3rd ed*, John Wiley & Sons, New York
- Zegeer, C.V., Stewart, R. and Council, F. 1994. NCHRP Report 362: Roadway Width For Low-Traffic-Volume Roads. National Academy Press, Washington, DC.