

PENGARUH TUNDAAN DAN ANTRIAN PANJANG KENDARAAN TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK AKIBAT PENUTUPAN PINTU PERLINTASAN KERETA API (STUDI KASUS PADA PERLINTASAN KERETA API PURWOSARI)

M. Zaenal Muttaqin¹⁾, Agus Sumarsono²⁾, Dewi Handayani³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)}Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp: 0271647069.

Email : zaepuk@gmail.com

Abstract

Long delays and long queues of vehicles is evident when the closing of railroad crossings in Surakarta, such as at railroad crossings in Railroad Purwosari on SlametRiyadi Street, Surakarta, so this causing the time required to cross the street is getting longer. Fuel is one of natural resources which is very limited, so the availability of fuel will become scarce along with the increasing of energy demand, especially in transportation. The increase of the number of vehicles causes the increasing of fuel consumption for the energy of motor vehicles. Fuel consumption which is wasted on closed of railroad crossing when idle time is greatly affected by delay.

This study aims to analyze the relationship between fuel consumption and the performance of signalized intersections such delay in Surakarta City. Analysis of signalized intersection's performance using MKJI, produces intersection's performance such capacity, degree of saturation, queues length, and delay. Analysis of fuel consumption based on delay time using the formula of LAPI-ITB which has been converted into passenger car units. The relationship of intersection's performance such delay, speed deceleration against fuel consumption using simple linear regression analysis.

Based on the analysis and discussion, linear regression model with independent variable intersection's performance such delay is good enough to predict the value of fuel consumption variable the result is $Y = -12.417 + 0.479 X_1 - 0.062 X_2 + 1.758 X_3$.

Analysis result shows delay has strong effect to fuel consumption on the signalized intersection, it means that the higher value of delay, indicates the greater value of fuel consumption which is wasted there. It's suitable according to early hypothesis that fuel consumption of motorized vehicles in idle condition on signalized intersection was depended by delay.

Keywords: *delay, speed deceleration signalized intersection, intersection's performance, fuel consumption*

Abstrak

Tundaan dan Panjang Antrian kendaraan terlihat jelas pada saat penutupan pintu perlintasan kereta api di Kota Surakarta, seperti perlintasan Kereta api Purwosari di jalan Slamet Riyadi Surakarta menyebabkan waktu yang diperlukan untuk melintasi ruas jalan tersebut semakin lama. BBM merupakan salah satu sumber daya alam yang jumlahnya sangat terbatas, sehingga ketersediaan BBM akan semakin langka seiring meningkatnya kebutuhan energi terutama di bidang transportasi. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan semakin meningkatnya konsumsi BBM untuk energi kendaraan bermotor. Konsumsi BBM yang terbuang di perlintasan sebidang kereta api pada saat kendaraan diam (*idle*) sangat dipengaruhi oleh lama tundaan.

Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh tundaan, kecepatan deselerasi dan panjang antrian terhadap konsumsi bahan bakar akibat penutupan pintu perlintasan kereta api di Kota Surakarta. Analisis tundaan dan panjang antrian didasarkan pada hasil survei pada masing-masing perlintasan. Analisis konsumsi BBM berdasarkan lama tundaan dengan menggunakan persamaan dari LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang. Hubungan penutupan perlintasan berupa tundaan dan panjang antrian dengan konsumsi BBM menggunakan analisis regresi linier sederhana.

Berdasarkan analisis dan pembahasan, model regresi linier dengan variabel bebas berupa tundaan (X_2), kecepatan deselerasi (X_3) dan panjang antrian (X_1) cukup baik dalam memprediksi nilai variabel tidak bebas konsumsi bahan bakar (Y) dengan hasil $Y = -12.417 + 0.479 X_1 - 0.062 X_2 + 1.758 X_3$.

Hasil analisis menunjukkan tundaan memiliki pengaruh besar terhadap konsumsi bahan bakar pada penutupan perlintasan kereta api, artinya semakin tinggi nilai tundaan semakin besar pula konsumsi bahan bakar yang terbuang. Hasil ini sesuai dengan hipotesa awal bahwa konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor pada saat *idle* (diam) di penutupan perlintasan kereta api dipengaruhi oleh lama tundaan.

Kata kunci : tundaan kecepatan deselerasi, panjang antrian, penutupan perlintasan kereta api, konsumsi BBM

PENDAHULUAN

Transportasi diartikan sebagai pengangkutan barang dan manusia dari tempat asal kegiatan transportasi dimulai, ketempat tujuan kegiatan transportasi diakhiri dalam jangkauan jarak tertentu dan jenis angkutan tertentu. Transportasi memegang peranan penting untuk memperlancar pembangunan perekonomian. Seluruh kegiatan pereko-

nomian sangat berkaitan erat dengan kegiatan transportasi. Peningkatan kegiatan transportasi akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kendaraan. Pertambahan jumlah kendaraan tersebut akan membebani ruas jalan, yang berpotensi menimbulkan permasalahan lalu lintas.

Perlindungan sebidang antara jalan rel dengan jalan raya merupakan fenomena yang cukup rumit dibidang transportasi, sebab masing-masing moda tersebut memiliki sistem prasarana yang berbeda serta sarana yang dioperasikan dengan sistem yang berbeda juga. Peranan sistem kontrol pada pertemuan dua jalur prasarana transportasi disebut dengan perlindungan sebidang jalan dengan rel kereta api, saat ini banyak yang telah dioperasikan secara semi otomatis. Permasalahan yang tampak adalah walaupun sistem kontrol tersebut telah dioperasikan dengan benar, tapi bila volume kendaraan pada pendekatan lintasan sedemikian besar maka akan menimbulkan tundaan dan panjang antrian yang cukup berarti. Tundaan dan panjang antrian yang bersifat tetap (periodik) mengakibatkan adanya tambahan waktu pada suatu perjalanan serta pertambahan konsumsi bahan bakar.

Tundaan, panjang antrian, dan konsumsi bahan bakar kendaraan akibat penutupan pintu perlindungan kereta api menarik untuk diteliti, karena tundaan yang cukup tinggi dan antrian yang cukup panjang dapat mengganggu lalu lintas pada ruas jalan di sekitarnya sehingga dapat menimbulkan kemacetan. Letak simpang tiga lengan yang berada sangat dekat dengan perlindungan Slamet Riyadi juga menimbulkan semakin besarnya tundaan dan panjang antrian kendaraan. Hal ini disebabkan antrian kendaraan yang belum sempat berkurang langsung ditambah akibat pembukaan arus lalu lintas dari salah satu lengan pada simpang tersebut secara bergantian. Kondisi tersebut menyebabkan semakin banyaknya panjang antrian yang terjadi dan semakin besar pula tundaan yang dialami pengguna kendaraan sehingga konsumsi bahan bakar akan semakin tidak optimal.

Konsumsi BBM dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, hal ini terjadi akibat semakin meningkatnya pula kegiatan transportasi. Dari data Dirjen Perhubungan Darat disebutkan bahwa pada tahun 2004 konsumsi BBM terbesar di Indonesia terjadi pada sektor Transportasi Darat yaitu mencapai 29,235 ribu kiloliter atau 48 persen dari konsumsi BBM di Indonesia. Hal ini terjadi akibat meningkatnya jumlah kendaraan pribadi yaitu sebesar 17,21 persen per tahun. Jika fenomena peningkatan konsumsi BBM ini terus berlangsung maka tidak mustahil akan terjadi krisis energi di negara Indonesia (Iskandar, 2002).

Konsumsi BBM pada saat kendaraan terganggu di pertemuan sebidang akibat penutupan pintu perlindungan kereta api sangat dipengaruhi oleh lama penutupan pintu perlindungan. Pada penelitian ini mencoba meneliti tentang ***Pengaruh Tundaan dan Panjang Antrian Kendaraan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak Akibat Penutupan Pintu Perlindungan Kereta Api (Studi Kasus Perlindungan Kereta Api Purwosari)***. Studi ini diharapkan mampu memberikan masukan berupa aplikasi model yang sesuai untuk menggambarkan hubungan antara lama penutupan pintu perlindungan kereta api dengan tundaan, panjang antrian, dan konsumsi bahan bakar.

Latar Belakang

Latar belakang dilakukan penelitian ini adalah pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas jalan raya dan juga peningkatan pelayanan transportasi masal mengakibatkan terjadinya permasalahan transportasi salah satunya pada perlindungan sebidang kereta api. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tundaan, antrian panjang kendaraan dan deselerasi terhadap konsumsi bahan bakar minyak .

Studi Pustaka

Penelitian ini mengambil beberapa studi pustaka yang telah dilakukan peneliti terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini, antara lain:

- a. Emiliani Sri (2003) melakukan analisa tentang Hubungan Lama Penutupan Pintu Perlindungan Kereta Api Terhadap Tundaan dan Panjang Antrian Ditinjau Dari Analisis Statistik
- b. Eko Nugroho Julianto (2007) melakukan penelitian dengan hasil bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh ruas jalan Brigjen Katamso yang terletak diantara Simpang Milo dan Simpang Bangkong dari arah timur ke barat maupun dari barat ke timur
- c. Christmas Samodra Hadis (2013) melakukan penelitian mengenai hubungan panjang antrian, lama tundaan (*stopped delay*) dan konsumsi BBM akibat penutupan pintu perlindungan kereta api di Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan HOS Cokroaminoto Kota Surakarta

Survei Pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian ini, penulis melakukan survei pendahuluan di lokasi yang akan diteliti, yaitu di jalan Slamet Riyadi Surakarta tepatnya di pintu perlindungan purwosari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui metode pengambilan data yang tepat untuk pengambilan data pada survey utama dan juga untuk menentukan jumlah sam-

pel yang akan digunakan untuk mencari data pada saat survei utama. Data-data yang diambil dalam survei pendahuluan ini adalah:

- a. Lama penutupan pintu kereta api
- b. Panjang antrean
- c. Lama tundaan
- d. Kecepatan deselerasi

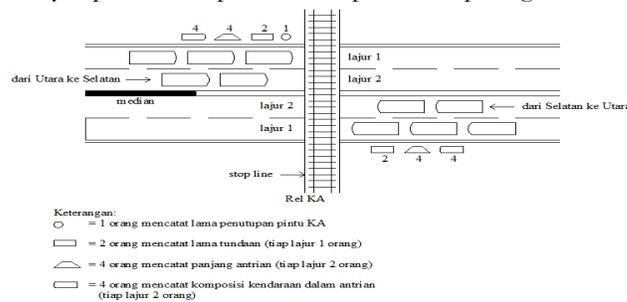
Menentukan Jumlah Sampel

Jumlah sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini dihitung berdasarkan data dari survei pendahuluan yang dihitung dengan menggunakan rumus statistik untuk insyur yang diambil dari buku *ilmu peluang dan ststistika untuk ininyur karangan Ronald E Walpole*.1995. dalam perhitungan diperoleh jumlah sampel yang memungkinkan untuk digunakan dengan nilai toleransi 0,05 dari variabel deselerasi minimal 70 buah sampel.

Survei Utama

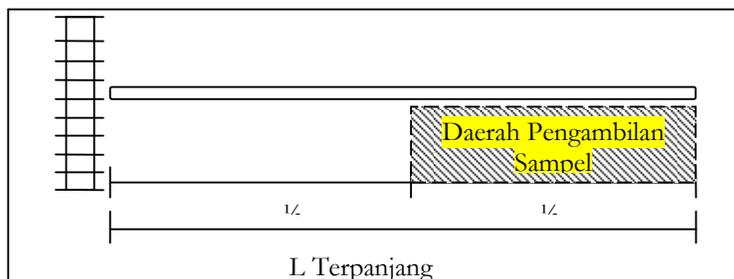
Survey utama dalam penelitian ini dilakukan pada perlintasan kereta api purwosari hanya dari arah barat. Hal ini berdasarkan dari survey pendahuluan bahwa arah timur terdapat beberapa gangguan yang mempengaruhi data hasil penelitian salah satunya adalah adanya simpang bundaran yang jaraknya terlalu dekat dengan pintu perlintaan kereta api. Data-yang diambil saat survey utama ini adalah

- a. Durasi penutupan pintu perlintasan kereta api
Pencatatan waktu penutupan pintu perlintasan kereta api dilakukan pada saat pintu perlintasan kereta api mulai diturunkan sampai dibuka kembali.
- b. Antrean Panjang Kendaraan
Panjang antrian diukur dari stop line bumper mobil terdepan sampai kendaraan terakhir dalam antrian pada masing-masing jalur. Kendaraan terakhir dalam antrian diartikan sebagai kendaraan terakhir yang berhenti dalam kendaraan stationer. Panjang antrian dihitung berdasarkan tanda yang ditempatkan tiap interval 5 meter pada badan jalan.
- c. Komposisi Kendaraan
Pengamatan jumlah dan susunan kendaraan dalam antrian dilakukan pada jalur pendekat perlintasan. Penempatan surveyor pada lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Penempatan Surveyor di Lokasi Penelitian

- d. Kecepatan Deselerasi
Kecepatan deselerasi adalah kecepatan saat kendaraan mengalami gangguan karena menutupnya pintu perlintasan kereta api. Dalam penelitian ini kecepatan deselerasi dihitung dengan menggunakan pendekatan seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Pendekatan Mencari Kecepatan Deselerasi

Penentuan $\frac{1}{2}$ L terpanjang berdasarkan pada saat survey pendahuluan hal ini dilakukan untuk menentukan letak jangkauan kamera saat kendaraan mulai mengalami gangguan sehingga kendaraan mulai menurunkan kecepatan. Pada saat survey utama data yang diambil adalah berupa data rekaman saat kendaraan mengalami deselerasi, ini ditandai dengan menyalnya lampu rem kendaraan sampai akhirnya berhenti. Dari data rekaman diperoleh jarak dan waktu sehingga dapat dihitung kecepatan saat deselerasi.

Pengolahan Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui hubungan antara lama penutupan pintu perlintasan kereta api dengan tundaan dan panjang antrian serta pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar, dengan analisis regresi linier berganda.

Data-data yang telah terkumpul, kemudian dilakukan proses pengolahan data sebagai berikut :

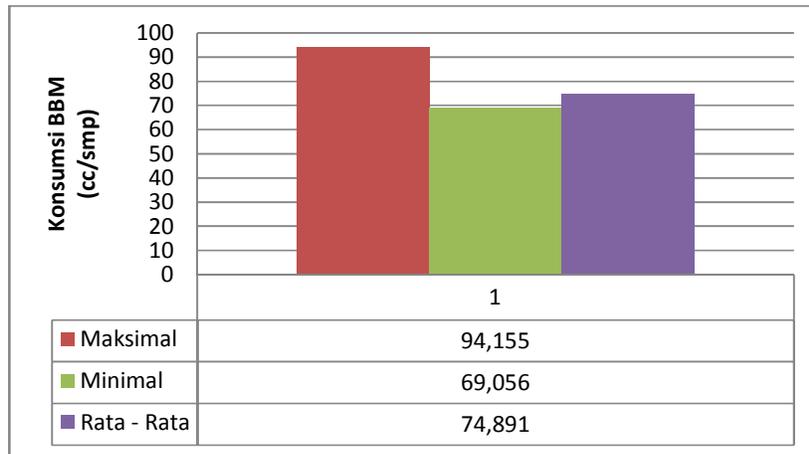
- a) Menghitung arus lalu lintas dalam smp/jam.
Arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survay lapangan lengkap dengan arah pergerakan. Nilai total yang didapat masih dalam kendaraan per jam (kend./jam) maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam).
- b) Menghitung Tundaan.
Data lama tundaan didapat dari hasil survay lapangan. Lama tundaan dihitung pada saat kendaraan mulai menempati posisi dalam antrian pada saat pintu lintasan diturunkan (dalam keadaan stationer) sampai dengan kendaraan terakhir dalam antrian mulai bergerak kembali. Tundaan yang terjadi diamati pada kendaraan terdepan dan paling belakang dalam antrian
- c) Menghitung konsumsi bahan bakar
Konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan formulasi konsumsi bahan bakar yang diajukan oleh LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang.
- d) Menghitung analisis regresi linier
Hasil perhitungan konsumsi BBM akibat dari panjang antrean, lama tundaan dan deselerasi akan diolah dengan SPSS 16 untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar variabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan konsumsi bahan bakar minyak diatas didapat konsumsi bahan bakar secara keseluruhan saat pintu perlintasan kereta api purwasari mengalami penutupan. Hasil konsumsi bahan bakar total di perlintasan kereta api purwasari dapat dilihat pada table 4.9

Tabel 1. Hasil konsumsi bahan bakar total di perlintasan kereta api purwasari

	Panjang Antrean (m)	Tundaan		Konsumsi BBM (cc/smp)
		Stopped Delay (Detik)	Deselerasi (km/jam)	
Minimal	105	117	7.800	69.056
Maksimal	239	230	17.486	94.155
Rata - Rata	154.56	167.11	11.331	74.891



Gambar 3. Grafik Konsumsi BBM di pintu perlintasan KA Purwosari

Berikut ini adalah hasil perhitungan dan analisis pada Perlintasan Kereta Api Purwosari

Tabel 2. Hasil *Coefficients SPSS 17* Perlintasan Kereta Api Purwosari

		Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Collinearity Statistics		
		B	Std. Error	Beta	T	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-12.417	11.660		-1.065	.305		
	pigantrian	.479	.035	.957	13.791	.000	.848	1.180
	tundaan	-.062	.037	-.121	-1.695	.112	.799	1.252
	deselerasi	1.758	.807	.151	2.179	.047	.849	1.177

a. Dependent Variable: bbm

Sumber : Hasil Analisis SPSS

Pada tabel diatas kita memperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Y = -12.417 + 0.479 X_1 - 0.062 X_2 + 1.758 X_3 \dots\dots\dots [1]$$

Dimana : Y = Konsumsi Bahan Bakar (variabel tidak bebas)
 X₁ = Panjang Antrian (variabel bebas)
 X₂ = Lama Tundaan (variabel bebas)
 X₃ = Deselerasi (Variabel bebas)

Pada tabel diatas dari kolom t dan Sig analisisnya adalah :

- Koefisien β_0 (Constant), diperoleh t = -1.065 dengan Sig. = 0.305 karena $\alpha = 0.05 < \text{Sig} = 0.305$ sehingga dapat dikatakan bahwa β_0 tidak signifikan dalam model . Hal ini menyebabkan pengaruh Konstanta tidak berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar rata-rata.
- Koefisien β_1 (Panjang Antrian), diperoleh t = 13.731 dengan Sig. = 0.000 karena $\alpha = 0.05 > \text{Sig} = 0.000$ sehingga dapat dikatakan bahwa β_1 signifikan dalam model . Hal ini menyebabkan pengaruh Panjang Antrian berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar rata-rata.
- Koefisien β_2 (Stopped Delay), diperoleh t = -1,21 dengan Sig. = 0.112 karena $\alpha = 0.05 > \text{Sig} = 0.112$ sehingga dapat dikatakan bahwa β_2 signifikan dalam model. Hal ini menyebabkan pengaruh Stopped Delay berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar rata-rata.
- Koefisien β_3 (Deselerasi), diperoleh t = 2.179 dengan Sig. = 0.047 karena $\alpha = 0.05 > \text{Sig} = 0.047$ sehingga dapat dikatakan bahwa β_3 signifikan dalam model Hal ini menyebabkan pengaruh Deselerasi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar rata-rata.

Uji Multikolinearitas terdapat pada tabel VIF dimana nilai VIF untuk panjang antrean = 1.1848 dan toleransi 0.848
 nilai VIF untuk Tundaan = 1.252 dan toleransi 0.799
 nilai VIF untuk Deselerasi = 1.177 dan toleransi 0.849

sehingga dapat disimpulkan ada multikolinearitas pada persamaan tersebut.

Tabel 3. Hasil *Model Summary SPSS 17* Perlintasan Kereta Api Purwosari

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.971 ^a	.943	.931	4.29866

a. Predictors: (Constant), deselerasi, pigantrian, tundaan

Sumber : Hasil Analisis SPSS

Tabel diatas menunjukkan hasil koefisien determinasi $R^2 = 0.943$, menunjukkan bahwa dalam model ini konsumsi bahan bakar (Y) dipengaruhi oleh panjang antrian (X_1), tundaan (X_2) dan deselerasi (X_3). Untuk hasil koefisien korelasi $r = 0.971$ menunjukkan bahwa hubungan positif antara variable konsumsi bahan bakar (Y) dipengaruhi oleh waktu panjang antrian (x_1), tundaan (x_2) dan deselerasi (X_3). *Standart error of the Estimate* $S_{e_i} = 4.2986$ adalah tingkat kesalahan estimasi dari model persamaan tersebut.

Tabel 4. Hasil perhitungan *ANOVA SPSS 17* Perlintasan Kereta Purwosari

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4271.480	3	1423.827	77.053	.000 ^a
	Residual	258.699	14	18.478		
	Total	4530.179	17			

a. Predictors: (Constant), kecepatan deselerasi, pigantrian, tundaan

b. Dependent Variable: bbm

Sumber : Hasil Analisis SPSS

Dari hasil Uji Simultan (Uji F) didapat hasil sebagai berikut dengan perumusan hipotesis

- H_0 : variasi perubahan nilai variabel bebas (X) tidak dapat menjelaskan variasi perubahan nilai variabel tidak bebas (Y) atau variabel bebas (X) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel tidak bebas (Y).
- H_A : variasi perubahan nilai variabel bebas (X) dapat menjelaskan variasi perubahan nilai variabel tidak bebas (Y) atau variabel bebas (X) berpengaruh secara signifikan terhadap variabel tidak bebas (Y).

Untuk mencari nilai F_{tabel} diperlukan nilai k (jumlah variabel bebas) = 3 dan dk (derajat kebebasan) = 1, sehingga $F_{tabel} = F_{(0,05;2;1)} = 199,500$, maka:

Dari tabel 4.36 diperoleh Sig.=0.00 dan nilai F = 77.053. Karena $\alpha = 0.05 > Sig = 0.000$ maka H_0 ditolak. Karena nilai $F_{hitung} 77.053 < F_{tabel} = 199,500$, maka H_0 ditolak. Dengan kata lain variabel X_1 (panjang antrian), variabel X_2 (*stopped delay*) dan Variabel X_3 (deselerasi) signifikan berhubungan linier terhadap variabel Y(Konsumsi BBM).

KESIMPULAN

Kesimpulan ini akan menjelaskan mengenai temuan studi dari hasil analisis yang dilakukan. Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai hubungan panjang antrian, lama tundaan (*stopped delay*) dan konsumsi BBM akibat penutupan pintu perlintasan kereta api Purwosari Surakarta. Adapun temuan studi dari hasil analisis yaitu:

1. Lama tundaan, panjang antrian dan deselerasi rata-rata yang terjadi pada Jalan Slamet Riyadi sebesar 167.11 detik standart deviasi 31.68637, 154.56 meter standart deviasi 31.68637 dan 11.331 km/jam standart deviasi 2.5665987 .
2. Tingkat konsumsi BBM sangat dipengaruhi oleh lamanya tundaan yang terjadi saat penutupan pintu perlintasan Purwosari Kota Surakarta. Konsumsi BBM rata-rata di Jalan Slamet Riyadi sebesar 74.891

cc/smp standart deviasi 16.32423. hal ini disebabkan oleh lamanya tundaan yang dialami oleh kendaraan yang melewati serta perilaku pengguna kendaraan bermotor yang tidak beraturan pada saat pembukaan pintu perlintasan kereta api.

3. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi pada lama tundaan, kecepatan deselerasi dan panjang antrian . Semakin lama tundaan dan semakin besar panjang antrian maka semakin besar pula konsumsi bahan bakarnya. Aplikasi model untuk konsumsi bahan bakar pada pintu perlintasan kereta api adalah :

$$Y = -12.417 + 0.479 X_1 - 0.062 X_2 + 1.758 X_3 \dots\dots\dots [2]$$

Dimana : Y = Konsumsi Bahan Bakar (cc/smp)
X₁ = Panjang Antrian (meter)
X₂ = Lama Tundaan (detik)
X₃ = Kecepatan Deselerasi (km/jam)

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada Ir. Agus Sumarsono, MT dan Dr. Dewi Handayani ST, MT. yang sangat banyak memberikan pengarahan dan dukungan dalam penelitian ini.

REFERENSI

Anonim, 1997. *Buku Pedoman Skripsi dan Laporan Kerja Praktek*. Surakarta: Fakultas Teknik Jurusan sipil Universitas Sebelas Maret.

Anonim, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

Gorys Keraf, 1987. *Tatabahasa Indonesia*, Nusa Indah, Ende.

Haryoputri, C.Y.F . 2005. *Analisis Tundaan Pada Ruas Jalan Majapahit Kota Semarang Dan Pengaruhnya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)*. Thesis. Semarang : Falkutas Teknik Universitas Diponegoro.

Isnaeni, M. 2003, *Efek Lingkungan Interaksi Transportasi Dan Tata Ruang Kota*, Tesis S2 Magister Rekayasa Transportasi ITB, Bandung.

Lembaga Afiliasi dan Penerapan Industri ITB bekerjasama dengan PT. Jasa Marga (1996) *Laporan Akhir Studi Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan*, Bandung, Indonesia.

Priyanto S, 1996. *“Queue Length Models at Oversaturated Signalized Intersections”*, Forum Teknik, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada

Pignataro, L.J , 1973. *Traffic Engineering : Theory dan Practise*, Prentice-Hall Internal, New Jersey.

Robertson, H. Douglas, 1994. *Manual of Transportation Engineering Studies*, Prentice-Hall, New Jersey.

Samudra, C, H 2013. Hubungan Tundaan Dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Akibat Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api (*Study Case Of Railroad Crossings In Surakarta*). Jawa Tengah

Singgih, Santosa. 2009. *Panduan Lengkap Menguasai Statistik Dengan SPSS 17*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta

Sudjana, 2001. *Metoda Statika*, Tarsito, Bandung.

Sutrisno Hadi, 1995. *Analisis Regresi*, Andi Offset, Yogyakarta.

Widyastuti, E.S. 2003. *Hubungan Lama Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Tundaan Dan Panjang Antrian Ditinjau Dari Analisis Statistik*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS, Surakarta

Yanyan Budiana, 2000. *Evaluasi pengaruh Lintasan Kereta Api terhadap Kinerja Jalan (Studi Kasus pada Ruas Jalan A. Yani, Tasikmalaya)*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.