

# STUDI PERBANDINGAN ESTIMASI KESALAHAN PADA LINEAR MODEL DAN INSTANTANEOUS MODEL DALAM MENGESTIMASI WAKTU PERJALANAN BERBASIS KECEPATAN SESAAT (LOKASI STUDI : RING ROAD UTARA SURAKARTA)

Ikhsan Dwi Kurniawan<sup>1)</sup>, Amirotul MHM<sup>2)</sup>, Slamet Jauhari Legowo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : idk\_san@yahoo.co.id

## Abstract

*Travel time is the time it takes a vehicle to pass through a road section with a certain distance and at a certain speed. There are several methods that can be used to estimate the travel time on a road section. The method has the different error estimation. Error estimation is the difference between the actual travel time with the travel time from the estimated results. If the estimation big mistake then the travel time of the estimate is inaccurate results. Whereas if the estimate is low then the trip time of estimation is most accurate results. Travel time estimation methods that have a low error estimation can later be used to inform road users about the travel time on a road section. Considering the importance of knowing the error estimation of travel time estimation method, then required study of comparative error estimation for some methods of estimation travel time.*

*The purpose of this study was to compare the error travel time estimation of travel time method between linear model and instantaneous model based on spot speed using Time Mean Speed (TMS). The research location is in North Ring Road Surakarta with a mixed traffic conditions. The primary data used in this study was the flow of vehicles, spot speed and the actual travel time. Spot speed data in this study were obtained from the manual method and using speed gun. While the actual travel time obtained from survey vehicle license plate. To find out the error estimation of linear model and instantaneous model used test statistical indicators, namely Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE) and Mean Absolute Relative Error (MARE).*

*From the analysis we find that for spot speed data using the manual method and using speed gun, linear model have a lower error estimation of instantaneous model. However, the difference was not significant.*

*Keywords: Correction, Error Estimation, Travel Time*

## Abstrak

Waktu perjalanan merupakan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melewati suatu ruas jalan dengan jarak tertentu dan pada kecepatan tertentu. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi waktu perjalanan pada suatu ruas jalan. Metode tersebut memiliki estimasi kesalahan yang berbeda-beda. Estimasi kesalahan merupakan selisih antara waktu perjalanan aktual dengan waktu perjalanan hasil dari estimasi. Jika hasil estimasi kesalahannya besar maka waktu perjalanan hasil dari estimasi tidak akurat. Sedangkan jika estimasi kesalahannya rendah maka waktu perjalanan hasil dari estimasi mendekati akurat. Metode estimasi waktu perjalanan yang memiliki estimasi kesalahan yang rendah nantinya dapat digunakan untuk menginformasikan kepada pengguna jalan mengenai waktu perjalanan pada suatu ruas jalan. Mempertimbangkan pentingnya mengetahui estimasi kesalahan dari metode estimasi waktu perjalanan, maka dibutuhkan studi tentang perbandingan estimasi kesalahan untuk beberapa metode estimasi waktu perjalanan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan estimasi kesalahan metode estimasi waktu perjalanan antara *linear model* dan *instantaneous model* berdasarkan data kecepatan sesaat menggunakan *Time Mean Speed (TMS)*. Lokasi penelitian berada di Ring Road Utara Surakarta dengan kondisi lalu lintas *mixed traffic*. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah arus kendaraan, kecepatan sesaat dan waktu perjalanan aktual. Data kecepatan sesaat dalam penelitian ini diperoleh dari cara manual dan alat *speed gun*. Sedangkan untuk waktu perjalanan aktual diperoleh dari survei plat nomer kendaraan. Untuk mengetahui estimasi kesalahan dari *linear model* dan *instantaneous model* digunakan uji indikator statistik, yaitu *Root Mean Square Error (RMSE)*, *Mean Absolute Error (MAE)*, dan *Mean Absolute Relative Error (MARE)*.

Dari hasil analisis didapatkan bahwa untuk data kecepatan sesaat yang menggunakan cara manual dan alat *speed gun*, *linear model* memiliki estimasi kesalahan yang lebih rendah dari *instantaneous model*. Walaupun demikian, perbedaannya tidak signifikan.

Kata kunci: Koreksi, Estimasi Kesalahan, Waktu Perjalanan

## PENDAHULUAN

Waktu perjalanan adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melewati suatu ruas jalan dengan jarak tertentu dan pada kecepatan tertentu. Untuk menghitung waktu perjalanan pada ruas jalan, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Metode yang mempunyai estimasi kesalahan rendah, menunjukkan bahwa metode tersebut metode tersebut memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Sedangkan untuk metode yang mempunyai estimasi kesalahan tinggi, metode tersebut memiliki tingkat akurasi yang rendah. Untuk mengetahui estimasi kesalahan dari suatu metode estimasi waktu perjalanan, digunakan uji indikator statistik berupa *Root Mean Square Error (RMSE)*, *Mean Absolute Error (MAE)* dan *Mean Absolute Relative Error (MARE)*. Metode yang memiliki

estimasi kesalahan rendah dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai waktu perjalanan pada ruas jalan kepada pengguna jalan. Mempertimbangkan pentingnya mengetahui estimasi kesalahan dari metode estimasi waktu perjalanan, maka dibutuhkan studi tentang perbandingan estimasi kesalahan untuk beberapa metode estimasi waktu perjalanan Model estimasi waktu perjalanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Linear Model* dan *Instantaneous Model*. Lokasi penelitian berada di jalan arteri primer yaitu di Ring Road Utara Surakarta dari Simpang Sroyo sampai Simpang Mojosoongo dengan kondisi lalu lintas adalah *mixed traffic*. Data kecepatan sesaat (*spot speed*) dalam penelitian ini diperoleh dari survei dengan cara manual dan dengan alat *speed gun*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimanakah perbandingan estimasi kesalahan dari *linear model* dan *instantaneous model* yang data *spot speed* dari survei cara manual dan bagaimanakah perbandingan estimasi kesalahan dari *linear model* dan *instantaneous model* yang data *spot speed* dari survei dengan alat *speed gun*.

Terdapat beberapa jurnal, disertasi dan penelitian yang membahas tentang waktu perjalanan. Ruimin Li (2006) melakukan penelitian mengenai evaluasi dari 4 metode estimasi waktu perjalanan dan hasilnya adalah *linear model* memiliki tingkat kesalahan yang paling rendah. Aan Febrian (2015) melakukan penelitian mengenai analisis akurasi estimasi waktu perjalanan berdasarkan data kecepatan sesaat dengan *instantaneous model* dan *time slice model*, didapatkan hasil bahwa *instantaneous model* memiliki tingkat akurasi lebih tinggi. Hyungjoo Kim (2013) melakukan penelitian mengenai penilaian dari estimasi waktu perjalanan berdasarkan perbedaan data kecepatan kendaraan dan diperoleh hasil bahwa pengukuran kecepatan dari *loop detectors* lebih akurat pada saat kondisi kecepatan rendah daripada menggunakan ETC transponder. Yaxin Hu (2013) melakukan penelitian mengenai prediksi jangka pendek dari waktu perjalanan jalan bebas hambatan menggunakan data dari *bluetooth detectors* dan didapatkan kesimpulan bahwa teknologi pemantauan lalu lintas menggunakan bluetooth memberikan kesempatan untuk mengumpulkan data waktu perjalanan di area yang luas dengan biaya yang redah

## LANDASAN TEORI

### Model Estimasi Waktu Perjalanan

Metode estimasi waktu perjalanan adalah cara yang digunakan untuk mengestimasi waktu perjalanan pada suatu ruas jalan. Waktu Perjalanan dapat diperkirakan dengan diukur secara langsung yang disebut dengan *Direct Methods* atau dengan mengukur variable lalu lintas seperti kecepatan, hunian, dan aliran untuk mengestimasi waktu perjalanan yang disebut dengan *Indirect Methods* (Angshuman Guin dan Jorge Laval, 2013). Model estimasi waktu perjalanan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk kedalam *indirect methods*, meliputi :

#### 1. *Instantaneous Model*

*Instantaneous Model* mengacu pada rata-rata waktu perjalanan rata-rata yang diamati pada setiap *link* sepanjang koridor. Persamaan untuk menghitung waktu perjalanan pada setiap link adalah sebagai berikut :

$$\text{.....[1]}$$

Rata-rata waktu perjalanan sepanjang koridor diperoleh dengan menjumlahkan waktu perjalanan sesaat pada masing-masing *link*. Persamaan untuk menghitung waktu perjalanan sepanjang koridor sebagai berikut :

$$\text{.....[2]}$$

Keterangan :

- $l_i$  = Panjang *link* (km)
- $v (i_a, k)$  = Kecepatan di hulu *link* i pada waktu k (km/jam)
- $v (i_b, k)$  = Kecepatan di hilir *link* i pada waktu k (km/jam)
- $t (i, k)$  = Waktu perjalanan *link* i (menit)

#### 2. *Linear Model*

Pada *Linear Model* kendaraan mengubah kecepatan secara bertahap dalam *link*. Kecepatan kendaraan pada waktu t di bagian i; tidak hanya fungsi dari kecepatan dikumpulkan dari detektor hulu dan hilir, seperti pada metode sebelumnya, tetapi juga fungsi jarak dari kendaraan ke titik akhir dari *link* (Van Lint dan Van der Zijpp, 2003). Sebelum menghitung estimasi waktu perjalanan, menghitung nilai dari A. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\text{.....[3]}$$

Setelah didapatkan nilai A, selanjutnya menghitung estimasi waktu perjalanan. Persamaannya adalah sebagai berikut :

Keterangan :

$V(d+1,p)$  = Kecepatan kendaraan di hilir link.

$V(d,p)$  = Kecepatan kendaraan di hulu link.

$x_{d+1} - x_d$  = Selisih jarak antar link

$t$  = Waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk mencapai jarak tertentu.

= Waktu awal kendaraan.

= Posisi awal kendaraan.

### Indikator Uji Statistik

Estimasi kesalahan waktu perjalanan dari *linear model* dan *instantaneous model* dapat dihitung menggunakan indikator uji statistik, yaitu *Root Mean Square Error (RMSE)*, *Mean Absolute Error (MAE)* dan *Mean Absolute Relative Error (MARE)*.

1. *Root Mean Square Error (RMSE)*

*Root Mean Square Error* dihitung dengan cara menjumlahkan semua kuadrat kesalahan prediksi. Kemudian membagi jumlah tersebut dengan banyaknya data waktu prediksi. Selanjutnya menarik akarnya. Persamaan untuk menghitung *Root Mean Square Error (RMSE)* adalah sebagai berikut (M. Jalili Ghazi Zade dan R. Noori, 2008) :

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (e_i)^2} \dots\dots\dots[5]$$

2. *Mean Absolute Error (MAE)*

*Mean Absolute Error (MAE)* adalah rata-rata absolut dari kesalahan prediksi, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif. Persamaan untuk menghitung *Mean Absolute Error (MAE)* adalah sebagai berikut (M. Jalili Ghazi Zade dan R. Noori, 2008) :

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \dots\dots\dots[6]$$

3. *Mean Absolute Relative Error (MARE)*

*Mean Absolute Relative Error (MARE)* digunakan untuk mengevaluasi rata-rata perbedaan antara nilai-nilai yang diamati dan diprediksi. Persamaan untuk menghitung *Mean Absolute Relative Error (MARE)* adalah sebagai berikut (M. Jalili Ghazi Zade dan R. Noori, 2008) :

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{W_o} \dots\dots\dots[7]$$

Keterangan :

$W_o$  = Nilai yang sebenarnya.

$W_p$  = Nilai hasil prediksi.

$n$  = Jumlah sampel data

### METODE

Penelitian ini merupakan studi kasus terhadap perbandingan model estimasi waktu perjalanan menggunakan *instantaneous model* dan *linear model* berdasarkan data kecepatan sesaat (*spot speed*) terhadap waktu perjalanan sebenarnya yang didapatkan dari survei plat nomer kendaraan.

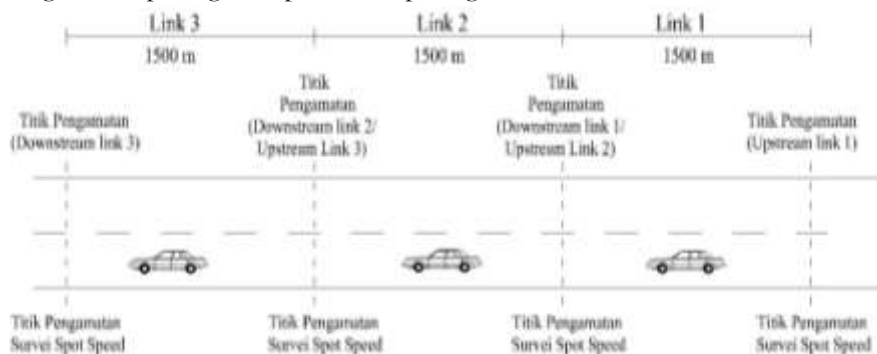
Penentuan lokasi penelitian berdasarkan pada kriteria jalan layaknya jalan bebas hambatan dimana hambatan sampingnya kecil. Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah jalan Ring Road Utara Surakarta yang berawal dari Simpang Sroyo (Karanganyar) hingga Simpang Mojosongo (Surakarta) yang merupakan jalan arteri primer luar kota. Berdasarkan survei pendahuluan bahwa arus lalu lintas yang akan ditinjau adalah arus lalu lintas ke arah barat yaitu dari Simpang Sroyo (Karanganyar) sampai dengan Simpang Mojosongo (Surakarta). Hal ini disebabkan arus lalu lintas kendaraan ke arah barat lebih banyak pada saat waktu pengamatan. Ruas Jalan Ring Road Utara Surakarta dibagi menjadi 3 link dengan jarak yang sama yaitu 1500 m sehingga panjang total koridor jalan yang diteliti adalah 4.500 m, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Pembagian Lokasi Penelitian

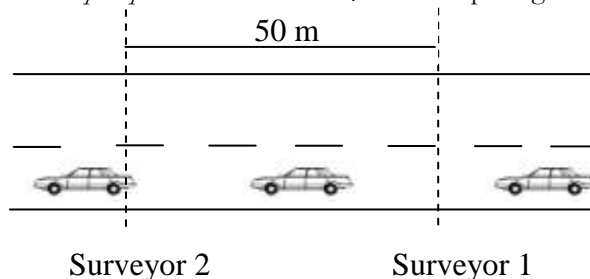
### 1. Desain Survei Kecepatan Sesaat (Spot Speed)

Survei *spot speed* dalam penelitian ini menggunakan alat *speed gun* dan cara manual. Untuk survei *spot speed* yang menggunakan alat *speed gun*, *speed gun* akan ditempatkan pada *upstream* dan *downstream* setiap link. Cara untuk melakukan survei *spot speed* dengan alat *speed gun* adalah dengan mengarahkan *speed gun* ke setiap kendaraan yang lewat. Kemudian nilai dari kecepatan sesaat kendaraan akan terlihat pada layar yang terdapat pada *speed gun*. Setiap jenis kendaraan yang melewati lokasi penelitian akan diukur kecepatan sesaatnya menggunakan *speed gun*. Desain survei *spot speed* dengan alat *speed gun* dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Desain Survei *Spot Speed* Dengan Alat *Speed Gun*

Untuk survei *spot speed* dengan cara manual, berdasarkan survei pendahuluan kecepatan kendaraan rata-rata diketahui berkisar 40 km/jam. Maka jarak pengamatan untuk survei *spot speed* (sesuai dengan Panduan Survei dan Penghitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas No. 001/T/BNKT/1990) adalah 50 m. Pelaksanaan survei *spot speed* dengan cara manual dilakukan dengan menempatkan 2 orang *surveyor* pada titik pengamatan dengan jarak 50 m. Ketika kendaraan masuk ke titik pengamatan, *surveyor* pertama mulai menghidupkan *stopwatch*. Kemudian ketika kendaraan tersebut keluar dari titik pengamatan, *surveyor* kedua memberi tanda kepada *surveyor* pertama untuk mematikan *stopwatch*. Didapatkanlah waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk melintasi titik pengamatan sepanjang 50 m. Survei *spot speed* dengan cara manual dilakukan pada keempat titik pada setiap *upstream* dan *downstream* setiap *link*. Desain dari survei *spot speed* cara manual dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Desain Survei *Spot Speed* Dengan Cara Manual

### 2. Desain Survei Plat Nomer Kendaraan

Survei plat nomer bertujuan untuk mendapatkan data waktu perjalanan aktual sebagai acuan validitas. Pada penelitian ini survei plat nomer kendaraan dilakukan dengan menempatkan *surveyor* dan kamera pada titik masuk dan titik keluar lokasi penelitian. Untuk yang menggunakan *surveyor*, caranya adalah dengan menempatkan 5 orang *surveyor* pada titik masuk dan titik keluar lokasi penelitian. *Surveyor* tersebut akan mencatat plat nomor dan waktu saat kendaraan masuk dan keluar lokasi penelitian. Sedangkan untuk yang menggunakan kamera, caranya adalah dengan menempatkan satu kamera pada titik masuk dan titik keluar lokasi penelitian. Posisi kamera tersebut diatur agar plat nomer kendaraan yang masuk ke lokasi penelitian dan yang keluar dapat terekam dengan jelas. Untuk titik masuk ke lokasi penelitian berada pada titik 1 atau *upstream link* 1. Sedangkan untuk titik keluar adalah titik 4 atau *downstream link* 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data primer dikumpulkan melalui survei langsung di lapangan menggunakan survei kecepatan sesaat (*spot speed*) dan survei plat nomer kendaraan yang dilakukan pada hari yang sama dan pada jam puncak pagi mulai pukul

06.00 – 08.10 WIB dengan interval 1 menit. Survei kecepatan sesaat dilakukan dengan 2 cara yaitu survei kecepatan sesaat (*spot speed*) dengan cara manual dan dengan alat *speed gun*.

## Hasil

Data primer yang telah diperoleh, selanjutnya diolah menggunakan rumus-rumus hingga mendapat hasil. Hasil yang didapatkan antara lain :

### 1. Kecepatan Rata-rata Setiap Link

Hasil dari survei spot speed dengan cara manual dan dengan alat *speed gun* dianalisis menggunakan rumus *Time Mean Speed* (TMS) untuk mendapatkan kecepatan rata-rata setiap link. Contoh perhitungan kecepatan rata-rata berdasarkan TMS pada interval pertama yaitu pukul 06.00 – 06.01 WIB pada *upstream link* 1 disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1.** Perhitungan TMS untuk *Upstream Link* 1 pada Interval 06.00 – 06.01 yang Data *Spot Speed* dari Cara Manual.

Interval Waktu	Sample (n)	Jarak (m)	Jenis Kendaraan	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (km/jam)	$\bar{U}_{TMS}$
06.00 - 06.01	5	50	MC	3.2	56.25	46.08
			MC	3.55	50.70	
			MC	3.61	49.86	
			LV	4.23	42.55	
			HV	5.8	31.03	
			$\Sigma$		230.40	

**Tabel 2.** Perhitungan TMS untuk *Upstream Link* 1 pada Interval 06.00 – 06.01 yang Data *Spot Speed* dari Alat *Speed Gun*.

Interval Waktu	Sample (n)	Jenis Kendaraan	Kecepatan (km/jam)	$\bar{U}_{TMS}$
06.00 - 06.01	5	MC	28	40.0
		MC	42	
		MC	40	
		LV	51	
		HV	39	
		$\Sigma$	200	

### 2. Estimasi waktu perjalanan

Data kecepatan rata-rata tiap *link* kemudian dimasukkan kedalam persamaan 1, 2, 3, dan 4 untuk mendapatkan estimasi waktu perjalanan dengan *instantaneous model* dan *linear model*. Rekapitulasi estimasi waktu perjalanan menggunakan *instantaneous model* dan *linear model* disajikan dalam tabel 3 dan tabel 4.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Estimasi Waktu Perjalanan yang Data *Spot Speed* dari Cara Manual

No	Interval Waktu	Kecepatan Rata-rata Waktu Setiap Dua Menit				Estimasi Waktu Perjalanan	
		Titik 1 (km/jam)	Titik 2 (km/jam)	Titik 3 (km/jam)	Titik 4 (km/jam)	Instantaneous Model (menit)	Linear Model (menit)
1	06.00 - 06.01	43.93	42.35	44.55	48.08	6.10	5.84
2	06.01 - 06.02						5.68
3	06.02 - 06.03	44.57	44.68	42.25	44.85	6.15	5.96
4	06.03 - 06.04						6.06
5	06.04 - 06.05	41.49	45.82	46.59	46.50	5.94	5.85
6	06.05 - 06.06						5.77
...	...	...	...	...	...	...	...
122	08.01 - 08.02	44.71	43.43	42.47	42.08	6.27	6.12
123	08.02 - 08.03	43.47	42.57	42.33	43.20	6.32	6.21

**Tabel 4.** Rekapitulasi Estimasi Waktu Perjalanan yang Data *Spot Speed* dari Alat *Speed Gun*.

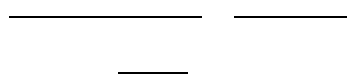
No	Interval Waktu	Kecepatan Rata-Rata Waktu Setiap Dua Menit				Estimasi Waktu Perjalanan	
		Titik 1 (km/jam)	Titik 2 (km/jam)	Titik 3 (km/jam)	Titik 4 (km/jam)	Instantaneous Model (menit)	Linear Model (menit)
1	06.00 - 06.01	24.10	23.60	24.38	39.40	5.91	5.82
2	06.01 - 06.02						6.00
3	06.02 - 06.03	41.70	50.60	51.50	42.68	5.62	5.84
4	06.03 - 06.04						5.20
5	06.04 - 06.05	43.40	50.30	39.53	48.40	5.97	5.90
6	06.05 - 06.06						5.20
...	...	...	...	...	...	...	...
122	08.01 - 08.02	43.80	36.20	43.93	44.20	6.54	6.46
123	08.02 - 08.03	35.80	37.40	44.20	46.10	6.66	6.01

Contoh perhitungan estimasi waktu perjalanan berdasarkan *insntantaneous model* dan *linear model* yang data *spot speed* dari cara manual.

- *Instantaneous Model*  
Waktu tempuh *Link 1* =  $((2.1,5)/(43,93+42,35)).60$  = 2,09 menit  
Waktu tempuh *Link 2* =  $((2.1,5)/(42,35 + 44,55)).60$  = 2,07 menit  
Waktu tempuh *Link 3* =  $((2.1,5)/(44,55+48,08)).60$  = 1,94 menit  
Estimasi waktu perjalanan = 2,09 + 2,07 + 1,94 = 6,10 menit

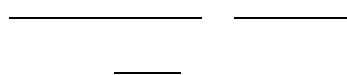
- *Linear Model*

**Link 1**



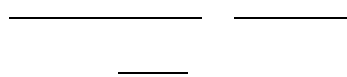
Untuk nilai *exit section* di *trial* sampai nilai *space section* mendekati 1,5 km.

**Link 2**



Untuk nilai *exit section* di *trial* sampai nilai *space section* mendekati 3,0 km.

**Link 3**



Untuk nilai *exit section* di *trial* sampai nilai *space section* mendekati 4,5 km.  
Diperoleh nilai *exit section* di link 3 adalah 5,84 menit.

3. Waktu Perjalanan Aktual

Data waktu perjalanan aktual didapat dari survei plat nomer kendaraan dengan cara mencocokkan plat nomer kendaraan yang masuk dan yang keluar dari lokasi penelitian. Data waktu perjalanan aktual digunakan untuk acuan validitas terhadap hasil estimasi waktu perjalanan. Rekapitulasi waktu perjalanan aktual disajikan dalam tabel 5.

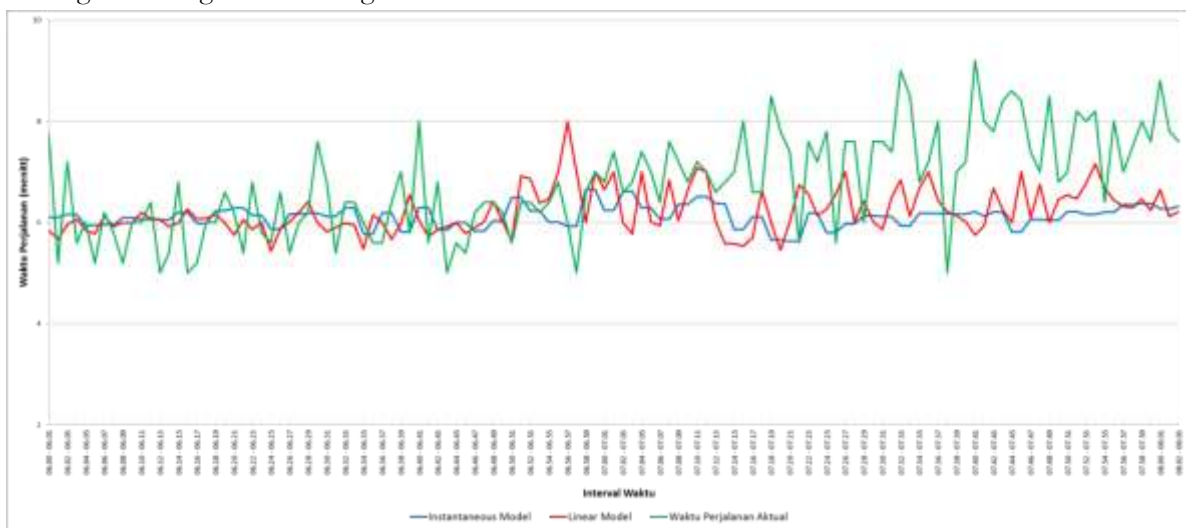
**Tabel 5.** Rekapitulasi Waktu Perjalanan Aktual

No.	Interval Waktu	Waktu Perjalanan Aktual (menit)
1	06.00 - 06.01	7.75
2	06.01 - 06.02	5.20
3	06.02 - 06.03	7.20
4	06.03 - 06.04	5.60
5	06.04 - 06.05	6.00
6	06.05 - 06.06	5.20
...	...	...
122	08.01 - 08.02	7.80
123	08.02 - 08.03	7.60

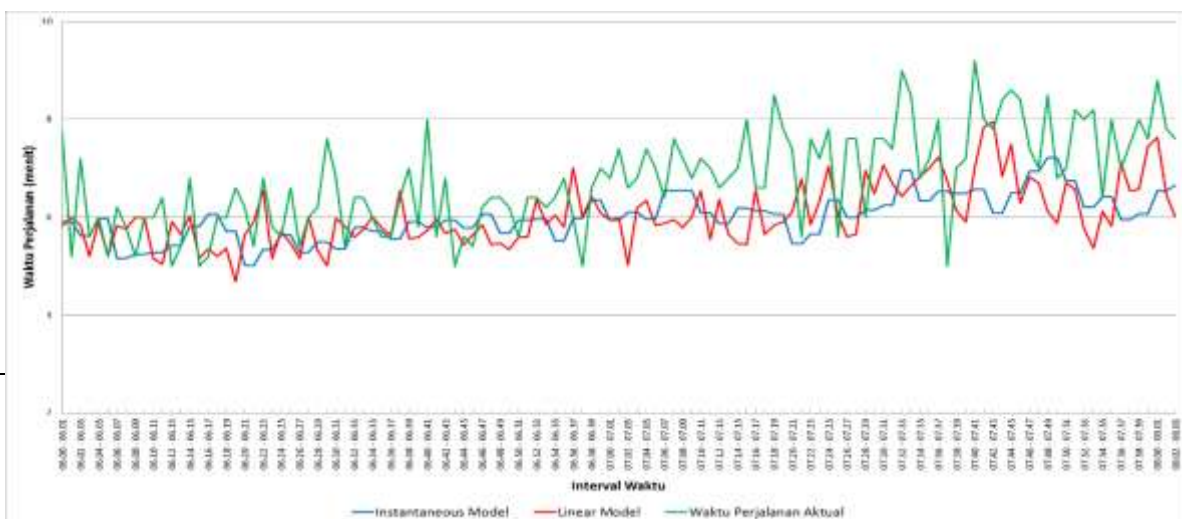
### Pembahasan

a. Perbandingan Waktu Perjalanan

Dari hasil perhitungan estimasi waktu perjalanan dengan *instantaneous model* dan *linear model*, serta waktu perjalanan aktual yang didapat dari survei plat nomor kendaraan, maka dapat dilihat perbandingan hasil perhitungan dalam gambar 4 dan gambar 5.



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Waktu Perjalanan Aktual Terhadap *Instantaneous Model* dan *Linear Model* yang Data *Spot Speed* dari Cara Manual



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Waktu Perjalanan Aktual Terhadap *Instantaneous Model* dan *Linear Model* yang Data *Spot Speed* dari Alat *Speed Gun*

Dari gambar 4 dan gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara hasil estimasi waktu perjalanan dengan waktu perjalanan aktual. Walaupun begitu, perbedaan tersebut tidak signifikan.

b. Uji Akurasi

Untuk menghitung estimasi kesalahan dilakukan dengan indikator uji statistik. Hasil perhitungan dari *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolut Error* (MAE), dan *Mean Absolut Relative Error* (MARE) dapat dilihat dalam tabel 6 dan tabel 7.

**Tabel 6.** Validasi *Instantaneous Model* dan *Linear Model* yang Data *Spot Speed* dari Cara Manual

Indikator Uji Statistik	<i>Instantaneous Model</i>	<i>Linear Model</i>
RMSE (menit)	1,189	1,125
MAE (menit)	0,925	0,868
MARE (%)	12,9	12,3

**Tabel 7.** Validasi *Instantaneous Model* dan *Linear Model* yang Data *Spot Speed* dari Alat *Speed Gun*

Indikator Uji Statistik	<i>Instantaneous Model</i>	<i>Linear Model</i>
RMSE (menit)	1,137	1,163
MAE (menit)	0,933	0,924
MARE (%)	13,1	13,0

Berdasarkan hasil uji akurasi diatas dapat diketahui bahwa diketahui bahwa untuk data *spot speed* dari cara manual dan alat *speed gun*, *linear model* memiliki estimasi kesalahan lebih rendah dari *instantaneous model*. Walaupun *linear model* memiliki estimasi kesalahan lebih rendah, tapi perbedaan nilai estimasi kesalahan dari kedua model tidak signifikan.

## SIMPULAN

Dari hasil uji indikator statistik didapatkan kesimpulan bahwa estimasi waktu perjalanan yang data *spot speed* diperoleh dengan cara manual dan dari alat *speed gun*, *linear model* memiliki estimasi kesalahan lebih rendah dari *instantaneous model*. Walaupun begitu, perbedaan antara *linear model* dengan *instantaneous model* tidak signifikan. Hasil ini sama seperti dengan penelitian yang dilakukan Ruimin Li (2006), dimana *linear model* memiliki estimasi kesalahan lebih rendah dari *instantaneous model*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing hingga terselesaikannya penelitian ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh rekan-rekan yang telah membantu dalam pengambilan data waktu perjalanan kendaraan pada penelitian ini.

## REFERENSI

- Febrian, Aan. 2015. *Analisis Akurasi Estimasi Waktu Perjalanan Berdasarkan Data Kecepatan Sesaat Dengan Instantaneous Model dan Time Slice Model*. Jurnal. Surakarta : Penerbit : Universitas Sebelas Maret.
- Guin, Angshuman, and Laval, Jorge. 2013. *Freeway Travel Time Estimation And Forecasting*. GDOT Research Project 10-01; TO 02-60.
- Hu, Yaxin. 2013. *Short-term Prediction of Freeway Travel Times Using Data from Bluetooth Detectors*. Thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering at University of Waterloo. Canada.
- Jalili Ghazi Zade, M. and Noori, R. 2008. *Prediction of Municipal Solid Waste Generation by Use of Artificial Neural Network: A Case Study of Mashhad*. Int. J. Environ. Res., 2(1): 13-22, Winter 2008. ISSN: 1735-6865.



- Kim, Hyungjoo. 2013. *Assessment of Travel Time Estimates based on Different Vehicle Speed Data: Spot Speed vs. Sampled Journey Speed in South Korean expressways*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.9, 2013.
- Li, Ruimin., Rose, Geoffrey., and Sarvi, Majid. 2006. *Evaluation of Speed-Based Travel Time Estimation Models*. JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING Vol. 132. No. 7, July 1, 2006. ©ASCE, ISSN 0733-947X/2006/7-540-547.
- Panduan Survai dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas NO. 001 /T/BNKT/1990.
- van Lint, J. W. C. and van der Zijpp, N. J. 2003. *An Improved Travel-time Estimation Algorithm using Dual Loop Detectors*. TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM.