

## PENGARUH PENUTUPAN PINTU PERLINTASAN JALAN REL TERHADAP KINERJA LALU LINTAS JALAN RAYA DI PERLINTASAN KALIGAWE SEMARANG DAN KALIWUNGU KENDAL

Mukthy Yusyadiputra, Robby Hermawanto, Bambang Pudjianto<sup>\*)</sup>, Eko Yulipriyono<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### ABSTRAK

*Simpang perlintasan sebidang antara jalan rel dengan jalan raya sering menimbulkan permasalahan, terutama jika pintu perlintasan ditutup saat kereta api melintas. Permasalahan yang timbul adalah terjadinya antrian dan waktu kendaraan kembali normal sesaat setelah pintu perlintasan dibuka. Geometrik di Jalan Kaligawe adalah 4/2D dengan dilewati semua jenis kendaraan sedangkan Jalan Kaliwungu adalah 2/2UD yang didominasi kendaraan ringan. Keduanya berada pada kelas jalan arteri primer. Pengumpulan data dilakukan dengan cara survei langsung di kedua simpang perlintasan pada jam puncak pagi, siang, dan sore hari. Adapun data yang diambil saat arus normal adalah tingkat arus (flow) kendaraan, kecepatan lalu lintas, geometrik jalan, dan lama arus kendaraan kembali normal saat pintu perlintasan dibuka. Sedangkan saat pintu perlintasan ditutup adalah kecepatan shockwave, waktu penutupan pintu perlintasan, dan panjang antrian kendaraan. Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan metode shockwave, kapasitas jalan menggunakan pedoman Manual Kapasitas Jalan (MKJI) 1997 dan secara teoritis model greenshields kemudian dibandingkan hasilnya, sehingga diperoleh panjang antrian dan waktu normal kembali untuk lalu lintas jalan akibat pengaruh penutupan pintu perlintasan saat kereta api melintas. Hasil analisis simpang perlintasan pada kondisi eksisting diperoleh kesimpulan bahwa untuk saat ini Jalan Kaligawe Semarang dan Kaliwungu Kendal masih mampu menampung lalu lintas kendaraan yang melewati simpang perlintasan, karena berdasarkan GAPEKA 2013 tercatat  $\pm 72$  kereta melintas setiap hari dengan headway kereta pada jam puncak lalu lintas pagi, siang, dan sore rata-rata 22 menit untuk Jalan Kaligawe dan 25 menit untuk Jalan Kaliwungu dengan lama penutupan 3-4 menit. Untuk Jalan Kaligawe jika lama penutupan ( $t$ ) = 3 menit didapat panjang antrian 0,15 – 0,25 km dengan lama kendaraan kembali normal setelah pintu perlintasan dibuka ( $t_2$ ) = 3,913 - 5 menit dan jika  $t = 4$  menit didapat panjang antrian = 0,2 – 1,66 km dengan  $t_2 = 5,21 - 6,68$  menit. Sedangkan di Jalan Kaliwungu jika  $t = 3$  menit didapat panjang antrian = 0,078 – 0,366 km dengan  $t_2 = 4,172 - 11,88$  menit dan jika  $t = 4$  menit didapat panjang antrian = 0,105 – 0,5 km dengan  $t_2 = 5,564 - 15,85$  menit. Lama  $t_2$  yang diperoleh di Jalan Kaligawe dan Kaliwungu masih kurang dari 22 dan 25 menit. Menanggapi rencana PT.KAI yang akan mengoperasikan double track dengan menambah frekuensi kereta api dari rata-rata  $\pm 72$  menjadi  $\pm 200$  kereta api per hari, diasumsikan bahwa headway kereta adalah sama yaitu*

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

7,2 menit, maka dari hasil analisis untuk Jalan Kaligawe mampu menampung lalu lintas saat terjadi penutupan pintu perlintasan jika lama penutupan 3 – 4 menit, tetapi untuk Jalan Kaliwungu sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas jika lama penutupan 3 dan 4 menit karena  $t_2$  yang diperoleh adalah 11,88 dan 15,85 menit. Disamping itu derajat kejenuhan (DS) di Jalan Kaligawe = 0,40 dan Kaliwungu = 0,75, sehingga agar lalu lintasnya baik, Jalan Kaliwungu perlu dilakukan perubahan geometrik menjadi 4/2D. Hasil pengamatan ini dapat berguna dalam pertimbangan pengambilan kebijakan untuk pihak terkait dalam menanggapi upaya PT.KAI mengoperasikan double track pada tahun 2014 agar dapat memaksimalkan kinerja lalu lintas Jalan Kaligawe Semarang dan Jalan Kaliwungu Kendal.

**kata kunci :** simpang perlintasan, metode shockwave, kinerja lalu lintas

### ABSTRACT

*The Intersection between railway crossings with roads have any problems, especially when the railway gate were closed while trains pass. The problem is the queue of vehicles and the time of vehicle back to normal before the crossings opened. Geometric of Kaligawe Road is 4/2D with all types of vehicles and Kaliwungu is 2/2UD dominated by light vehicles. Both are in the class of primary arterial road. The data was collected by surveying directly at the two railway – roadway crossing at peak hours in the morning, afternoon, and evening. The data were taken during the normal flow is the flow rate (flow) vehicle, traffic speed, road geometric, and a long stream of vehicles crossing back to normal when the railway gate is opened. Meanwhile, when the railway gate is closed is the speed of shockwave, railway gate closing time, and a queue of vehicles. The data was then analyzed using the shockwave method, the capacity of the road using Highway Capacity Manual guidelines (MKJI) 1997 and theoretically Greenshields models are then compared the results, in order to obtain the queue length and time of return to normal road traffic due to the effect of the closure of crossings when trains pass. The results of analysis on the existing condition at Kaligawe Semarang and Kaliwungu Kendal still able to accommodate vehicular traffic passing through the intersection, because based on Timetabling 2013 +72 recorded trains pass each day with a headway of trains in peak hour morning, afternoon, and evening the average is 22 minutes if the closure 3-4 minutes. For Kaligawe Road if closure ( $t$ ) = 3 minutes long queue gained = 0.15 to 0.25 miles with vehicles back to normal after crossing when the door is opened ( $t_2$ ) = 3.913 to 5 minutes, and if  $t$  = 4 minutes queue length obtained = 0.2 to 1.66 km with  $t_2$  = 5.21 to 6.68 minutes. While on the Road Kaliwungu if  $t$  = 3 minutes obtained queue length = 0.078 to 0.366 km with  $t_2$  = 4.172 to 11.88 minutes and if  $t$  = 4 minutes obtained queue length = 0.105 to 0.5 km with  $t_2$  = 5.564 to 15.85 minutes.  $t_2$  obtained in Jalan Kaligawe and Kaliwungu still less than 22 and 25 minutes. Responding PT.KAI plan which will operate a double track to increase the frequency of trains  $\pm$  72 to  $\pm$  200 trains per day. Based on the assumption that the headway of trains is the same every hour it is 7.2 minutes, then the results of the analysis for the Kaligawe road still able to accommodate traffic in the event of the closure 3-4 minutes, but for the Kaliwungu are no longer able to accommodate traffic flow if the closing 3 and 4 minutes because  $t_2$  obtained is 11.88 and 15.85 minutes. Besides, the degree of saturation (DS) in Kaligawe road = 0.401 and Kaliwungu = 0,747, to get for good traffic performance, for Kaliwungu Road becomes necessary to change the geometric 4/2D. The results of these observations can be useful in making policy considerations relevant to the response effort DEPARTMENT PT.KAI operate the double track in 2014 in*

*order to maximize the performance of the Road Traffic Road Kaliwungu Kendal and Kaligawe Semarang.*

**keywords:** *intersection of railway-roadway crossing, shockwave method, traffic performance*

## **PENDAHULUAN**

Dengan meningkatnya kuantitas perjalanan masyarakat khususnya yang menggunakan moda transportasi kereta api, maka PT Kereta Api Indonesia mulai tahun 2012 yang lalu telah membangun jalur *double track* di lintas utara Pulau Jawa yang memanjang dari Jakarta hingga Surabaya yang di rencanakan akan selesai pertengahan tahun 2014. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas lalu lintas perjalanan kereta api. Seiring kemajuan tersebut berdampak juga terhadap kinerja lalu lintas jalan raya yang disebabkan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang melakukan perjalanan antar kota maupun dalam kota dan pengangkut barang.

Hal ini tentunya berdampak langsung terhadap perlintasan sebidang antara jalan rel kereta api dengan jalan raya. Karena tidak bisa dihindari beberapa jalan utama antar kota ataupun dalam kota bersimpangan dengan jalan rel, dan masing-masing jalan tersebut memiliki peraturan-peraturannya sendiri dengan maksud memberikan keamanan dan kenyamanan penggunaannya. Pertemuan ini mempunyai aturan bahwa jalan rel kereta api menjadi prioritas dibandingkan dengan jalan raya, sehingga sering terjadi penumpukan antrian kendaraan yang panjang terlebih ketika nantinya jalur *double track* telah beroperasi penuh.

Dengan memperhatikan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

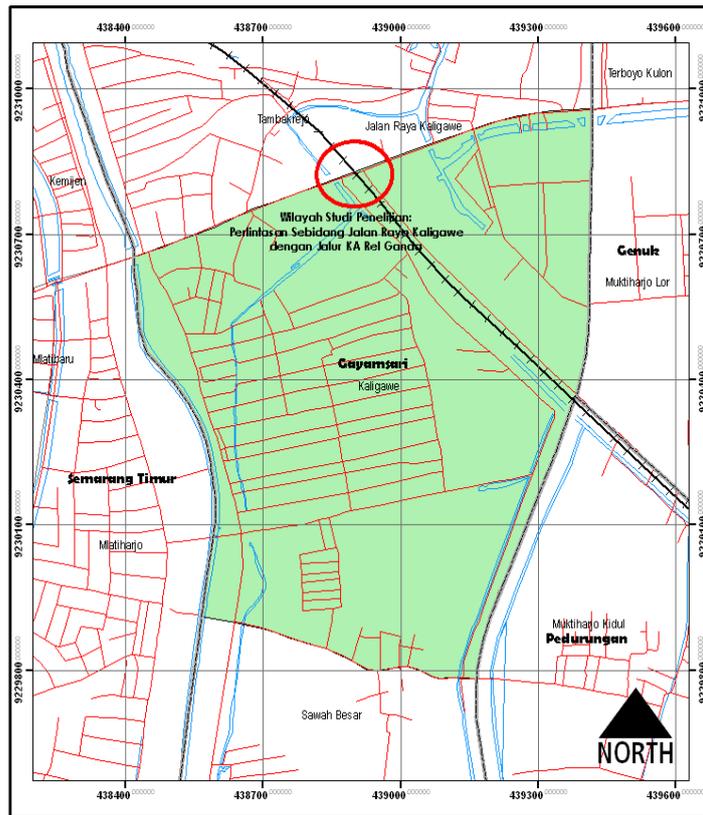
1. Bagaimana pengaruh tundaan di simpang perlintasan sebidang antara jalan rel dengan jalan raya di Jalan Kaligawe Semarang dan Jalan Kaliwungu Kendal akibat penutupan pintu perlintasan kereta api terhadap kinerja lalu lintas jalan raya.
2. Antisipasi simpang sebidang yang ada saat ini dalam menghadapi *double track* yang direncanakan mulai beroperasi pertengahan tahun 2014.

Maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

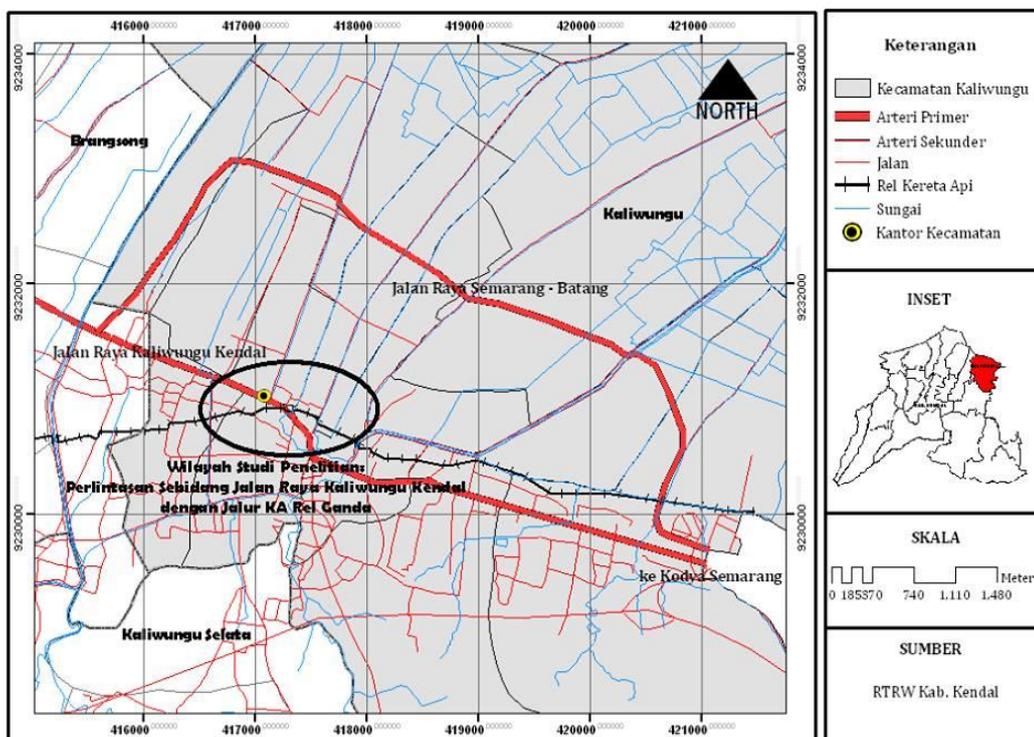
1. Mengevaluasi simpang perlintasan sebidang dengan pintu perlintasan antara jalan rel dan jalan raya di Jalan Kaligawe Semarang dan Jalan Kaliwungu Kendal.
2. Menganalisa kinerja lalu lintas jalan raya akibat penutupan pintu perlintasan kereta api di simpang perlintasan tersebut.

Sedangkan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memberikan solusi atas hasil analisa kinerja lalu lintas pada simpang perlintasan sebidang antara jalan raya dengan jalan rel di Kaligawe Semarang dan Kaliwungu Kendal untuk menghadapi meningkatnya perjalanan kereta api akibat *double track* di tahun 2014.

Lokasi yang ditinjau dalam studi ini adalah perlintasan Kaligawe Semarang dan Kaliwungu Kendal.



Gambar 1. Lokasi simpang sebidang Jalan Kaligawe, Semarang



Gambar 2. Lokasi simpang sebidang Jalan Kaliwungu, Kendal

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa kinerja lalu lintas akibat pintu perlintasan dengan tidak membandingkan kedua simpang melainkan mencari solusi dari permasalahan masing-masing simpang perlintasan sebidang antara jalan rel dan jalan raya di Kaligawe Semarang dan Kaliwungu Kendal.
2. Survei dilakukan pada jam sibuk pagi, siang, dan sore hari. Dilakukan survey lalu lintas pada saat palang pintu perlintasan terbuka dan palang pintu perlintasan tertutup.
3. Analisa kinerja lalu lintas untuk jangka waktu pendek.
4. Arus lalu lintas bersifat determinan dan *uniform*.

## **STUDI PUSTAKA**

Perlintasan jalan rel didalam suatu ruas jalan akan berdampak pada kinerja lalu lintas jalan dengan permasalahan yang akan timbul yakni antrian kendaraan yang tertunda saat pintu perlintasan tertutup dan perubahan pola pergerakan arus lalu lintas pada jalan tersebut.

Dalam kajian ini akan dibandingkan hasil olah data secara teoritis menggunakan model *greenshields* dan metode *shockwave* kemudian dibandingkan dengan kondisi aktual lapangan dan berdasarkan kapasitas jalan MKJI.

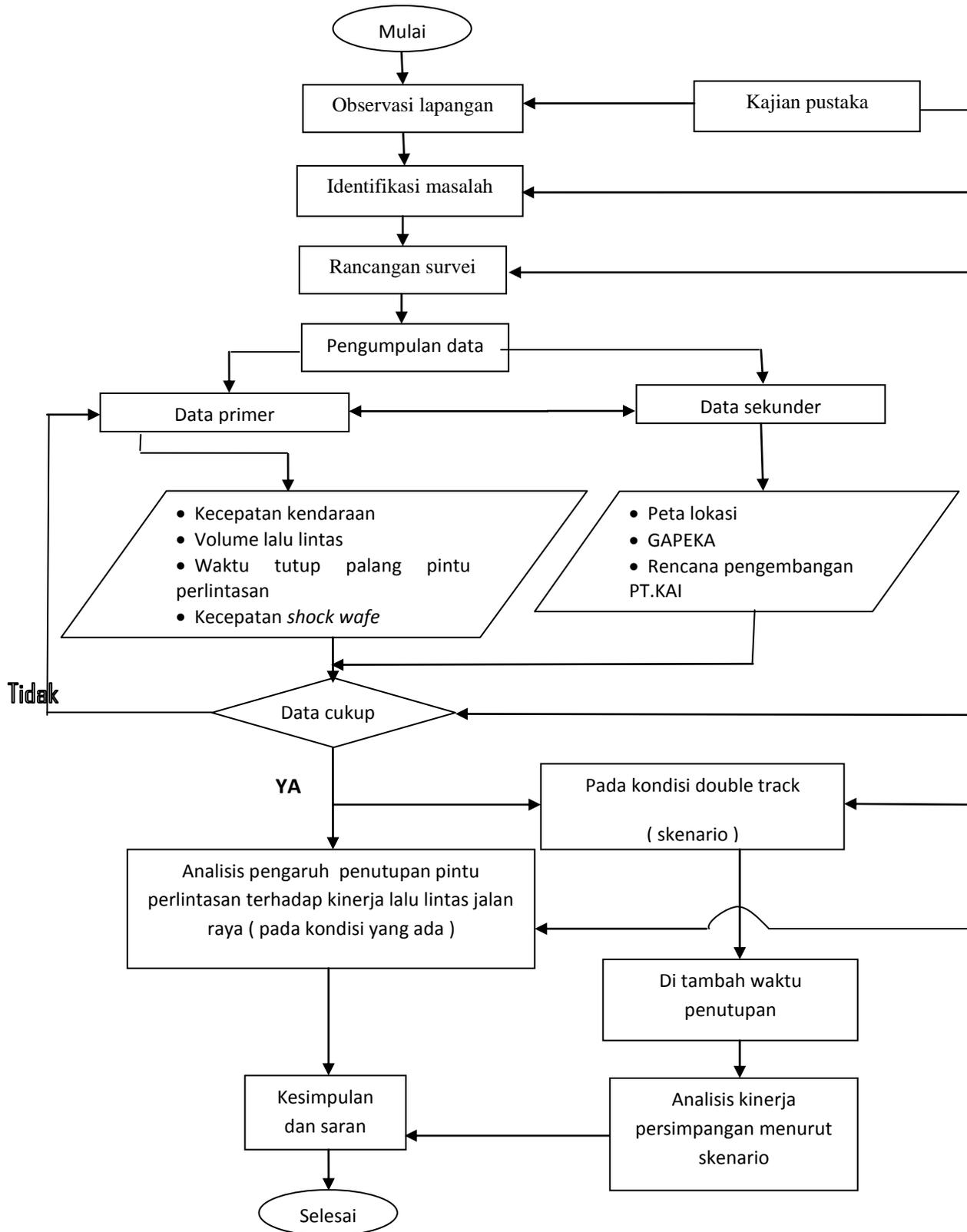
Hasil dari kajian ini akan digunakan sebagai bahan pertimbangan pihak terkait dalam menanggapi upaya PT.KAI yang akan mengoprasikan *double track* pada pertengahan tahun 2014.

## **METODOLOGI**

Secara garis besar, metodologi yang digunakan dalam pemecahan masalah kali ini adalah:

1. Penemuan masalah dan upaya pemecahan masalah, tahap-tahap yang dilakukan adalah:
  - a. Identifikasi permasalahan
  - b. Pemilihan pokok masalah dan perumusan masalah.
  - c. Kajian teoritis.
  - d. Penyusunan kerangka teoritis yang menjadi dasar untuk menjawab masalah atau pertanyaan penelitian.
2. Pengumpulan data yang diperoleh melalui pengamatan (*observasi*) atau survei. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder.
3. Pengolahan dan analisis data berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), aktual lapangan dan teoritis (metode *shockwave*).
4. Kesimpulan dan penyusunan rekomendasi.

Berikut adalah bagan alir dalam pengerjaan kajian ini:



Gambar 3. Bagan alir prosedur pengerjaan tugas akhir

**PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA**

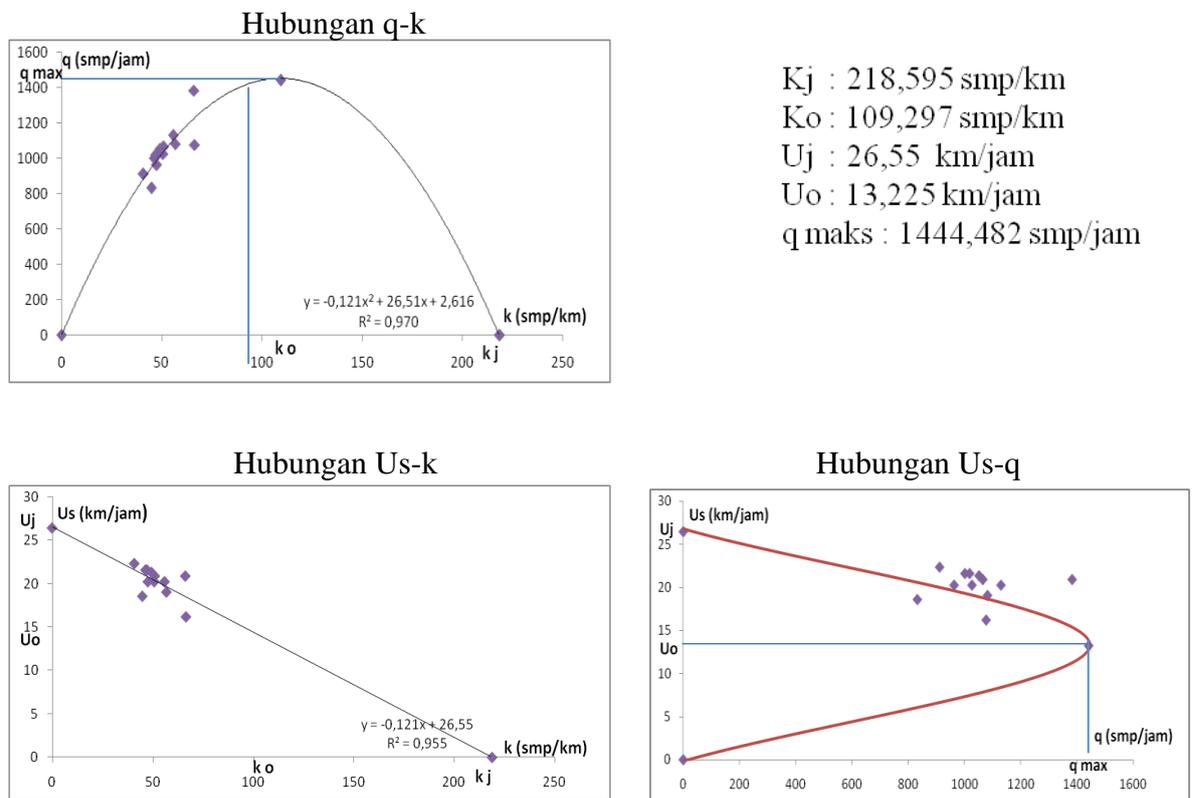
Analisis pengaruh penutupan pintu perlintasan terhadap kinerja lalu lintas di Jalan Kaligawe Semarang dan Jalan Kaliwungu Kendal menggunakan model *greenshields* dan metode *shockwave*. Analisis dilakukan berdasarkan perolehan data pada kondisi eksisting berupa data kecepatan *shockwave* dan tundaan.

Hubungan volume (q), kecepatan (Us) dan kerapatan (k) digambarkan dalam persamaan berikut ini (Fred L. Mannering, 1967)

$$K_o = \frac{K_j}{2} \tag{1}$$

$$U_o = \frac{U_j}{2} \tag{2}$$

$$q_m = \frac{U_j \times K_j}{2} \tag{3}$$



Gambar 4. Hubungan Us-k, q-k dan Us-q pagi arus ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting

Metode *shockwave* digunakan apabila terjadi hambatan pada suatu ruas jalan. Maka dapat digambarkan kondisi arus lalu lintas pada saat terjadinya hambatan kedalam persamaan sebagai berikut:

Kondisi jalan tertutup total:

$$U_{sw1} = \frac{q}{(k_j - k_1)} \tag{4}$$

Pada saat pintu terbuka:

$$U_{sw2} = \frac{q_{max}}{(k_j - k_0)} \tag{5}$$

Arus lalu lintas kembali normal:

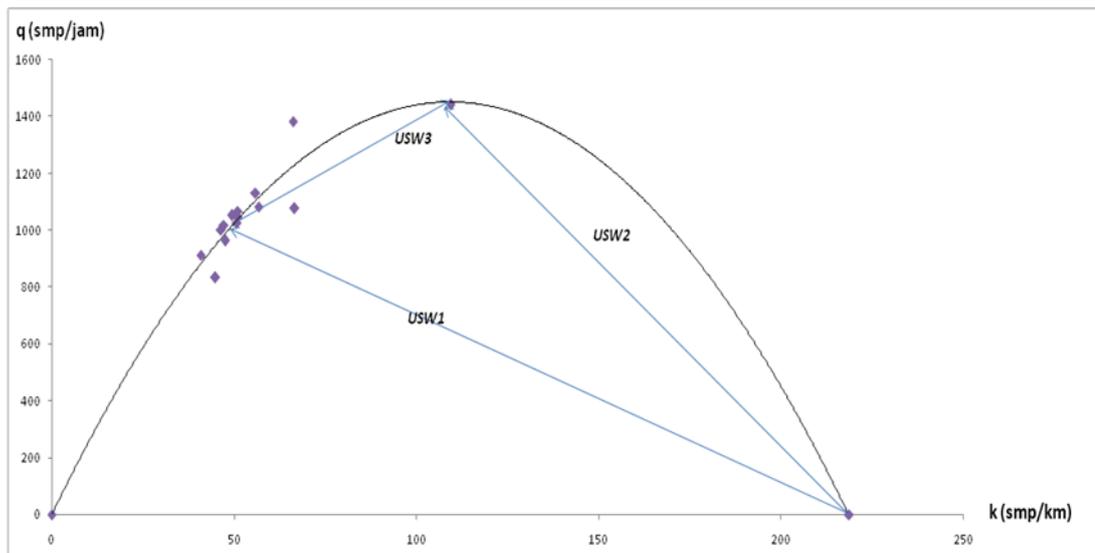
$$U_{sw3} = \frac{(q_{max} - q)}{(k_0 - k)} \tag{6}$$

Sehingga setelah didapat nilai kecepatan *shockwave* maka didapat besar tundaan dan panjang antrian menggunakan persamaan:

$$t_1 = t_1 + \frac{(t \times U_{sw2})}{[(U)_{sw2} - U_{sw1}]} \tag{7}$$

$$t_2 = t_1 + \frac{(U_{sw1} \times t_1)}{U_{sw3}} \tag{8}$$

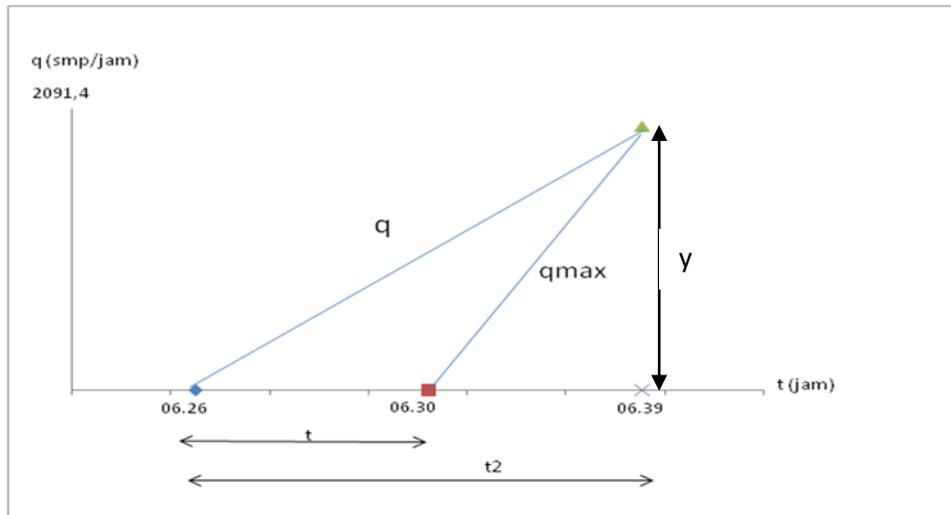
$$\text{Panjang antrian} = U_{sw2} - U_{sw1} \tag{9}$$



Gambar 5. Grafik  $U_{sw1}$ ,  $U_{sw2}$ , dan  $U_{sw3}$  pagi ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting.

**Waktu Penutupan 1:**

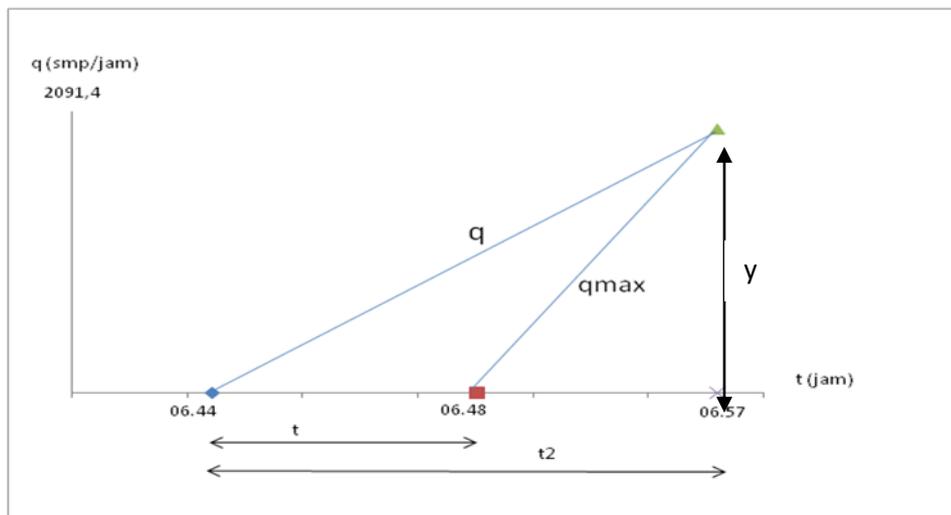
$U_{sw1}$ : 6,239 km/jam	$y$ : 2091,4 smp/jam	$q_m$ : 1442,482 smp/jam
$U_{sw2}$ : 13,216 km/jam	$t$ : 0,0625 jam (4 menit)	$q$ : 1045,7 smp/jam
$U_{sw3}$ : 6,840 km/jam	$t_1$ : 0,118 jam (7 menit)	delay : 65,356 smp.jam
	$t_2$ : 0,226 jam (14 menit)	Panjang Antrian: 0,738 km



Gambar 6. Grafik tundaan pagi waktu penutupan 1 ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting.

**Waktu Penutupan 2:**

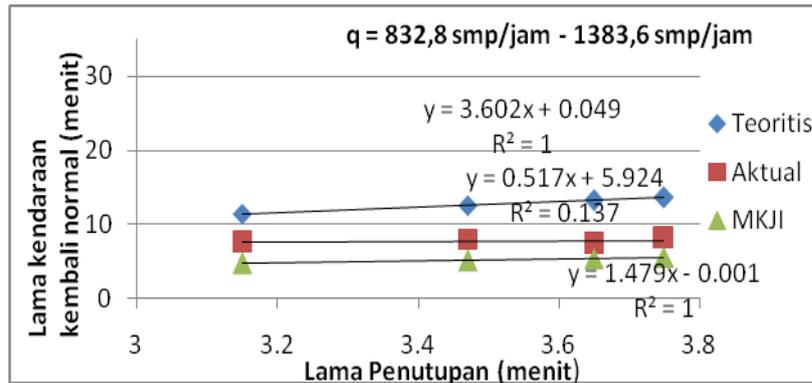
Usw1 : 6,239 km/jam	y : 2091,4 smp/jam	qm : 1442,482 smp/jam
Usw2 : 13,216 km/jam	t : 0,0608 jam (4 menit)	q : 1045,7 smp/jam
Usw3 : 6,840 km/jam	t1 : 0,115 jam (7 menit)	delay : 54,9 smp.jam
	t2 : 0,220 jam (13 menit)	Panjang Antrian: 0,620 km



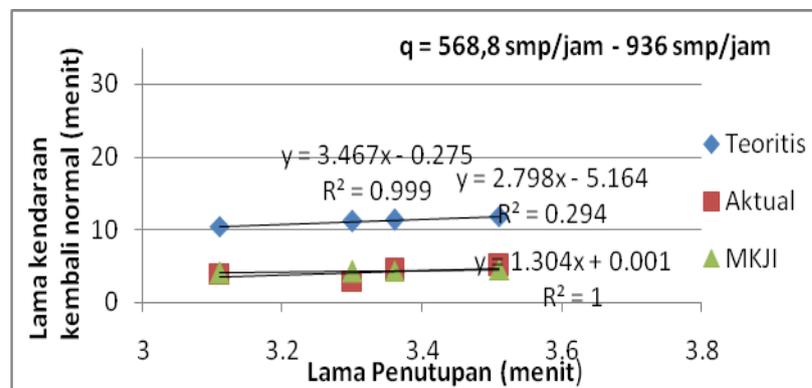
Gambar 7. Grafik tundaan siang waktu penutupan 2 ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting.

**PEMBAHASAN**

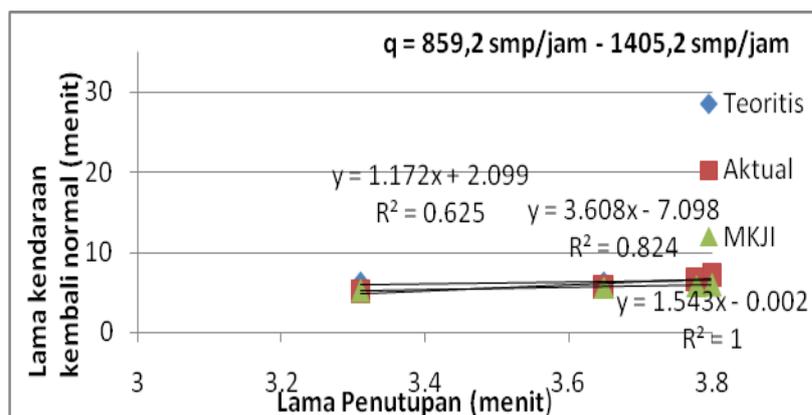
Dari hasil analisis hubungan lama waktu penutupan (t) dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk kembali normal ( $t_2$ ) waktu pagi, siang dan sore maka didapat grafik perbandingan hubungan t dengan  $t_2$  secara teoritis, aktual dan berdasarkan kapasitas dasar MKJI.



Gambar 8. Grafik hubungan  $t$  dengan  $t_2$  gabungan teoritis, aktual dan MKJI Pagi ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting.



Gambar 9. Grafik hubungan  $t$  dengan  $t_2$  gabungan teoritis, aktual dan MKJI Siang ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting.



Gambar 10. Grafik hubungan  $t$  dengan  $t_2$  gabungan teoritis, aktual dan MKJI Sore ke Semarang di Jalan Kaligawe Semarang pada kondisi eksisting.

Dengan memasukkan lama penutupan pintu perlintasan ( $t$ ) kedalam persamaan grafik teoritis, aktual dan MKJI selama 3 dan 4 menit, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Lama penutupan dengan lama kembali normal secara teoritis, aktual dan MKJI di Jalan Kaligawe Semarang.

Lama penutupan t (menit)	Lama kendaraan kembali normal t <sub>2</sub> (menit)					
	Teoritis		Aktual		MKJI	
	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar
3	5,615	26,172	3,23	8	3,913	5
4	6,787	34,465	6	13,32	5,21	6,68

Tabel 1 menunjukkan bahwa metode aktual dan MKJI menghasilkan lama kendaraan kembali normal ( $t_2$ ) yang hampir sama, maka dipilih hasil dari metode MKJI karena tidak bersifat visual.

Dari hasil analisis di Jalan Kaligawe dengan lama penutupan 3 menit didapat  $t_2 = 3,913 - 5$  menit dan lama penutupan 4 menit didapat  $t_2 = 5,21 - 6,68$  menit. Berdasarkan hal tersebut, maka Jalan Kaligawe Semarang untuk saat ini masih mampu menampung arus lalu lintas kendaraan saat terjadi penutupan pintu perlintasan, karena nilai  $t_2$  masih dibawah *headway* rata-rata kereta yaitu 22 menit. (Berdasarkan GAPEKA 2013).

Tabel 2. Lama penutupan dengan lama kembali normal secara teoritis, aktual dan MKJI di Jalan Kaliwungu Kendal.

Lama penutupan t (menit)	Lama kendaraan kembali normal t <sub>2</sub> (menit)					
	Teoritis		Aktual		MKJI	
	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar
3	6,27	22,7	2,475	6,6	4,172	11,88
4	7,157	28,327	3,55	10,158	5,564	15,85

Tabel 2 menunjukkan bahwa metode aktual dan MKJI menghasilkan lama kendaraan kembali normal ( $t_2$ ) yang hampir sama, maka dipilih hasil dari metode MKJI karena tidak bersifat visual.

Dari hasil analisis di Jalan Kaliwungu dengan lama penutupan 3 menit didapat  $t_2 = 4,172 - 11,88$  menit dan lama penutupan 4 menit didapat  $t_2 = 5,564 - 15,85$  menit. Berdasarkan hal tersebut, maka Jalan Kaliwungu Kendal untuk saat ini masih mampu menampung arus lalu lintas kendaraan saat terjadi penutupan pintu perlintasan karena besar  $t_2$  masih dibawah *headway* rata-rata kereta yaitu 25 menit. (Berdasarkan GAPEKA 2013).

Tabel 3. Lama penutupan dengan panjang antrian secara teoritis, aktual dan MKJI di Jalan Kaligawe Semarang.

Lama penutupan t (menit)	Panjang Antrian (km)					
	Teoritis		Aktual		MKJI	
	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar
3	0,197	1,3	0,063	0,555	0,15	0,25
4	0,257	1,875	0,155	0,718	0,2	1,66

Tabel 3 menunjukkan bahwa metode aktual dan MKJI menghasilkan panjang antrian yang hampir sama, maka dipilih hasil dari metode MKJI karena tidak bersifat visual.

Dari hasil analisis di Jalan Kaliwungu dengan lama penutupan 3 menit didapat panjang antrian 0,15 – 0,25 km dan lama penutupan 4 menit didapat panjang antrian = 0,2 – 1,66 km.

Tabel 4. Lama penutupan dengan panjang antrian secara teoritis, aktual dan MKJI di Jalan Kaliwungu Kendal.

Lama penutupan t (menit)	Panjang Antrian (km)					
	Teoritis		Aktual		MKJI	
	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar	Terkecil	Terbesar
3	0,25	1,53	0,07	0,179	0,078	0,366
4	0,33	1,9	0,105	0,298	0,105	0,5

Tabel 4 menunjukkan bahwa metode aktual dan MKJI menghasilkan panjang antrian yang hampir sama, maka dipilih hasil dari metode MKJI karena tidak bersifat visual.

Dari hasil analisis di Jalan Kaliwungu dengan lama penutupan 3 menit didapat panjang antrian 0,078 – 0,366 km dan lama penutupan 4 menit didapat panjang antrian = 0,105 – 0,5 km.

**KESIMPULAN**

Dari analisis pengaruh penutupan pintu perlintasan dengan alat penutup terhadap kinerja lalu lintas pada jalan Kaligawe Semarang dan jalan Kaliwungu Kendal dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Jalan Kaligawe dan Kaliwungu memiliki perbedaan secara geometrik dan jenis kendaraan yang melewatinya. Jalan Kaligawe bertipe 4/2D dengan dilewati semua jenis kendaraan, sedangkan Jalan Kaliwungu bertipe 2/2UD yang didominasi kendaraan ringan. Perbedaan tersebut mengakibatkan tingkat arus kendaraan (*flow*) dan kapasitas jalan menjadi berbeda, yang kemudian berpengaruh terhadap kinerja lalu lintas dan pengaruh penutupan pintu perlintasaan berupa panjang antrian dan waktu kendaraan kembali normal.
2. Hasil analisis simpang perlintasan pada kondisi eksisting diperoleh kesimpulan bahwa untuk saat ini Jalan Kaligawe Semarang dan Kaliwungu Kendal masih mampu menampung lalu lintas kendaraan yang melewati simpang perlintasan, karena berdasarkan GAPEKA 2013 tercatat ±72 kereta melintas setiap hari dengan *headway* kereta pada jam puncak lalu lintas pagi, siang, dan sore rata-rata adalah 22 menit untuk Jalan Kaligawe dan 25 menit untuk Jalan Kaliwungu dengan lama penutupan 3-4 menit. Untuk Jalan Kaligawe jika lama penutupan (t) = 3 menit didapat panjang antrian 0,15 – 0,25 km dengan lama kendaraan kembali normal setelah pintu perlintasan dibuka ( $t_2$ ) = 3,913 - 5 menit dan jika t = 4 menit didapat panjang antrian = 0,2 – 1,66 km dengan  $t_2$  = 5,21 – 6,68 menit. Sedangkan di Jalan Kaliwungu jika t = 3 menit didapat panjang antrian = 0,078 – 0,366 km dengan  $t_2$  = 4,172 – 11,88 menit dan jika t = 4 menit didapat panjang antrian = 0,105 – 0,5 km dengan  $t_2$  = 5,564 – 15,85 menit. Lama  $t_2$  yang diperoleh di Jalan Kaligawe dan Kaliwungu masih kurang dari 22 dan 25 menit.

3. Menanggapi rencana PT.KAI yang akan mengoperasikan *double track* dengan menambah frekuensi kereta api dari rata-rata  $\pm 72$  menjadi  $\pm 200$  kereta api per hari, diasumsikan bahwa *headway* kereta adalah sama setiap jam nya yaitu 7,2 menit, maka dari hasil analisis untuk Jalan Kaligawe mampu menampung lalu lintas saat terjadi penutupan pintu perlintasan jika lama penutupan 3 – 4 menit, tetapi untuk Jalan Kaliwungu sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas jika lama penutupan 3 dan 4 menit karena  $t_2$  yang diperoleh adalah 11,88 dan 15,85 menit. Disamping itu derajat kejenuhan (DS) di Jalan Kaligawe = 0,40 dan Kaliwungu = 0,75, sehingga agar lalu lintasnya baik, Jalan Kaliwungu perlu dilakukan perubahan geometrik menjadi 4/2D.

## **SARAN**

Dari kesimpulan yang telah dipaparkan sebelumnya terdapat beberapa saran yang dapat diusulkan, diantaranya :

1. Agar tidak terjadi antrian kendaraan yang panjang di simpang perlintasan di Jalan Kaliwungu saat *double track* beroperasi, maka *headway* kereta yang direkomendasikan pada jam puncak tidak kurang dari 16 menit.
2. Perlu dilakukan perubahan geometrik di Jalan Kaliwungu Kendal dari 2/2UD menjadi 4/2D karena derajat kejenuhan (DS) di Jalan Kaliwungu  $\geq 0,75$ .
3. Harus adanya koordinasi antara pihak terkait dengan PT.KAI dalam perencanaan jadwal perjalanan agar jam puncak Kereta Api tidak bersamaan dengan jam puncak lalu lintas jalan.
4. Pemasangan rambu-rambu lalu lintas seperti tanda dilarang berhenti, tanda dilarang parkir, dan tanda dilarang menaikkan dan menurunkan penumpang pada ruas jalan agar tidak terjadi kemacetan di kedua simpang perlintasan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Pusat Statistik. 2010. *Hasil Sensus Penduduk 2010 Provinsi Jawa Tengah*. (<http://www.bps.go.id/hasilSP2010/jateng/3300.pdf>).
- Direktorat Jenderal Bina Marga-Departemen Pekerjaan Umum. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga-Departemen Pekerjaan Umum. 2004. *RSNI Standar Perencanaan Geometri untuk Jalan Perkotaan*.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 2005. *Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan Dengan Jalur Kereta Api*.
- Fred L Mannering. 1967. *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*. University of Washington.