

PEMANFAATAN CITRA QUICKBIRD DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN KECELAKAAN

Daerah Kajian: Kota Semarang, Jawa Tengah

Lina Adi Wijayanti

lina.adiwijayanti@gmail.com

Zuharnen

h_harnen21@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purposes of this study are: (1) Determine the ability of Quickbird imagery to identify the factors that cause traffic accidents, (2) Generate spatial model of traffic accidents vulnerability, (3) Determine the spatial model accuracy of traffic accidents vulnerability. The vulnerability of the accident in this research was obtained through scoring model with weighting factor method by doing overlay upon the traffic accident parameter maps. The result of accuracy for each traffic accident parameters are ranged from 73,33% to 100%. Base on the processing result, the model of traffic accident vulnerability only includes two classes, not vulnerable and vulnerable, and there are no roads includes in the very vulnerable class. The accuracy level of the model is 44%.

Keywords: Accident, road, traffic

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Mengetahui kemampuan citra Quickbird untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan lalu lintas (2) Menghasilkan model spasial tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas (3) Mengetahui tingkat akurasi model spasial daerah rawan kecelakaan lalu lintas. Tingkat kerawanan kecelakaan pada penelitian ini diperoleh melalui metode pengharkatan berjenjang tertimbang dengan melakukan ovelay dari beberapa peta parameter penyebab kecelakaan lalu lintas. Hasil uji akurasi interpretasi untuk masing-masing parameter penyebab kecelakaan lalu lintas berkisar antara 73,33% hingga 100%. Berdasarkan dari hasil pengolahan, model daerah rawan kecelakaan hanya mencakup dua kelas yaitu rawan dan tidak rawan serta tidak ada ruas jalan yang termasuk dalam kelas sangat rawan. Tingkat Akurasi model adalah sebesar 44%

Kata kunci: Kecelakaan, Jalan, Lalu lintas

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk di Kota Semarang berbanding lurus dengan peningkatan jumlah kendaran bermotor, berdasarkan data dari Polwiltabes Semarang jumlah kendaraan bermotor di Kota Semarang pada tahun 2011 mencapai 190.107 unit, yang terdiri atas 184.809

kendaraan pribadi dan 5298 kendaraan umum. Jumlah tersebut terus bertambah dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu 167.159 unit kendaraan pada tahun 2010. Di lain pihak, pertambahan panjang ruas jalan kota hanya dari tahun 2009 hingga tahun 2011 hanya sekitar 7,99 Km (Semarang dalam angka, 2011).

Ketidakseimbangan antara penambahan jumlah kendaraan dengan panjang ruas jalan menjadikan volume lalu lintas kendaraan di Kota Semarang meningkat sehingga menimbulkan masalah seperti kemacetan lalu lintas dan kecelakaan lalu lintas.

Sistem Informasi Geografis dapat digunakan untuk melakukan suatu permodelan sehingga dapat diketahui karakteristik daerah yang rawan kecelakaan berdasarkan faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan. Input untuk melakukan identifikasi daerah rawan kecelakaan berasal dari data citra penginderaan jauh. Salah satu citra yang cocok digunakan untuk kajian masalah perkotaan seperti masalah kecelakaan lalu lintas ini adalah citra Quickbird.

METODE

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk penelitian ini diperoleh melalui beberapa cara yaitu dengan melakukan interpretasi pada citra Quickbird, melakukan survey lapangan, dan pengumpulan data sekunder dari instansi terkait.

Interpretasi pada citra Quickbird yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai beberapa parameter dari kondisi kondisi jalan seperti radius belokan, keberadaan marka jalan, kondisi

persimpangan jalan, keberadaan perlintasan kereta api serta keberadaan fasilitas penyeberangan serta untuk memperoleh informasi dari parameter kondisi lingkungan berupa penggunaan lahan di sisi jalan, pola arus lalu lintas, dan jarak pandang bebas. Parameter jarak pandang bebas tidak dapat diamati secara langsung melalui citra penginderaan jauh tetapi dapat diidentifikasi dengan menganalisis kenampakan-kenampakan yang dapat diamati secara langsung pada citra.

Survey lapangan dilakukan untuk menguji ketelitian hasil interpretasi dari citra penginderaan jauh serta untuk setiap parameter penyebab kecelakaan lalu lintas serta memperoleh informasi yang tidak dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh. Kegiatan survey lapangan ini dilakukan dengan mengambil sampel pada daerah kajian. Sampel diambil berdasarkan metode *stratified sampling*. Sampel diambil dari setiap ruas jalan yang mewakili tingkat kelas jalan yang berbeda-beda yaitu jalan arteri primer, jalan arteri sekunder, jalan kolektor primer, dan jalan kolektor sekunder.

Data sekunder mengenai jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas di peroleh dari instansi Satlantas Kota Semarang. Data jumlah kejadian kecelakaan ini nantinya akan digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil

model tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas. Selain itu juga diperlukan data mengenai ketersediaan dan kondisi rambu lalu lintas, data kecepatan rata-rata kendaraan, dan data daya layan jalan yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Semarang.

Pengolahan Data

1. Perhitungan Uji Akurasi Tingkat Ketelitian Interpretasi

Perhitungan tingkat ketelitian interpretasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil interpretasi dengan keadaan di lapangan. Perhitungan tingkat ketelitian interpretasi dilakukan dengan menggunakan matriks uji interpretasi dan formulanya sebagai berikut:

<p>Ketelitian Interpretasi =</p> $\frac{\text{Jumlah sampel benar tiap kategori}}{\text{Jumlah sampel total}} \times 100\%$
--

Setelah diketahui tingkat ketelitian interpretasi, selanjutnya dilakukan proses reinterpretasi. Dari hasil reinterpretasi tersebut kemudian digunakan sebagai masukan untuk penyusunan model daerah rawan kecelakaan lalu lintas berdasarkan parameter-parameter penyebabnya.

Permodelan yang digunakan menggunakan metode kuantitatif berjenjang tertimbang dimana setiap parameter diberikan harkat sesuai dengan pengaruhnya terhadap kejadian kecelakaan lalu lintas.

2. Skoring dan Pembobotan Parameter Penyebab Kecelakaan Lalu lintas

Masing-masing parameter diberi skor dan bobot sesuai dengan peran parameter tersebut sebagai penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas. Parameter yang dianggap memiliki peranan paling besar terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas diberi bobot yang lebih besar, dan begitu sebaliknya. Berikut adalah nilai harkat dan bobot untuk masing-masing parameter:

Tabel 1. Parameter Penggunaan Lahan

No	Jenis penggunaan lahan	Harkat
1	Daerah permukiman, dengan jalan samping	1
2	Daerah permukiman, beberapa kendaraan umum, dsb	2
3	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan	3
4	Daerah komersil, aktivitas sisi jalan tinggi	4
5	Daerah komersil dengan aktivitas pasar di samping jalan	5

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 2. Parameter Radius Belokan Jalan

No	Radius belokan	Harkat
1	Jalan lurus (bukan belokan)	1
2	Lurus kemudian belokan transisi	2
3	Belokan melingkar	3
4	Belokan bersudut > 90 ⁰	4
5	Belokan bersudut =90 ⁰	5

Sumber: Hobbs, 1979

Tabel 3. Parameter Jarak Pandang bebas

No	Jarak pandang bebas	Harkat
1	Pandangan kedepan tidak terhalang oleh bangunan atau objek lain	1
2	Pandangan kedepan terhalang oleh bangunan atau objek lain	5

Sumber: Hadiarta.2005

Tabel 4. Parameter Fasilitas Penyeberangan

No	Fasilitas penyeberangan	Harkat
1	Kawasan komersial maupun non komersial ada fasilitas penyeberangan jalan	1
2	Kawasan non komersial tidak ada fasilitas penyeberangan jalan	3
3	Kawasan komersial tidak ada fasilitas penyeberangan jalan	5

Sumber: Malkamah, 1994

Tabel 5. Parameter Marka Jalan

No	Marka jalan	Harkat
1	Ada marka yang jelas dan sesuai dengan standar	1
2	Tidak ada marka atau marka jalan kurang sesuai dengan standar	5

Sumber: Suharyadi, 2005

Tabel 6. Parameter Pola Arus Lalu lintas

No	Pola arus lalu lintas	Harkat
1	Satu arah dengan median	1
2	Satu arah tanpa median	2
3	Dua arah dengan lebih dari satu median	3
4	Dua arah dengan satu median	4
5	Dua arah tanpa median	5

Sumber: Abubakar, dkk,2000

Tabel 7. Parameter Pengendalian

Persimpangan

No	Pengendalian persimpangan	Harkat
1	Persimpangan tidak sebidang atau bukan persimpangan	1
2	Persimpangan sebidang 3 kaki dengan kanalisasi	2
3	Persimpangan sebidang 4 kaki dengan kanalisasi	3
4	Persimpangan sebidang banyak kaki dengan kanalisasi maupun bunderan	4
5	Persimpangan tanpa kanalisasi atau pengendalian	5

Sumber: Malkamah,1994

Tabel 8. Parameter Perlintasan Kereta Api

No	Kereta api	Harkat
1	Tidak ada perlintasan kereta api sebidang	1
2	Ada perlintasan kereta api sebidang	5

Sumber: Hadiarta, 2005

Tabel 9. Parameter Kecepatan Rata-rata

Kendaraan

No	Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)	Harkat
1	< 20	1
2	21-30	2
3	31-40	3
4	41-50	4
5	> 51	5

Sumber: Hadiarta, 2005

Tabel 10. Parameter Rambu Lalu lintas

No	Rambu	Keterangan	Harkat
1	Baik	Rasio kebutuhan dengan ketersediaan rambu > 50%	1
2	Sedang	Rasio kebutuhan dengan	3

		ketersediaan rambu 26-49%	
3	Jelek	Rasio kebutuhan dengan ketersediaan rambu < 25%	5

Tabel 11. Parameter Kapasitas Jalan

V/C ratio	Karakteristik arus lalu lintas	Harkat
0,00 - 0,19 (Level A)	Arus lalu lintas bebas, volume lalu lintas rendah, kepadatan jalan rendah, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki tanpa hambatan	1
0,20 - 0,44 (Level B)	Arus lalu lintas stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas akibat peningkatan volume lalu lintas, pengemudi masih memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	2
0,45 - 0,69 (Level C)	Arus lalu lintas stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	3
0,70 - 0,84 (Level D)	Arus lalu lintas mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, volume lalu lintas masih dapat ditolerir	4
>0,85 (Level E)	Arus lalu lintas tidak stabil, kecepatan rendah dan terkadang terhenti, volume lalu lintas berada/ dibawah kapasitas, terjadi hambatan yang besar	5

Sumber: Suharyadi, 2005

Tabel 12. Parameter Topografi Wilayah

No	Topografi	Harkat
1	Datar	1
2	Landai	2
3	Miring	3
4	Agak terjal	4
5	Sangat terjal	5

Tabel 13. Faktor pembobot tiap parameter

Parameter	Bobot
Penggunaan lahan di sisi jalan	2
Radius belokan	2
Jarak pandang bebas	2
Fasilitas penyeberangan	1
Marka jalan	2
Pola arus lalu lintas	2
Pengendalian persimpangan	2
Perlindungan kereta api	1
Tingkat pelayanan jalan	3
Rambu lalu lintas	3
Kecepatan rata-rata kendaraan	3
Topografi wilayah	3

3. Klasifikasi Tingkat Kerawanan

Kecelakaan

Seluruh hasil pengharkatan di jumlahkan untuk mendapatkan skor total. Berikut formula untuk menghitung skor total

$$\text{Harkat total} = (\text{Harkat A} \times \text{Pembobot A}) + (\text{Harkat B} \times \text{Pembobot B}) + \dots (\text{Harkat n} \times \text{Pembobot n}) \dots \dots \dots (1)$$

Tingkat kerawanan kecelakaan akan diklasifikasikan menjadi tiga kelas yaitu tingkat kecelakaan yaitu tidak rawan, agak rawan, dan sangat rawan. Interval tiap kelas ditentukan dengan metode interval

teratur sehingga panjang interval tiap kelas adalah sama. Penentuan interval kelas dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Skor terendah} = 29$$

$$\text{Skor tertinggi} = 117$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{117 - 29}{3}$$

$$= 29,33 \text{ dibulatkan jadi } 30$$

Berdasarkan harkat dan bobot yang dijelaskan diatas maka tingkat kerawanan kecelakaan dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 14. Klasifikasi Tingkat Kecelakaan Lalu lintas

No	Harkat Total	Klasifikasi Tingkat Kerawanan Kecelakaan
1	29 – 59	Tidak rawan
2	60 – 90	Agak rawan
3	91 – 121	Sangat rawan

Analisis Data

Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif untuk menjelaskan akurasi antara hasil model rawan kecelakaan yang telah dibuat terhadap data sekunder. Analisis deskriptif kualitatif juga digunakan untuk menjelaskan antara ketelitian hasil interpretasi citra Quickbird terhadap faktor-faktor penyebab kecelakaan dengan kondisi lapangan.

Hasil dan Pembahasan

1. Identifikasi Parameter Penyebab Kecelakaan Melalui Citra Quickbird

a. Parameter Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil interpretasi dan cek lapangan diperoleh tingkat akurasi interpretasi sebesar 80%.

		Lapangan					
Lab		A	B	C	D	E	Total
	A	6	1				7
	B	2	5				7
	C			4	1		5
	D			1	5		6
	E				1	4	5
	Total	8	6	5	7	4	30
Ketelitian	$(6+5+4+5+4) / 30 \times 100\%$ $= 24 / 30 \times 100\%$ $= 80\%$						

Keterangan:

A : Permukiman dengan jalan samping

B :Permukiman dengan beberapa kendaraan umum

C : Industri, beberapa toko di sisi jalan

D : Daerah komersil aktivitas jalan tinggi

E : Daerah komersil dengan aktivitas pasar di samping jalan

b. Parameter Radius Belokan Jalan

Hasil ketelitian interpretasi untuk parameter radius belokan jalan ini adalah sebesar 83%. Artinya caitra penginderaan jauh cukup baik untuk mengidentifikasi parameter radius belokan jalan

		Lapangan					Total
		A	B	C	D	E	
Lab	A	8	2				10
	B	1	7		1		9
	C			4			4
	D		1		6		7
	E					0	0
	Total	9	10	4	7	0	30
	Ketelitian	$(8+7+4+6+0) / 30 \times 100\%$ $= 25 / 30 \times 100\%$ $= 83\%$					

Keterangan:

A : Jalan lurus (bukan belokan)

B : Jalan lurus dengan belokan transisi

C : Belokan melingkar

D : Belokan bersudut lebih dari 90°

E : Belokan bersudut sama dengan 90°

c. Parameter Fasilitas Penyeberangan

Ketelitian interpretasi parameter fasilitas penyeberangan jalan mencapai 80%.

		Lapangan			Total
		A	B	C	
Lab	A	7	1	1	9
	B	1	9	1	11
	C	2	0	8	10
	Total	10	10	10	30
	Ketelitian	$(7+9+8) / 30 \times 100\%$ $= 24 / 30 \times 100\%$ $= 80\%$			

Keterangan:

A: Kawasan komersil maupun non komersil ada fasilitas penyeberangan

B: Kawasan non komersial tidak ada fasilitas penyeberangan

C: Kawasan komersil tidak ada fasilitas penyeberangan

d. Parameter Marka Jalan

Ketelitian interpretasi parameter marka jalan ini sebesar 83%.

		Lapangan		
		A	B	Total
Lab	A	15	2	17
	B	3	10	13
	Total	18	12	30
	Ketelitian	$(15+10) / 30 \times 100\%$ $= 25 / 30 \times 100\%$ $= 83\%$		

Keterangan:

A: Ada Marka sesuai standar

B: Tidak ada marka atau marka tidak sesuai standar

e. Parameter Pola Arus Lalu lintas

Hasil ketelitian interpretasi parameter pola arus lalu lintas sebesar 73,33%.

		Lapangan					Total
		A	B	C	D	E	
Lab	A	4	2				6
	B	2	6				8
	C			0			0
	D	2			8		10
	E				2	4	6
	Total	8	8	0	10	4	30
	Ketelitian	$(4+6+0+8+4) / 30 \times 100\%$ $= 22 / 30 \times 100\%$ $= 73,33\%$					

Keterangan:

A: Jalan satu arah dengan median

B: Jalan satu arah tanpa median

C: Jalan dua arah dengan lebih dari satu median

D: Jalan dua arah dengan 1 median

E: Jalan dua arah tanpa media

f. Parameter Jarak Pandang Bebas

Hasil ketelitian interpretasi untuk parameter jarak pandang bebas adalah sebesar 76,67%. Hal ini berarti kemampuan citra Quickbird untuk mengidentifikasi parameter jarak pandang bebas tidak terlalu baik.

Lab	Lapangan			
		A	B	Total
	A	10	4	14
	B	3	13	16
	Total	13	17	30
Ketelitian	$(10+13) / 30 \times 100\%$ $= 23 / 30 \times 100\%$ $= 76,67\%$			

Keterangan:

A: Pandangan ke depan terhalang oleh bangunan atau obyek lain

B: Pandangan ke depan tidak terhalang oleh bangunan atau obyek lain.

g. Parameter Perlintasan Kereta Api

Hasil dari interpretasi citra dan keadaan di lapangan dapat dikatakan sama. Hal ini terlihat dari hasil ketelitian interpretasi yang mencapai 100%.

Lab	Lapangan			
		A	B	Total
	A	28	0	28
	B	0	2	2
	Total	28	2	30
Ketelitian	$(28+2)/30 \times 100\%$ $= 30/30 \times 100\%$ $= 100\%$			

Keterangan:

A: Tidak ada perlintasan kereta api sebidang

B: Ada perlintasan kereta api sebidang.

h. Parameter Pengendalian

Persimpangan

Hasil ketelitian interpretasi untuk parameter persimpangan jalan mencapai 100% artinya kondisi lapangan sama seperti hasil interpretasi

Lab	Lapangan						
		A	B	C	D	E	Total
	A	19					19
	B		8				8
	C			0			0
	D				3		3
	E					0	0
Total	19	8	0	3	0	30	
Ketelitian	$(19+8+0+3+0) / 30 \times 100\%$ $= 30/30 \times 100\%$ $= 100\%$						

Keterangan:

A: Bukan persimpangan

B: Persimpangan 3 kaki

- C: Persimpangan 4 kaki
- D: Persimpangan banyak kaki
- E: Persimpangan tanpa pengendalian

2. Identifikasi Parameter Penyebab Kecelakaan Lalu lintas Melalui Data Sekunder dan Peta Topografi

a. Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Berdasarkan data diketahui bahwa kecepatan rata-rata kendaraan pada ruas jalan arteri dan kolektor Kota Semarang berkisar antara 23-42 Km/Jam. Kecepatan rata-rata kendaraan tercepat terdapat pada ruas jalan Perintis Kemerdekaan yakni 42 Km/Jam. Kecepatan rata-rata yang paling rendah ada di Jalan Kaligawe yaitu 25 Km/Jam.

b. Tingkat Pelayanan Jalan

Berdasarkan data yang ada, ruas jalan arteri dan kolektor di Kota Semarang memiliki tingkat pelayanan jalan yang bervariasi dari mulai level B hingga hingga level E dan tidak ditemui ruas jalan dengan tingkat pelayanan jalan level A.

c. Rambu Lalu Lintas

Data yang rambu lalu lintas yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari Dinas Perhubungan Kota Semarang tahun 2008. Berdasarkan data yang ada rasio kebutuhan dan ketersediaan rambu lalu lintas di Kota Semarang secara umum sudah cukup baik yaitu memiliki nilai rasio kebutuhan dan ketersediaan mencapai 36% untuk ruas jalan

nasional, 39% untuk ruas jalan provinsi, dan 50% untuk ruas jalan kota.

d. Topografi Wilayah

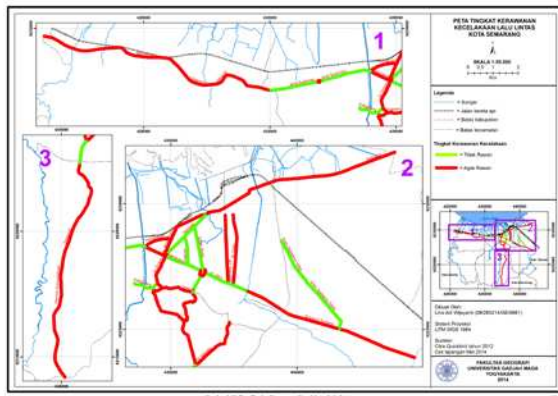
Perbedaan relief pada suatu daerah akan berpengaruh juga terhadap kondisi geometris jalan seperti besarnya kemiringan dan sudut tikungan jalan. Perbedaan kondisi geometris jalan inilah yang akan berpengaruh terhadap kejadian kecelakaan lalu lintas. Beberapa jalan yang berada pada daerah beropografi sangat terjal misalnya adalah Jalan Perintis Kemerdekaan, Jalan Dr. Wahidin, dan sebagian Jalan Setiabudi. Sedangkan ruas jalan yang berada di daerah bertopografi datar antara lain jalan Brigjend. Sudiarto, Jalan Brigjend Katamso, dan Jalan Ahmad Yani.

3. Validasi Model Daerah Rawan Kecelakaan

Model tingkat kerawanan kecelakaan hasil tumpang susun (*overlay*) akan dibandingkan dengan data sekunder jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas di Kota Semarang untuk mengetahui tingkat akurasi model dengan keadaan di lapangan. Data sekunder jumlah kejadian kecelakaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah kejadian kecelakaan dari Satlantas Kota Semarang tahun 2012. Dari 25 ruas jalan, hanya ada 11 ruas jalan yang sesuai antara hasil model dan data kejadian kecelakaan sehingga akurasi model dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi model} &= 11/25 \times 100\% \\ &= 44\% \end{aligned}$$

Akurasi sebesar 44% berarti hasil model yang dihasilkan masih berbeda dengan kondisi di lapangan. Adanya perbedaan antara hasil model dengan keadaan di lapangan dapat terjadi karena beberapa hal misalnya parameter-parameter yang digunakan untuk membuat model tidak sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar1. Peta Tingkat Kerawanan Kecelakaan

Kesimpulan

1. Citra Quickbird dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter penyebab kecelakaan lalu lintas dari faktor kondisi jalan dan lingkungan, hal ini terlihat dari hasil uji ketelitian interpretasi untuk masing-masing parameter antara 73.33%-100%

2. Berdasarkan hasil model kerawanan kecelakaan lalu lintas di Kota Semarang ruas jalan yang terbagi dalam kriteria rawan dan tidak rawan, serta tidak ada ruas jalan yang memenuhi kriteria sangat rawan.

3. Model daerah rawan kecelakaan lalu lintas di Kota Semarang yang dibuat berdasarkan parameter kondisi jalan dan lingkungan memiliki nilai akurasi sebesar 44%. Hal ini model yang dihasilkan belum sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

Daftar Pustaka

- Abubakar, dkk. 1998. *Sistem Transportasi kota*. Direktorat Jendral Perhubungan Darat, Direktorat Jendral Bina Sistem Lalulintas dan Angkutan Kota : Jakarta
- Anonim. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Republik Indonesia*. Direktorat Jendral Bina Marga, Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT) : Jakarta
- Hobbs, K.D. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalulintas*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Hurst, Michael E.Eliot. 1974. *Transportation Geography Comment and readings*. McGraw-Hill.Inc: United States of America
- Miro, Fidel. 1997. *Sistem Transportasi Kota*. Tarsito: Bandung
- Prabawati, Norma. 2008. Pemanfaatan Citra Quickbird dan Sistem Informasi Geografis untuk Kajian Kecelakaan Lalulintas (Studi Kasus Sebagian Kota Surakarta). *Skripsi*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta