

**Penentuan Jalur Optimal Menuju Stasiun Kereta Api Tawang Kota Semarang
Menggunakan Analisis Jaringan**

Nina Ratnaningrum, Bambang Darmo Yuwono, Moehammad Awaluddin³⁾

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Telp. (024) 76480785, 76480788 Tembalang Semarang

Abstract

As the development of human life, roads as a means of transportation facing increasingly complex problems, which affect the use of the road network is mainly related to the travel time required to reach a location. Tawang railway station in Semarang City is one of the common facilities often used by people as a long-distance mass transportation infrastructure. During the development, people need to reach Tawang railway station fast and optimal, views of time to reach the location at an interval of morning, afternoon, and evening.

This research aimed to obtain information about the approximate travel time of traffic that will be very useful for the users of the road so that the road users can pick and choose the best travel interval at a predetermined route before traveling. Geographic Information Systems can be used as an alternative to analyze the road network and the travel time which determines the most optimal track towards the Tawang railway station, as well as analyzing the time the plan is prepared to road users could get the location on time. The calculation of travel time based on Travel Time Reliability that will give result Planning Time.

The results obtained for an optimal route in the Mangkang Bus Station – Tawang Railway Station Route is via Jl. Imam Bonjol in the evening which has a length of 17.099 km road with Travel Time is 26.34 minutes, 48.79 minutes for Planning Time, and Validation Time is 30.81 minutes; the Terboyo Bus Station – Tawang Railway Station Route is via Jl. Letjend Suprapto at afternoon which has a length of 5.707 km road with Travel Time is 9.04 minutes, Planning Time is 16.79 minutes and 15.51 minutes for the Validation Time; the Penggaron Bus Station – Tawang Railway Station Route via Jl. Soekarno Hatta in the evening of a long road that has 10,694 km with Travel Time is 19.96 minutes, 35.82 minutes for Planning Time, and Validation Time is 20.49 minutes; and the Banyumanik Bus Station – Tawang Railway Station Route via Jl. MT. Haryono in the afternoon which has a length of 13.851 km road with Travel Time is 23.28 minutes, Planning Time is 48.79 minutes and 31.18 minutes for the Validation Time.

Keywords : *Geographic Information System, ArcGIS, Network Analysis, optimal track.*

³⁾ Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Jalan merupakan faktor pendukung utama bagi manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Pesatnya pertambahan jumlah penduduk menyebabkan jumlah pengguna jalan meningkat setiap tahun yang akan membawa implikasi terhadap penggunaan jaringan jalan. Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, fasilitas umum merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari manusia, salah satunya adalah Stasiun Kereta Api Tawang Semarang yang menjadi salah satu prasarana transportasi massal jarak jauh. Dalam perkembangannya, masyarakat membutuhkan pencapaian lokasi dengan waktu tempuh tercepat. Pada kenyataannya keberadaan Stasiun Kereta Api Tawang Semarang lokasinya tidak berada di pusat kota, dan kondisi ini sering terhambat karena pada jaringan jalan sering terdapat permasalahan lalu lintas yang kompleks terutama pada jam-jam sibuk di daerah perkotaan. Informasi jalur optimal berdasarkan jalur terpendek tidak menjamin pencapaian suatu lokasi dengan waktu tempuh tercepat, terutama pada selang waktu antara pukul 06.00 s.d. 21.00. Pada selang waktu tersebut, waktu-waktu sibuk dapat dibedakan menurut selang waktu pukul 06.00 s.d. 11.00, pukul 11.00 s.d. 16.00, dan pukul 16.00 s.d. 21.00. Pada selang waktu tersebut terdapat kepadatan arus lalu lintas yang berbeda-beda dan dapat mempengaruhi penentuan jalur optimal dalam pencapaian lokasi fasilitas umum tersebut.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Jalur manakah yang paling optimal pada setiap rute menuju Stasiun Kereta Api Tawang Kota Semarang dari masing-masing titik keberangkatan ditinjau dari waktu tempuhnya?
2. Bagaimana pemilihan waktu yang tepat untuk menuju Stasiun Kereta Api Tawang Kota Semarang dari masing-masing titik keberangkatan terminal?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Data yang digunakan adalah peta *digital* jaringan jalan Kota Semarang, peta rencana tata ruang Kota Semarang, data jaringan jalan Kota Semarang, dan data distribusi kecepatan rata-rata jalan raya Kota Semarang.
2. Pelaksanaan penelitian menggunakan perangkat lunak pengolahan SIG dan survei lapangan menggunakan *Floating Car Method* atau Metode Kendaraan Contoh.

3. Studi dilakukan di wilayah Kota Semarang dengan tujuan Stasiun Kereta Api Tawang Semarang dari 4 buah titik keberangkatan, antara lain Terminal Terboyo, Terminal Penggaron, Terminal Banyumanik, dan Terminal Mangkang.

I.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter dari penentuan jalur optimal didasarkan pada waktu tempuh kendaraan sepanjang jaringan jalan hasil survei lapangan pada jam-jam sibuk dengan selang waktu pagi, siang, dan sore/malam.
2. Penggunaan jalur optimal hanya untuk kendaraan bermotor roda dua, kendaraan bermotor roda tiga, dan kendaraan bermotor roda empat golongan I yang meliputi : sedan, jip, *pick up*, *bus* kecil, dan truk kecil (3/4).
3. Hambatan yang dianggap dalam penentuan jalur optimal ini adalah *Traffic Light* dan rambu *Stop* pada persimpangan jalan raya dan persimpangan jalur lintasan kereta api.

I.5 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi mengenai perkiraan waktu perjalanan lalu lintas yang akan sangat berguna bagi para pengguna jalan pada rute yang telah ditentukan menuju Stasiun Kereta Api Tawang Kota Semarang dengan menggunakan parameter waktu tempuh kendaraan sepanjang jaringan jalan.

II. Dasar Teori

II.1 Metode Survei Waktu Tempuh Kendaraan

Metode Kendaraan Contoh (*Floating Car Method*) merupakan suatu metode dimana pengemudi mengusahakan agar jumlah kendaraan yang didahului kendaraan contoh sama dengan kendaraan yang mendahului kendaraan contoh. Kendaraan contoh melaju sesuai dengan kecepatan batas kecuali terhambat oleh kondisi lalu lintas yang disurvei. Pada cara ini dapat diperoleh kecepatan perjalanan total dan kecepatan bergerak serta lokasi hambatan dan lamanya hambatan di sepanjang rute (Bina Marga, 1997).

II.2 Pengenalan Metode *Travel Time Reliability* dalam Penentuan Waktu Perjalanan

Travel Time Reliability bertujuan mencari waktu optimal dalam melakukan suatu perjalanan untuk suatu alasan ataupun pekerjaan dari suatu zona menuju zona lain pada rute tertentu (Bertini, R.L., and Lyman, K., 2005). Perhitungan waktu optimal dilakukan dengan perhitungan persentil 95.

1. **Persentil ke-95:** waktu perjalanan yang dianggap paling sibuk pada arus lalu lintas (Bertini, R.L., and Lyman, K., 2005). Perhitungan nilai persentil ke-95 didapat dari data waktu perjalanan pada pengamatan/penelitian yang telah diurutkan.

$$P95 = \frac{95(N+1)}{100} \dots \quad (2.1)$$

P95 = Persentil 95

N = Jumlah Perjalanan

2. ***Free Flow Time:*** waktu tempuh yang dihasilkan pada sebuah rute ketika kepadatan arus kendaraan tidak tinggi dan tidak juga rendah, sehingga dapat dikatakan sebagai waktu perjalanan rata-rata.

$$Free\ Flow\ Time = \frac{\text{total jarak tempuh rute 1}}{\text{kecepatan}} \dots \quad (2.2)$$

3. ***Travel Time Window***: nilai waktu tempuh yang bervariasi dengan menambahkan dan mengurangkan deviasi standar dari waktu tempuh .

4. **Buffer Indeks:** besarnya persentase waktu ekstra yang dibutuhkan terhadap berbagai hambatan yang terjadi dalam perjalanan.

$$\text{Buffer Indeks} = \frac{(travel\ time\ window) - (persentil\ 95\ waktu\ perjalanan)}{travel\ time\ window} \dots \quad (2.4)$$

5. **Buffer Time:** besarnya waktu ekstra yang dibutuhkan oleh seorang pelaku perjalanan agar tiba sampai ke tempat tujuannya tepat pada waktunya.

$$\text{Buffer Time} = (\text{Buffer Indeks}) \times (\text{Travel Time Window}) \dots \quad (2.5)$$

6. ***Planning Time:*** perhitungan waktu tempuh rencana, agar perjalanan bisa sampai tujuan tepat pada waktunya.

$$\text{Planning Time} = \text{Buffer Time} + \text{Travel Time Window} \dots \quad (2.6)$$

II.3 Konsep ArcGIS Desktop

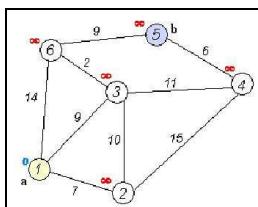
1. Network Analysis Tools

Network Analyst merupakan salah satu *extention* yang disediakan pada *ArcGIS Desktop* yang memiliki kemampuan untuk melakukan analisis jaringan, dimana dalam melakukan analisis jaringan *network analyst* akan menemukan jalur yang paling kecil impedansinya. Sementara *Route Analysis* adalah metode untuk menentukan rute optimal

antara dua objek atau lebih yang dihubungkan oleh jaringan transportasi. Rute optimal ini bisa berdasarkan jarak tempuh ataupun waktu tempuh terkecil.

II.4 Algoritma Dijkstra Sebagai Metode Pencarian Jalur Terpendek

Algoritma Dijkstra merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk menentukan jalur terpendek antar node dengan berdasar pada basis penghitungan “dari satu node menuju seluruh node” berdasarkan bobot terkecil dari satu titik lainnya. Misalkan titik menggambarkan gedung dan garis menggambarkan jalan, maka algoritma Djikstra melakukan kalkulasi terhadap semua kemungkinan bobot terkecil dari setiap titik.



Gambar 1. Contoh keterhubungan antar titik dalam algoritma Dijkstra.

III. Pelaksanaan Penelitian

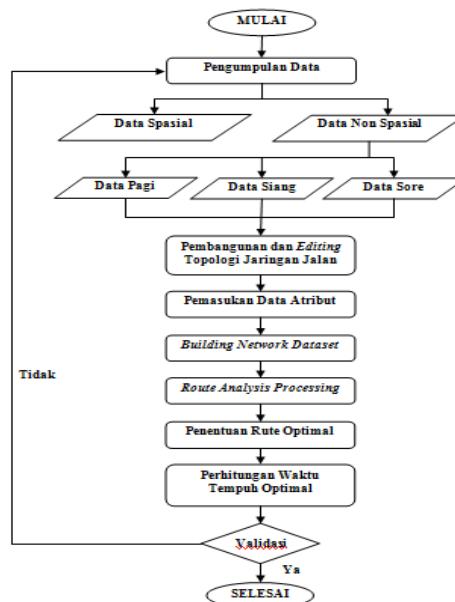
III.1 Deskripsi Daerah Penelitian

Kota Semarang berada antara $6^{\circ} 58' 00''$ Lintang Utara dan $110^{\circ} 25' 00''$ Bujur Timur. Kota Semarang memiliki luas $373,67 \text{ km}^2$ yang terdiri atas 16 kecamatan dan 177 kelurahan.

Pemilihan Terminal Mangkang, Terminal Terboyo, Terminal Penggaron, dan Terminal Banyumanik sebagai titik keberangkatan dikarenakan untuk mewakili area keberangkatan pada lokasi Terminal tersebut, sehingga dapat mencakup keseluruhan area Kota Semarang dan dapat mempermudah pengguna kendaraan pribadi.

III.2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian penulisan penelitian ini terdapat pada diagram alir gambar 1 berikut.

**Gambar 2.** Alur metodologi penelitian

1. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data waktu tempuh segmen jalan merupakan hasil survei lapangan menggunakan metode *Floating Car Method* pada tanggal 28 Oktober 2013 – 1 November 2013 dan tanggal 4 November 2013 di jalan-jalan kota Semarang yang telah ditentukan sebagai segmen jalan yang akan dianalisis.

Tabel 1. Segmen jalan yang akan dianalisis

No.	Nama Jalan	No.	Nama Jalan
1	Ahmad Yani	25	Mpu Tanular
2	Barito	26	MT. Haryono
3	Brigjend Sudarto	27	Pahlawan
4	Bundaran Indraprasta	28	Pandanaran
5	Bundaran Johar	29	Patimura
6	Bundaran Kalibanteng	30	Pernuda
7	Bundaran Tugumuda	31	Perintis Kemerdekaaan
8	Cendrawasih	32	Raden Patah
9	Citarum	33	Ronggowsarito
10	Diponegoro	34	S. Parman
11	Dr. Sutomo	35	Setiabudi
12	Dr. Wahidin	36	Sitiwangi
13	Gajah Mada	37	Simpang Lima
14	Gendingan	38	Soekarno Hatta
15	Hasanudin	39	Sugiyopranoto
16	Imam Bonjol	40	Sultan Agung
17	Indraprasta	41	Taman Diponegoro
18	Jend. Sudirman	42	Tawang
19	Kaligawe	43	Teuku Umar
20	Katamso	44	Usman Janatin
21	Letjend Suprapto	45	Walisongo
22	Majapahit	46	Wolter Monginsidi
23	Mataram	47	Yos Sudarso
24	Merak		

2. Tahap Pengolahan

Dalam tahapan ini dilakukan pembuatan *Network Dataset* menggunakan aplikasi *ArcCatalog* berdasarkan peta *digital* jaringan jalan Kota Semarang berformatkan *shapefile* (.shp) yang berisi data atribut “*minutes*” yang mewakili data waktuh tempuh segmen jalan.

3. Tahap Analisis dan Validasi

Pada tahap analisis ini terdapat dua proses yaitu proses penentuan rute tercepat yang berdasarkan hasil *Route Analysis Processing* dan proses perhitungan waktu tempuh optimal yang dilakukan dengan menghitung *Planning Time* menggunakan metode perhitungan *Travel Time Reliability*.

Sementara pada tahap validasi dilakukan dengan melakukan pembuktian perjalanan pada rute dan batasan waktu tempuh perjalanan yang telah dihasilkan pada analisis sebelumnya. Pada penelitian ini survei validasi waktu tempuh perjalanan dilakukan pada hari Rabu tanggal 27 November 2013.

IV. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Route Analysis Processing

Hasil Route Analysis Processing dapat dilihat pada Tabel 2.

2. Analisis Jalur Optimal

Pada **Tabel 3** dibawah ini merupakan hasil keseluruhan waktu tempuh setiap rute pada selang waktu pagi, siang, dan sore hari. Waktu tempuh ini diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu *Travel Time* dan *Planning Time*. *Travel Time* merupakan waktu tempuh ketika jalan raya dalam keadaan lancar tanpa adanya hambatan atau kemacetan yang panjang. Sementara *Planning Time* merupakan waktu tempuh estimasi yang diperlukan untuk menuju Stasiun Tawang ketika terjadi kemacetan. Dan Δ *Time* adalah selisih antara *Travel Time* dan *Planning Time*. Pada Δ *Time* dapat terlihat bahwa semakin tinggi nilainya maka kemungkinan terjadinya kemacetan panjang semakin tinggi pula.

Tabel 3. Hasil Keseluruhan Data Waktu Tempuh Optimal

Rute	Selang Waktu	Jalur Via	Panjang Jalan (km)	Waktu Tempuh (menit)		Δ Time (menit)
				Travel Time	Planning Time	
Mangkang - Tawang	Pagi	Jl. Yos Sudarso	19,634	30,20	57,40	27,20
	Siang	Jl. Pemuda	17,425	30,31	55,70	25,39
	Sore	Jl. Imam Bonjol	17,101	26,34	48,74	22,40
Terboyo - Tawang	Pagi	Jl. Letjend Suprapto	5,713	9,09	16,61	7,52
	Siang	Jl. Letjend Suprapto	5,707	9,04	16,79	7,75
	Sore	Jl. Letjend Suprapto	5,713	9,33	17,54	8,21
Penggaron - Tawang	Pagi	Jl. Soekarno Hatta	10,686	20,17	28,75	8,58
	Siang	Jl. Majapahit	11,294	26,19	48,00	21,81
	Sore	Jl. Soekarno Hatta	10,686	19,96	35,82	15,86
Banyumanik - Tawang	Pagi	Jl. MT. Haryono	13,856	26,24	49,83	23,59
	Siang	Jl. MT. Haryono	13,851	23,28	43,85	20,57
	Sore	Jl. Gajah Mada	14,682	27,22	51,96	24,74

Selain itu pada setiap rute terdapat jalur yang paling optimal, yaitu antara lain :

1. Rute Terminal Mangkang – Stasiun Tawang: Jalur via Jl. Imam Bonjol pada sore hari dengan panjang jalan 17,099 km, *Travel Time* 26,34 menit dan *Planning Time* 48,79 menit.
2. Rute Terminal Terboyo – Stasiun Tawang: Jalur via Jl. Letjend Suprapto pada siang hari dengan panjang jalan 5,707 km ,*Travel Time* 9,04 menit dan *Planning Time* 16,79 menit.
3. Rute Terminal Penggaron – Stasiun Tawang: Jalur via Jl. Soekarno Hatta pada sore hari dengan panjang jalan 10,694 km, *Travel Time* 19,96 menit dan *Planning Time* 35,82 menit.
4. Rute Terminal Banyumanik – Stasiun Tawang: Jalur via Jl. MT. Haryono pada siang hari dengan panjang jalan 13,851 km, *Travel Time* 23,28 menit dan *Planning Time* 48,79 menit.

3. Analisis Validasi Jalur Optimal

Hasil validasi (*Validation Time*) dapat dikatakan valid atau tervalidasi apabila *Validation Time* tidak melebihi *Planning Time* meskipun lebih besar dari *Travel Time*.

1. Jalur Optimal Terminal Mangkang – Stasiun Tawang: Terjadi kepadatan arus lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan besar seperti truk pengangkut barang pada segmen Jalan Walisongo dan Jalan Siliwangi.
2. Jalur Optimal Terminal Terboyo – Stasiun Tawang: Adanya perbaikan fasilitas jalan yaitu perbaikan dan peninggian rel kereta api pada perlintasan jalur kereta api yang terletak pada segmen Jalan Kaligawe.
3. Jalur Optimal Terminal Penggaron – Stasiun Tawang: Tidak ditemukan kemacetan atau kepadatan yang berarti, sehingga hasil *Validation Time* hampir mendekati *Travel Time*.
4. Jalur Optimal Terminal Banyumanik – Stasiun Tawang: Banyak dijumpai kendaraan atau orang menyeberang pada segmen Jalan Mataram hingga Jalan MT. Haryono dimana di jalan tersebut terdapat Pasar Peterongan dan kompleks pertokoan.

Tabel 4. Hasil validasi jalur optimal

Rute	Selang Waktu	Jalur Via	Segmen Jalan	Waktu Tempuh (detik)		
				Travel Time	Planning Time	Validation Time
Terminal Mangkang - Stasiun Tawang	Sore	Jl. Imam Bonjol	Walisongo	26,34	48,74	30,81
			Siliwangi			
			Bundaran Kalibanteng			
			Jend Sudirman			
			Bundaran Indrapasta			
			Indrapasta			
			Imam Bonjol			
			Pemuda			
			Mpu Tantular			
			Merak			
Terminal Terboyo - Stasiun Tawang	Siang	Jl. Letjend Suprapto	Kaligawe	9,04	16,79	15,51
			Raden Patah			
			Letjend Suprapto			
			Cendrawasih			
			Merak			
			Tawang			
Terminal Penggaron - Stasiun Tawang	Sore	Jl. Soekarno Hatta	Majapahit	19,96	35,82	20,49
			Soekarno Hatta			
			Citarum			
			Pattimura			
			MT. Haryono			
			Bundaran Johar			
			Cendrawasih			
			Merak			
Terminal Banyumanik - Stasiun Tawang	Siang	Jl. MT. Haryono	Tawang	23,28	43,85	31,18
			Perintis Kemerdekaan			
			Setiabudi			
			Teuku Umar			
			DR. Wahidin			
			Mataram			
			MT. Haryono			

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

1. Jalur optimal setiap rute pada tiap selang waktu yang telah terbentuk antara lain:
 - a. Rute Terminal Mangkang – Stasiun Tawang : Jalur via Jl. Imam Bonjol pada sore hari dengan panjang jalan 17,099 km, *Travel Time* 26,34 menit, *Planning Time* 48,79 menit, dan *Validation Time* 30,81 menit melalui segmen jalan: Jl. Walisongo, Jl. Siliwangi, Jl. Bundaran Kalibanteng, Jl. Jend. Sudirman, Jl. Bundaran Indraprasta, Jl. Indraprasta, Jl. Imam Bonjol, Jl. Pemuda, Jl. Mpu Tantular, Jl. Merak, dan Jl. Tawang.
 - b. Rute Terminal Terboyo – Stasiun Tawang : Jalur via Jl. Letjend Suprapto pada siang hari dengan panjang jalan 5,707 km, *Travel Time* 9,04 menit, *Planning Time* 16,79 menit, dan *Validation Time* 15,51 menit melalui segmen jalan: Jl. Kaligawe, Jl. Raden Patah, Jl. Letjend Suprapto, Jl. Cendrawasih, Jl. Merak, dan Jl. Tawang.
 - c. Rute Terminal Penggaron – Stasiun Tawang : Jalur via Jl. Soekarno Hatta pada sore hari dengan panjang jalan 10,694 km, *Travel Time* 19,96 menit, *Planning Time* 35,82 menit, dan *Validation Time* 20,49 menit melalui segmen jalan: Jl. Majapahit, Jl. Soekarno Hatta, Jl. Citarum, Jl. Pattimura, Jl. MT. Haryono, Jl. Bundaran Johar, Jl. Cendrawasih, Jl. Merak, dan Jl. Tawang.
 - d. Rute Terminal Banyumanik – Stasiun Tawang : Jalur via Jl. MT. Haryono pada siang hari dengan panjang jalan 13,851 km, *Travel Time* 23,28 menit, *Planning Time* 48,79 menit, dan *Validation Time* 31,18 menit melalui segmen jalan: Jl. Perintis Kemerdekaan, Jl. Setiabudi, Jl. Teuku Umar, Jl. DR. Wahidin, Jl. Mataram, Jl. MT. Haryono, Jl. Bundaran Johar, Jl. Cendrawasih, Jl. Merak, dan Jl. Tawang.
2. Dalam pemilihan waktu yang tepat ketika hendak menuju Stasiun Tawang Kota Semarang dapat dilakukan berdasarkan jalur optimal dengan waktu tempuh tersingkat, yaitu untuk rute Terminal Mangkang – Stasiun Tawang jalur via Jl. Imam Bonjol pada sore hari, untuk rute Terminal Terboyo – Stasiun Tawang jalur via Jl. Letjend Suprapto pada siang hari, untuk rute Terminal Penggaron – Stasiun Tawang jalur via Jl. Soekarno Hatta pada sore hari, dan untuk rute Terminal Banyumanik – Stasiun Tawang jalur via Jl. MT. Haryono pada siang hari.

V.2 Saran

1. Sebaiknya menggunakan alat pengukur kecepatan dan waktu tempuh kendaraan yang lebih baik seperti *enescope* atau radar meter.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode survei pengambilan data waktu tempuh untuk akurasi dan ketelitian yang lebih baik.
3. Perlu dilakukan updating data waktu tempuh tiap segmen jalan mengingat selalu ada perubahan fasilitas maupun jaringan jalan itu sendiri pada setiap waktu.
4. Untuk mempermudah penggunaan dan memaksimalkan pemanfaatan hasil penelitian ini, ada baiknya dilakukan pembuatan program atau aplikasi yang bersifat interaktif dan komunikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Februari 1997, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Curtin, K.M. (2007). “*Network Analysis in Geographic Information Science : Review, Assessment, and Projections*”. Journal of Cartography and Geographic Information Science. 34 (2), 103-111.
- ESRI, *ArcGIS Tuorial Help*, <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop>
- Fisher, M.M. (2003). “*GIS and Network Analysis*”. Journal of Transport Geography and Spatial System. 12 (2), 34-41.
- Lyman, K, and R. Bertini, “*Using Travel Time Reliability Measures to Improve Regional Transportation Planning and Operations*”, Transportation Research Record, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C. 2008.
- Ningsih, DHU (2010). “Analisa Optimasi Jaringan Jalan Berdasar Kepadatan Lalu lintas di Wilayah Semarang dengan Berbantuan Sistem Informasi Geografi (Studi Kasus Wilayah Dati II Semarang)”. Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK. 15 (2), 121-135.
- Prahasta, Eddy. 2005. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : Informatika
- PWK TECH, *Network Analyst Tutorial*, <http://www.pwktech.info/transport-modeling/network-analysis/network-analysis-building-network/>
- Rahmadani, Nia. 2013. Analisis Aksesibilitas Shelter Evakuasi Tsunami di Kota Padang Berbasis Sistem Informasi Geografis, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.

Tamin, O.Z. 1991. "Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas". Jurnal Teknik Sipil ITB No.3.