

# PEMILIHAN RUMAH SAKIT UNTUK PENANGANAN KEADAAN DARURAT DI KOTAMADYA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

A. Tjahyanto, Ni Putu Rina Y.

Department of Information System, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,  
Kampus Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia  
Email : arist@its-sby.edu

## ABSTRAK

*Penanganan keadaan darurat merupakan salah satu indikator untuk mengetahui tingkat pelayanan kesehatan suatu daerah. Surabaya sebagai salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki jaringan jalan dan rumah sakit yang lengkap membuat pemilihan rumah sakit untuk penanganan keadaan darurat menjadi lebih kompleks.*

*Pada penelitian ini, dibuat suatu aplikasi yang mampu menentukan rumah sakit yang paling tepat untuk penanganan keadaan darurat sekaligus menentukan rute yang harus dilalui dari lokasi kejadian menuju rumah sakit tertentu. Pemilihan rumah sakit didasarkan pada fasilitas yang dimiliki oleh rumah sakit bersangkutan. Sedangkan rute ditentukan dari bobot pada masing-masing ruas jalan. Pembobotan dilakukan berdasarkan waktu tempuh untuk masing-masing ruas jalan.*

*Dengan mempertimbangkan fasilitas yang dimiliki oleh masing-masing rumah sakit akan didapat sejumlah rumah sakit yang layak untuk menangani keadaan darurat tertentu. Dari sejumlah rumah sakit tersebut, kemudian dipilih satu rumah sakit yang paling layak dengan mempertimbangkan analisis rute, sehingga didapat pula rute terbaik sekaligus arah perjalanannya berdasarkan pembobotan waktu.*

Kata kunci : Rumah sakit, GIS, pemilihan rute, keadaan darurat, Surabaya.

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi informasi dewasa ini telah berkembang pesat di segala bidang, termasuk teknologi informasi yang memanfaatkan sistem informasi geografis. Sistem Informasi Geografis memiliki keunggulan untuk melakukan analisis data spasial sehingga apabila kriteria-kriteria yang digunakan tepat maka sistem yang dibangun dapat mendekati realita di lapangan.

Pemilihan rumah sakit yang tepat untuk penanganan keadaan darurat dapat meningkatkan tingkat harapan kesembuhan penderita sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan. Selama ini sebagian besar penanganan keadaan darurat hanya memperhatikan faktor jarak sebagai variabel penentu dalam pemilihan rumah sakit. Keadaan ini belum tentu memberi hasil yang optimal dalam usaha pemberian pertolongan untuk keadaan darurat. Hal tersebut disebabkan karena masih ada faktor lain yang mempengaruhi waktu tempuh untuk mencapai rumah sakit yang bersangkutan seperti misalnya tingkat kemacetan. Selain itu yang tidak kalah pentingnya adalah fasilitas pelayanan yang dimiliki oleh suatu rumah sakit dan kesanggupan

suatu rumah sakit untuk mengalami kasus-kasus tertentu yang terjadi khususnya yang berkaitan dengan keadaan darurat. Untuk melihat kesanggupan rumah sakit dalam menangani suatu kasus dapat dilihat terutama dari fasilitas yang dimiliki rumah sakit tersebut. Fasilitas yang dimaksud di sini adalah sarana penunjang kesehatan misalnya tempat tidur dan kelengkapan-kelengkapan medis untuk pemeriksaan dan perawatan.

Pemilihan Kotamadya Surabaya sebagai lokasi pengambilan data dikarenakan keberadaan Surabaya sebagai salah satu kota besar di Indonesia dengan fasilitas kesehatan yang cukup lengkap. Selain itu didukung pula dengan keberadaan jaringan jalan yang memadai dengan inventarisasi klasifikasi yang lengkap. Dengan kemampuan dan keunggulannya dalam hal analisis spasial, Sistem Informasi Geografis diharapkan dapat memberi solusi optimal untuk pemilihan rumah sakit dalam penanganan keadaan darurat dengan memperhatikan faktor-faktor yang relevan.

## 2. PENGERTIAN RUMAH SAKIT

Dalam pandangan masyarakat awam, rumah

sakit merupakan tempat penyelenggara kesehatan yang utama. Beberapa ahli dan lembaga kesehatan mengemukakan pendapat tersendiri mengenai rumah sakit. Batasan dan pengertian rumah sakit yang dipandang penting antara lain adalah:

a. American Hospital Association, 1974

Rumah sakit adalah suatu organisasi yang melalui tenaga medis profesional yang terorganisir serta sarana kedokteran yang permanen menyelenggarakan pelayanan kedokteran, asuhan keperawatan yang berkesinambungan, diagnosis serta pengobatan penyakit yang diderita pasien.

b. Wolper dan Pena, 1987

Rumah sakit adalah tempat di mana orang sakit mencari dan menerima pelayanan kedokteran serta tempat di mana pendidikan klinik untuk mahasiswa kedokteran, perawat dan berbagai tenaga profesi kesehatan lainnya diselenggarakan.

c. Association of Hospital Care, 1947

Rumah sakit adalah pusat di mana pelayanan kesehatan masyarakat, pendidikan serta penelitian kedokteran diselenggarakan.

Dengan demikian secara singkat rumah sakit dapat didefinisikan sebagai sarana kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat dimanfaatkan untuk pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian.

### 3. PENGGOLONGAN RUMAH SAKIT

Jika ditinjau dari kemampuan dan fasilitas yang dimiliki, rumah sakit di Indonesia dibedakan atas 5 macam yaitu:

a. Rumah Sakit kelas A

Rumah Sakit kelas A adalah rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan kedokteran spesialis dan subspecialis luas. Rumah Sakit kelas A merupakan tempat pelayanan rujukan tertinggi.

b. Rumah Sakit kelas B

Rumah Sakit kelas B adalah rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan kedokteran spesialis luas dan subspecialis terbatas. Rumah sakit kelas B melayani rujukan dari rumah sakit kabupaten. Rumah sakit pendidikan yang tidak termasuk kelas A juga diklasifikasikan sebagai rumah sakit kelas B.

c. Rumah Sakit kelas C

Rumah Sakit kelas C adalah rumah sakit yang mampu memberikan pelayanan subspecialis terbatas sekurang-kurangnya 4 spesialisistik dasar lengkap yaitu pelayanan penyakit dalam, bedah, kesehatan anak serta kebidanan dan kandungan. Rumah sakit kelas C bertugas melayani rujukan dari Puskesmas.

d. Rumah Sakit kelas D

Rumah Sakit kelas D adalah rumah sakit yang bersifat transisi karena diusahakan sesegera mungkin ditingkatkan menjadi rumah sakit kelas C. Rumah sakit kelas D memiliki kemampuan untuk memberikan pelayanan kedokteran umum serta kedokteran gigi. Sama halnya dengan rumah sakit kelas C, rumah sakit kelas D juga melayani rujukan yang berasal dari Puskesmas.

e. Rumah Sakit kelas E

Rumah Sakit kelas E adalah rumah sakit khusus yang menyelenggarakan hanya satu macam pelayanan kedokteran saja.

Untuk menentukan kelas dari suatu rumah sakit ada beberapa indikator penentu. Indikator-indikator yang digunakan untuk menentukan kelayakan dan kelas rumah sakit antara lain:

- Jumlah kunjungan baru untuk rawat jalan per 100.000 penduduk.
- Angka penggunaan tempat tidur (BOR)
- Rata-rata lama perawatan (LOS)
- Frekuensi Pemakaian Tempat tidur (BTO)
- Interval Pemakaian Tempat Tidur (TOI)
- Angka Kematian Neto (NDR)
- Angka Kematian Umum (GDR)
- Sumber Daya Rumah Sakit

### 4. PERTOLONGAN KEADAAN DARURAT

Pertolongan keadaan darurat dimaksudkan untuk membantu pertolongan definitif yang akan diberikan selanjutnya. Pertolongan keadaan darurat dibedakan menjadi 3 tingkatan yaitu:

- Bantuan dasar (Basic life support). Bantuan dasar merupakan pertolongan-an dasar yang pada keadaan darurat yang bertujuan untuk menjalankan kembali aliran darah yang membawa oksigen ke organ vital seperti otak, jantung, hati dan ginjal.
- Bantuan tingkat lanjut (Advanced Life Support). Bantuan tingkat lanjut merupakan usaha-usaha untuk mengembalikan fungsi organ-organ vital korban secara spontan.
- Bantuan intensif (Prolonged Life Support) Bantuan intensif merupakan usaha-usaha untuk membuat diagnosa dan terapi sampai korban sadar dan hidup atau meninggal.

### 5. PEMILIHAN RUMAH SAKIT

Pemilihan rumah sakit yang tepat dilihat

berdasarkan jenis pertolongan yang dibutuhkan korban dan sisa daya tampung yang dimiliki oleh suatu rumah sakit. Hubungan antara jenis pertolongan yang dibutuhkan korban dan rumah sakit yang tepat adalah:

- Bantuan tingkat dasar dapat dilakukan dimana pun, tidak harus di rumah sakit.
- Bantuan tingkat lanjut dapat dilakukan di semua rumah sakit
- Untuk bantuan intensif, dilihat pula intensitas perawatan yang diperlukan. Bantuan jenis ini dapat dilakukan di semua rumah sakit yang memiliki fasilitas ICU.

Apabila korban memerlukan intensitas perawatan tinggi maka harus ditangani di rumah sakit dengan fasilitas ICU lengkap. Sedangkan apabila intensitas perawatan yang diperlukan rendah, maka dapat ditangani di rumah sakit dengan fasilitas ICU cukup.

## 6. PEMODELAN JARINGAN DENGAN VEKTOR

Dalam konteks sistem informasi geografis, jaringan didefinisikan sebagai sekumpulan fitur-fitur linear yang saling terhubung yang membentuk suatu pola. Jaringan memiliki atribut yang unik yang membutuhkan fungsi analisis khusus. Analisis jaringan yang sering dijumpai antara lain adalah perencanaan transportasi baik itu perencanaan untuk jarak terpendek (shortest path) maupun bobot terendah (least cost path). Analisis jaringan umumnya melibatkan beberapa komponen, yaitu:

- Sekumpulan sumber daya
- Satu atau lebih lokasi tempat sumber daya berada
- Satu atau lebih tempat tujuan

Pemodelan jaringan dalam Sistem Informasi Geografis dapat dilakukan dengan model raster dan vektor. Dalam penelitian ini digunakan pemodelan jaringan dengan vektor.

Keunggulan permodelan jaringan dengan vektor dibandingkan dengan raster adalah:

- Data yang disimpan membutuhkan tempat lebih sedikit
- Encoding topologi dan implementasi yang efisien
- Cocok untuk gambar yang mendekati obyek asli
- Hasil akhir dapat menampilkan seluruh

22

kenampakan pada masing-masing lapisan

Pemodelan jaringan dengan vektor dibentuk oleh dua komponen yaitu garis dan titik. Pada pemodelan jenis ini, penentuan rute dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma matriks. Cara kedua, yang lebih sering digunakan dalam Sistem Informasi Geografis, menggunakan algoritma *tree building*.

Algoritma *tree building* mencari bobot terendah dengan mencari bobot tiap jalur pada setiap cabang yang dibentuk oleh *tree* [Lombard et al, 1993]. Prosedur *tree building* yang paling sering ditemui adalah yang dikembangkan oleh Dijkstra (1959). Prosedur tersebut telah dimodifikasi dan dikembangkan untuk berbagai macam aplikasi. Untuk menemukan jalur, algoritma tersebut membangun struktur dasar tree yang mewakili jalur yang spesifik dalam jaringan. Algoritma tersebut didasarkan pada *breadth first search* [Dolan, 1993]. Pencarian dimulai dari titik asal untuk membentuk cabang dalam semua arah dan kemudian hanya mempertahankan cabang yang memiliki bobot paling rendah. Perhitungan untuk semua garis yang mungkin diulangi terus dengan membentuk percabangan baru yang masih dimungkinkan sampai semua titik dilalui dan tujuan akhir dicapai dengan biaya minimal. Hal tersebut berlaku untuk setiap set baru dari setiap titik tetangga (*adjacent node*).

## 7. ATURAN PENENTUAN RUTE

Rute didefinisikan sebagai jalur yang dilalui dari satu lokasi ke lokasi lainnya [ESRI, 1997]. Algoritma penentuan rute yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma bobot terendah dengan prinsip algoritma *tree building*.

Dalam pemodelan jaringan dengan vektor, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

- **Pembobotan dua arah.** Setiap kenampakan linear yang terlibat dalam analisis jaringan diawali dan diakhiri pada sebuah titik (selanjutnya disebut sebagai titik awal dan titik akhir) dengan nol atau lebih titik antara. Namun setiap garis dalam jaringan dapat dinyatakan dalam dua arah dengan atribut yang berbeda. Misalnya waktu tempuh dari titik awal ke titik akhir suatu jaringan adalah 10 menit, hal tersebut tidak sekaligus berarti waktu tempuh dari titik akhir ke titik awal sama dengan 10 menit karena hambatan yang dilalui dapat berbeda walaupun tidak menutup kemungkinan terdapat kesamaan waktu tempuh dalam dua arah tersebut.

- **Overpass dan underpass.** Overpass dan underpass adalah garis yang bersilangan namun tidak berpotongan. Dalam keadaan seperti itu, suatu rute tidak dapat melalui kedua garis tersebut secara berurutan. Garis-garis overpass dan underpass dapat lebih mudah dideteksi pada kenampakan non planar dibandingkan dengan kenampakan planar. Kondisi overpass dan underpass dalam kehidupan nyata dapat dilihat misalnya pada jalan layang.
- **Pembobotan perubahan arah (turn).** Turn merupakan lokasi di mana terdapat kemungkinan terjadinya perubahan arah dalam suatu jaringan. Perubahan arah dan pembobotannya memegang peranan penting dalam analisis jaringan. Nilai pembobotan untuk perubahan arah ke kiri dan perubahan arah ke kanan belum tentu sama. Misalnya pada lalu lintas yang menggunakan jalur kiri, seperti di Indonesia, bobot untuk perubahan arah ke kiri tentu akan lebih kecil dibandingkan dengan bobot untuk perubahan arah ke kanan dan demikian sebaliknya. Selain itu, di beberapa persimpangan jalan perubahan arah terkadang juga dipengaruhi oleh lampu lalu lintas yang memperlambat waktu perjalanan.
- **Larangan perubahan arah.** Aturan perubahan arah dapat mempengaruhi pemilihan rute yang akan dilalui. Apabila dalam pencarian rute ditemui larangan-larangan perubahan arah atau larangan-larangan lainnya, harus dicari rute alternatif dan dilakukan pengalihan rute ke rute alternatif tersebut.

Meskipun dalam kenyataannya aturan-aturan lalu lintas hanya direpresentasikan untuk jalan, namun analisis jaringan, apabila diperlukan aturan-aturan tersebut dapat pula digunakan untuk merepresentasikan kenampakan-kenampakan lain yang bertipe garis, misalnya sungai.

## 8. PELAPISAN DATA

Untuk mendapatkan rumah sakit dan rute yang paling optimal, digunakan data non spasial yang diintegrasikan sebagai atribut dalam suatu lapisan. Data-data tersebut adalah:

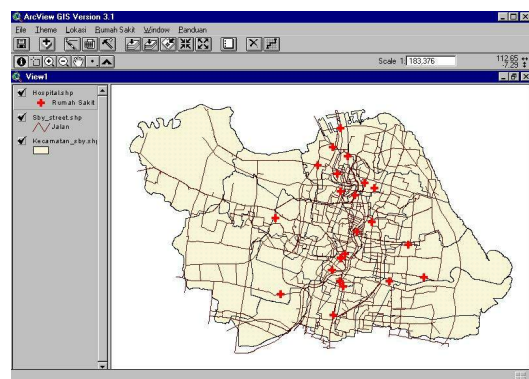
- **Data fasilitas rumah sakit.** Data ini berisi kelengkapan ICU suatu rumah sakit
- Data sisa daya tampung rumah sakit
- Data lalu lintas

Data lalu lintas meliputi data kepadatan lalu

lintas dan larangan-larangan di seluruh ruas jalan. Data kepadatan lalu lintas kemudian diolah untuk mengetahui waktu tempuh yang paling mungkin untuk setiap ruas jalan. Data larangan berisi jalan-jalan yang tidak boleh dilalui serta arah untuk masing-masing ruas jalan apakah searah atau dua arah. Data lalu lintas tersebut digunakan pada saat analisis rute.

Selain data-data tabular, digunakan pula data spasial yang langsung berhubungan dengan kenampakan geografis. Data-data spasial yang digunakan pada penelitian seluruhnya bertipe vektor. Data-data yang digunakan adalah:

- **Peta dasar wilayah Surabaya.** Peta ini berupa peta administratif wilayah Surabaya yang bertipe polygon dengan format ArcView.
- **Peta jalan di wilayah Surabaya.** Peta ini bertipe line dengan format ArcView.
- **Peta rumah sakit di wilayah Surabaya.** Peta ini menunjukkan lokasi dari rumah sakit - rumah sakit di wilayah Surabaya. Peta ini bertipe poin dengan format ArcView.



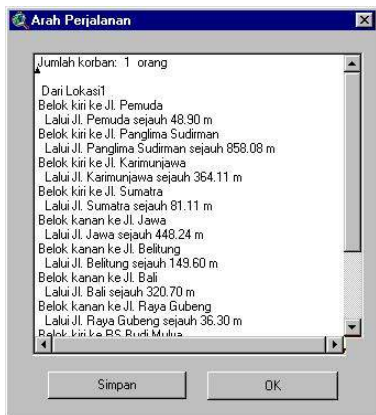
Gambar 1. Data spasial yang digunakan dalam analisis

## 9. UJI COBA

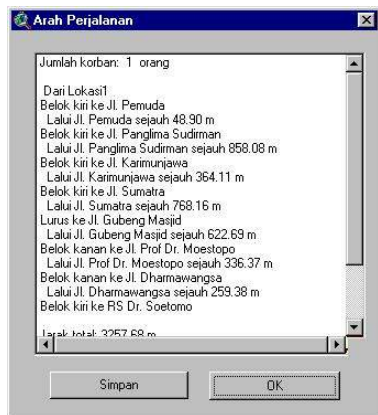
Uji coba perangkat lunak dilaksanakan dengan mencobakannya untuk beberapa skenario. Skenario merupakan deskripsi naratif mengenai suatu situasi tertentu untuk dapat melihat kemampuan sistem. Salah satu skenario yang akan dicoba adalah berikut ini:

Kantor pelayanan ambulans menerima panggilan untuk melayani kecelakaan yang terjadi di Jl. Pemuda pada pukul 17.00 pada hari kerja dimana volume kendaraan meningkat dibanding keadaan normal, selain itu Jl Pemuda merupakan ruas jalan dengan kondisi jalan sekitarnya sebagian besar merupakan arus jalan searah. Setelah ambulans tiba di lokasi kejadian dan dilakukan pemeriksaan oleh paramedis, diketahui bahwa terdapat 2 orang yang

menderita luka ringan sehingga membutuhkan pertolongan tingkat lanjut dan 2 orang menderita luka parah sehingga membutuhkan pertolongan intensif dengan intensitas perawatan tinggi.



Gambar 2. Arah perjalanan skenario pertama (bagian pertama)



Gambar 3. Arah perjalanan skenario pertama (bagian kedua)

Sebelum melakukan ujicoba skenario pertama ini, terlebih dahulu dibuat *theme* baru yang berisi lokasi kejadian darurat (Jl. Pemuda). Untuk mengetahui lokasi yang harus didefinisikan, digunakan fasilitas query sebagai penunjang. Dalam pelaksanaan ujicoba skenario pertama, maka kasus dipisah menjadi 2 bagian yaitu kasus darurat yang memerlukan pertolongan tingkat lanjut (2 orang) dan kasus darurat yang memerlukan pertolongan intensif dengan intensitas perawatan tinggi. Sebelum melakukan ujicoba, perlu diperhatikan data awal rumah sakit.

Dalam pelaksanaan ujicoba skenario pertama, terlebih dahulu diselesaikan untuk penanganan kondisi darurat yang membutuhkan perawatan intensif sesuai dengan skala prioritas. Setelah diujicobakan, ternyata tidak berhasil ditemukan

rumah sakit yang sesuai karena jika dilihat dari tabel 5.1, tidak ada rumah sakit dengan fasilitas ICU lengkap yang dapat menampung 2 orang korban bersamaan. Untuk mengatasi hal ini maka kondisi darurat yang memerlukan perawatan intensif dipecah lagi menjadi 2 dengan masing-masing 1 orang korban. Pemecahan pertama menghasilkan RS Budi Mulya sebagai rumah sakit yang paling sesuai dengan waktu tempuh 6,96 menit dan jarak tempuh 2,30704 km dengan arah perjalanan seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 4. Arah perjalanan skenario pertama (bagian ketiga)

Pemecahan kedua menghasilkan RS Dr. Soetomo sebagai rumah sakit yang paling sesuai dengan waktu tempuh 10,036 menit dan jarak 3,25768 km. Pemecahan ketiga mengalokasikan 2 orang korban lain yang membutuhkan pertolongan tingkat lanjut. Pemecahan ketiga menghasilkan RS Griya Husada sebagai rumah sakit yang paling sesuai dengan waktu tempuh 13.362 menit dan jarak tempuh 3,55978 km. Arah perjalanannya ditunjukkan pada gambar 4.

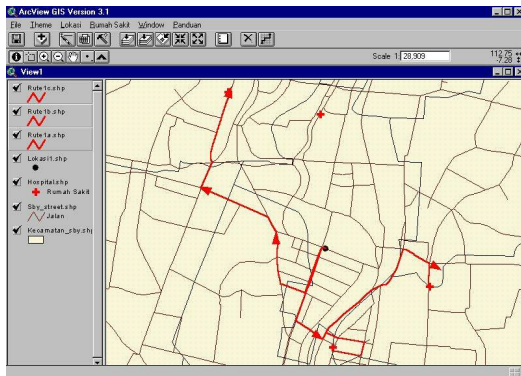
Pelaksanaan skenario pertama ini menyebabkan perubahan pada tabel atribut rumah sakit. Pada tabel dapat dilihat bahwa sisa daya tampung rumah sakit tujuan berkurang sesuai dengan jumlah korban yang dialokasikan ke rumah sakit tersebut. Hasil akhir skenario pertama dapat dilihat pada gambar 5.

## 10. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengamatan selama proses perancangan, pembuatan, dan proses uji coba perangkat lunak yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kelayakan rumah sakit dalam penanganan keadaan darurat dapat ditentukan dari sisa daya

tampung rumah sakit yang dibandingkan dengan jumlah korban dan fasilitas ICU rumah sakit yang dibandingkan dengan kondisi darurat yang diderita korban.



**Gambar 5.** Hasil akhir pelaksanaan skenario pertama

2. Rute optimal ditentukan dengan analisis bobot terendah yang mempertimbangkan pembobotan ruas jalan berdasarkan variabel statis yaitu waktu tempuh rata-rata pada kondisi lalu lintas normal dan kondisi lalu lintas macet untuk masing-masing ruas jalan.

3. Sistem hanya dapat menentukan rute optimal berdasarkan variabel statis sehingga untuk pelaksanaan di lapangan masih harus diperhatikan kondisi jalan pada saat kejadian.

4. Semakin sedikit jumlah korban dan semakin ringan kondisi korban dalam keadaan darurat, semakin banyak kemungkinan rumah sakit yang dapat dijadikan alternatif untuk penentuan rute.

Saran-saran untuk pengembangan selanjutnya adalah:

1. Atribut ruas jalan ditambahkan aturan-aturan yang bersifat dinamis antara lain perubahan arah karena waktu dan pengaruh lampu lalu lintas sehingga analisis rute lebih akurat.

2. Sistem dilengkapi dengan kemampuan untuk alokasi korban secara otomatis sehingga walaupun rumah sakit dengan bobot rute terendah tidak dapat menampung keseluruhan korban, sistem langsung dapat menentukan pengalokasian korban lainnya.

3. Untuk penentuan lokasi kejadian selain nama jalan diperhitungkan pula penomoran bangunan.

## 11. DAFTAR PUSTAKA

[1] Aronoff, Stanley, (1989), "Geographic Information Systems : A Management Perspective", Second Edition, WDL Publications, Ottawa.

- [2] Azwar, Dr. dr. Azrul, MPH, (1996), "Pengantar Administrasi Kesehatan", Edisi Ketiga, Binarupa Aksara, Jakarta.
- [3] Environmental Systems Research Institute, Inc., (1996), "Using Avenue, Customization and Application Development for ArcView GIS", Environmental Systems Research Institute, Inc., CA.
- [4] Environmental Systems Research Institute, Inc., (1997), "Understanding GIS", Fourth Edition, Environmental Systems Research Institute, Inc., CA.
- [5] Environmental Systems Research Institute, Inc., (1997), "Using the ArcView Dialog Designer", Environmental Systems Research Institute, Inc., CA.
- [6] Environmental Systems Research Institute, Inc., (1997), "ArcView Network Analyst", Environmental Systems Research Institute, Inc., CA.
- [7] Husdal, J., (2000), "Network Analysis - Raster versus Vector - A Comparison Study", <http://www.husdal.com/mscgis/network.htm>
- [8] Kantor Wilayah Departemen Kesehatan Propinsi Jawa Timur, (2001), "Profil Pelayanan Kesehatan Propinsi Jawa Timur", Kantor Wilayah Departemen Kesehatan Propinsi Jawa Timur
- [9] Liou, Der-Ming, Chiu, Shu-I, (2000), "Design and Implementation of A Geographic Information Prototype System for Emergency Medical Service", [http://itch.uvic.ca/itch2000/LIOU/24\\_LIOU.HTM](http://itch.uvic.ca/itch2000/LIOU/24_LIOU.HTM)
- [10] Notoatmodjo, Prof. Dr. Soekidjo, (1997), "Ilmu Kesehatan Masyarakat", PT. Rineka Cipta Jakarta
- [11] Pemerintah Daerah Kotamadya Surabaya, (1995), "Surabaya Integrated Transport Network Planning Project", Pemerintah Daerah Kotamadya Surabaya
- [12] Theriault, Marius, Vandersmissen, Marie-Helene, Lee-Gosselin, Martin, Leroux, Denis (1999), "Modelling Commuter Trip Length and Duration Within GIS: Application to an O-D Survey",
- [13] [http://publish.uwo.ca/~jmalczew/gida\\_5/Theriault/Theriault.htm](http://publish.uwo.ca/~jmalczew/gida_5/Theriault/Theriault.htm)
- [14] Thirumalaivasan, D., Guruswamy, Prof. V., (2000), "Optimal Route Analysis Using GIS",
- [15] <http://www.gisdevelopment.net/application/utility/transport/utilitytr0004pf.htm>
- [16] ----, (1999) "Least Cost Path in GIS Using an Accumulated Cost Surface and Slope Lines",
- [17] <http://www.hig.se/~dds/research/leastcos/cumcost4.htm>