

OPTIMISASI RUTE PELAYANAN DARURAT COVID-19 DI TINGKAT KELURAHAN MENGGUNAKAN ANALISIS JARINGAN

**Andri A. Wibowo¹*

¹ Faculty of Public Health, Universitas Indonesia, C Building 1st Floor Kampus Baru UI Depok
16424, Indonesia.

Email: *awbio2021@gmail.com

ABSTRACT

Jakarta is one of the cities in Indonesia with a high number of COVID-19 cases. In cities, road transport faces the challenge of a complex road network. These transport variables can pose significant difficulties in COVID-19 ambulance emergency transportation. This problem can be solved by optimizing the ambulance route based on the available road network. This study aims to identify the shortest route with the shortest ambulance arrival time that can connect 14 Rukun Warga in an urban ward (kelurahan) with available hospital using Network Analysis. This study selected 14 optimized routes of varying length. The average optimal route length is 1.593 km, with a range from 0.369 to 3.078 km. The Northern part of the studied urban ward had the longest ambulance response time, with a value of 5 minutes. The East, on the other hand, has the shortest ambulance arrival time of 2-3 minutes. This study helps urban planners by placing hospitals in the most strategic locations with the ambulance shortest arrival times.

Keywords: ambulance; COVID-19; Jakarta; network; route.

ABSTRAK

Jakarta merupakan salah satu kota di Indonesia dengan jumlah kasus COVID-19 yang tinggi. Di kota-kota, transportasi jalan menghadapi tantangan berupa jaringan jalan yang kompleks. Variabel transportasi ini dapat menimbulkan tantangan yang signifikan dalam pelayanan darurat ambulans COVID-19. Masalah ini dapat diatasi dengan mengoptimalkan rute ambulans berdasarkan jaringan jalan yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rute terpendek dengan waktu kedatangan ambulans terpendek yang dapat menghubungkan 14 Rukun Warga di tingkat kelurahan dengan rumah sakit yang tersedia menggunakan Analisis Jaringan. Penelitian ini merekomendasikan 14 rute yang dioptimalkan dengan panjang yang bervariasi. Panjang rata-rata rute optimal adalah 1,593 km, dengan rentang mulai dari 0,369 hingga 3,078 km. Wilayah bagian Utara dari kelurahan yang diteliti memiliki waktu kedatangan ambulans terlama, dengan nilai 5 menit. Bagian Timur, di sisi lain, memiliki waktu kedatangan ambulans tersingkat sekitar 2-3 menit. Penelitian ini membantu perencana kota dengan menempatkan rumah sakit di lokasi yang paling strategis dengan waktu kedatangan ambulans yang paling singkat.

Kata Kunci: ambulans; COVID-19; Jakarta; jaringan; rute

PENDAHULUAN

Saat ini, 53% penduduk Indonesia tinggal di perkotaan. Jaringan jalan yang kompleks dan optimalisasi cakupan pelayanan adalah dua masalah paling umum yang terkait dengan pelayanan darurat. Panggilan ambulans sebagai bagian dari pelayanan darurat menghadapi tantangan bagi pemerintah kota di tingkat kecamatan dan kelurahan dalam hal peningkatan waktu kedatangan dan pengoptimalan cakupan pelayanan untuk memberikan pelayanan darurat seefektif mungkin. Jaringan transportasi yang rumit menghasilkan keterlambatan pada pelayanan darurat ambulans, yang merupakan masalah terkait dengan waktu kedatangan dan optimalisasi cakupan pelayanan darurat saat ini. Akibatnya, rute ambulans perlu direncanakan dan dioptimalkan dengan memanfaatkan kombinasi teknologi dan metodologi.

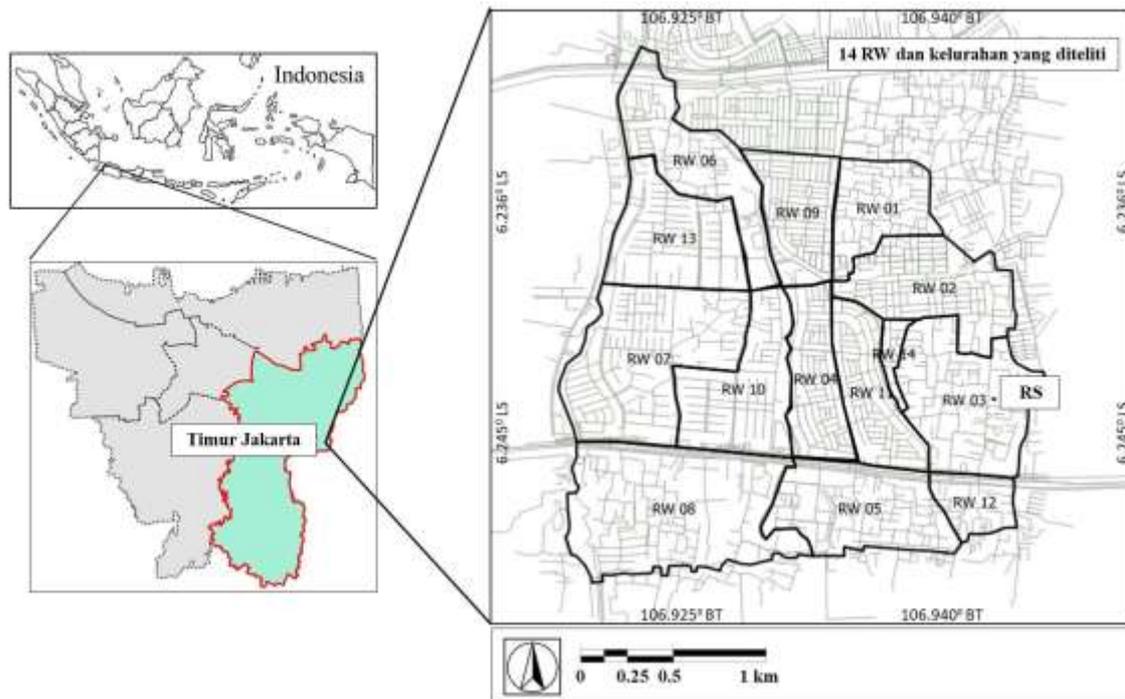
Pelayanan ambulans adalah salah satu strategi terbaik untuk menyelamatkan manusia di lingkungan perkotaan. Setiap ambulans membutuhkan rute yang terbaik untuk dipilih untuk menghemat waktu. Salah satu instrumen yang dapat membantu meningkatkan pelayanan ambulans adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) (Cova, 1999; Milenkovic dan Kekic, 2016; Prabhakaran et al, 2017). Selama tahap pelayanan gawat darurat, SIG dapat berfungsi sebagai bagian terintegrasi untuk sistem tanggap darurat yang menyeluruh atau sebagai sumber informasi geografis nyata yang praktis. Setelah panggilan darurat, SIG menjadi lebih signifikan dalam membantu penyampaian dan perencanaan pelayanan darurat, seperti optimalisasi rute ambulans di lingkungan perkotaan (Vratonji dan Wittmann, 2015).

Kasus COVID-19 merupakan salah satu kasus darurat yang saat ini menjadi tantangan bagi seluruh masyarakat di perkotaan. Ambulans telah memainkan peran penting dalam membawa pasien COVID-19 dari rumah mereka ke rumah sakit terdekat. Saat ini terjadi peningkatan tajam panggilan ambulans pada Februari 2022, dari 27 panggilan per hari di Januari menjadi 45 panggilan per hari di Februari. Di masa pandemi COVID-19 dan di antara 267 kelurahan di Kota Jakarta, ada beberapa kelurahan dan kecamatan yang diketahui sebagai kelurahan dengan kasus aktif COVID-19 tertinggi (<https://corona.jakarta.go.id>). Situasi ini memerlukan pelayanan darurat ambulans untuk membawa pasien ke rumah sakit terdekat. Sedangkan saat ini, dengan mempertimbangkan jaringan dan kondisi transportasi di perkotaan, diperlukan studi untuk menentukan rute pelayanan darurat ambulans yang optimal.

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di salah satu kelurahan di Timur Kota Jakarta (Gambar 1). Di Timur Kota Jakarta terdapat sepuluh kecamatan dan 65 kelurahan. Salah satu kecamatan itu diketahui mengalami kasus COVID-19 cukup tinggi dan terdapat 7 kelurahan. Salah satu kelurahan yang berlokasi di koordinat 6.236° - 6.245° Lintang Selatan (LS) dan 106.925° - 106.940° Bujur Timur (BT) merupakan lokasi penelitian. Luas kelurahan yang diteliti adalah $5,84 \text{ km}^2$ terdiri atas 14 Rukun Warga (RW) yang dihuni 58.026 orang. Pada kelurahan itu terdapat satu rumah sakit yang terletak di sisi Tenggara dekat RW 3. Lokasi rumah sakit ini digunakan sebagai titik awal rute pelayanan darurat ambulans untuk menempuh perjalanan ke 14 RW.



Gambar 1. Lokasi penelitian mencakup 14 Rukun Warga (RW), Rumah Sakit (RS), dan jaringan jalan.

Analisis Jaringan SIG

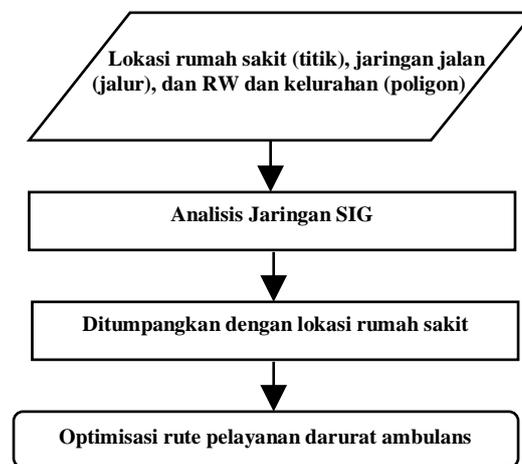
Metode penelitian utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode bibliografi, statistik, dan kartografi. Delineasi wilayah penelitian mencakup ekstraksi informasi spasial penting melalui vektorisasi untuk batas zona, RW dan kelurahan, jaringan jalan, dan rumah sakit; pembuatan area pelayanan ambulans, mengenali rute dan hambatan potensial di area yang diteliti; menganalisis data statistik; pengolahan data, dan pertukaran data adalah langkah-langkah yang diperlukan untuk menghasilkan informasi spasial yang diperlukan untuk menghasilkan peta dan rute (Gambar 2). Produk kartografi dibuat menggunakan ortofoto dari tahun 2021 dan peta topografi 1:25.000 yang diperoleh dari *Google Earth*. Data spasial mengenai lokasi RW dan kelurahan, jaringan jalan, dan rumah sakit diperoleh dari peta Kota Jakarta. Vektorisasi menghasilkan pembuatan *file* bentuk (*shapefile*) yang terdiri dari jaringan jalan (garis), RW dan kelurahan (poligon), dan lokasi rumah sakit (titik). Jaringan jalan yang diteliti terletak antara koordinat 6.236°-6.245° LS dan 106.925° - 106.940° BT.

File bentuk diperoleh dan dibuat menggunakan proses yang dijelaskan oleh Alazab et al. (2011) untuk digitalisasi dan vektorisasi. Peta SIG kelurahan secara *real-time* (Gambar 1) digunakan untuk menghasilkan jaringan yang mewakili jaringan jalan kelurahan. Konverter digitalisasi digunakan untuk mengonversi peta ini ke bentuk digital, yang kemudian disimpan sebagai *file* raster digital. Setelah itu, *file* bentuk ini diimpor ke dalam katalog SIG dan diubah menjadi *file* raster sehingga *output* dalam format vektor dengan informasi referensi geografis spesifik tentang lokasi rumah sakit (titik), jaringan jalan (jalur), dan RW dan kelurahan (poligon).

Untuk analisis kartografi dan optimasi rute darurat ambulans, teknik analisis kartografi SIG digunakan, khususnya fungsi ekstensi Analisis Jaringan. Dalam analisis ini, citra satelit digunakan untuk membuat peta dasar dan lapisan tematik lainnya. Kemudian, beberapa lapisan SIG dianalisa dan ditumpangkan, termasuk poligon (RW dan kelurahan), garis (jaringan jalan), dan titik (lokasi rumah sakit). Analisis jaringan dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Keenan (2008), Rybansky (2014), Tian et al (2018), dan Yuan et al (2019). Lapisan jaringan jalan dalam

Analisis Jaringan GIS ditumpangkan dengan lapisan tematik rumah sakit dalam metode ini, menunjukkan bahwa rumah sakit berfungsi sebagai titik awal rute pelayanan darurat ambulans untuk menempuh perjalanan ke 14 RW. Titik akhir tersebut merupakan titik tujuan yang meliputi 14 titik RW. Rumah sakit ditandai menggunakan analisis jaringan, seperti juga titik akhir, dan SIG menghitung dan menentukan panjang terpendek antara titik-titik yang dipilih. Rute yang dioptimalkan yang menghubungkan rumah sakit ke RW adalah hasil akhirnya.

Analisis Jaringan Spasial SIG dikembangkan berdasarkan algoritma Dijkstra (Ahmed et al, 2018; Kumar dan Benedict; 2011; Nicoară dan Haidu, 2014) yang merupakan algoritma untuk menentukan dan membedakan jalur terpendek antar titik nodus dalam suatu jaringan. Algoritma Dijkstra dapat menentukan jalur terpendek antara rumah sakit dan setiap RW. Algoritma ini memilih simpul jaringan yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek, menghitung jarak ke setiap RW tetangga yang belum dikunjungi, dan memperbarui jarak tetangga jika jaraknya lebih kecil. Fungsi ekstensi Analisis Jaringan yang digunakan dalam analisis ini memungkinkan pelayanan darurat ambulans dalam menyelesaikan tiga masalah analisis jaringan yang mencakup menentukan rute terpendek dan area pelayanan terdekat. Analisis jalur terpendek untuk berbagai RW di kelurahan yang diteliti dapat diperkirakan menggunakan Analisis Jaringan SIG ini.



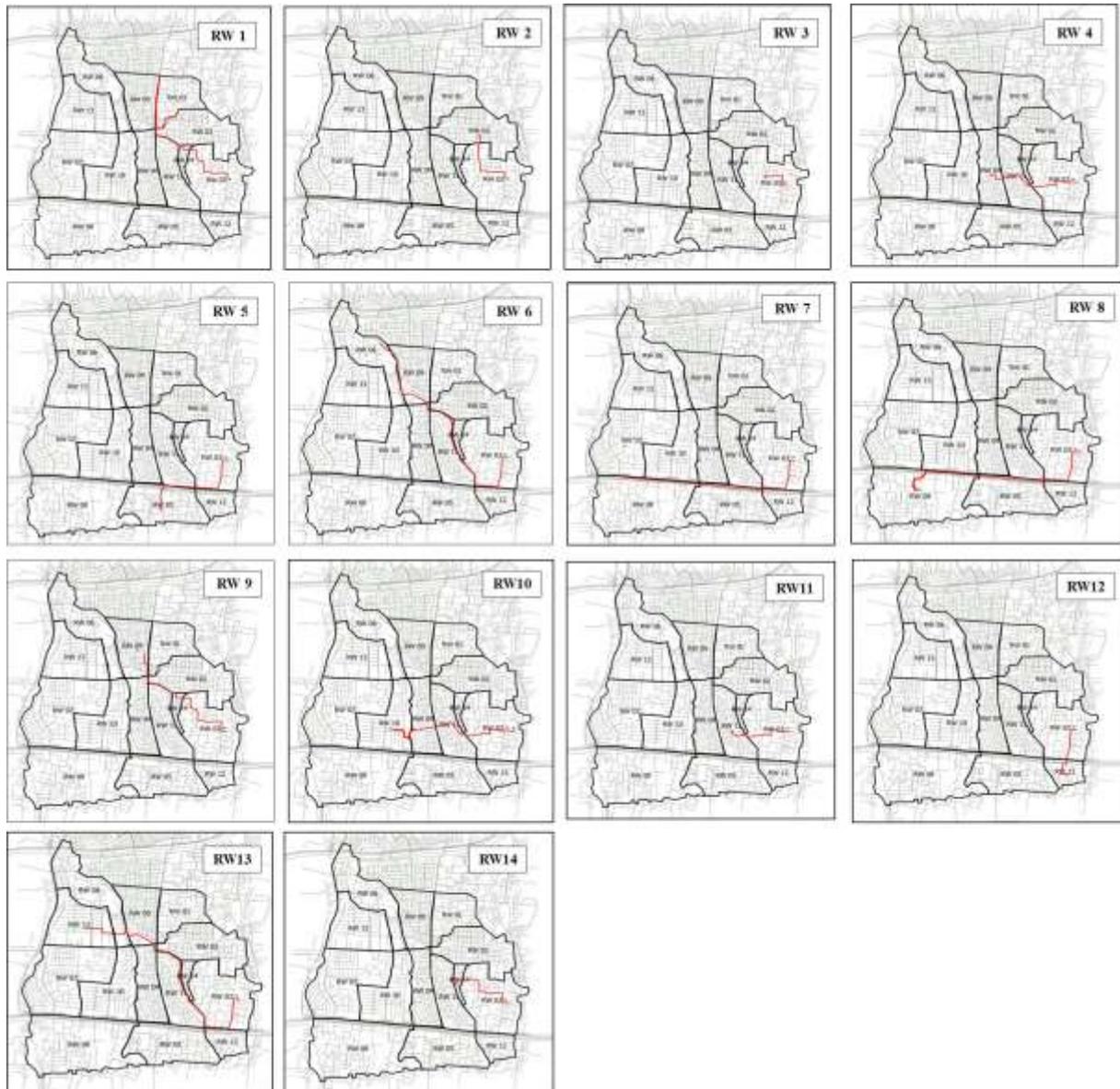
Gambar 2. Diagram alir Analisis Jaringan SIG dan optimisasi rute pelayanan darurat ambulans.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambar 3 menggambarkan perkiraan dan optimalisasi rute pelayanan darurat ambulans berbasis SIG yang dibutuhkan untuk perjalanan dari rumah sakit ke 14 RW di kelurahan yang diteliti. Rata-rata panjang rute pelayanan darurat ambulans adalah 1,593 km dengan rentang 0,369-3,078 km. Karena perbedaan geografis, rute yang dioptimalkan mengambil jalur yang berbeda untuk menemukan rute terpendek. Karena rumah sakit berada di sisi Tenggara dari kelurahan yang diteliti, maka sebagian besar rute yang dipilih adalah dari Selatan ke Utara dan Selatan ke Barat. Analisis jaringan SIG memperkirakan rute pelayanan darurat ambulans terpendek untuk setiap garis yang mewakili jalan. Sesuai ketentuan, jika kecepatan ambulans 40 km/jam, maka waktu kedatangan ambulans untuk menempuh 14 RW dapat dilihat pada Gambar 4. Dengan waktu kedatangan 2-3 menit, ambulans dapat segera tiba di seluruh wilayah RW 2, 3, 4, 5, 11, 12, dan 14 atau setengah dari RW dan wilayah di kelurahan yang diteliti. Sebaliknya, jika ambulans bergerak ke arah Barat Laut, membutuhkan waktu lebih lama untuk ambulans tiba. Dibutuhkan waktu minimal 3 sampai 5 menit untuk tiba di RW 1, 6, 7, dan 13. Waktu kedatangan pada penelitian ini berkisar 2-5 menit sebanding

dengan penelitian serupa yang menghasilkan waktu kedatangan 6 menit (Ates et al., 2011). Perbedaan waktu kedatangan sebagian besar disebabkan oleh lokasi rumah sakit yang tersedia. Di kelurahan yang diteliti, mengingat lokasi rumah sakit bukan berada di tengah, melainkan terletak di sisi Tenggara dekat RW 3. Akibatnya, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk ambulans untuk tiba di RW yang sebagian besar berada di sisi Barat Laut dari kelurahan yang diteliti.

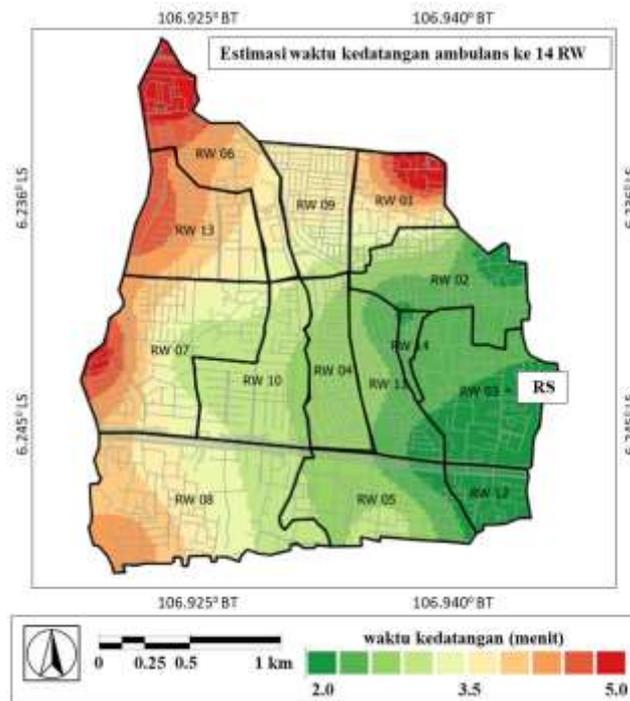


Gambar 3. Rute pelayanan darurat ambulans terpendek ke 14 RW berdasarkan optimisasi rute menggunakan Analisis Jaringan SIG.

Pembahasan

Studi ini menggunakan Analisis Jaringan SIG daripada metode yang sudah ada untuk mengoptimalkan rute pelayanan darurat ambulans (Chen et al, 2012; Qin et al, 2017; Pella dan Ose 2018; Anuar et al, 2021). Metode analisis jaringan berdasarkan SIG adalah pendekatan serbaguna untuk menyelesaikan permasalahan optimisasi jarak jauh. Metode ini sangat mudah digunakan dan intuitif, dan dapat sangat berguna dalam menentukan rute terbaik berdasarkan kriteria apa pun yang ditentukan (Panahi dan Delavar 2009).

Jumlah panggilan pelayanan darurat kasus COVID-19, baik dari wilayah penelitian maupun wilayah perkotaan lainnya, meningkat drastis dalam beberapa tahun terakhir, terutama di masa pandemi COVID-19. Meskipun unit pelayanan darurat di rumah sakit dilengkapi dengan peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk menangani keadaan darurat ini, hambatan sering muncul, menghambat pelayanan darurat ambulans untuk merespon dengan cepat dan tepat waktu (Taylor, 2008). Kemacetan adalah salah satu masalah yang paling umum di kota-kota, diikuti oleh pembangunan jalan, kecelakaan lalu lintas, dan kereta api yang lewat yang menghalangi akses ambulans. Kondisi ini membuat jaringan jalan dan rute ambulans yang tersedia menjadi lebih rentan sehingga waktu kedatangan ambulans menjadi tertunda.



Gambar 4. Estimasi waktu kedatangan ambulans ke 14 RW berdasarkan optimisasi rute menggunakan Analisis Jaringan SIG.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa menggabungkan SIG ke dalam pelayanan darurat menyediakan solusi serbaguna untuk banyak aspek seperti manajemen, analisis jaringan, dan visualisasi. Metode ini dapat menemukan rute terpendek atau tercepat melalui jaringan jalan yang kompleks. Kemampuan SIG untuk menganalisis jaringan spasial kemudian memungkinkannya untuk digunakan sebagai sistem pendukung keputusan untuk membantu perutean pelayanan darurat ambulans. Manajemen darurat yang efektif dan efisien dalam bentuk rute pelayanan darurat ambulans untuk membawa pasien COVID-19 dari rumah mereka ke rumah sakit terdekat sangat penting untuk berkontribusi secara signifikan dalam mitigasi pandemi COVID-19 karena meningkatkan kualitas layanan kesehatan dasar yang diberikan kepada warga perkotaan.

Pandemi COVID-19 masih hadir dan menjadi ancaman bagi kehidupan perkotaan akhir-akhir ini. Dalam situasi ini, solusi menyeluruh untuk menghadapi situasi ini adalah melalui pelayanan darurat berupa ambulans dengan rute pelayanan yang dioptimalkan. Dari penelitian ini juga merekomendasikan untuk meningkatkan dan mereplikasi penelitian ini dalam rangka mengoptimalkan rute pelayanan darurat ambulans di kelurahan lainnya. Dalam kaitannya dengan perencanaan kota, disarankan bagi perencana kota untuk memperhatikan lokasi rumah sakit yang terkait dengan lokasi RW, kelurahan, dan jaringan jalan. Kemudian, perencana kota harus menempatkan rumah sakit di tengah atau di pusat dengan jarak paling dekat ke lokasi RW dan kelurahan mana pun.

DAFTAR PUSTAKA

- Alazab, A., Venkatraman, S., Abawaj, J., Alazab, M. 2011. An optimal transportation routing approach using GIS-based dynamic traffic flows. In The 3rd International Conference on Information and Financial Engineering IPEDR 12.
- Ahmed, S., Ibrahim, R., Hefny, H. 2018. An efficient ambulance routing system for emergency cases based on Dijkstra's algorithm, AHP, and GIS. In The 53rd Annual Conference on Statistics, Computer Science and Operation Research.
- Anuar, W., Lee, L.S., Pickl, S., Seow, H. 2021. Vehicle routing optimisation in humanitarian operations: a survey on modelling and optimisation approaches. *Applied Sciences*, 11, 667. Doi: 10.3390/app11020667.
- Ates, S., Coşkun, Z., Aydinoglu, A. 2011. Determining optimum ambulance locations for heart attack cases with GIS. In ESRI International User Conference.
- Chen, Y. 2012. The study of vehicle routing model in emergency situations. *Advanced Materials Research*, 433-440. 4807-4812. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.433-440.4807.
- Cova, T. 1999. GIS In Emergency Management.
- Feng, G., Su, G., Sun, Z. 2017. Optimal route of emergency resource scheduling based on GIS. 1-5. In The 3rd ACM SIGSPATIAL Workshop. doi: 10.1145/3152465.3152471.
- Keenan, P. 2008. Modelling vehicle routing in GIS. *Operational Research*, 8, 201-218. doi: 10.1007/s12351-008-0021-7.
- Kumar, V.R., Benedict, P. 2011. Development of route information system for ambulance services using GPS and GIS – A study on Thanjavur Town. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2, 147-156.
- Mahavar, V., Juremalani, J., Prakash, I., Mehmood, K. 2019. Optimum route planning of a city using GIS technology. 6. 402-412.
- Milenković, M., Kekić, D. 2016. Using GIS in emergency management. *Sinteza*, 202-207. doi: 10.15308/Sinteza-2016-202-207.
- Nicoară, P., Haidu, L. 2014. A GIS based network analysis for the identification of shortest route access to emergency medical facilities. *Geographia Technica*, 9(2), 60-67.
- Panahi, S., Delavar, M. 2009. Dynamic shortest path in ambulance routing based on GIS. *International Journal of Geoinformatics*, 5, 13-19.
- Pella, H., Ose, K. 2018. Network analysis and routing with QGIS. doi: 10.1002/9781119476726.ch4.
- Prabhakaran, S., Sindhu, K., Akash, R., Arunkumar, V., Krishna, L., Manikandan, D. 2017. Route optimization for municipal solid waste collection using Arc GIS network analyst. *JARDCS*, 2, 834-841.
- Priyadharshini, A., Francina, J. 2018. Site selection and route optimization for solid waste disposal for Tiruchirappalli corporation using GIS. *IJERT*, 6(14).
- Putra, A.H Amalia, A., Putro, R.K.H Darmayani, L.F. 2020. Waste transportation route optimization in Malang using network analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 506. 012033. 10.1088/1755-1315/506/1/012033.
- Qin, J., Ye, Y., Cheng, B., Zhao, X., Ni, L. 2017. The emergency vehicle routing problem with uncertain demand under sustainability environments. *Sustainability*, 9, 288. doi: 10.3390/su9020288.
- Rybansky, M. 2014. Modelling of the optimal vehicle route in terrain in emergency situations using GIS data. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 18. doi: 10.1088/1755-1315/18/1/012131.

- Taylor, M.A.P. 2008. Critical transport infrastructure in urban areas: impacts of traffic incidents assessed using accessibility based network vulnerability analysis. *Growth and Change*, 39(4), 593-616. doi: 10.1111/j.1468-2257.2008.00448.x.
- Tian, R., Li, S., Yang, G. 2018. Research on emergency vehicle routing planning based on short-term traffic flow prediction. *Wireless Pers. Commun.*, 102, 1993–2010. doi: 10.1007/s11277-018-5251-2.
- Utami, I.Q., Ramdani, F. 2021. GEMAR: web-based GIS for emergency management and ambulance routing. *Journal Informatics for Health and Social Care*, 11, 1-9. doi: 10.1080/17538157.2021.1948856.
- Vratonjić, M., Wittmann, H. 2015. Using and optimising GIS in an emergency response. european emergency association.
- Yuan, Y., Zhou, X., Yang, M. 2019. Emergency logistics vehicle routing optimization based on insufficient supply. In *E3S Web of Conferences*, 136.