



Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Banjir dan Penentuan Jalur Evakuasi dengan Metode *Network Analysis* di Kecamatan Sangatta Utara

Mapping of Flood Prone Areas and Determination of Evacuation Routes using Network Analysis Method in Sangatta Utara Sub-district

Al Aswad Janfari¹, Arief Hidayat¹, Rahmi Yorika², Umar Mustofa¹

¹ Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan

² Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan

arief.hidayat@lecturer.itk.ac.id

Artikel info

Artikel history:

Diterima; 14-07-2024

Direvisi; 22-07-2024

Disetujui; 24-07-2024

Abstract. This study aims to map the flood evacuation route in North Sangatta District. Several analyzes were used in this study to achieve the objectives to be achieved, first of all analyzing the level of vulnerability to floods in North Sangatta District by using the overlay method. In determining the route used network analyst method. Based on the results of the analysis that has been done, it is found that the level of vulnerability to flooding is divided into three, namely low, medium and high. Evacuation routes obtained 22 evacuation route directions with 9 evacuation location points.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan memetakan jalur evakuasi bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara. beberapa analisis yang digunakan pada penelitian ini untuk mencapai tujuan yang akan dicapai, pertama-tama menganalisis tingkat kerawanan bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara dengan menggunakan metode overlay. Dalam penentuan rute digunakan metode network analyst. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan tingkat kerawanan bencana banjir terbagi menjadi tiga yaitu rendah, sedang dan tinggi. Rute evakuasi didapatkan 22 arahan jalur evakuasi dengan 9 titik lokasi evakuas.

Keywords:

Rawan banjir; evakuasi; jalur; Network Analysis

Corresponden author:

Email: arief.hidayat@lecturer.itk.ac.id



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

1. PENDAHULUAN

Peristiwa bencana banjir tersebar di sebagian wilayah Indonesia, salah satunya di Kecamatan Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Kecamatan Sangatta Utara hampir setiap tahun mengalami banjir, dapat diketahui dari data histori banjir menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Kutai Timur menyebutkan pada tahun 2022 merupakan banjir terparah yang pernah terjadi dalam 10 tahun terakhir, Kecamatan Sangatta Utara dan Kecamatan Sangatta Selatan merupakan daerah yang paling banyak terdampak yaitu sekitar 15.504 jiwa di Kecamatan Sangatta Utara dan 10.095 jiwa di Kecamatan Sangatta Selatan, dengan total jumlah warga yang terdampak banjir yaitu 25.599 jiwa dan 567 unit bangunan terendam banjir. Ketinggian banjir mencapai 2 meter.

Melihat banyaknya korban jiwa serta kerugian-kerugian yang ditimbulkan sebagai akibat dari bencana banjir, tidak sedikit warga yang tidak tahu harus mengungsikan diri dan keluarga kemana sehingga masyarakat memilih untuk mengungsi ke daerah terdekat yang dirasa aman untuk sementara waktu. Dengan pola masyarakat dalam menghadapi banjir yang seperti itu, maka terbentuk pola pengungsian yang tersebar di berbagai tempat sehingga

menyulitkan tim evakuasi bencana dalam memberikan bantuan maupun proses evakuasinya. Melihat hal tersebut, sehingga diperlukan adanya upaya mitigasi untuk bencana banjir sehingga mampu mengurangi kerugian-kerugian tersebut. Ada beberapa cara atau metode yang dapat dilakukan, salah satunya yang bisa dilakukan untuk mengurangi jumlah korban dan kerugian saat terjadi bencana banjir adalah dengan melakukan perencanaan dan pemetaan rute jalur evakuasi yang efektif. Perencanaan rute evakuasi ini perlu dilakukan karena masih belum terdapat jalur evakuasi yang efektif pada daerah rawan bencana banjir (Parajuli et al., 2023; Wagistina et al., 2022), hal ini dapat dilihat dari tidak tersedianya peta jalur evakuasi bencana banjir di Wilayah Kecamatan Sangatta Utara pada Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Kutai Timur Tahun 2015-2035. Dengan adanya jalur evakuasi ini diharapkan mampu menjadikan masyarakat lebih siap dalam menghadapi bencana banjir dan juga memudahkan tim evakuasi dalam melakukan proses evakuasi serta bantuan terhadap korban yang terdampak bisa lebih merata. Maka dari penelitian ini dilakukan untuk memetakan jalur evakuasi daerah rawan bencana banjir yang ada di Kecamatan Sangatta Utara yang diharapkan bisa menjadi bahan pertimbangan pemerintah setempat dalam penentuan jalur evakuasi bencana banjir dan mampu mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat bencana banjir (Hidayat, 2012; Irsyad & Hitoshi, 2022; Safizadeh et al., 2022; Trenggana, 2018).

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Ruang lingkup penelitian ini meliputi tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Sangatta Utara dengan menggunakan *ArcGIS* dengan metode *overlay* sehingga didapatkan daerah mana saja yang rawan banjir. Dalam pembuatan peta jalur evakuasi bencana banjir menggunakan metode *network analysis* (Cooper & Chiaradia, 2020; Makalew & Mandang, 2020; Silalahi et al., 2020; Wagistina et al., 2022) yang merupakan sebuah permodelan transportasi dalam aplikasi GIS untuk mengetahui keterkaitan antar objek yang dihubungkan oleh jaringan transportasi.

2.1. Identifikasi Rawan Bencana Banjir di Kecamatan Sangatta Utara

Dalam menentukan tingkat kerawanan bencana banjir, digunakan metode skoring dan *overlay*. Dibutuhkan beberapa variabel untuk menentukan kerawanan banjir diantaranya data penggunaan lahan, data kelerengan, data ketinggian, data jenis tanah, data curah hujan, dan data sungai. Masing-masing variabel diberikan skor dan bobot. Berikut tabel skor dan bobot untuk tiap-tiap variabel yang digunakan.

Tabel 1. Variabel Kerawanan Bencana Banjir

Variabel	Klasifikasi	Skor	Bobot
Penggunaan lahan	Permukiman	5	2,5
	Sawah, tambak, dan danau	4	
	Ladang, Tegalan, dan Kebun	3	
	Semak	2	
	Hutan dan Tambang	1	
Curah hujan	>3000 mm/tahun	5	1,5
	2501 – 2500 mm/tahun	4	
	2001 – 2500 mm/tahun	3	
	1501 – 2000 mm/tahun	2	
	<1500 mm/tahun	1	
Kelerengan	0 -8%	5	1
	8-15%	4	
	15 – 25%	3	
	25 – 40%	2	
	>40%	1	
Ketinggian	0 – 25 mdpl	5	2
	26 – 50 mdpl	4	
	51 – 75 mdpl	3	
	76 – 100 mdpl	2	
	>100 mdpl	1	
Jenis Tanah	Aluvia, Planosol, Hidromorf Kelabu, Laterik	5	1
	Latosol	4	
	Kambisol, Tanah Mediteran	3	
	Andosol, Laterik, Grumosol, Podsol, Podsolik	2	
	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	1	
Buffer Sungai	0 – 50 m	5	2
	51 – 100 m	4	

Variabel	Klasifikasi	Skor	Bobot
	101– 500 m	3	
	501 – 750 m	2	
	>750 m	1	

Sumber: Kusumo & Nirsari, 2016

Setelah dilakukan analisis skoring dan *overlay* variabel-variabel kerawanan bencana banjir, untuk menentukan klasifikasi tingkat kerawanan bencana banjir didapatkan melalui persamaan yang tulis dalam Putra (2017) sebagai berikut:

$$Ki = \frac{Xt - Xr}{k} \quad (1)$$

dengan keterangan *Ki* merupakan jarak kelas, *Xt* merupakan data yang paling tinggi, *Xr* merupakan data paling rendah, kemudian *k* merupakan jumlah kelas yang ingin digunakan. Untuk memvalidasi hasil analisis kerawanan bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara maka peta kerawanan bencana banjir akan di *overlay* dengan peta kejadian banjir di Kecamatan Sangatta utara.

2.2. Penentuan Rute Evakuasi Bencana Banjir di Kecamatan Sangatta Utara

Sebelum menentukan rute evakuasi, terlebih dahulu menentukan titik evakuasi. Titik evakuasi di Kecamatan Sangatta utara ditentukan dari fasilitas-fasilitas seperti sekolah, tempat ibadah dan perkantoran kemudian diskoring untuk ditentukan fasilitas mana yang layak untuk dijadikan titik evakuasi. Ada beberapa 5 variabel untuk menentukan kelayakan fasilitas untuk menjadi titik evakuasi yaitu fungsi bangunan, kapasitas bangunan, jarak fasilitas dari banjir, lokasi fasilitas dari jalan, dan kerawanan bencana banjir. Berikut tabel bobot dan skoring untuk menentukan titik evakuasi bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara.

Tabel 2. Variabel Titik Evakuasi Bencana Banjir

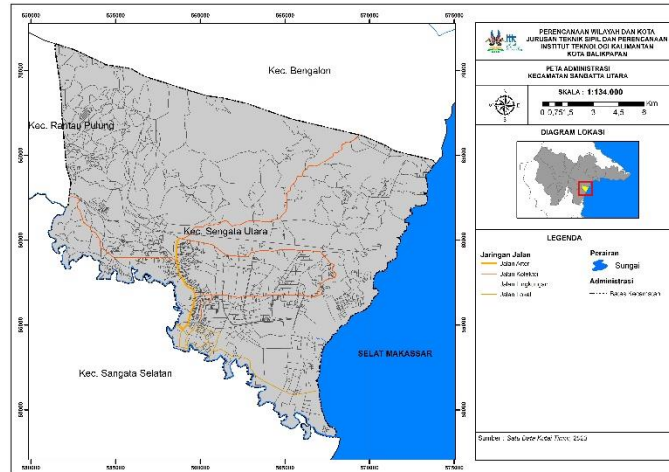
Variabel	Klasifikasi	Skor	Bobot
Fungsi Bangunan	Perumahan Masyarakat	1	1
	Fasilitas Kesehatan	2	
	Pemerintahan	3	
	Tempat Ibadah	4	
Kapasitas Bangunan	<100 orang	1	3
	100 – 500 orang	2	
	501 – 1000 orang	3	
	>1000 orang	4	
Lokasi dari jalan	Jalan Lingkungan	1	1
	Jalan Lokal	2	
	Jalan Kolektor	3	
	Jalan Arteri	4	
Jarak dari lokasi banjir	<3000 meter	1	3
	2000 – 3000 meter	2	
	1000 – 2000 meter	3	
	<500 meter	4	
Kerawanan Banjir	Tinggi	1	2
	Sedang	2	
	Rendah	3	

Sumber: Suharyanto, 2012

Setelah dilakukan skoring, untuk menentukan kelas kelayakan fasilitas dilakukan dengan menggunakan persamaan (1). Setelah didapatkan titik-titik evakuasi lalu ditentukan jalur rute evakuasinya dengan menggunakan *network analyst*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengambil lokasi di Kecamatan Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. Kecamatan Sangatta Utara memiliki luas 27684,44 Ha berdasarkan perhitungan GIS, sedangkan menurut data Badan Pusat Statistika (BPS) Kutai Timur luas Kecamatan Sangatta Utara yaitu 204,5 km² atau 20450 Ha. Pada penelitian ini luasan yang digunakan yaitu berdasarkan perhitungan GIS. Berikut peta administrasi Kecamatan Sangatta Utara.



Gambar 1. Peta Administrasi Kecamatan Sangatta Utara
Sumber: Satu Data Kutai Timur, 2023

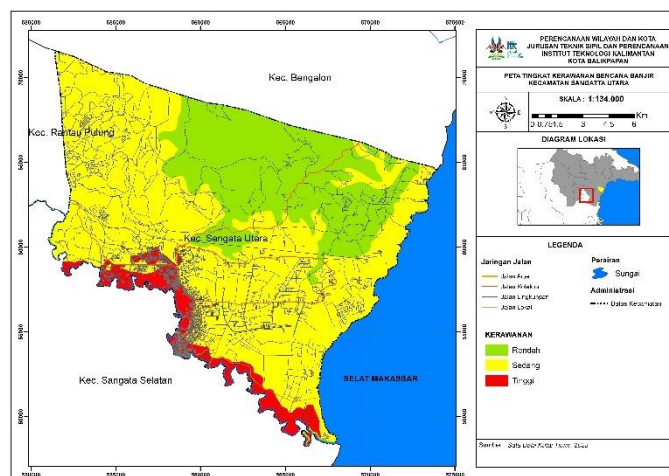
Dalam mengidentifikasi kerawanan bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara, didapatkan hasil dari skoring dan pembobotan masing-masing variabel sebagai berikut

Tabel 3. Hasil Analisis Kerawanan Bencana Banjir

Kelas Kerawanan Banjir	Total Skor	Luas (ha)
Tinggi	32,67 - 44	1966,65
Sedang	21,34 – 32,67	17679,61
Rendah	10 – 21,34	8046,56
Jumlah		27684,44

Sumber: Analisis Data, 2023

Berdasarkan tabel diatas didapatkan kelas kerawanan bencana banjir di Kecamatan Sangatta yaitu Rendah, Sedang, dan dan Tinggi dengan luas masing-masing kawasan yaitu tingkat kerawanan tinggi seluas 1966,65 Ha, kawasan dengan tingkat kerawanan sedang seluas 17670,61 Ha, dan kawasan dengan tingkat kerawanan rendah seluas 8046,56 Ha. Berikut peta Kerawanan Bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara.



Gambar 1. Peta Kerawanan Bencana Banjir di Kecamatan Sangatta Utara
Sumber: Analisis Data, 2023

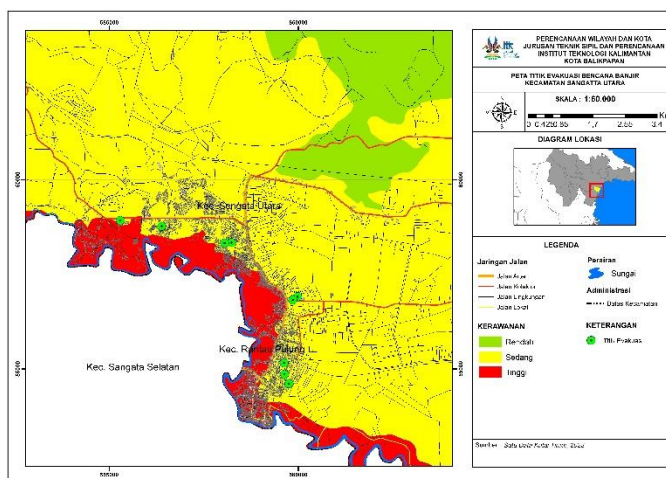
Penentuan titik evakuasi di Kecamatan Sangatta Utara berdasarkan hasil skoring hanya fasilitas dengan kategori layak saja yang akan menjadi titik evakuasi, dari 74 fasilitas di Kecamatan di Sangatta Utara didapat 9 fasilitas dengan kategori layak seperti yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil Skoring Fasilitas di Kecamatan Sangatta Utara

Kelas Kelayakan Fasilitas	Total Skor	Jumlah
Layak	30,37 – 41	9
Cukup Layak	20,34 – 30,37	51
Tidak Layak	10 – 20,34	14
Jumlah		74

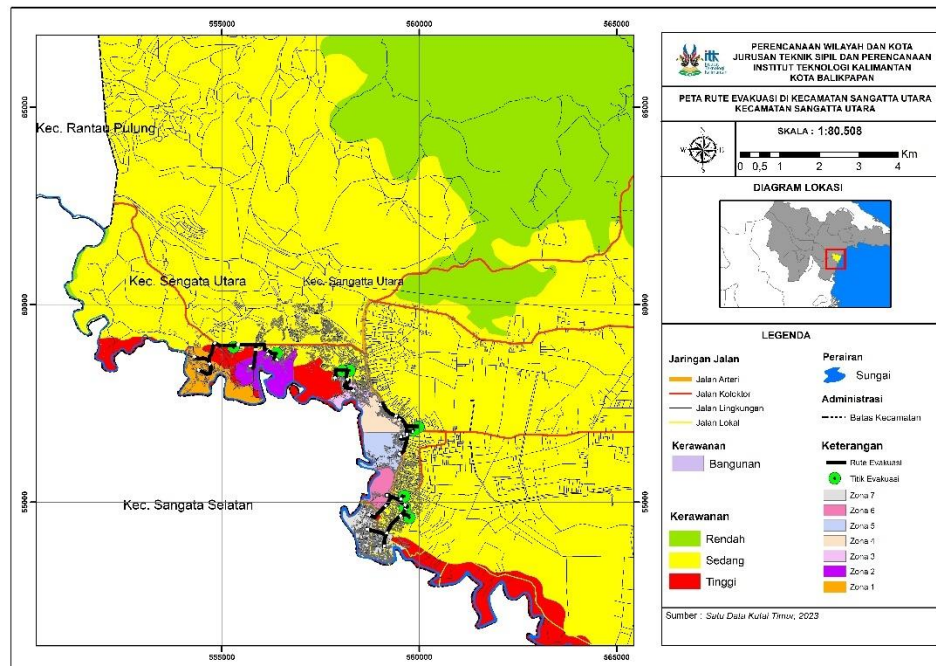
Sumber : Analisis Data, 2023

9 fasilitas tersebut terbagi menjadi tiga jenis fasilitas yaitu kantor pemerintahan, sekolah, dan tempat ibadah. Untuk kantor pemerintahan yaitu Kantor Camat Sangatta Utara, untuk sekolah yaitu SD – SMP Fransiskus Assisi Swarga Bara, SD Yayasan Pendidikan Prima 3 Swarga Bara, SMA Negeri Sangatta Utara, SMP Negeri 1 Sangatta Utara, SD Negeri 001 Sangatta Utara, dan SD Negeri 007 Sangatta Utara, untuk Tempat ibadah yaitu Masjid Al Falah dan Masjid Imam Syafi'i. Berikut Peta titik lokasi evakuasi bencana banjir di Kecamatan Sangatta utara.



Gambar 3. Titik Lokasi Evakuasi Bencana Banjir
Sumber: Analisis Data, 2023

Menurut(Makalew & Mandang, 2020; Parajuli et al., 2023; Safizadeh et al., 2022; Trenggana, 2018) Evakuasi secara umum merupakan proses pemindahan manusia dan/atau barang yang berada di kawasan yang rawan menuju ke kawasan yang tidak rawan atau aman. Sedangkan yang dimaksud jalur evakuasi merupakan trayek yang digunakan dalam proses pemindahan manusia atau barang dengan maksud mencari tempat aman bebas dari ancaman, dalam hal ini ancaman yang dimaksud yaitu bencana banjir. Sebelum rute evakuasi ditentukan, dilakukan pembagian zona dan penentuan titik bangkitan pengungsi untuk mempermudah dalam proses evakuasi. Penentuan zona pada penelitian ini dilakukan berdasarkan pembagian jaringan jalan di Sangatta Utara dan juga batas sungai di Kecamatan Sangatta Utara sedangkan untuk titik bangkitan pengungsi ditentukan dari analisis jangkauan pusat permukiman. Penentuan rute evakuasi bencana banjir dilakukan dengan menggunakan metode analisis pada software ArcGIS yaitu *network analyst* dengan teknik *closest facilities*. Selanjutnya, penentuan jarak yang ditempuh dari titik bangkitan pengungsi menuju titik evakuasi menggunakan parameter panjang jalan atau *length* (Cooper & Chiaradia, 2020; Irsyad & Hitoshi, 2022; Makalew & Mandang, 2020; Parajuli et al., 2023; Safizadeh et al., 2022; Trenggana, 2018; Wagistina et al., 2022). Panjang jalan ini bisa didapatkan dalam software ArcGIS dengan menghitung SHP jaringan jalan dengan menggunakan *calculate geometry*. Penentuan waktu tempuh menuju lokasi didapatkan dari hasil jarak dibagi kecepatan, kecepatan yang digunakan adalah kecepatan manusia dalam berjalan. Menurut Gunawan (2009), kecepatan rata-rata manusia normal dalam berjalan yaitu 3-5 km/jam. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan jalur evakuasi bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara yaitu sebanyak 22 jalur evakuasi yang terbagi dalam 7 zona. Arahkan jalur evakuasi ini menggunakan jalur terpendek atau terdekat dari lokasi yang terdampak banjir menuju titik evakuasi dengan tetap mempertimbangkan kondisi jalan yang dilalui.



Gambar 2. Peta Jalur Evakuasi Bencana Banjir di Kecamatan Sangatta Utara
Sumber: Analisis Data, 2023

diketahui bahwa terdapat 22 rute evakuasi yang menghubungkan 9 titik evakuasi. berdasarkan pembagian zona, diketahui bahwa pada zona 1 titik evakuasi terdekat yaitu di SD – SMP Fransiskus Assisi Swarga Bara dan menghasilkan 2 arahan rute evakuasi bencana banjir. Untuk zona 2, terdapat 2 titik evakuasi terdekat yaitu Masjid Imam Syafi'i dan SD – SMP Fransiskus Assisi Swarga Bara dan menghasilkan 4 arahan rute evakuasi bencana banjir. Untuk Zona 3, terdapat 2 titik evakuasi terdekat yaitu Masjid Al Falah dan SD Yayasan Pendidikan Prima Swarga Bara 3 dan menghasilkan 6 arahan rute evakuasi bencana banjir. Untuk zona 4, terdapat 2 titik lokasi evakuasi terdekat yaitu SMP Negeri 1 Sangatta Utara dan SMA Negeri 1 Sangatta Utara dan menghasilkan 2 arahan rute evakuasi bencana banjir.

Untuk zona 5, terdapat 2 lokasi evakuasi terdekat yaitu SMP Negeri 1 Sangatta Utara dan SMA Negeri 1 Sangatta Utara dan menghasilkan 2 arahan rute evakuasi bencana banjir. Untuk zona 6, terdapat 2 lokasi evakuasi terdekat yaitu SD Negeri 001 Sangatta Utara dan Kantor Camat Sangatta Utara dan menghasilkan 2 arahan rute evakuasi bencana banjir. terakhir yaitu zona 7, terdapat 3 titik lokasi evakuasi terdekat yaitu SD Negeri 001 Sangatta Utara, Kantor Camat Sangatta Utara, dan SD Negeri 007 Sangatta Utara dan menghasilkan 4 arahan rute evakuasi bencana banjir hasil dari *network analyst* didapatkan 22 jalur yang telah didapatkan rute dengan jarak terpanjang yaitu rute 1 pada zona 1 dengan jarak tempuh sejauh 1668,2 meter dengan waktu tempuh 30 menit. Sedangkan rute dengan jarak terpendek yaitu rute 1 zona 6 dengan jarak tempu 189,1 meter, jarak tempuh kurang dari 2 menit. Rute evakuasi ini memperhitungkan waktu tempuh dengan kecepatan berjalan kaki manusia normal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan temuan analisis yang dilakukan dan studi literatur, maka ditarik 2 kesimpulan berdasarkan tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu tingkat kerawanan bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara diklasifikasikan menjadi 3 yaitu tingkat kerawanan bencana banjir tinggi, tingkat kerawanan bencana banjir sedang, dan tingkat kerawanan bencana banjir rendah. Masing-masing memiliki luas yaitu untuk kawasan dengan tingkat kerawanan tinggi yaitu seluas 1966,65 Ha, kawasan dengan tingkat kerawanan sedang seluas 17670,61 Ha, dan kawasan dengan tingkat kerawanan rendah seluas 8046,56 Ha. Kemudian, Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *network analyst* didapatkan 22 rute jalur evakuasi bencana banjir di Kecamatan Sangatta Utara yang dibagi menjadi 7 zona. Zona 1 didapatkan 2 rute evakuasi, Zona 2 didapatkan 4 rute evakuasi, zona 3 didapatkan 6 rute evakuasi. zona 4 didapatkan 4 rute evakuasi, zona 5 didapatkan 2 rute evakuasi, zona 6 didapatkan 2 rute evakuasi, dan zona 7 didapatkan 4 rute evakuasi. Rute evakuasi dengan rute terpanjang terdapat pada rute 1 zona 1 dengan jarak tempuh sejauh 1668,2 meter dengan waktu tempuh 30 menit. Sedangkan rute dengan jarak terpendek yaitu rute 1 zona 6 dengan jarak tempu 189,1 meter, jarak tempuh kurang dari 2 menit. Rute evakuasi ini memperhitungkan waktu tempuh dengan kecepatan berjalan kaki manusia normal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Cooper, C. H. V., & Chiaradia, A. J. F. (2020). *sDNA: 3-d spatial network analysis for GIS, CAD, Command Line & Python*. SoftwareX, 12, 100525. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100525>
- Hidayat, A. (2012). *Analisis Pengembangan Kawasan Pesisir Berbasis Mitigasi Sea Level Rise (Kenaikan Muka Air Laut) Studi Kasus Kawasan Kota Lama Makassar*. Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia, 1(2012), 14.
- Irsyad, H. A. W., & Hitoshi, N. (2022). *Flood disaster evacuation route choice in Indonesian urban riverbank kampong: Exploring the role of individual characteristics, path risk elements, and path network configuration*. International Journal of Disaster Risk Reduction, 81, 103275. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103275>
- Makalew, F. P., & Mandang, D. J. F. (2020). *Design principle of evacuation route for the pedestrian during a flood event in Borgo village*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 419(1), 012091. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012091>
- Parajuli, G., Neupane, S., Kunwar, S., Adhikari, R., & Acharya, T. D. (2023). *A GIS-Based Evacuation Route Planning in Flood-Susceptible Area of Siraha Municipality, Nepal*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 12(7), 286. <https://doi.org/10.3390/ijgi12070286>
- Safizadeh, M., Hedayati Marzbali, M., Abdullah, A., & Maliki, N. Z. (2022). *Proposed flood evacuation routes for heritage areas based on spatial configuration analysis: a case study of Penang, Malaysia*. Journal of Facilities Management. <https://doi.org/10.1108/JFM-11-2021-0137>
- Silalahi, F. E. S., Hidayat, F., Dewi, R. S., Purwono, N., & Oktaviani, N. (2020). *GIS-based approaches on the accessibility of referral hospital using network analysis and the spatial distribution model of the spreading case of COVID-19 in Jakarta, Indonesia*. BMC Health Services Research, 20(1), 1053. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05896-x>
- Trenggana, S. (2018). *Spatial Modeling of Cold Lava Flood Evacuation in Kali Putih, Magelang Regency, Using Network Analyst*. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 3(4), 1499–1517. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.4.48>
- Wagistina, S., Syafitri, D. R., Lestari, J. S., Amanatinismi, K. H., Setiawan, D., & Ramadhani, S. (2022). *Service Area Network Analysis for Location Planning of Microbusiness and Local Franchise in Urban Area: A Case Study in Malang City, East Java Province, Indonesia*. Economies, 10(5), 103. <https://doi.org/10.3390/economies10050103>