

PENENTUAN LOKASI DAN JALUR EVAKUASI BENCANA BANJIR DI KAWASAN BENGAWAN SOLO SEBAGAI UPAYA MITIGASI (STUDI KASUS KABUPATEN SRAGEN)

A'an Aris Munandar^{1*}, Ulul Hidayah²

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

*Penulis korespondensi : anarismunand@gmail.com

ABSTRAK

Setiap wilayah harus meningkatkan kesiapsiagaan dalam mengatasi bencana alam. Kabupaten Sragen memiliki tingkat kerawanan banjir yang tinggi, terutama di kawasan bantaran Sungai Bengawan Solo. Meski berbagai upaya mitigasi telah dilakukan, pemetaan lokasi dan jalur evakuasi belum tersedia secara memadai. Penelitian ini bertujuan menganalisis titik evakuasi serta jalur yang aman bagi masyarakat di kawasan sempadan sungai. Data yang digunakan meliputi peta curah hujan, kelerengan, elevasi, jenis tanah, tutupan lahan, dan kerapatan sungai. Analisis dilakukan dengan pendekatan spasial menggunakan *weighted overlay* berbasis AHP, indeks spasial *H3 Hexagon*, serta *Network Analysis* dengan metode *closed facility*. Hasil kajian menunjukkan bahwa wilayah Sragen terbagi ke dalam 456 sel heksagon, dengan 297 sel tergolong aman dan 159 sel berada pada zona rawan banjir. Dari analisis jaringan, diperoleh 28 jalur evakuasi terdekat yang melayani 29 kelurahan rawan banjir di sekitar Bengawan Solo.

Kata kunci: jalur dan lokasi evakuasi, mitigasi bencana, Sungai Bengawan Solo

1 PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena alam yang berdampak besar terhadap kehidupan masyarakat, baik dari sisi keselamatan maupun kerugian ekonomi. Salah satu strategi penting dalam upaya mitigasi adalah penyediaan jalur evakuasi yang terencana, aman, dan efektif. Jalur evakuasi berperan krusial dalam menekan risiko korban jiwa maupun cedera ketika terjadi keadaan darurat. Jalur ini merupakan lintasan yang telah dirancang dan dipetakan sebelumnya untuk memandu masyarakat menyelamatkan diri saat bencana, seperti banjir atau kecelakaan industri (Tierney, Perry, & Lindell, 2001). Menurut Efendi dan Pamungkas (2016), jalur evakuasi yang direncanakan secara optimal mampu secara signifikan mengurangi risiko selama proses evakuasi berlangsung. Perencanaan jalur evakuasi tidak hanya menekankan aspek teknis, tetapi juga harus memperhatikan faktor keamanan, kemudahan akses, serta partisipasi masyarakat lokal. Foley (2018) menegaskan bahwa keterlibatan warga sangat penting agar jalur evakuasi sesuai dengan kebutuhan komunitas dan dapat digunakan oleh semua lapisan masyarakat. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, jalur evakuasi dapat dirancang lebih adaptif terhadap kondisi geografis maupun sosial di wilayah setempat.

Kabupaten Sragen termasuk wilayah di Indonesia yang kerap dilanda banjir. Berdasarkan data BPBD dan Portal Satu Data Bencana Indonesia, dalam lima tahun terakhir tercatat 35 kejadian banjir yang berdampak pada ribuan rumah serta fasilitas umum. Pada tahun 2024, misalnya, banjir merendam 770 rumah di tujuh desa/kelurahan dengan ketinggian air mencapai 1,5 meter, termasuk

di Desa Sidoharjo. Kondisi ini menegaskan perlunya peningkatan kesiapsiagaan dan strategi mitigasi bencana banjir yang lebih terencana.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang mitigasi bencana banjir di Kabupaten Sragen. Salah satu contoh penelitian yang dilakukan oleh Widyaningrum (2023) mengkajian terkait kesiapsiagaan masyarakat dan mitigasi bencana terhadap bencana tanah longsor pada Kecamatan Kalijambe. Sementara Priyanti and Utami (2023) melakukan kajian terhadap kesiapsiagaan warga terhadap bencana banjir di Desa Kleco Kulon. Diantara penelitian tersebut belum ada penelitian yang membuat kajian tentang lokasi dan jalur evakuasi dalam proses mitigasi bencana.

Jalur evakuasi bencana banjir di Kabupaten Sragen masih terbatas pada rute deskriptif yang belum dipetakan secara rinci. ASEAN Disaster Information Network (2024) mencatat bahwa belum tersedia pusat evakuasi yang memadai di wilayah ini. Selain itu, laporan dari KOMPAS.com (2025) mengungkapkan bahwa banjir di Kabupaten Sragen sering kali mempersulit warga untuk mengevakuasi diri tanpa bantuan tim BPBD. Kondisi ini menyoroti pentingnya pemetaan dan perencanaan jalur evakuasi yang lebih komprehensif dan terarah. Jalur evakuasi menjadi salah satu langkah upaya untuk memitigasi bencana, dengan jarak tempuh yang mudah dicapai menjadi salah satu syarat jalur evakuasi yang baik. Banjir yang sering melanda Kabupaten Sragen belum diimbangi dengan ketersediaan jalur serta lokasi evakuasi yang memadai, sehingga menimbulkan kerugian besar baik dari sisi korban jiwa maupun material. Penelitian ini berfokus pada penentuan lokasi dan rute evakuasi yang lebih efektif serta efisien. Dengan adanya perencanaan jalur evakuasi yang matang, diharapkan kesiapsiagaan masyarakat Sragen terhadap ancaman banjir di masa depan dapat meningkat.

2 METODE

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Sragen, salah satu wilayah dalam lingkup Metropolitan Solo Raya, Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Sragen termasuk kawasan dengan tingkat kerawanan banjir tinggi, terutama di wilayah sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo. Kondisi ini menuntut peningkatan kesiapsiagaan melalui penentuan lokasi serta jalur evakuasi yang tepat. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga April 2025.

Dalam penentuan lokasi serta jalur evakuasi yang aman dan efisien di Kabupaten Sragen, diperlukan pemanfaatan data sekunder yang bersumber dari BPBD, BAPPEDA, Portal Satu Data Bencana Indonesia, serta berbagai peta digital. Data sekunder yang digunakan mencakup peta curah hujan, kemiringan lereng, elevasi permukaan, jenis tanah, tutupan lahan, serta kerapatan jaringan sungai (Darmawan et al., 2017). Dalam proses analisis penentuan lokasi serta jalur evakuasi, setiap variabel memiliki tingkat kepentingan yang berbeda. Bobot masing-masing parameter ditentukan melalui metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

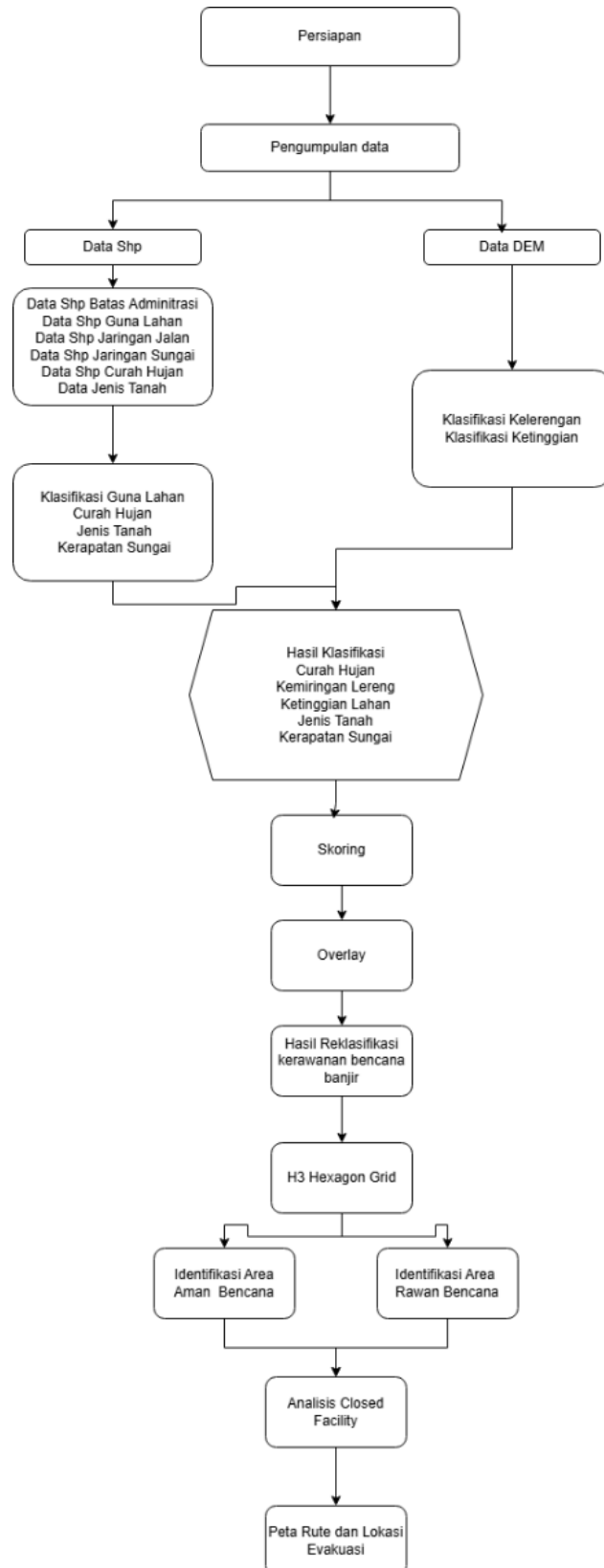
Analisis multikriteria dengan metode AHP dilakukan dengan mempertimbangkan sejumlah faktor, antara lain kemiringan lereng, intensitas curah hujan, kerapatan jaringan sungai, guna lahan, serta kondisi jaringan jalan. Pemberian nilai pada setiap parameter adalah sama yaitu 1-5, sedangkan pemberian bobot tergantung pada pengaruh dari setiap parameter yang memiliki faktor paling besar dalam tingkat kerawanan banjir (Matondang, J.P., 2013).

Tabel 1. Faktor Pembobotan Setiap Parameter Kerawanan Banjir

No	Parameter	Bobot
1	Kemiringan lahan	20%
2	Kelas ketinggian	10%
3	Tekstur tanah	20%
4	Curah hujan	15%
5	Penggunaan lahan	15%
6	Kerapatan sungai	20%

Dalam menentukan lokasi evakuasi paling efektif di Kabupaten Sragen dengan pendekatan analisis spasial. Tahap awal analisis dilakukan dengan mengkaji tingkat kerawanan bencana melalui teknik *weighted overlay* menggunakan enam jenis data yang telah dikumpulkan. Tahap berikutnya adalah penerapan *Hexagon Spatial Index*, di mana area penelitian dibagi ke dalam grid berbentuk heksagon untuk menghasilkan analisis risiko spasial yang lebih akurat. Sejalan dengan Aini et al. (2023), metode H3 *Hexagon Grid* dipandang sebagai teknik indeks spasial yang mampu merepresentasikan wilayah geografis dengan tingkat resolusi yang fleksibel. Pendekatan ini memudahkan analisis distribusi risiko bencana secara lebih efisien. Pendekatan ini mampu meningkatkan ketepatan pemetaan serta distribusi informasi spasial, sehingga mendukung perencanaan mitigasi bencana yang lebih efektif. Pada analisis heksagon, radius yang digunakan ditetapkan sebesar 1 km². Tahap selanjutnya dilakukan dengan menggabungkan peta heksagon dan hasil analisis kerawanan bencana melalui teknik *Overlay*. Dari proses ini diperoleh lokasi-lokasi yang berada pada zona berisiko tinggi beserta lokasi yang aman.

Penentuan jalur evakuasi di Kabupaten Sragen kemudian dianalisis menggunakan *Network Analysis* dengan pendekatan *Closed Facility*. Analisis *Network* dengan pendekatan *Closed Facility* digunakan untuk menentukan jalur evakuasi yang optimal dengan mempertimbangkan aksesibilitas dan hambatan infrastruktur akibat bencana (Dirgantara and Zalmita, 2022). Data utama mencakup jaringan jalan, titik evakuasi yang di dapat dari *overlay sel hexagon* serta peta kerawanan banjir untuk memahami risiko dan rute yang masih dapat digunakan, dengan pendekatan *Closed Facility* untuk menentukan rute terdekat dari titik atau kelurahan dengan kerentanan tinggi ke area yang memiliki kerentanan terendah. Adapun keseluruhan tahapan analisis dapat dilihat pada Gambar 1.

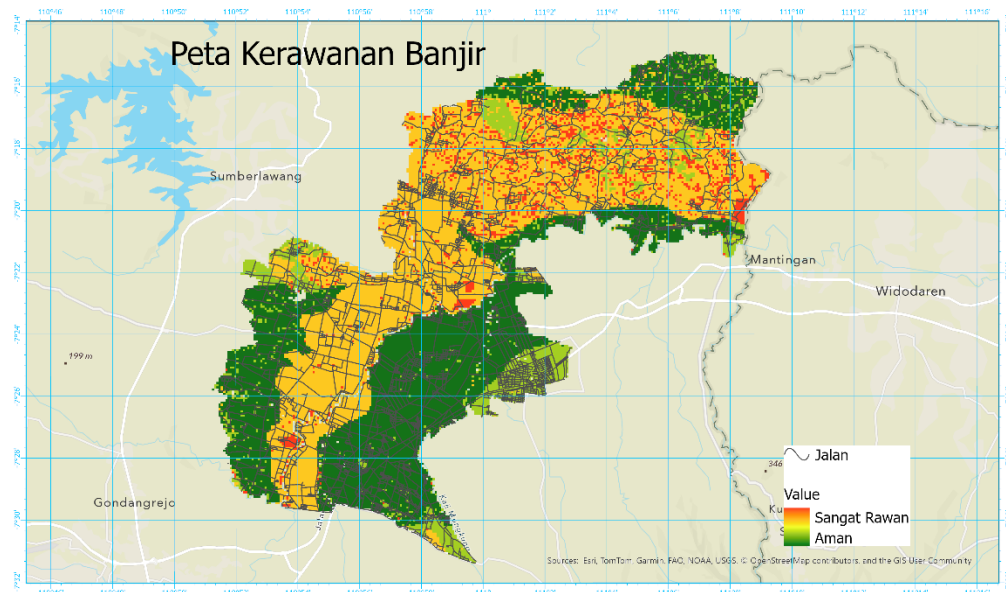


Gambar 1. Alur Analisis
Sumber : Hasil Analisis (2025)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

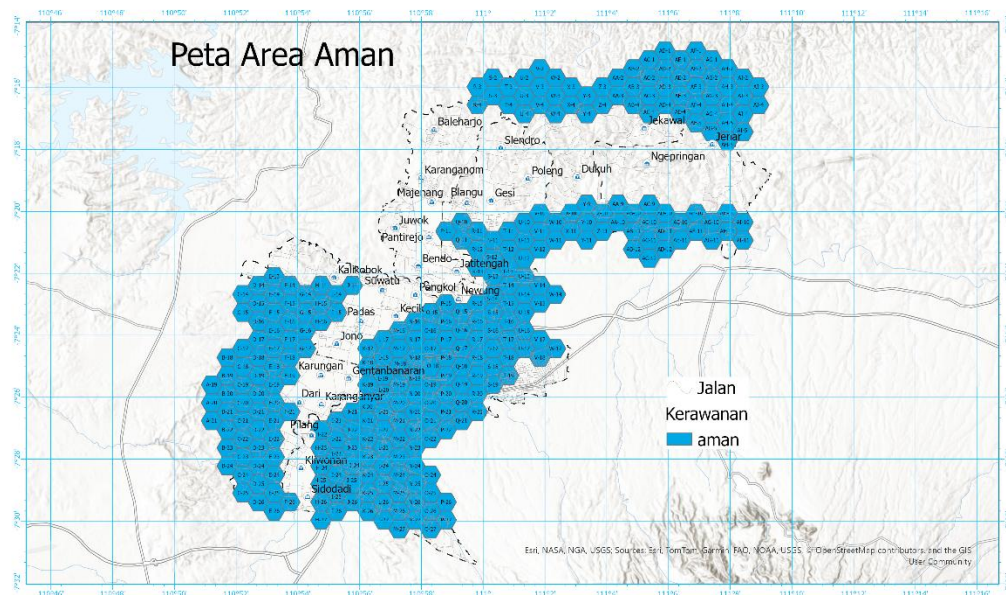
3.1 Lokasi Evakuasi Bencana Banjir di Kawasan Bengawan Solo

Penentuan peta kerawanan bencana banjir dilakukan dengan mengintegrasikan berbagai peta tematik seperti curah hujan, kelerengan, ketinggian permukaan, jenis tanah, tutupan lahan, dan kepadatan sungai menggunakan metode *overlay* berbasis GIS (Gambar 2). Setiap peta memberikan informasi penting, seperti pola aliran air, kemampuan infiltrasi tanah, dan kepadatan jaringan sungai, yang bersama-sama membentuk gambaran risiko banjir di suatu wilayah. Hasil pengolahan ini menghasilkan peta kerawanan banjir yang dapat digunakan sebagai dasar Penentuan Jalur dan lokasi evakuasi di kawasan aliran sungai Bengawan Solo yang melewati Kecamatan Gesi, Jenar, Masaran, Plupuh, Sidoharjo, Sragen, Sukodono, Tangen, dan Tanon.



Gambar 2. Peta Kerawanan Banjir
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Sebagian besar wilayah yang dilewati Aliran Bengawan Solo ini menunjukkan potensi banjir yang cukup tinggi. Area ini mencakup hampir seluruh kecamatan seperti Masaran, Plupuh, Sidhoarjo, Sragen, Jenar, dan Ngrampal. Seluruh daerah tersebut dikategorikan sebagai zona dengan tingkat kerawanan banjir yang tinggi hingga sangat tinggi. Dari Hasil Analisa terdapat 29 Kelurahan dalam zona rawan banjir yaitu : 1) Baleharjo, 2) Bendo, 3) Blangu, 4) Dari, 5) Dukuh, 6) Gentanbanaran, 7) Gesi, 8) Jatitengah, 9) Jekawal, 10) Jenar, 11) Jono, 12) Juwok, 13) Kalikobok, 14) Karanganom, 15) Karanganyar, 16) Karungan, 17) Kecik, 18) Kliwonan, 19) Majenang, 20) Newung, 21) Ngepringan, 22) Padas, 23) Pantirejo, 24) Pengkol, 25) Pilang, 26) Poleng, 27) Sidodadi, 28) Slendro, dan 29) Suwatu.



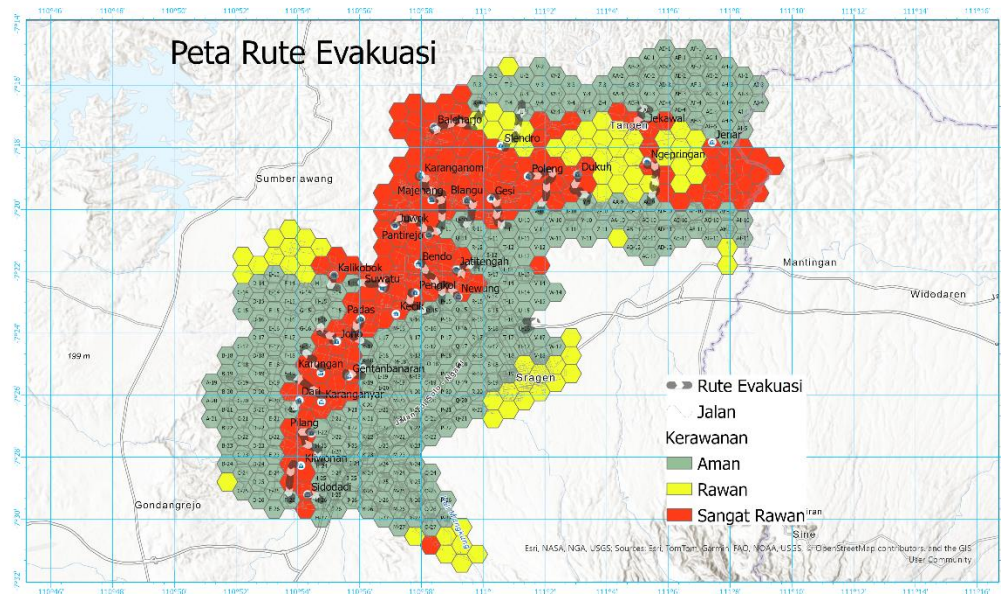
Gambar 3. Peta Area Aman
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Dengan penggabungan metode spasial join antara peta kerawanan bencana dan H3 *Hexagon Grid*, wilayah yang rawan bencana diklasifikasikan ke dalam unit grid dengan luasan 1 km² per sel berbentuk heksagonal, memberikan representasi spasial yang lebih terstruktur dan analitis serta memberikan gambaran area yang rawan serta area aman yang dapat digunakan sebagai area evakuasi.

Setiap sel H3 pada peta ini mengintegrasikan data dari peta kerawanan bencana, sehingga memungkinkan identifikasi wilayah dengan tingkat risiko yang beragam. Hasil analisis menghasilkan peta dalam format grid heksagon yang menyajikan gambaran menyeluruh mengenai distribusi tingkat kerawanan bencana. Gambaran ini mempermudah proses analisis, perencanaan mitigasi, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efektif.

Hasil analisis menunjukkan terdapat 297 unit sel heksagon yang dikategorikan aman dari ancaman banjir (Gambar 3), sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2012). Mengacu pada Peraturan Kepala BNPB Nomor 15 Tahun 2012, satu tenda pengungsian berukuran 14 m × 6 m mampu menampung 35–50 orang. Dengan luas 1 km² (1.000.000 m²), dapat didirikan sekitar 11.900 tenda. Berdasarkan perhitungan tersebut, kapasitas maksimal satu unit sel heksagon dapat mencapai 595.000 orang.

3.2 Jalur Evakuasi Bencana Banjir di Kawasan Bengawan Solo



Gambar 4. Peta Rute Evakuasi
Sumber : Hasil Analisis (2025)

Untuk membuat Peta Lokasi dan Rute evakuasi maka area studi kemudian di-tessellasi menjadi grid heksagonal H3 global dengan luas sekitar 1 km² per sel. Resolusi ini dipilih untuk menyeimbangkan detail spasial dengan efisiensi komputasi. Untuk setiap heksagon H3 1 km², Proses ini memanfaatkan kemampuan H3 untuk secara efisien mengagregasi data dari kumpulan data yang berbeda.

Setiap heksagon 1 km² menyediakan unit spasial yang konsisten dan sebanding dengan Kode grid tersendiri, yang sangat penting untuk analisis selanjutnya. Ini berarti bahwa ketika data dari AHP diagregasikan ke dalam sel H3 1 km² ini, variasi buatan yang disebabkan oleh bentuk grid itu sendiri diminimalkan, sehingga meningkatkan keandalan skor kesesuaian yang dihitung untuk setiap heksagon dihasilkan dari AHP-GIS dan heksagonal H3, memberikan gambaran spasial yang komprehensif tentang area yang paling sesuai untuk Lokasi dan jalur Evakuasi yang efektif dan efisien nantinya.

Tabel 2. Panjang Rute Evakuasi Bencana Banjir

No	Kelurahan	Nomor Sel	Panjang Rute (m)
1	Baleharjo	R-4	5034
2	Bendo	P-15	2953
3	Blangu	Q-10	2437
4	Dari	F-21	593
5	Dukuh	Y-9	2475
6	Gentanbanaran	K-18	2182
7	Gesi	T-11	2622
8	Jatitengah	R-13	1763
9	Jekawal	AC-4	1798
10	Jono	H-16	1864

No	Kelurahan	Nomor Sel	Panjang Rute (m)
11	Juwok	P-11	3845
12	Kalikobok	I-14	1196
13	Karanganom	P-11	4191
14	Karanganyar	F-19	2429
15	Karungan	G-17	2198
16	Kecik	U-16	1471
17	Kliwonan	F-26	2431
18	Majenang	P-11	2237
19	Newung	P-15	2294
20	Ngepringan	AC-9	3157
21	Padas	K-17	2330
22	Pantirejo	P-11	1246
23	Pengkol	O-15	2014
24	Pilang	H-24	3244
25	Poleng	V-10	4071
26	Sidodadi	H-26	898
27	Slendro	T-4	3230
28	Suwatu	J-14	2530

Berdasarkan hasil analisis, di sepanjang Bengawan Solo Kabupaten Sragen teridentifikasi 28 jalur evakuasi menuju titik kumpul terdekat bagi warga terdampak banjir. Dari hasil analisis, diketahui bahwa tiga kelurahan Juwok, Karanganyar, dan Majenang tergabung dalam satu unit sel evakuasi yang sama. Sementara itu, Kelurahan Jenar tercatat belum memiliki jalur evakuasi yang terpetakan (Tabel 2).

Setiap jalur evakuasi menggambarkan arah pergerakan dari masing-masing kelurahan menuju unit sel evakuasi tertentu, disertai informasi mengenai panjang rute yang harus dilalui. Jalur evakuasi terpanjang tercatat dari Desa Baleharjo menuju R-4 dengan jarak lebih dari 5 kilometer, sedangkan jalur terpendek dari Desa Dari menuju F-21 hanya 593 meter.

Sebagian besar jalur lainnya berada pada kategori menengah dengan panjang antara 2 hingga 3 kilometer. Walaupun jarak tersebut relatif tidak terlalu jauh, tetap memerlukan waktu dan energi untuk ditempuh, terlebih dalam kondisi darurat yang menuntut kecepatan dan kesiapan. Dengan demikian, data yang tersaji dalam tabel berfungsi sebagai acuan utama dalam menetapkan prioritas evakuasi, merencanakan kebutuhan logistik, serta mengatur distribusi bantuan secara terarah. Melalui perencanaan yang terstruktur dengan baik, diharapkan seluruh warga di wilayah terdampak dapat menuju titik kumpul secara aman, teratur, dan terkendali.

4 SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menjawab keterbatasan pemetaan evakuasi di kawasan Bengawan Solo, Sragen, dengan menghasilkan sistem pemetaan mitigasi spasial yang presisi dan terukur. Melalui integrasi analisis multikriteria (*Analytical Hierarchy Process*) dan indeks spasial *H3 Hexagon*, penelitian ini mengidentifikasi 297 unit sel heksagon (seluas 1 km² per sel) sebagai lokasi evakuasi yang aman dan mampu menampung pengungsi dari 29 kelurahan yang berada di zona kerawanan banjir tinggi.

Sebagai solusi atas terbatasnya panduan rute evakuasi yang selama ini hanya bersifat deskriptif, metode *Network Analysis* dengan pendekatan *closed facility* dalam penelitian ini terbukti efektif menentukan 28 jalur evakuasi optimal bagi warga terdampak. Rute-rute ini memastikan akses tercepat dari titik rentan menuju area aman terdekat dengan rata-rata panjang jalur tempuh sebesar 2.455 meter, di mana jarak terpendek adalah 593 meter (Kelurahan Dari menuju sel F-21) dan jarak terjauh adalah 5.034 meter (Kelurahan Baleharjo menuju sel R-4).

Secara keseluruhan, gagasan utama dari kajian ini menunjukkan bahwa pemodelan spasial grid heksagon sangat efisien dalam merepresentasikan risiko spasial dan mendistribusikan jalur kedaruratan. Pemetaan rute dan lokasi evakuasi ini memberikan acuan teknis yang konkret bagi pemerintah Kabupaten Sragen untuk menetapkan prioritas evakuasi, merencanakan kebutuhan logistik, serta meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat secara lebih terstruktur saat menghadapi ancaman banjir di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sragen atas dukungan yang luar biasa dalam penelitian ini. Akses data spasial yang diberikan telah menjadi elemen krusial dalam analisis dan pengembangan kajian ilmiah terkait Penentuan lokasi dan jalur evakuasi bencana banjir di kawasan bengawan solo sebagai upaya mitigasi (studi kasus kabupaten sragen). Kolaborasi ini menunjukkan komitmen BPBD dan BAPPEDA Kabupaten Sragen dalam mendukung penelitian dan inovasi untuk peningkatan ketahanan daerah terhadap bencana. Semoga kerja sama ini dapat terus berlanjut dan memberikan manfaat bagi masyarakat serta pengembangan strategi yang lebih efektif dalam pengelolaan risiko bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. N., Dewantari, O. A., Mandala, D. P. A., and Bisri, M. B. F. 2023. An Enhanced Earthquake Risk Analysis using H3 Spatial Indexing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1245(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1245/1/012014>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2012. Peraturan Kepala BNPB Nomor 15 Tahun 2012 tentang Pedoman Pusat Pengendalian Operasi Penanggulangan Bencana (PUSDALOPS-PB). BNPB.
- Darmawan, K., Hani'ah, H., and Suprayogi, A. 2017. Analisis tingkat kerawanan banjir di Kabupaten Sampang menggunakan metode overlay dengan scoring berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 31-40. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.15024>
- Dirgantara, I. and Zalmita, N., 2022. Pemetaan Jalur Evakuasi Bencana Banjir Di Kecamatan Gunung Meriah Kabupaten Aceh Singkil Menggunakan Metode Network Analyst. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 7(2), pp.256-266.
- Efendi, A. I., & Pamungkas, A. (2016). Identifikasi Variabel Berpengaruh Terhadap Jalur Evakuasi Bencana Banjir di Kecamatan Widang, Kabupaten Tuban. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), C134-C137. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17794>
- Priyanti, D.G.A. and Utami, D.R.R.B., 2023. Kesiapsiagaan Warga dalam Menghadapi Bencana Banjir di Desa Kleco Kulon Kabupaten Sragen. *Sehat Rakyat: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(1), pp.1-9.

- Matondang, J. P., Kahar, S., dan Sasmito, B. 2013. Analisis Zonasi Daerah Rentan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kota Kendal Dan Sekitarnya). *Jurnal Geodesi Undip*, 2(2). <https://doi.org/10.14710/jgundip.2013.2442>
- Tierney, K., Perry, R. and Lindell, M. 2001. *Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States*. Joseph Henry Press, Washington DC.
- Widyaningrum, N. L. 2023. Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat dan Mitigasi Bencana Terhadap Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Kalijambe Kabupaten Sragen Tahun 2021 (Implementasi Dalam Pembelajaran Geografi di SMA dalam Bentuk Modul Ajar Materi Mitigasi Bencana Alam Kelas XI). *GEADIDAKTIKA*, 3(1), 107-114. <https://doi.org/10.20961/gea.v3i1.77943>