

## **Analisis Spasial Jalur Evakuasi Bencana di Desa Ciputri, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat**

**Priyo Sunandar<sup>1\*</sup>, Masita Dwi Mandini Manessa<sup>1</sup>, Hafid Setiadi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Magister Ilmu Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat, Indonesia

**\*E-mail:** [priyosunandar72@gmail.com](mailto:priyosunandar72@gmail.com)

*Received: 29 12 2023 / Accepted: 17 05 2024 / Published online: 18 07 2024*

### **ABSTRAK**

Desa Ciputri di Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, yang telah ditetapkan sebagai desa wisata, menghadapi tantangan signifikan terkait potensi bencana alam. Situasi ini memerlukan strategi mitigasi risiko yang komprehensif, terutama dalam konteks perencanaan jalur evakuasi yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem jalur evakuasi bencana yang optimal di Desa Ciputri melalui pendekatan analisis spasial. Metodologi penelitian ini menggabungkan survei lapangan untuk validasi dan pemutakhiran data jaringan jalan dengan analisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Algoritma Dijkstra diimplementasikan untuk kalkulasi jalur evakuasi terpendek, mempertimbangkan variabel jarak dan waktu tempuh. Proses analisis melibatkan integrasi data primer hasil survei dengan data sekunder yang telah ada. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan akurasi data jaringan jalan, dengan penambahan total panjang jalan sebesar 5,08 km dibandingkan data sekunder sebelumnya. Analisis spasial menghasilkan tiga kluster area permukiman berdasarkan aksesibilitas ke titik-titik evakuasi yang telah ditentukan. Diferensiasi jalur evakuasi dilakukan untuk dua kategori yaitu pejalan kaki/pengendara motor dan pengguna mobil, dengan perhitungan spesifik jarak dan estimasi waktu tempuh dari setiap titik awal menuju lokasi evakuasi terdekat. Peta jalur evakuasi yang dihasilkan menyajikan visualisasi komprehensif jalur-jalur optimal, memberikan landasan ilmiah untuk perencanaan mitigasi bencana di Desa Ciputri. Implementasi hasil penelitian ini berpotensi meningkatkan efektivitas respon darurat dan meminimalkan risiko pada saat terjadi bencana. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan strategi manajemen bencana berbasis data spasial yang dapat diadaptasi untuk daerah-daerah wisata lain dengan karakteristik geografis serupa.

**Kata Kunci:** Jalur Evakuasi Bencana, Analisis Spasial, Algoritma Dijkstra

### **ABSTRACT**

*Ciputri Village in Pacet Sub-district, Cianjur Regency, which has been established as a tourism destination village, faces significant challenges related to potential natural disasters. This situation requires a comprehensive risk mitigation strategy, especially in the context of effective evacuation route planning. This research aims to develop an optimal disaster evacuation route system in Ciputri Village through a spatial analysis approach. The research methodology combines field survey for validation and updating of road network data with analysis using Geographic Information System (GIS). Dijkstra's algorithm was implemented for the calculation of the shortest evacuation path, considering the variables of distance and travel time. The analysis process involved the integration of primary survey data with existing secondary data. The results showed an increase in the accuracy of the road network data, with an additional total road length of 5.08 km compared to the previous secondary data. The spatial analysis resulted in three clusters of residential areas based on accessibility to predetermined evacuation points. Differentiation of evacuation routes was conducted for two categories: pedestrians/motorcyclists and car users, with specific calculation of distance and estimated travel time from each starting*

*point to the nearest evacuation site. The resulting evacuation route map presents a comprehensive visualization of optimal routes, providing a scientific basis for disaster mitigation planning in Ciputri Village. Implementation of the results of this research has the potential to improve the effectiveness of emergency response and minimize risks in the event of a disaster. This research contributes to the development of spatial data-based disaster management strategies that can be adapted for other tourist areas with similar geographical characteristics.*

**Keywords:** *Disaster Evacuation Route, Spatial Analysis, Dijkstra Algorithm*

## PENDAHULUAN

Desa Ciputri yang terletak di Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur telah ditetapkan sebagai desa wisata oleh Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif (Kemenparekraf 2024). Pembentukan desa wisata bertujuan untuk memberdayakan masyarakat agar dapat berperan sebagai pelaku langsung dalam upaya meningkatkan kesiapan dan kepedulian kami dalam menyikapi potensi pariwisata atau lokasi daya tarik wisata di wilayah masing-masing desa (Sarasmika and Sudana 2023). Selain itu, tujuan dari pembentukan desa wisata ini adalah untuk meningkatkan posisi dan peran masyarakat sebagai pelaku penting dalam pembangunan sektor pariwisata, dan dapat bersinergi dan bermitra dengan pemangku kepentingan terkait dalam meningkatkan kualitas perkembangan kepariwisataan di daerah. Hal ini untuk membangun dan menumbuhkan sikap dukungan positif dari masyarakat desa sebagai tuan rumah melalui perwujudan nilai-nilai saptapesona bagi tumbuh (Purnawati, 2021).

Meningkatnya frekuensi dan besarnya bencana alam di seluruh dunia dalam setengah abad terakhir (misalnya, banjir, gunung berapi, gempa bumi, dan angin topan) (Irsyad and Hitoshi, 2022), mengharuskan kita untuk memperkuat kesiapsiagaan dan mitigasi menghadapi bencana dan evakuasi darurat yang efektif, yang sangat penting untuk membangun ketahanan masyarakat terhadap bencana (Renne et al, 2018). Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran

dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Undang-Undang No 24, 2007). Sebagai salah satu bagian dari sistem tanggap bencana, jalur evakuasi memiliki peranan yang penting. Jalur evakuasi adalah jalur yang direncanakan dan di fungsikan sebagai jalur evakuasi atau penyelamatan pada saat bencana terjadi (Erliana et al, 2022). Jalur evakuasi direncanakan sesuai dengan kapasitas jalan dan kepadatan penduduk pada tiap wilayah (Taufik et al, 2018).

Perancangan peta evakuasi dengan cara menentukan lintasan terpendek menuju titik evakuasi. Model matematika telah diberikan untuk menghitung rute optimal (Hamacher and Tjandra, 2001). Terdapat beberapa metode algoritma yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute tercepat seperti Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd Warshall, dan lain sebagainya. Algoritma Dijkstra memiliki kelebihan yaitu lebih cepat dalam menemukan rute terpendek (Aprian, 2007). Algoritma Dijkstra telah banyak diterapkan dan dikembangkan dalam studi berbagai rute evakuasi bencana karena sifatnya yang mudah dan sederhana (Dijkstra, 1959). Metode yang digunakan untuk penentuan lintasan terpendek ialah Algoritma Dijkstra. Algoritma Dijkstra ditemukan oleh Edsger Wybe Dijkstra pada tahun 1959. Salah satu komponen dari algoritma dijkstra adalah graf dan matriks ketetanggaan. Graf merupakan pasangan himpunan  $G = (V,E)$ . Secara geometri graf digambarkan sebagai sekumpulan noktah (simpul) didalam bidang dwimatra yang dihubungkan dengan sekumpulan garis

(sisi) (Asakura and Watanabe 2014). Pada matriks ketetanggaan terdapat komponen utama sebagai penyusunnya yaitu lintasan. Dua buah simpul dalam sebuah graf dinyatakan bertetangga apabila keduanya terhubung langsung dalam sebuah sisi (Afifuddin and Munir 2019). Dijkstra adalah algoritma yang termasuk dalam algoritma *greedy*, dijkstra seringkali digunakan untuk mencari optimasi-optimasi. Solusi tersebut dibentuk dari solusi yang berasal dari tahap sebelumnya dan ada kemungkinan solusi lebih dari satu (Aprian, 2007).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jalur evakuasi bencana di Desa Ciputri, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur dengan menggunakan analisis spasial. Penggunaan model evakuasi dapat memfasilitasi para pengambil keputusan dalam menentukan rencana evakuasi yang lebih efektif untuk diimplementasikan selama skenario darurat (Makinoshima et al, 2020). Untuk itu, hasil penelitian dapat memberikan manfaat dan juga sebagai sarana berbagi informasi rute dan tempat evakuasi bagi penduduk dan pengunjung di Desa Ciputri.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah administrasi Desa Ciputri pada tanggal 26 sampai 29 Oktober 2023. Secara geografis Desa Ciputri masuk ke dalam wilayah Cianjur Utara terletak antara  $106^{\circ}59'28.99''$  -  $107^{\circ} 4'45.42''$  Bujur Timur dan  $6^{\circ}45'37.42''$  -  $6^{\circ}47'18.53''$  Lintang Selatan. Ciputri adalah desa di Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, Indonesia. Semula Desa Ciputri secara administratif termasuk ke dalam wilayah Desa Ciherang, Kecamatan Pacet, Cianjur, namun seiring terjadinya pemekaran wilayah yang terjadi pada tahun 1978, Desa Ciputri dengan desa induk Ciherang dimekarkan. Pemekaran Desa Ciputri juga disebabkan terlalu

luasnya Desa Induk Ciherang dan terlalu banyaknya penduduk dalam satu desa.

Desa Ciputri berbatasan dengan beberapa wilayah administratif, baik yang termasuk ke dalam wilayah administratif Kecamatan Pacet, Kecamatan Sukaresmi maupun wilayah administratif Kecamatan Cugenang. Batas administrasinya yaitu di sebelah utara berbatasan dengan Desa Ciherang Kecamatan Pacet, di sebelah selatan berbatasan dengan Desa Galudra dan Desa Cibeureum Kecamatan Cugenang, di sebelah timur berbatasan dengan Desa Cijedil Kecamatan Cugenang dan Desa Pakuan Kecamatan Sukaresmi. Di sebelah barat berbatasan dengan Desa Sukamulya Kecamatan Cugenang (Gambar 1).

Wilayah Desa Ciputri memiliki luas wilayah luas wilayah 915,15 Ha dan terdiri dari empat wilayah Dusun yaitu Dusun Ciherang, Dusun Cijedil, Dusun Sarongge, dan Dusun Tunggilis (Pemerintah Desa Ciputri 2023).

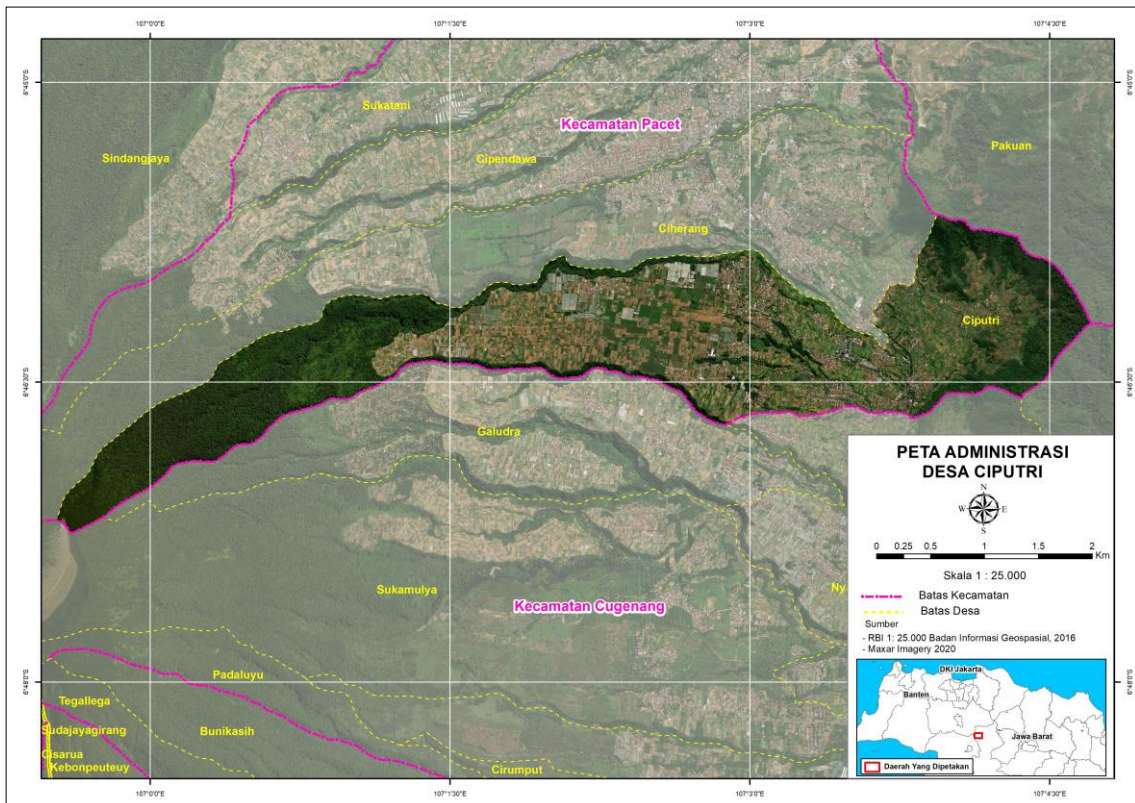
### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk menganalisis rute evakuasi tercepat yaitu ArcMap 10.8 yang mana mudah dalam memproses data untuk setiap parameter. Microsoft excel digunakan untuk menganalisis atribut data yang terdapat dalam data spasial, agar hasil yang didapat lebih akurat dan sesuai dengan kondisi di lapangan. Citra satelit Maxxar tahun 2023 dan Foto Udara tahun 2021 digunakan untuk mendapatkan informasi spasial desa ciputri dan untuk menginterpretasikan jaringan jalan. Kamera digunakan untuk mengambil dokumentasi dan bukti-bukti yang terjadi di lapangan. Meteran digital digunakan untuk mengukur lebar jalan dengan waktu tempuh jalan direkam menggunakan *stopwatch*. GPS handheld Garmin 64s digunakan untuk merekam jejak jalan yang dilewati dan melakukan penandaan pada setiap persimpangan segmen jalan.

## Metode Pengumpulan, Pengolahan, Dan Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan oleh peneliti sendiri di lapangan, sedangkan data sekunder peneliti dapatkan data instansi terkait yang menyediakan data.

Adapun data sekunder yang digunakan adalah data batas administrasi Desa Ciputri yang berasal dari data Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 Badan Informasi Geospasial (BIG). Data jaringan jalan Desa Ciputri yang berasal dari data RBI skala 1:25.000 BIG. Data lokasi evakuasi bencana gempa bumi di Desa Ciputri 2022.



**Gambar 1:** Peta Administrasi Desa Ciputri, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat

Data wilayah permukiman Desa Ciputri yang berasal dari data RBI 1:25.000 BIG. Data foto udara Desa Ciputri tahun 2021 yang berasal dari Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Data primer didapatkan melalui observasi dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer yang diambil yaitu perhitungan waktu tempuh dan lebar ruas jalan di lapangan. *Plotting* shelter pengungsian yang ada di Desa Ciputri.

Validasi wilayah permukiman di Desa Ciputri.

Proses pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pembuatan batas administrasi Desa Ciputri, pembuatan jaringan jalan, pembuatan segmen jalan, input data waktu tempuh ke dalam segmen jalan, pembuatan wilayah permukiman, penentuan titik awal, penentuan titik akhir, pembuatan graf, pengolahan algoritma dijkstra, dan pembuatan peta jalur evakuasi.

Proses pengolahan data batas administrasi dimulai dengan menginput data batas desa yang bersumber dari data digital Peta Rupa Bumi Indonesia. Dataset batas desa yang masih menyeluruh di pulau Jawa kemudian dilakukan ekstraksi untuk mengambil data batas Desa Ciputri saja yang berbentuk poligon. Data ini kemudian akan digunakan untuk melakukan ekstraksi data lainnya di Desa Ciputri.

Segmen jalan dibuat dari data jaringan jalan dengan mengidentifikasi persimpangan jalan atau pertemuan lebih dari dua ruas jalan untuk mendapatkan node. Selanjutnya, ruas jalan dipecah pada setiap node yang ada yang akan menghasilkan segmen-segmen jalan di Desa Ciputri. Perhitungan panjang jalan dilakukan pada setiap segmen jalan dan dimasukkan kedalam data atribut segmen jalan tersebut.

Penentuan waktu tempuh untuk setiap segmen jalan dilakukan dengan dua pendekatan. Pendekatan pertama yaitu dengan melakukan perhitungan waktu tempuh segmen jalan secara langsung di lapangan dengan berjalan kaki menelusuri ruas jalan. Pendekatan pertama ini dilakukan untuk membuat jalur evakuasi bagi pejalan kaki. Pendekatan berikutnya dilakukan dengan menentukan kelas jalan berdasarkan (Kementerian PUPR 2006).

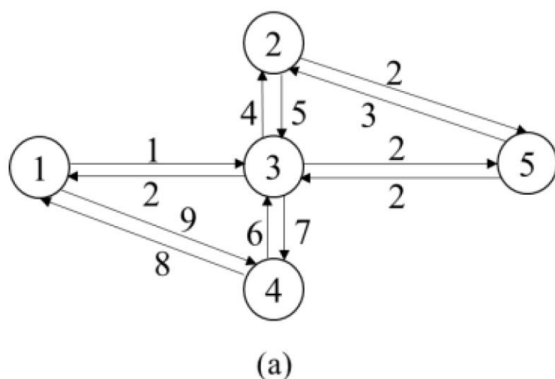
Perhitungan waktu tempuh setiap segmen jalan dilakukan dengan mengalikan panjang segmen jalan dengan kecepatan rencana jalan sesuai Tabel 1. Hasil perhitungan waktu tempuh yang semula dengan satuan jam kemudian dikonversi ke menit. Pendekatan kedua dilakukan untuk menentukan waktu tempuh dan jalur evakuasi untuk kendaraan mobil.

**Tabel 1.** Klasifikasi Jalan dan Kecepatan Minimum

NO	Kelas Jalan	Kecepatan Rencana Minimal (km/jam)	Lebar Jalan (meter)
1	Arteri	60	11
2	Kolektor	40	9
3	Lokal	20	7,5
4	Lain	15	6,5
Total		28,04	33,12

Sumber: Kementerian PUPR

Setelah menghitung waktu evakuasi dari semua rute, digunakan matriks A ( $t$ ) untuk mengukur jaringan evakuasi. Jika simpul  $V_i$  dan simpul  $V_j$  dalam matriks tidak berdekatan, elemen yang sesuai  $a_{ij}$  cenderung  $+\infty$  dalam matriks. Jika node  $V_i$  berdekatan dengan node  $V_j$ ,  $a_{ij}$  yang dihitung digunakan untuk mewakili waktu evakuasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Nodes	1	2	3	4	5
1	$+\infty$	$+\infty$	1	9	$+\infty$
2	$+\infty$	$+\infty$	5	$+\infty$	2
3	2	4	$+\infty$	7	2
4	8	$+\infty$	6	$+\infty$	$+\infty$
5	$+\infty$	3	2	$+\infty$	$+\infty$

**Gambar 2 :** (a) Contoh grafik waktu, bobot suatu tepi mewakili waktu evakuasi sebenarnya. (b) Matriks penyimpanan waktu, angka pada gambar adalah waktu dari node  $V_i$  ke node  $V_j$ .

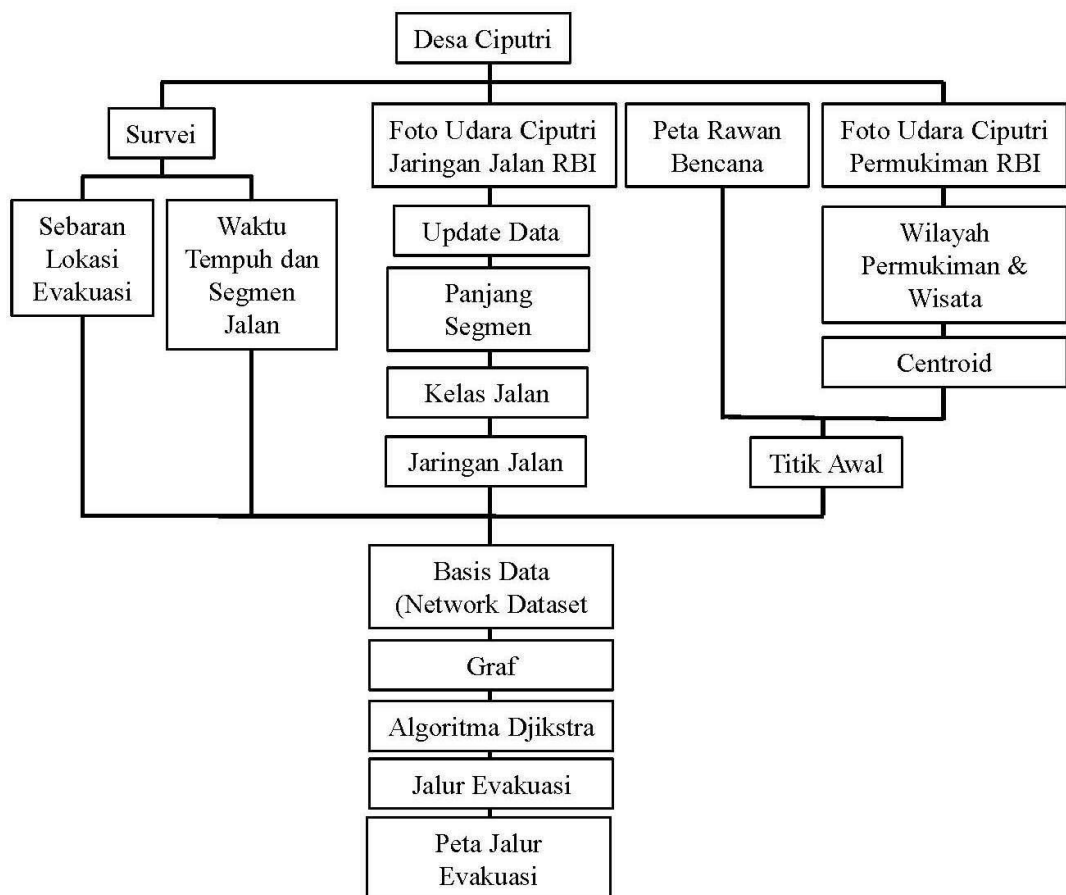
Pada Gambar 2, ketika satu titik berpindah dari 1 ke 5, dalam situasi tanpa mempertimbangkan siklus dua titik yang berdekatan, terdapat 4 rute yang dapat dipilih, dan waktu yang dihabiskan untuk perjalanan berangkat dan pulang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Kapan intinya pemilihan jalan di berbagai arah, perbedaan besar terjadi pada waktu yang dihabiskan tergantung pada rute yang dipilih.

Setelah didapatkan diagram skematik waktu tempuh dari setiap titik awal ke akhir. Maka dibuat urutan waktu tercepat hingga terlama yang dapat dipilih untuk menuju lokasi pengungsian dari titik awal. Rute yang sudah dilakukan

perankingan tersebut kemudian akan digambarkan kedalam sebuah peta yang akan menginformasikan rute evakuasi efektif. Perhitungan waktu tempuh dengan algoritma dijkstra dilakukan secara otomatis menggunakan *software* Arcmap 10.8. Tahapan penelitian secara alur disajikan pada Gambar 3.

**Tabel 2.** Perencanaan rute yang berbeda dan waktu yang dihabiskan dalam diagram skematik.

1 -> 5	Waktu
1 -> 3 -> 2 -> 5	7
1 -> 3 -> 5	3
1 -> 4 -> 3 -> 5	18
1 -> 4 -> 3 -> 2 -> 5	21



**Gambar 3:** Alur penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jaringan Jalan

Dari data RBI BIG, kelas jalan yang terdapat di Desa Ciputri terbagi menjadi empat kelas, yaitu jalan kolektor, lokal, lain, dan setapak. Kelas jalan tersebut sama dengan kelas jalan hasil survei lapang, akan tetapi dari data survei lapang yang dilakukan, terdapat penambahan total panjang seluruh jalan dan setiap kelas jalan. Kelas jalan kolektor semula pada data RBI adalah 1,03 kilometer (km) menjadi 2,75 km, jalan local semula 16,68 km menjadi 19,37 km, jalan lain semula 4,12 km menjadi 4,45 km, dan jalan setapak semula 6,21 km menjadi 6,56 km. secara total Panjang jalan terjadi penambahan sepanjang 5,08 km (Tabel 3)

**Tabel 3.** Ruas Jalan di Desa Ciputri

Kelas Jalan RBI	Panjang (Km)	Kelas Jalan Survei Lapang	Panjang (Km)
1 Kolektor	1,03	Kolektor	2,75
2 Lokal	16,68	Lokal	19,37
3 Lain	4,12	Lain	4,45
4 Setapak	6,21	Setapak	6,56
<b>Total</b>	<b>28,04</b>		<b>33,12</b>

**Sumber :** Data RBI 2016 dan Data Lapangan, 2023

Ruas jalan untuk pejalan kaki dan motor terdiri dari 168 segmen dengan jumlah simpul/node jalan sebanyak 148. Panjang segmen jalan yang dapat dilalui oleh pejalan kaki dan motor adalah 33,12 km. Adapun Ruas jalan untuk kendaraan roda empat terdiri dari 133 segmen dengan jumlah simpul/node jalan sebanyak 121. Panjang segmen jalan yang dapat dilalui oleh mobil adalah 24,7 km.

Peningkatan total panjang jalan yang terdeteksi melalui survei lapangan menunjukkan pentingnya validasi data sekunder dengan observasi langsung. Hal ini sejalan dengan temuan Taufik et al. (2018) yang menekankan pentingnya akurasi data jaringan jalan dalam perencanaan evakuasi. Perbedaan panjang

jalan untuk pejalan kaki/motor dan mobil mengindikasikan adanya jalan-jalan kecil yang tidak dapat diakses oleh kendaraan roda empat, yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan rute evakuasi.

### Lokasi Permukiman

Di Desa Ciputri terdapat tiga puluh area permukiman yang tersebar di bagian timur, tengah, dan barat desa. Dari setiap area permukiman tersebut kemudian didapatkan titik centroid yang digunakan sebagai titik awal rute evakuasi menuju tempat evakuasi (Gambar 4).

### Lokasi Tempat Evakuasi

Berdasarkan hasil survei lapang, terdapat tiga tempat evakuasi yang digunakan pada saat terjadi bencana gempa bumi tahun 2022 di Desa Ciputri. Ketiga lokasi tersebut yaitu lokasi evakuasi Saung Sarongge yang terletak pada koordinat  $107^{\circ} 2'17.89''E$   $6^{\circ}46'0.68''S$ , lokasi evakuasi Sarongge Valley yang terletak pada koordinat  $107^{\circ} 2'52.23''E$   $6^{\circ}46'1.01''S$  dan lokasi evakuasi Tunggilis yang terletak pada koordinat  $107^{\circ} 3'40.87''E$   $6^{\circ}46'12.93''S$ . Ketiga tempat evakuasi ini akan digunakan sebagai tujuan akhir rute evakuasi (Gambar 4).

Penyebaran permukiman yang luas menuntut perencanaan evakuasi yang cermat untuk memastikan aksesibilitas ke tempat evakuasi. Jumlah tempat evakuasi yang terbatas (3 lokasi) dibandingkan dengan jumlah area permukiman (30 area) menimbulkan tantangan dalam hal kapasitas dan jangkauan pelayanan. Hal ini sejalan dengan penelitian Makinoshima et al. (2020) yang menekankan pentingnya mempertimbangkan distribusi populasi dalam perencanaan evakuasi.

### Cakupan Area Tempat Evakuasi

Dengan menggunakan algoritma dijkstra, kita dapat memperoleh perbandingan waktu dan jarak setiap titik

awal evakuasi yang berjumlah tiga puluh menuju tiga tempat penampungan dengan waktu evakuasi terpendek dan jarak terdekat yang sesuai dengan setiap titik awal secara bergantian, dan membagi simpul-simpul jalan yang sesuai dengan tempat penampungan yang sama ke dalam rentang cakupan tempat evakuasi (Lusiani, Purwaningsih, and Sartika 2023). Pada perbandingan jarak dan waktu tempuh menuju ketiga tempat evakuasi ini, akhirnya dihasilkan tiga kluster area permukiman dengan cakupan area tempat evakuasinya (Gambar 4). Tempat evakuasi Saung Sarongge berdasarkan kedekatannya mencakup permukiman 1, 2, 3, dan 4. Tempat evakuasi Sarongge Valley mencakup permukiman 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14. Tempat evakuasi Tunggilis mencakup permukiman 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, dan 30 (Gambar 4).

Pembagian cakupan area ini menunjukkan distribusi yang tidak merata, dengan Tunggilis melayani lebih banyak area permukiman. Hal ini dapat menjadi tantangan dalam hal kapasitas dan efisiensi evakuasi. Penelitian Irsyad dan Hitoshi (2022) juga menemukan bahwa konfigurasi jaringan jalan dan distribusi tempat evakuasi sangat mempengaruhi pilihan rute evakuasi.

### Rute Evakuasi

Dari hasil analisa data lapangan terhadap jaringan jalan yang terdapat di Desa Ciputri, ditentukan 2 jenis rute evakuasi, yang pertama adalah rute evakuasi pejalan kaki dan motor dan yang kedua adalah rute evakuasi menggunakan mobil. Rute evakuasi pejalan kaki dan motor untuk klaster Saung Sarongge dapat dilihat pada Gambar 5 (a)(b)(c) sedangkan rute evakuasi pengendara mobil dapat dilihat pada Gambar 5 (a)(b)(c).

Rute evakuasi ditentukan berdasarkan perhitungan algoritma dijkstra dari titik awal menuju titik akhir melalui

jaringan jalan sebagai penghubungnya. Waktu tempuh dan jarak segmen jalan menjadi variabel utamanya. Adapun hasil analisis data rute evakuasi dapat dilihat pada Tabel 4 untuk rute pejalan kaki dan motor, sedangkan Tabel 5 merupakan hasil perhitungan untuk rute evakuasi mobil.

Variasi waktu tempuh dan jarak menunjukkan kompleksitas dalam perencanaan evakuasi. Rute terpanjang mencapai 2419 m dengan waktu tempuh 34,56 menit untuk pejalan kaki, sementara rute terpendek hanya 107 m dengan waktu tempuh 1,53 menit. Perbedaan signifikan ini menunjukkan pentingnya strategi evakuasi yang berbeda untuk berbagai lokasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Asakura dan Watanabe (2014) yang menekankan pentingnya mempertimbangkan rute alternatif dalam perencanaan evakuasi.

Penggunaan algoritma Dijkstra dalam penelitian ini terbukti efektif untuk menentukan rute evakuasi tercepat dan terdekat. Hal ini mendukung temuan Lusiani et al. (2023) yang menunjukkan keunggulan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek. Namun, perlu dipertimbangkan faktor-faktor lain seperti kondisi jalan, kepadatan penduduk, dan potensi hambatan selama evakuasi, sebagaimana disoroti oleh Erliana et al. (2022) dalam evaluasi jalur evakuasi.

### KESIMPULAN

Penambahan panjang jaringan jalan, yang terdeteksi melalui survei lapangan setelah menggunakan data sekunder, memberikan data yang lebih presisi tentang jaringan jalan yang dapat digunakan untuk jalur evakuasi di Desa Ciputri. Dari hasil survei lapangan didapatkan kondisi jaringan jalan yang fisiknya dapat dilalui oleh berbagai jenis moda transportasi, sehingga ditentukan jalur evakuasi yang baik.

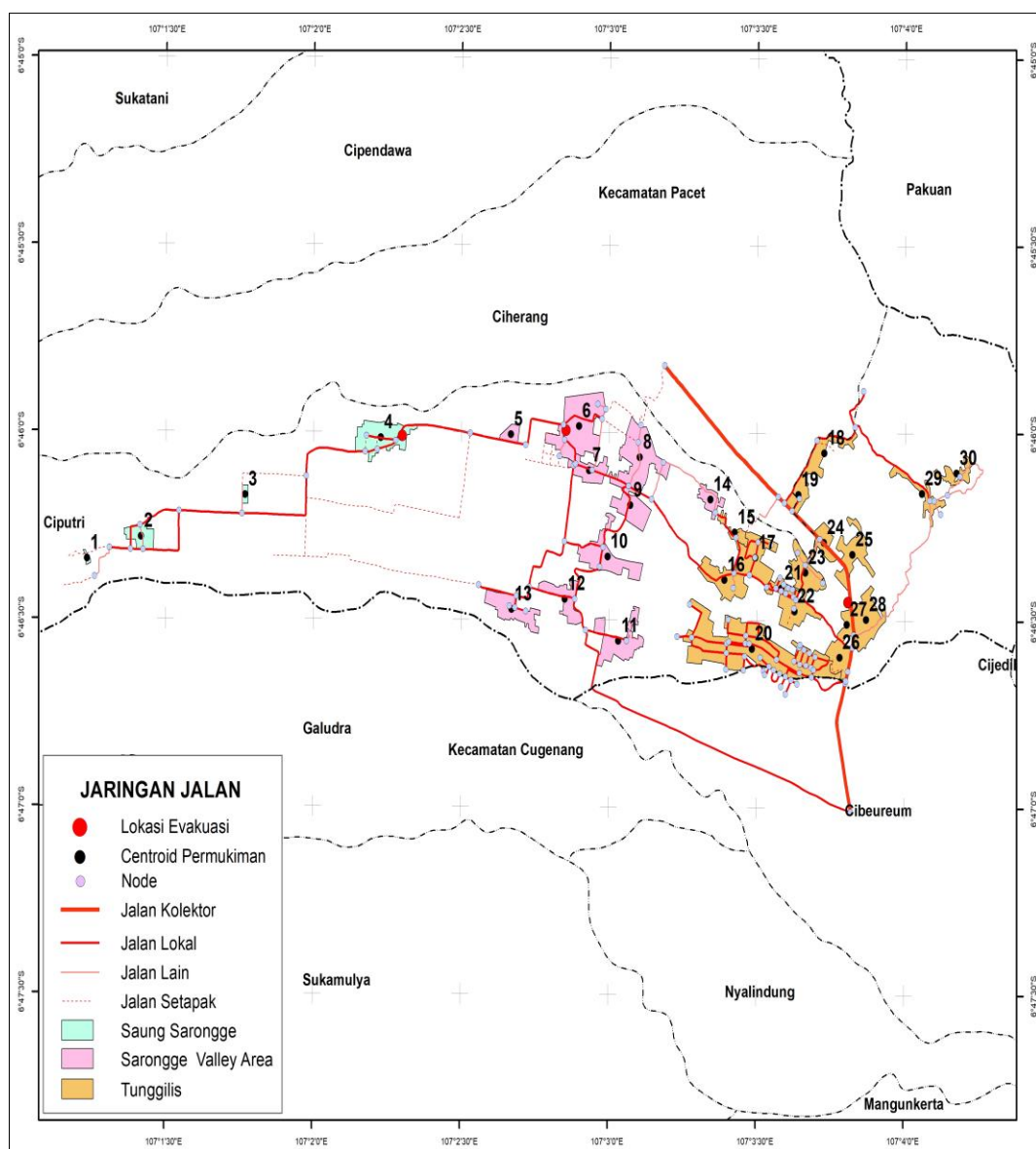
Selain itu, dengan menggunakan algoritma dijkstra, penelitian ini berhasil



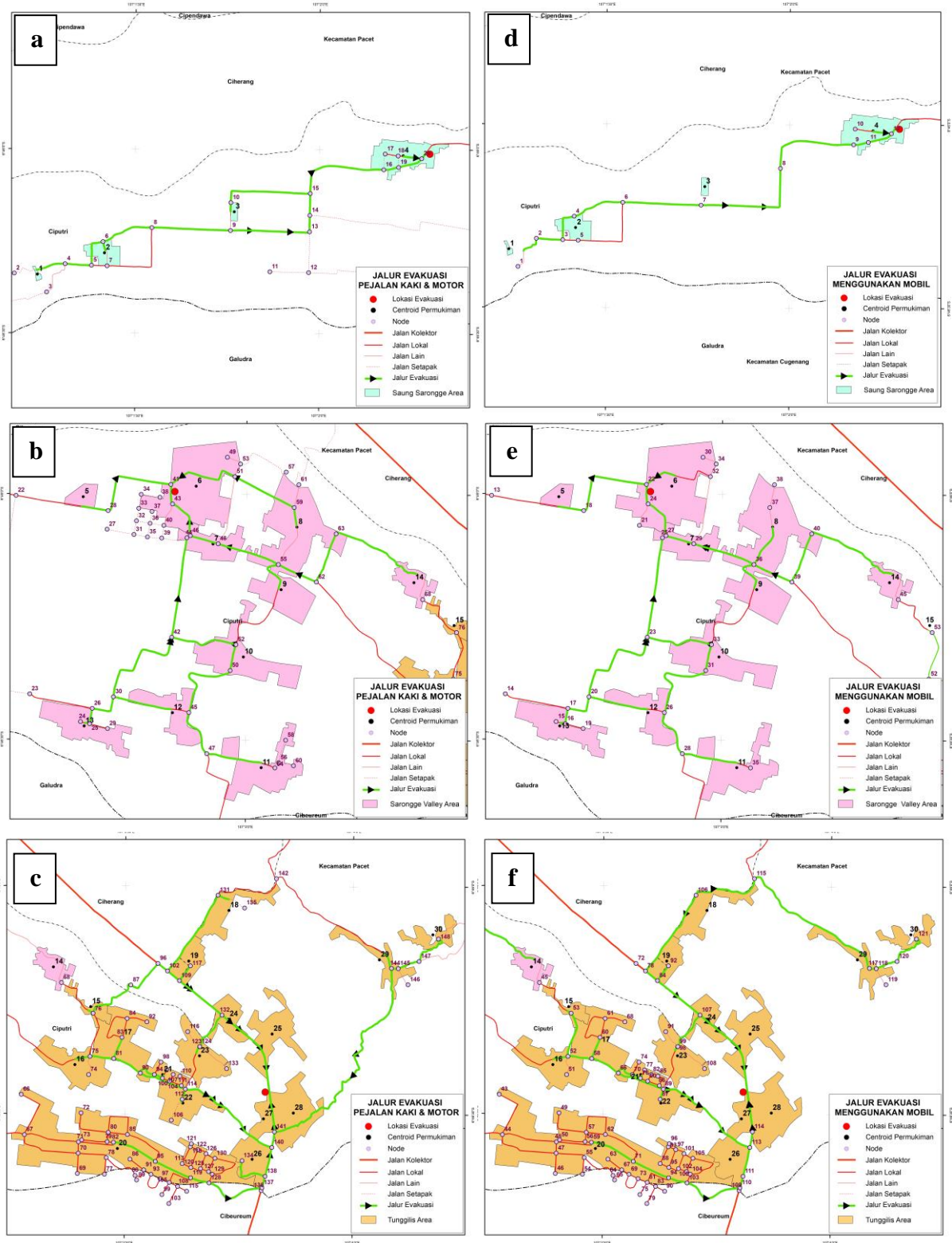
membuat kluster permukiman berdasarkan cakupan pelayanan dari tempat evakuasi. algoritma dijkstra digunakan untuk menghitung jarak dan waktu tempuh, dan hasilnya menunjukkan adanya tiga kluster area pelayanan. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang potensi jalur evakuasi, mempertimbangkan faktor jarak dan waktu tempuh.

Dengan demikian, algoritma dijkstra tidak hanya efektif dalam

menganalisis rute evakuasi berdasarkan jarak terdekat, tetapi juga mempertimbangkan waktu tempuh tercepat. Rute evakuasi yang dihasilkan dari penelitian ini dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam perencanaan kesiapsiagaan bencana di Desa Ciputri, memungkinkan pihak berwenang untuk mengambil tindakan yang tepat dan efisien dalam situasi darurat.



**Gambar 4:** Jaringan jalan Desa Ciputri



**Gambar 5** (a) (b) (c) Jalur evakuasi pejalan kaki & motor klaster Saung Sarongge, Sarongge Valley, Tunggalis, (d)(e)(f) jalur evakuasi mobil klaster Saung Sarongge, Sarongge Valley, Tunggalis

**Tabel 4.** Jarak dan Waktu dari permukiman ke tempat evakuasi dengan berjalan kaki

Titik Awal	Lintasan Node ke Saung Sarongge	Waktu (Menit)	Jarak (m)
1	2>4>5>6>8>9>13>14>1>16>19>20	34,56	2419
2	7>6>8>6>8>9>13>14>1>16>19>20	28,82	2017
3	9>10>15>16>19>20	17,45	1221
4	18>20	1,95	136
Titik Awal	Lintasan Node ke Sarongge Valley	Waktu (Jam)	Jarak (m)
5	22>28>41	6,71	469
6	51>41	2,17	152
7	48>46>43>41	4,16	291
8	55>59>51>41	9,06	634
9	52>55>48>46>43>41	9,94	696
10	50>51>42>44>46>43>41	12,71	890
11	54>47>45>50>52>42>44>46>43>41	23,86	1670
12	45>30>42>44>46>43>41	17,42	1219
13	24>25>26>30>42>44>46>43>41	17,10	1197
14	68>63>62>55>48>46>43>41	18,09	1266
Titik Awal	Lintasan Node ke Tunggilis	Waktu (Jam)	Jarak (m)
15	76>87>96>102>109>132>141	16,13	1129
16	75>81>90>114>140>141>132	16,42	1149
17	83>81>90>114>140>141>132	15,42	1079
18	135>131>102>109>132>141	15,61	1093
19	117>109>132>141	9,75	682
20	82>95>119>128>137>138>140>141>132	15,46	1082
21	100>94>90>114>140>141>132	14,23	996
22	112>114>140>141>132	10,40	728
23	123>124>132>141	8,34	583
24	132>141	5,08	356
25	132>141	2,66	186
26	134>138>140>141>132	7,38	516
27	141>132	1,53	107
28	144>141>132	4,05	283
29	144>141>132	17,48	1223
30	148>147>145>144>141>132	20,51	1435

**Sumber :** Pengolahan Data 2023**Tabel 5.** Jarak dan Waktu dari permukiman ke tempat evakuasi dengan mobil

Titik Awal	Lintasan Node ke Saung Sarongge	Waktu (Menit)	Jarak (m)
1	2>4>5>6>8>9>13>14>1>16>19>20	34,56	2419
2	7>6>8>6>8>9>13>14>1>16>19>20	28,82	2017
3	9>10>15>16>19>20	17,45	1221
4	18>20	1,95	136
Titik Awal	Lintasan Node ke Sarongge Valley	Waktu (Jam)	Jarak (m)
5	22>28>41	6,71	469
6	51>41	2,17	152
7	48>46>43>41	4,16	291
8	55>59>51>41	9,06	634
9	52>55>48>46>43>41	9,94	696
10	50>51>42>44>46>43>41	12,71	890
11	54>47>45>50>52>42>44>46>43>41	23,86	1670
12	45>30>42>44>46>43>41	17,42	1219
13	24>25>26>30>42>44>46>43>41	17,10	1197
14	68>63>62>55>48>46>43>41	18,09	1266
Titik Awal	Lintasan Node ke Tunggilis	Waktu (Jam)	Jarak (m)
15	76>87>96>102>109>132>141	16,13	1129
16	75>81>90>114>140>141>132	16,42	1149
17	83>81>90>114>140>141>132	15,42	1079
18	135>131>102>109>132>141	15,61	1093
19	117>109>132>141	9,75	682
20	82>95>119>128>137>138>140>141>132	15,46	1082
21	100>94>90>114>140>141>132	14,23	996
22	112>114>140>141>132	10,40	728
23	123>124>132>141	8,34	583
24	132>141	5,08	356
25	132>141	2,66	186
26	134>138>140>141>132	7,38	516
27	141>132	1,53	107
28	144>141>132	4,05	283
29	144>141>132	17,48	1223
30	148>147>145>144>141>132	20,51	1435

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifuddin, M., and A. Munir. 2019. "Evaluasi Sarana Evakuasi Kebakaran Di Kawasan Pasar Modern (Study Kasus: Suzuya Mall)." *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan (JARSP)* 2(3),190-202. doi: <https://doi.org/10.24815/jarsp.v2i2.13456>.
- Aprian, Raden, and Diaz Novandi. n.d. *Perbandingan Algoritma Dijkstra Dan Algoritma Floyd-Warshall Dalam Penentuan Lintasan Terpendek (Single Pair Shortest Path)*.
- Asakura, Koichi, and Toyohide Watanabe. 2014. "An Extended Dijkstra's Algorithm for Calculating Alternative Routes for Evacuee Agents in Disaster Simulation." *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* 262:314 – 322. doi: 10.3233/978-1-61499-405-3-314.
- Dijkstra, E. W. 1959. "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs." *Numerische Mathematik* 1(1):269–71. doi: 10.1007/BF01386390.
- DPR RI. n.d. *Undang Undang No 24 Tahun 2007*.
- Erliana, Hilma, Cut Liliiza Yusra, and Ade Dwinta. 2022. "Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Bina Marga Dan Pavement Condition Index Pada Jalur Evakuasi Di Kabupaten Aceh Barat." *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* 10(2):187–200. doi: 10.33558/bentang.v10i2.4469.
- Hamacher, H. W., and S. A. Tjandra. 2001. *Mathematical Modelling of Evacuation Problems: A State of Art*. Vol. 24.
- Irsyad, Hutama A. W., and Nakamura Hitoshi. 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103275>.
- Kadek Sarasmika, I., and I. Wayan Sudana. 2023. *Kontribusi Seni Rupa Dalam Merintis Pembentukan Desa Wisata*. Vol. 3.
- Kemenparekraf. 2024. "Jadesta Kemenparekraf." *Kemenparekraf*. Retrieved June 28, 2024 (<https://jadesta.kemenparekraf.go.id/desa/sarongge>).
- Kementerian PUPR. 2006. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tentang Jalan*.
- Lusiani, Anie, Siti Purwaningsih, and Euis Sartika. 2023. "Dijkstra Algorithm In Determining The Shortest Route For Delivery Service By J&T Express In Bandung." *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika* 4:940–48. doi: 10.46306/lb.v4i2.337.
- Makinoshima, Fumiyasu, Fumihiko Imamura, and Yusuke Oishi. 2020. "Tsunami Evacuation Processes Based on Human Behaviour in Past Earthquakes and Tsunamis: A Literature Review." *Progress in Disaster Science* 7.
- Pemerintah Desa Ciputri. 2023. "Profil Desa Sejarah Desa Wilayah Desa Pemerintahan Desa Ciputri." Retrieved December 28, 2023 (<https://www.ciputrigemilang.id/>).
- Purnawati, Laily. 2021. *Pembentukan Kelompok Sadar Wisata ( Pokdarwis ) Dan Pengembangan Wisata Di Pantai Gemah Formation Of Tourism Awareness Groups (Pokdarwis) And Tourism Development At Gemah Beach*. Vol. XIV.

- Renne, John L., Brian Wolshon, and Brant Mitchell. 2018. "Evacuation and Sheltering: Modelling, Management and Policy to Promote Resilience." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 31:1141 – 1142. doi: 10.1016/j.ijdr.2018.04.006.
- Taufik, Taufik, Sugiarto Sugiarto, and Muhammad Isya. 2018. "Analisa Pemilihan Moda Dan Waktu Evakuasi Bencana Tsunami Di Kecamatan Kuta Raja Banda Aceh." *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan* 1(2):19–29. doi: 10.24815/jarsp.v1i2.10938.