

**PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI
BENCANA TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *NETWORK
ANALYST* BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI
KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG**

SKRIPSI

Oleh:

ANNISA RIZKA FATIAH
NIM. 210604110016



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI
BENCANA TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *NETWORK
ANALYST* BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI
KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si.)**

Oleh:

**ANNISA RIZKA FATIHAH
NIM.210604110016**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

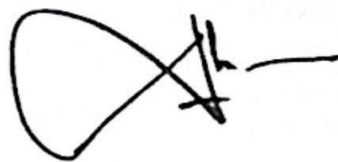
PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA
TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *NETWORK ANALYST* BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI KECAMATAN PASIRIAN
KABUPATEN LUMAJANG

SKRIPSI

Oleh:
ANNISA RIZKA FATIHAH
210604110016

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji
Pada tanggal, 23 Juni 2025

Dosen Pembimbing I



Drs. Abdul Basid, M.Si.
NIP. 19650504 199003 1 003

Dosen Pembimbing II



Arista Romadani, M.Sc
NIP.19900905 201903 1 018

Mengetahui,
Program Studi



Rizkiy Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

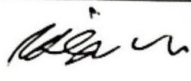
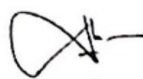
HALAMAN PENGESAHAN

PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA
TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *NETWORK ANALYST* BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI KECAMATAN PASIRIAN
KABUPATEN LUMAJANG

SKRIPSI

Oleh:
Annisa Rizka Fatihah
210604110016

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 25 Juni 2025

Penguji Utama :	<u>Irian, M.Si</u> NIP. 196912312006041003	
Ketua Penguji :	<u>Naqiibatin Nadliriyah, S.Si. M.Si</u> NIP. 199202212019032020	
Sekretaris Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 196505041990031003	
Anggota Penguji :	<u>Arista Romadani, M.Sc</u> NIP. 199009052019031018	

Mengesahkan,
Kepala Program Studi



Mham Tazi, M.Si
NIP. 197407302003121002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Rizka Fatihah
NIM : 210604110016
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pemetaan Jalur Evakuasi Sebagai Upaya Mitigasi Bencana
Tsunami Menggunakan Metode Network Analyst Berbasis
Sistem Informasi Geografis(SIG) di Kecamatan Pasirian
Kabupaten Lumajang.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atau perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2025
Yang Membuat Pernyataan



Annisa Rizka Fatihah
NIM. 210604110016

MOTTO

"Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan"

(Boy Candra)

"Bila esok nanti kau sudah lebih baik, jangan lupakan masa-masa sulitmu. Ceritakan kembali pada dunia, caramu merubah keluh jadi senyuman."

(Andmesh Kamaleng)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama saya ucapkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT atas segala nikmat berupa kesehatan, kekuatan hingga akhirnya karya ini dapat diselesaikan dengan baik.

Keberhasilan dalam penulisan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari berbagai bantuan pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kepada sosok cinta pertama dan teladan hidupku, Ayahanda Sutomo, serta kepada surga dunia sekaligus pelipur letihku, Ibunda Sri Handayani. Terima kasih atas kasih sayang yang tiada bertepi, atas pengorbanan yang tak pernah meminta balasan, dan atas doa-doa yang diam-diam menguatkan setiap langkah. Meskipun Ayah dan Ibu tak pernah mengenyam bangku kuliah, namun dari tangan-tangan merekalah penulis mengenal arti perjuangan dan ketulusan yang sejati. Tak pernah lelah mereka mendukung dan mendoakan, hingga pada akhirnya penulis mampu menyelesaikan studi ini dan mengukir gelar sarjana pertama di keluarga sebagai persembahan kecil untuk segala jerih payah mereka. Semoga Allah senantiasa melimpahkan kesehatan, umur panjang, dan keberkahan dalam hidup Ayah dan Ibu.
2. Kepada adik kandung penulis Ahmad Faiz Al Habsy dan keluarga besar penulis yang turut memberikan motivasi dukungan dan doa yang selalu menyertai penulis dalam mengenyam pendidikan.
3. Annisa Rizka Fatihah, ya! diri saya sendiri. Apresiasi sebesar- besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terimakasih karena terus berusaha untuk tidak menyerah, serta senantias

menikmati setiap prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah, Terimakasih sudah bertahan.

Terimakasih kepada semua pihak yang memberi bantuannya semoga ALLAH SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan, Aamiin. Semoga Karya Tulis ini dapat menambahkan wawasan dan bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Malang, 25 Desember 2024
Penulis

Annisa Rizka Fatihah

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *NETWORK ANALYST* BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari zaman jahiliyah menuju zaman ilmiah seperti sekarang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak mendapat dukungan, bimbingan, bantuan dan kemudahan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan ketulusan hati, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H.M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Bapak Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malauna Ibrahim Malang.
3. Bapak Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malauna Ibrahim Malang.
4. Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik.

5. Bapak Arista Romadani, M.Sc selaku dosen pembimbing integrasi yang telah memberikan arahan, dukungan serta motivasi yang sangat berharga.
6. Bapak Irjan, M.Si. selaku dosen penguji utama dan ibu Naqiibatin Nadliriyah, S.Si. M.Si selaku dosen penguji anggota terimakasih atas segala saran yang diberikan sehingga skripsi ini dapat disusun dengan baik.
7. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
8. Ayah, ibu, adik serta keluarga di rumah yang selalu memberikan do'a dan dukungan agar penulis senantiasa diberikan kelancaran dalam melaksanakan segala hal.
9. Sahabat seperjuangan penulis: Almaida Enggar Ashari, Amelya Tanjung Risgunawati, Devita Amelia Kusniawanti, Intan Aulia Agustin, Mazidatus Sa'diyah, Megah Dewi Laras Anggraeni, Rahma Wury Aprilliya, Renita Elok Pebriyanti Aprilina Eka Sari, Meri Pusti Sari, Hanik Muafiyah yang senantiasa menemani penulis dalam keadaan susah dan senang, memberikan dukungan serta motivasi setiap langkah yang dilalui sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Seluruh teman Fisika 2021 yang telah berperan memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran selama di bangku perkuliahan.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberi bantuan sehingga terselesainya skripsi ini.

Dalam penyusunan Proposal Skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik

dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Malang, 1 Desember 2024
Penulis

Annisa Rizka Fatihah

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT.....	xviii
مستخلص البحث	xix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Tsunami	6
2.1.1 Pengertian Tsunami.....	6
2.1.2 Mekanisme Tsunami	8
2.2 Risiko Bencana	8
2.2.1 Bahaya	10
2.2.2 Kerentanan.....	11
2.3 Jalur Evakuasi	12
2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)	15
2.5 <i>Network Analyst</i>	17
2.6 Mitigasi Bencana Tsunami	19
2.7 Penelitian Terdahulu	21
 BAB III METODOLOGI	 23
3.1. Tempat Penelitian	23
3.2 Data Penelitian.....	23
3.3 Peralatan Penelitian	23
3.3.1 Perangkat keras (hardware) yang digunakan antara lain:.....	23
3.3.2 Perangkat lunak (software).....	24
3.4 Prinsip Kerja	24
3.5 Prosedur Pelaksanaan	25
3.5.1 Akuisisi Data	25

3.5.2 Pembuatan Peta Risiko Tsunami	25
3.5.3 Pembuatan Titik Awal serta Lokasi Tempat Evakuasi	29
3.5.4 Penentuan/ Pembuatan Jalur Evakuasi Tsunami	30
3.6 Diagram Alir	31
3.6.1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami	31
3.6.2 Alur Penelitian Penentuan/Pembuatan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi.....	32
3.6.3 Alur Penelitian Pembuatan Jalur Evakuasi	33
3.7 Analisis Data.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Peta Resiko Tsunami	35
4.1.1 Peta Bahaya	35
4.1.2 Peta Kerentanan.....	42
4.2 Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi	48
4.3 Peta Jalur Evakuasi	51
4.4 Tinjauan Penelitian dalam Perspektif Islam	53
BAB V PENUTUP.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur Penelitian Peta Resiko Tsunami.....	31
Gambar 3.2 Alur Penentuan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi.....	32
Gambar 3.3 Alur Penelitian Pembuatan Jalur Evakuasi	33
Gambar 4.1 Peta Kelerengan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang	36
Gambar 4.2 Peta Koefisien Kekasaran Kecamatan Pasirian.....	38
Gambar 4.3 Peta Garis Pantai Pasirian Kabupaten Lumajang	39
Gambar 4.4 Model Builder	40
Gambar 4.5 Peta Bahaya Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang.....	43
Gambar 4.6 Peta Tutupan Lahan Kecamatan Pasirian.....	45
Gambar 4.7 Peta Kerentanan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang	47
Gambar 4.8 Peta Risiko Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang	51
Gambar 4.9 Peta Titik Awal dan Tempat Evakuasi Kecamatan Pasirian	52
Gambar 4.10 Peta Jalur Evakuasi Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang .	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	21
Tabel 3. 1 Koefisien Kekasaran Permukaan.....	26
Tabel 3. 2 Skala Imamura-lida	27
Tabel 3. 3 Skor Tutupan Lahan	28
Tabel 4. 1 Skor dan Luas Kelas Tutupan Lahan	43
Tabel 4. 2 Luasan Risiko pada Skenario Ketinggian Gelombang 30m.....	46
Tabel 4. 3 Tabel Data Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi Tsunami	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian.....	62
Lampiran 2 Langkah Pembuatan Peta Risiko Tsunami	73
Lampiran 3 Proses Pembuatan Tempat Evakuasi Tsunami	81
Lampiran 4 Proses Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Tsunami.....	82
Lampiran 5 Proses Mencari Luas Wilayah	82

ABSTRAK

Fatihah, Annisa Rizka. 2025. **PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *NETWORK ANALYSIS* BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG**. Skripsi. Program Studi Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Arista Romadani, M.Sc

Kata Kunci: Tsunami, Risiko Tsunami, SIG.Tempat Evakuasi Tsunami, *Network Analysis*, Jalur Evakuasi Tsunami

Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang merupakan salah satu wilayah yang berpotensi terdampak bencana tsunami, hal tersebut di sebabkan karena wilayah Kabupaten Lumajang berbatasan langsung dengan pantai selatan yang menjadi pusat gempa bumi serta keadaan pesisir pantai selatan Lumajang yang memiliki tingkat kepadatan penduduk serta aktivitas perekonomian yang tinggi. Risiko bencana tsunami di Kecamatan Pasirian serta memetakan jalur evakuasi tsunami sebagai upaya mitigasi bencana menggunakan metode Network Analyst berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Tahapan analisis meliputi pembuatan peta risiko tsunami berdasarkan peta bahaya dan kerentanan, serta penentuan titik awal, tempat evakuasi sementara (TES), dan tempat evakuasi akhir (TEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa delapan desa berada dalam zona risiko tsunami, dengan klasifikasi bahaya rendah seluas 20.439 km², sedang 21.049 km², dan tinggi 18.707 km². Jalur evakuasi yang dirancang terdiri dari tiga rute utama: Jalur 1 sepanjang 11 km, Jalur 2 sepanjang 13,1 km, dan Jalur 3 sepanjang 12,6 km. Jalur yang dipilih mempertimbangkan zona aman dari genangan dan elevasi. Pemetaan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan mitigasi dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana tsunami.

ABSTRACT

Fatihah, Annisa Rizka. 2025. **Mapping of Evacuation Routes as a Tsunami Disaster Mitigation Effort Using Network Analysis Method Based on Geographic Information System (GIS) in Pasirian Subdistrict, Lumajang Regency.** Undergraduate Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Arista Romadani, M.Sc

Keywords: Tsunami, Tsunami Risk, GIS, Tsunami Evacuation Sites, Network Analysis, Evacuation Routes.

Pasirian Subdistrict in Lumajang Regency is one of the areas potentially affected by tsunami disasters. This vulnerability is due to its direct border with the southern coast, which is an active seismic zone, as well as the high population density and economic activity along the southern coastal area. This study analyzes tsunami disaster risk and maps evacuation routes as a mitigation effort using the Network Analyst method based on Geographic Information Systems (GIS). The analytical stages include the creation of tsunami risk maps based on hazard and vulnerability data, as well as the determination of starting points, temporary evacuation sites (TES), and final evacuation sites (TEA). The results indicate that eight villages are within the tsunami risk zone, with 20.439 km² classified as low risk, 21.049 km² as moderate risk, and 18.707 km² as high risk. The evacuation routes designed consist of three main routes: Route 1 (11 km), Route 2 (13.1 km), and Route 3 (12.6 km). These routes were selected based on safe zones in terms of inundation and elevation. This mapping is expected to serve as a reference for mitigation planning and enhance community preparedness for potential tsunami disasters

مستخلص البحث

الفاتحة، أنيسة رزكا. 2025. رسم خريطة مسارات الإخلاء كجهد لتخفيف آثار كارثة تسونامي باستخدام طريقة تحليل الشبكات المرتكزة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في منطقة باسيريان التابعة لمقاطعة لوماجنج. بحث جامعي. قسم الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (I) الدكتور. عبد الباسط، الماجستير. (II) أريستا رمضاني، الماجستير.

الكلمة الرئيسية: تسونامي، خطر التسونامي، نظام معلومات جغرافية. أماكن الإخلاء من التسونامي، تحليل الشبكة، مسارات الإخلاء من التسونامي.

تعد منطقة قدس نفزن بمحافظة لجن إحدى المناطق التي يُحتمل أن تتأثر بكارثة تسونامي، وذلك بسبب وقوع محافظة لجن مباشرة على الساحل الجنوبي الذي يُعد مركز زلازل، بالإضافة إلى حالة الساحل الجنوبي لجن الذي يتمتع بكثافة سكانية عالية ونشاط اقتصادي متزايد. تعتبر مخاطر كارثة تسونامي في منطقة قدس نفزن بالإضافة إلى رسم خرائط مسارات إخلاء تسونامي كخطوة للحد من المخاطر باستخدام طريقة محلل الشبكة المعتمدة على نظام المعلومات الجغرافية (SIG). تتضمن مراحل التحليل إعداد خريطة لمخاطر التسونامي بناءً على خريطة المخاطر والضعف، وتحديد نقطة البداية، ومكان الإخلاء المؤقت (TES)، ومكان الإخلاء النهائي (TEA). تظهر نتائج البحث أن ثمانية قرى تقع في منطقة خطر تسونامي، مع تصنيف خطر منخفض بمساحة 20,439 كم²، ومتوسط 21,049 كم²، وعالي 18,707 كم². تم تصميم مسارات الإخلاء لتتكون من ثلاثة طرق رئيسية: المسار 1 بطول 11 كم، المسار 2 بطول 13,1 كم، والمسار 3 بطول 12,6 كم. تم اختيار المسارات مع الأخذ بعين الاعتبار المناطق الآمنة من الفيضانات والارتفاع. يُتوقع أن تكون هذه الخرائط مرجعاً في تخطيط التخفيف وزيادة استعداد المجتمع لمواجهة كوارث تسونامي.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap bencana alam terutama bencana gempa bumi dan tsunami. Ancaman ini disebabkan oleh lokasi Indonesia yang berada di antara tiga lempeng dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Pergerakan dari lempeng lempeng ini yang menyebabkan Indonesia memiliki Kegiatan gempa yang tinggi sehingga memicu terjadinya bencana tsunami (Suryani dkk., 2020).

Tsunami dapat didefinisikan sebagai rangkaian gelombang pada kolom air yang disebabkan oleh perubahan perpindahan air secara vertikal. Perubahan ini mendorong air ke atas, ke samping, atau ke bawah sehingga menyebabkan gelombang besar di lautan (Abu Bakar Sambah dkk., 2017). Dalam catatan kebencanaan Indonesia, bencana tsunami memiliki dampak yang cukup signifikan, baik dari segi korban jiwa maupun kerugian material.

Kabupaten Lumajang merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana tsunami, hal tersebut di sebabkan karena wilayah Kabupaten Lumajang berbatasan langsung dengan pantai selatan yang menjadi pusat gempa bumi serta keadaan pesisir pantai selatan Lumajang yang memiliki tingkat kepadatan penduduk dan permukiman serta aktivitas perekonomian yang tinggi. Kerentanan ini diperkuat dengan padatnya populasi penduduk di wilayah pesisir dan pesatnya perkembangan kota yang meningkatkan resiko terhadap dampak dari bencana alam (Widodo dkk., 2018).

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Lumajang mengungkapkan bahwa terdapat 15 desa di 5 kecamatan yang masuk ke dalam zona risiko bencana tsunami, dengan total populasi yang berpotensi terkena dampak di desa-desa tersebut mencapai 339.537 jiwa. Kelima kecamatan tersebut terletak sepanjang garis pantai sepanjang 75 km. Dua dari lima kecamatan tersebut memiliki lokasi yang lebih aman untuk pengungsian dan jalur pengungsian, yaitu Kecamatan Pasirian dan Kecamatan Tempursari (Widodo dkk., 2018).

Al-Qur'an banyak menjelaskan berbagai fenomena alam, salah satunya adalah Tsunami. Sebagaimana firman Allah SWT dalam QS Al-Infitar ayat 3.

وَإِذَا الْبِحَارُ فُجِّرَتْ

Artinya: *“Dan apabila lautan menjadikan meluap,”* (QS. Al Infitar: 3).

Dalam Tafsir Ibnu Katsir, Ali ibnu Abu Talhah telah meriwayatkan dari Ibnu Abbas, bahwa Allah meluapkan sebagian darinya dengan sebagian yang lain, lalu memenuhi permukaan bumi. Dan lautan yang ada yang di perkirakan tiga dari perempat permukaan bumi yang sekarang atau bahkan lebih banyak. Dimana hal tersebut dapat disimpulkan bahwa peristiwa tersebut merupakan peristiwa Tsunami. Tsunami dapat disebabkan karena adanya gangguan tiba-tiba yang mengakibatkan perpindahan besar massa air laut seperti gempa bumi maupun erupsi gunung berapi selain itu bisa juga terjadi karena adanya gelombang yang disebabkan oleh pergeseran air laut yang memiliki potensi merusak bumi.

Mengingat ancaman nyata tersebut, mitigasi bencana menjadi langkah yang sangat penting untuk melindungi masyarakat serta infrastruktur kota. Salah satu mitigasi yang paling krusial adalah penyediaan jalur evakuasi yang efektif. Nilai-nilai kesiapsiagaan ini sejatinya telah dicontohkan dalam kisah para nabi. Salah satu

kisah yang paling relevan adalah kisah Nabi Nuh AS, yang diperintahkan oleh Allah SWT untuk membangun bahtera sebagai bentuk persiapan menghadapi bencana banjir besar. Meskipun bencana tersebut merupakan ketetapan Ilahi, Nabi Nuh tetap melakukan ikhtiar dengan membangun sarana penyelamatan dan mengajak umatnya untuk bersiap-siap. Namun, hanya orang-orang yang beriman dan mengikuti arahan beliau yang selamat dari bencana tersebut. Kisah ini mengajarkan bahwa mitigasi bukan sekadar persoalan teknis, melainkan juga bagian dari tanggung jawab moral dan spiritual manusia dalam menjaga kehidupan.

Dalam konteks kekinian, jalur evakuasi tsunami dapat dianalogikan sebagai "bahtera keselamatan" yang harus direncanakan secara cermat dan ilmiah. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk merancang jalur evakuasi yang optimal adalah metode *Network Analyst* dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Karadimas dkk. (2007) menyebutkan bahwa *Network Analyst* adalah sebuah ekstensi yang menyediakan analisis spasial berbasis jaringan, mencakup perutean (*routing*), petunjuk perjalanan, pencarian fasilitas terdekat (*closest facility*), serta analisis area layanan (*service area analysis*). Sementara itu, menurut Stevany, Suprayogi, dan Sukmono (2016), fungsi *routing* pada metode ini dapat digunakan untuk mendukung penentuan jalur evakuasi tsunami.

Kelebihan dari metode *Network Analyst* adalah kemampuannya dalam menentukan rute optimal antara dua titik dalam jaringan jalan. Namun, metode ini masih jarang diterapkan dalam pembuatan jalur evakuasi (Sabani, 2020). Metode *Network Analyst* berbasis SIG memungkinkan pengolahan data spasial secara komprehensif sehingga dapat menghasilkan peta jalur evakuasi yang optimal. Melalui metode ini, berbagai faktor seperti topografi, kepadatan penduduk, kondisi

infrastruktur, dan jarak menuju titik evakuasi dapat dianalisis untuk menentukan rute tercepat dan teraman.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membuat peta jalur evakuasi bencana Tsunami dengan menggunakan metode *Network Analyst* agar memudahkan masyarakat mengetahui jalur evakuasi Tsunami dalam upaya menyelamatkan diri apabila terjadi bencana tsunami berikutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana Peta Risiko Bencana Tsunami di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang?
2. Bagaimana Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang menggunakan metode *Network Analyst*?

1.3 Tujuan

Adapun Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Dihasilkannya Peta Risiko Tsunami di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang
2. Dihasilkannya Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang menggunakan Metode *Network Analyst*

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah yang di bahas pada penelitian ini yaitu:

1. Pada penelitian ini menggunakan metode *Network Analyst* berbasis sistem informasi geografis (SIG).

2. Skenario ketinggian gelombang yang digunakan dalam penelitian ini yakni 30m mengacu pada kemungkinan tinggi tsunami terburuk yang terjadi menurut skala immamura-lida
3. Penelitian ini menggunakan data sekunder dan tidak dilakukan observasi atau validasi langsung ke lapangan, sehingga hasil bersifat pemodelan spasial berdasarkan data yang tersedia.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Melalui penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi bagi peneliti selanjutnya dalam perkembangan pengetahuan khususnya studi Geografi di bidang mitigasi bencana

2. Bagi Masyarakat.

Diharapkan Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang dalam merencanakan dan memperbaiki sistem evakuasi bencana tsunami yang lebih efektif dan efisien dalam menghadapi bencana tsunami dan mempermudah masyarakat untuk menyelamatkan diri dengan cepat ketika sewaktu waktu terjadi bencana tsunami.

3. Bagi Pemerintah

Diharapkan Penelitian ini dapat membantu upaya pemerintah dalam mengurangi risiko bencana tsunami, dan diharapkan Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam perumusan kebijakan dan pengambilan keputusan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tsunami

2.1.1 Pengertian Tsunami

Tsunami berasal dari bahasa Jepang yakni berasal dari kata *tsu* yang berarti "pelabuhan", dan *nami* berarti "gelombang", sehingga dapat diartikan tsunami sebagai "gelombang pelabuhan". Istilah ini pertama kali muncul di kalangan nelayan Jepang hal tersebut dikarenakan panjang gelombang tsunami yang sangat besar saat berada di tengah laut, sehingga para nelayan tidak dapat merasakan adanya gelombang ini. Namun setibanya kembali ke pelabuhan, mereka mendapati daerah di sekitar pelabuhan tersebut mengalami rusak parah. Oleh sebab itu mereka menyimpulkan bahwa gelombang tsunami hanya timbul di wilayah sekitar pelabuhan, dan tidak di tengah laut yang dalam (Farizi, 2019).

Tsunami dapat didefinisikan sebagai rangkaian gelombang pada kolom air yang disebabkan oleh perubahan perpindahan air secara vertikal. Perubahan ini mendorong air ke atas, ke samping, atau ke bawah sehingga menyebabkan gelombang besar di lautan (Abu Bakar Sambah et al., 2017). Bencana tsunami merupakan bencana yang tidak dapat di prediksi, Bencana tsunami merupakan bencana besar yang sering dikaji kerentanan dan risikonya di wilayah pesisir (Abu Bakar Sambah dkk.2019).

Fenomena tsunami sebagai bencana alam berupa guncangan hebat akibat pergeseran lempeng bumi di dasar laut menghasilkan gelombang besar yang merusak wilayah pesisir secara signifikan. Tsunami mencerminkan kekuasaan mAutlak Allah SWT atas alam yang dapat menimbulkan kerusakan dan ancaman

bagi manusia serta lingkungan. Sesuai dengan firman ALLAH SWT dalam (Q.S Al-Zalzalah ayat 1 dan 2 yang berbunyi:

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا ۖ وَأَخْرَجَتِ الْأَرْضُ أَثْقَالَهَا ۖ

“Apabila bumi diguncang-cangkan dengan guncangan yang dahsyat(1) dan bumi mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung)nya(2)

Ibnu Katsir menafsirkan bahwa ayat ini menggambarkan kedahsyatan hari kiamat, di mana bumi mengalami guncangan luar biasa dan mengeluarkan segala sesuatu yang tersembunyi di dalamnya, terutama mayat-mayat manusia yang akan dibangkitkan kembali. Ia menjelaskan bahwa bumi tidak lagi menyimpan apa pun, bahkan tulang-belulang manusia yang telah lama terkubur akan muncul ke permukaan sebagai bagian dari proses kebangkitan.

Ibnu Katsir menafsirkan bahwa ayat pertama Surat Al-Zalzalah menggambarkan kedahsyatan hari kiamat ketika bumi mengalami guncangan yang sangat hebat dan dahsyat. Guncangan ini bukan sekadar gempa biasa, melainkan getaran yang luar biasa kuat sehingga seluruh permukaan bumi bergetar dan hancur, termasuk gunung, bangunan, dan pepohonan. Kata “*idha*” dalam ayat ini menunjukkan kepastian terjadinya peristiwa tersebut, yang merupakan salah satu tanda besar hari kiamat. Pada ayat kedua, Ibnu Katsir menjelaskan bahwa akibat guncangan dahsyat itu, bumi akan mengeluarkan segala sesuatu yang tersembunyi di dalamnya, khususnya mayat-mayat manusia yang telah terkubur. Bumi memuntahkan isi perutnya sebagai bagian dari proses kebangkitan manusia untuk dihisab di hari kiamat.

Berdasarkan tafsir ayat Al-Zalzalah, manusia diingatkan bahwa alam memiliki kekuatan yang sangat besar dan seluruhnya berada di bawah kendali Allah SWT. Oleh karena itu, manusia wajib selalu waspada terhadap bencana

alam seperti tsunami dengan cara meningkatkan kesiapsiagaan serta melakukan upaya mitigasi risiko secara efektif. Selain itu, kesadaran akan kekuasaan Allah SWT yang mengatur seluruh alam semesta hendaknya menumbuhkan sikap tawakal serta rasa tanggung jawab dalam menjaga kelestarian lingkungan, sehingga potensi terjadinya bencana dapat diminimalisir.

2.1.2 Mekanisme Tsunami

Tsunami adalah serangkaian gelombang laut besar yang biasanya disebabkan oleh pergerakan tiba-tiba pada lempeng samudra. Pergerakan ini mengakibatkan dislokasi atau perubahan posisi lapisan permukaan bumi secara vertikal (tegak lurus), yang memicu pergeseran atau penurunan massa air di atasnya sebagai respons terhadap perubahan tersebut. Dislokasi vertikal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, dan tumbukan meteor. Indonesia, yang terletak di zona subduksi lempeng, merupakan wilayah rawan gempa bumi, terutama di area pertemuan antar lempeng tektonik. Kondisi ini meningkatkan risiko terjadinya gempa bumi bawah laut yang dapat memicu tsunami. Gelombang tsunami di pantai selatan Indonesia pernah mencapai ketinggian antara 0,1 hingga 26,2 meter (Juniansah et al., 2018).

2.2 Risiko Bencana

Risiko bencana didefinisikan sebagai potensi terjadinya kerugian akibat bencana pada suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu, yang dapat berupa kematian, luka-luka, penyakit, ancaman terhadap jiwa, hilangnya rasa aman, pengungsian, kerusakan atau kehilangan harta benda, serta gangguan terhadap aktivitas masyarakat (Perka BNPB No. 2, 2012).

Menurut Asian Development Bank (2008), risiko dapat diartikan sebagai besaran potensi bahaya yang memiliki kemampuan menimbulkan kerugian atau kerusakan, dimana besarnya dampak kerugian dan kerusakan tersebut direpresentasikan melalui tingkatan klasifikasi dalam risiko, yakni: tinggi, sedang, dan rendah. Proses penilaian risiko melibatkan evaluasi terhadap seluruh unsur yang relevan, termasuk pemahaman menyeluruh terhadap jenis bahaya yang ada serta dampak yang ditimbulkannya terhadap lingkungan tertentu (Nugroho et al., 2016).

Menurut UNSDR (2007), risiko diartikan sebagai peluang terjadinya dampak negatif berupa kerugian, baik berupa korban jiwa, cedera, kerusakan aset, terganggunya mata pencaharian, aktivitas ekonomi, maupun kerusakan lingkungan, yang muncul akibat interaksi antara bahaya yang berasal dari alam maupun aktivitas manusia dengan tingkat kerentanan yang ada pada suatu wilayah atau komunitas.

Risiko bencana muncul akibat interaksi antara kerentanan wilayah dengan ancaman bahaya (hazard) yang ada. Tingkat risiko tersebut diperoleh melalui perkalian antara tingkat kerentanan wilayah dalam mengurangi dampak kerugian serta tingkat bahaya yang dihadapi. Dalam konteks tsunami, Penentuan tingkat risiko tsunami dihitung menggunakan persamaan Model Cruch, yakni: (Abdillah, 2020).

$$R = H \times V \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: R: Indeks Risiko

H: Indeks Bahaya/Ancaman

V: Indeks Kerentanan

2.2.1 Bahaya

Bahaya atau ancaman (hazard) merupakan suatu kejadian atau kondisi yang berpotensi menimbulkan kerugian berupa kehilangan nyawa, kerusakan harta benda, maupun dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam klasifikasinya, bahaya dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu bahaya utama (*main hazard*) seperti tsunami, letusan gunung berapi, banjir, gempa bumi, tanah longsor, kekeringan, kebakaran, epidemi, dan kegagalan teknologi serta bahaya lanjutan (*collateral hazard*) yang meliputi kekeringan, kebakaran hutan, penyakit akibat limbah, penyakit pasca banjir, serta kebakaran yang disebabkan oleh kerusakan jaringan listrik akibat gempa bumi (Adiyoso, 2018).

Bahaya tsunami merupakan ancaman yang muncul akibat peristiwa alam seperti gempa bumi tektonik, erupsi gunung berapi, atau longsor bawah laut yang memicu pergerakan vertikal signifikan di dasar laut (Grezio et al., 2017). Pergerakan ini menghasilkan gelombang tsunami yang mampu merambat dengan kecepatan tinggi melintasi samudra dan menghantam wilayah pesisir dengan potensi kerusakan yang sangat besar. Dampak dari bahaya tsunami tidak terbatas secara lokal, tetapi juga dapat menimbulkan bencana dalam skala regional maupun internasional apabila sumber peristiwa alam yang memicunya memiliki intensitas yang besar (Behrens et al., 2021).

Dalam penelitian ini, variabel bahaya (hazard) diukur berdasarkan pemodelan genangan tsunami dengan menggunakan skenario tinggi gelombang tsunami. Pemodelan tersebut menghasilkan sebaran luas wilayah terdampak tsunami sebagai representasi bahaya. Metode pemodelan genangan tsunami dilakukan melalui perhitungan matematis yang dikembangkan oleh McSaveney dan

Rattenbury, yang menghitung penurunan ketinggian tsunami setiap satu meter jarak inundasi dengan mempertimbangkan kelerengan serta tingkat koefisien kekasaran permukaan. Persamaan yang digunakan dalam pemodelan genangan tsunami ini dijelaskan oleh Amri (2015).

$$H_{loss} = \left(\frac{167 n^2}{H_0^{1/3}} \right) + 5 \sin S \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

H_{loss} : Kehilangan ketinggian tsunami per 1 meter jarak inundasi

n : Koefisien Kekerasan permukaan.

H_0 : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

S : Besarnya lereng permukaan (derajat).

2.2.2 Kerentanan

Kerentanan merupakan suatu kondisi atau peristiwa yang berpotensi menimbulkan bahaya terhadap manusia maupun penggunaan lahan yang ada. Tingkat kerentanan tersebut dipengaruhi oleh besarnya luas lahan yang berada dalam zona risiko bencana, khususnya bencana tsunami (Fahmi Abdillah dan Muhsoni, 2020).

Kerentanan (vulnerability) dalam penelitian ini diukur menggunakan variabel yang diperoleh dari data tutupan lahan. Tutupan lahan sendiri merujuk pada penampakan fisik permukaan bumi, yang meliputi vegetasi, bebatuan, lahan terbangun, badan air, fitur alam, elemen budaya, dan lain sebagainya (Syahbana, 2013). Informasi mengenai tutupan lahan sangat penting untuk keperluan pemodelan serta dalam memahami berbagai fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi (Liang, 2008 dalam Sampurno, 2016).

Tingkat kerentanan suatu wilayah terhadap bencana tsunami sangat dipengaruhi oleh jenis penggunaan lahan di kawasan tersebut. Faktor ini secara signifikan menentukan hingga sejauh mana gelombang tsunami dapat merambat ke wilayah daratan (Mulyasari, et al., 2024).

2.3 Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi bencana didefinisikan sebagai jalan atau lintasan yang dirancang dan disepakati bersama untuk digunakan dalam proses evakuasi (BNPB, 2014). Menurut Usdianto dkk. (2016), jalur evakuasi bencana juga dapat diartikan sebagai rute atau arah yang telah disepakati untuk menghindari ancaman dan mengarahkan penyintas menuju tempat evakuasi sementara (TES) atau tempat evakuasi akhir (TEA) (Sabani, 2020). Jalur ini disesuaikan dengan kebutuhan wilayah untuk memudahkan masyarakat dalam melakukan evakuasi dengan lebih cepat dan efisien (Fadly & Fadhilatus, 2019).

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Jalur Evakuasi Bencana Alam Tsunami dari BNPB (2023), kriteria untuk penentuan titik awal pada pemetaan jalur evakuasi adalah sebagai berikut:

1. Titik awal harus berada di kawasan rawan bencana tsunami, yakni wilayah yang paling dekat dengan garis pantai serta memiliki risiko tinggi terdampak tsunami.
2. Titik awal biasanya berada di permukiman padat penduduk agar evakuasi dapat berlangsung secara cepat dan efektif.
3. Titik awal harus mudah dijangkau oleh masyarakat dan terhubung dengan jalur evakuasi yang mengarah ke TES (Tempat Evakuasi Sementara) dan TEA (Tempat Evakuasi Akhir).

4. Penentuan titik awal mempertimbangkan prinsip jalur evakuasi yang terpendek, tercepat, teraman, serta mudah diakses.
5. Titik awal harus berada di lokasi yang memungkinkan evakuasi selesai dalam waktu yang tersedia agar seluruh penduduk terdampak dapat dievakuasi tepat waktu.
6. Titik awal sebaiknya menghindari hambatan fisik seperti jalan yang rawan roboh, pohon besar, atau jembatan yang tidak layak dilalui.
7. Penentuan titik awal juga mempertimbangkan hasil kajian risiko dan peta risiko bencana dari pemerintah daerah setempat. kapasitas yang cukup untuk menampung pengungsi dan kendaraan, menjauhi sumber ancaman utama.
8. Jalur evakuasi yang ideal harus diketahui oleh masyarakat, memiliki kapasitas yang memadai untuk mengakomodasi pengungsi dan kendaraan, menjauhi sumber ancaman utama serta dilengkapi rambu-rambu yang menunjukkan arah ke TES dan TEA (Usdianto et al., 2016).

TES (Tempat Evakuasi Sementara) merupakan tempat yang di gunakan sebagai perlindungan sementara karena keterbatasan sumber daya dan ancaman yang masih ada, sedangkan TEA menjadi lokasi pengungsian akhir untuk berkumpul dan melanjutkan aktivitas selama masa pemulihan pasca bencana (Fijra, 2018).

Daerah dengan morfologi perbukitan atau ruang terbuka yang berada di atas bukit dapat difungsikan sebagai tempat evakuasi sementara (TES) Ketika terjadi bencana, Selain itu bangunan milik pihak swasta juga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai tempat evakuasi sementara (TES). Menurut BNPB (2012),

Bangunan yang dapat dijadikan/dimanfaatkan sebagai tempat evakuasi harus memenuhi beberapa kriteria antara lain:

1. Bangunan tersebut memiliki struktur yang tahan terhadap gempa bumi
2. Memiliki lantai cukup tinggi serta aman dari perkiraan tinggi tsunami
3. Bangunan yang dijadikan tempat Evakuasi merupakan bangunan umum

Menurut Usdianto dkk. (2016), jalur evakuasi harus memenuhi beberapa kriteria berikut:

1. Jalur tersebut harus disepakati dan diketahui oleh masyarakat.
2. Kapasitasnya harus memadai untuk menampung arus penyintas dan kendaraan pengangkut.
3. Arah jalur harus menjauhi sumber ancaman.
4. Jalur harus bebas dari ancaman utama.
5. Jalur harus menjadi yang paling aman dari ancaman lanjutan.
6. Jalur harus merupakan rute terdekat menuju TES (Tempat Evakuasi Sementara) dan TEA (Tempat Evakuasi Akhir).
7. Jalur yang digunakan harus dilengkapi dengan rambu-rambu yang mengarahkan ke TES dan TEA.

Menurut Spahn et al. (2010), dalam merancang jalur evakuasi tsunami, sangat penting untuk memperhitungkan rute yang berpotensi mengalami genangan akibat tsunami serta ancaman bahaya sekunder pasca gempa. Oleh karena itu, terdapat beberapa area atau infrastruktur yang sebaiknya dihindari dalam penetapan jalur evakuasi, sebagaimana diuraikan oleh Sabani (2020), yaitu:

1. Jembatan yang strukturnya rentan terhadap guncangan gempa bumi atau terletak di dekat sungai yang berisiko dilalui oleh gelombang tsunami yang bergerak cepat.
2. Wilayah yang memiliki potensi longsor serta bangunan tinggi yang berisiko roboh akibat gempa, karena dapat membahayakan para pengungsi yang melintas.
3. Jalan yang dipasang tiang-tiang listrik atau terdapat gardu listrik di sekitarnya, sebab instalasi ini dapat runtuh dan menimbulkan bahaya tambahan saat terjadi bencana.
4. Lokasi industri, terutama yang berkaitan dengan minyak dan gas, karena dapat menjadi sumber bahaya sekunder seperti kebakaran atau ledakan akibat gempa dan tsunami.
5. Jalan yang berada di dekat sungai atau muara sungai, mengingat area ini sangat rawan terhadap aliran dan genangan tsunami.

Dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut, jalur evakuasi tsunami dapat dirancang agar lebih aman dan efektif dalam melindungi masyarakat dari dampak bencana.

2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Penelitian pada kali ini dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis, Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem terintegrasi yang dirancang untuk memproduksi, mengambil, menyimpan, menganalisis, mengelola, dan memvisualisasikan berbagai jenis data spasial atau geospasial dan informasi. Pengguna SIG umumnya melakukan analisis informasi spasial, visualisasi data, menyusun peta, dan menghasilkan peta digital yang merupakan hasil dari seluruh

proses tersebut (Haridhi, 2020). Dengan memanfaatkan data tersebut, SIG dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti menentukan lokasi yang tepat untuk perumahan atau industri, menghitung rute tercepat dan terpendek ke suatu tujuan, serta memantau perubahan di wilayah perkotaan, hutan, lingkungan, dan lain-lain.

Sistem Informasi Geografis (SIG) / *Geographic Information System (GIS)* adalah suatu sistem informasi berbasis komputer, yang digunakan untuk memproses data spasial yang ber-georeferensi (berupa detail, fakta, kondisi, dsb) yang disimpan dalam suatu basis data dan berhubungan dengan persoalan serta keadaan dunia nyata (*real world*). Manfaat SIG secara umum memberikan informasi yang mendekati kondisi dunia nyata, memprediksi suatu hasil dan perencanaan strategis (Masykur, F. 2014).

SIG diciptakan dengan memanfaatkan informasi hasil analisis beberapa dataset, termasuk data geografis atau data terkait posisi objek di permukaan bumi (Ahdan & Setiawansyah, 2020). Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) menyinkronkan proses transmisi data basis data yang ada saat ini, seperti menampilkan visualisasi unik melalui gambar-gambar pada peta (Ahdan & Setiawansyah, 2021). SIG dapat diakses melalui aplikasi desktop atau aplikasi website Selain itu, SIG juga mampu menjelaskan hal-hal terkait wisata. Aplikasi tersebut akan dikembangkan dan dipertahankan dalam skala yang lebih besar baik dari sumber daya maupun layanan aplikasi (Mustaqov & Megawaty, 2020). SIG merupakan data yang mencakup informasi lokalisasi (spasial) serta informasi deskriptif (atribut). Data spasial ini dibagi menjadi dua bentuk format, yakni data raster dan data vektor (Widodo et al., 2018).

Kemajuan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan penyediaan data geospasial yang akurat serta menjelaskan sistem secara tepat, hal ini dapat mendukung upaya mitigasi bencana atau mengurangi kerugian akibat dampak dari bencana yang terjadi (Faizana, Nugroho dan Yono, 2015).

2.5 Network Analyst

Network Analyst yang juga dikenal dengan istilah “Analisis Jaringan”, adalah proses untuk menyatukan komunikasi dalam data serta jaringan. Hal tersebut biasanya dilakukan untuk memeriksa cara perangkat-perangkat berinteraksi dan untuk menilai kondisi kesehatan jaringan tersebut.

Analisis jaringan (*Network Analysis*) adalah suatu sistem linier yang berhubungan dengan distribusi atribut dari suatu objek. Biasanya analisis jaringan merupakan model transportasi makroskopik yang menggambarkan hubungan antar objek yang saling terhubung melalui jaringan transportasi. Jaringan ini memiliki topologi berupa garis-garis, seperti jalan raya. Jalan merupakan contoh sistem jaringan dengan atribut-atribut seperti panjang, luas, dan jenis. Kategori ini juga mencakup rel kereta api, jalur sepeda, serta saluran atau aliran sungai. Analisis jaringan sering diterapkan dalam studi transportasi untuk menyelesaikan masalah transportasi, seperti mencari rute alternatif, menentukan rute tercepat, terpendek, serta lokasi yang paling dekat (Satria Permana, Triyatno and Nofrizal, 2019).

Menurut Adil (2017), metode *Network Analyst* merupakan salah satu pendekatan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), yang melibatkan perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan operator. Komponen-komponen ini digunakan untuk memasukkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data dalam bentuk informasi geografis, termasuk untuk menentukan

jalur evakuasi tsunami. Karadimas et al (2007) menyebutkan bahwa *Network Analyst* adalah sebuah ekstensi yang menyediakan analisis spasial berbasis jaringan, mencakup perutean (*routing*), petunjuk perjalanan, pencarian fasilitas terdekat (*closest facility*), serta analisis area layanan (*service area analysis*). Sementara itu, Menurut Stevany, Suprayogi, dan Sukmono (2016), fungsi *routing* pada metode ini dapat digunakan untuk mendukung penentuan jalur evakuasi tsunami. Kelebihan dari metode *Network Analyst* adalah kemampuannya dalam menentukan rute optimal antara dua titik dalam jaringan jalan. Namun, metode ini masih jarang diterapkan dalam pembuatan jalur evakuasi (Sabani, 2020).

Proses *Network Analyst* merupakan metode dalam proses penentuan jalur evakuasi menuju shalter evakuasi yang telah ditentukan. Penggunaan metode ini digunakan untuk menentukan rute terbaik yang akan dijadikan jalur evakuasi terhadap shalter evakuasi (Wanda, 2018).

Fungsi *Network Analyst* yang paling umum digunakan adalah fungsi rute, yang berfungsi untuk menemukan jalur terpendek antara dua titik dalam suatu jaringan. Pemanfaatan fungsi rute ini didasarkan pada algoritma dijkstra, yang merupakan salah satu metode untuk menghitung jarak antar simpul dalam jaringan berdasarkan perhitungan dari satu simpul ke simpul lainnya (Ratnaningrum, Yuwono, dan Awaluddin, 2014).

Network Analyst memiliki keuntungan yaitu dapat mengelompokkan masing-masing jalur evakuasi dan dapat menentukan estimasi tercepat setiap jalur dengan menggunakan software ArcGis 10.8 (Adilang, 2022).

2.6 Mitigasi Bencana Tsunami

Mitigasi bencana merupakan berbagai langkah yang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana, yang mencakup pembangunan infrastruktur serta upaya peningkatan kesadaran dan kemampuan dalam menghadapi ancaman bencana (Pasal 1 Ayat 6, PP No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana).

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007, mitigasi didefinisikan sebagai serangkaian tindakan yang bertujuan untuk mengurangi risiko bencana. Upaya ini dapat dilakukan melalui pembangunan fisik serta peningkatan kesadaran dan kemampuan masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana.

Bencana merupakan kondisi yang dapat memberikan kerugian bagi penduduk yang dapat menyebabkan korban jiwa, materi maupun fisik alam sehingga membuat warga tidak mampu untuk bertahan serta menanganin kerusakan akibat terjadinya bencana tersebut (Noor, 2014). Kerugian yang ditimbulkan tergantung pada Upaya. untuk mencegah atau menghindari bahaya bencana. Besarnya potensi tersebut juga tergantung pada bentuk bahayanya itu sendiri. Namun, pada daerah dengan tingkat bahaya (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*) yang tinggi tidak akan memberikan potensi pengaruh yang besar jika masyarakat yang bermukim di kawasan tersebut mempunyai ketahanan terhadap bencana.

Bencana tsunami yang mempunyai dampak merugikan memerlukan upaya mitigasi bencana secara dini di wilayah pesisir selatan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang. Mitigasi tsunami merupakan upaya meminimalkan dampak tsunami yang mungkin terjadi karena proses pemulihan atau rehabilitasi setelahnya. terjadinya tsunami memerlukan jangka waktu yang cukup lama. Salah satu cara

untuk mendukung upaya mitigasi bencana tsunami adalah dengan mengidentifikasi daerah-daerah yang berisiko terjadinya tsunami, sebagai upaya untuk mengurangi korban jiwa dan kerusakan yang ditimbulkan (Subardjo & Ario, 2016).

2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian – penelitian yang di lakukan sebelumnya:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti / Tahun	Judul	Persamaan	Perbedaan
1.	Penelitian oleh Dr. Ir. Dudung Muhally Hakim, M.Sc., Lea Kristi Agustina, S.T., M.Eng (2018)	Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami dengan Metode Network Analysis (Studi Kasus: Kecamatan Katibung, Sidomulyo, Kalianda Kabupaten Lampung Selatan	Menggunakan metode Network Analysis untuk pemetaan jalur evakuasi tsunami	Lokasi penelitiannya berbeda selain itu pada penelitian ini tidak menggunakan peta risiko, peta buffer (jarak aman), dan lokasi TEA (Tempat Evakuasi Akhir). Penentuan titik berisiko tinggi atau titik awal dilakukan dengan overlay peta rawan tsunami dan jaringan jalan menggunakan ArcGIS.
2.	Penelitian oleh Deski Christianto Adilang, Aristotulus E. Tungka, Fela Warouw (2022)	Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami Dengan Metode <i>Network Analyst</i> Berbasis SIG di Kota Manado	Menggunakan metode Network Analysis dan menggunakan software yang sama (ArcGIS)	Lokasi penelitiannya berbeda, tidak menggunakan peta risiko bencana tsunami sebagai rujukan. Fokus pada pengolahan data dan sumber data yang berbeda.
3.	Penelitian oleh Adilang, D. C., Tungka, A. E., & Warouw, F. (2022).	Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami di Kota Manado Menggunakan Network Analyst Berbasis SIG	Sama-sama menggunakan metode Network Analysis dalam SIG untuk pemetaan jalur evakuasi tsunami. Fokus pada optimalisasi jalur evakuasi	Lokasi penelitian berbeda selain itu Pada penelitian ini lebih berfokus pada optimalisasi jalur evakuasi dengan mempertimbangkan tata ruang kota (RTRW) serta identifikasi lokasi titik aman berdasarkan pemetaan risiko.

			dengan menentukan titik evakuasi aman.	Buffer zone 500 meter digunakan untuk menunjukkan area rawan tsunami.
4	Penelitian oleh Anggarwati, A. N. N. H., Mardiatno, D., & Mei, E. T. W. (2023)	Evaluasi Pemodelan Jalur Evakuasi Tsunami di Pantai Krakal dan Pantai Sili, Gunung Kidul	Sama- sama menggunakan metode network analyst untuk pemetaan jalur evakuasi tsunami, sama sama berfokus pada wilayah pesisir yang beresiko terkena tsunami	Pada penelitian ini membandingkan dua metode yakni metode Network Analyst dan Least Cost Distance, sedangkan penelitian saya hanya menggunakan metode Network Analyst, Pada penelitian ini mengevaluasi hasilnya dengan uji lapangan dan wawancara
5	Penelitian oleh Khairulloh, M.A.K. (2024)	Pemetaan Jalur Evakuasi ,Tsunami Berdasarkan Skenario Sebaran Genangan Tsunami Menggunakan Metode Network Analyst di Wilayah Pesisir Kabupaten Lumajang, Jawa Timur	Kedua penelitian ini menggunakan metode Network Analyst sebagai metode utama untuk memetakan jalur evakuasi tsunami, sama- sama meneliti di Wilayah Lumajang.	Dalam penelitian ini menggunakan skenario ketinggian gelombang 5m, 11m, dan 15m, untuk skenario 30 belum di teliti.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang. Kecamatan ini memiliki luas wilayah 183.91 km² yang terdiri dari 11 desa. Secara astronomis, Kecamatan ini terletak pada 112°53'–113°23' Bujur Timur dan 7°54'–8°23' Lintang Selatan. Sedangkan Secara Geografis Kecamatan Pasirian merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Lumajang yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia sehingga menyebabkan Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang ini rawan terdampak bencana tsunami.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Batas Administrasi Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang
- b. Peta Risiko Tsunami Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang
- c. Data Kontur Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang
- d. Data Lokasi Titik Awal dan Tempat Evakuasi
- e. Data Jaringan jalan 1:25.000 Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang

3.3 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan Pada penelitian ini yaitu berupa dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

3.3.1 Perangkat keras (hardware) yang digunakan antara lain:

- a. Laptop

Digunakan untuk proses pengolahan data dan penulisan laporan tugas akhir.

- b. Printer

Digunakan untuk mencetak laporan tugas akhir dan keperluan lainnya terkait keperluan tugas akhir.

3.3.2 Perangkat lunak (software) yang digunakan antara lain:

(a) *ArcGis 10.8*

ArcGis 10.8 ini digunakan pada saat pengolahan data, proses pembuatan peta risiko bencana tsunami, pembuatan peta lokasi titik awal serta posisi tempat evakuasi. Pembuatan peta jalur evakuasi bencana tsunami, dan *layouting* peta.

(b) *Google Earth Pro*

Google Earth Pro digunakan untuk menentukan Titik Awal serta posisi Tempat Evakuasi (TES atau TEA).

(c) *Microsoft Office Excel 2010*

Microsoft Excel 2010 digunakan untuk membuat tabel serta mengolah data.

(d) *Microsoft Office Word 2010*

Microsoft Word 2010 digunakan untuk menulis serta menyusun laporan penelitian Tugas Akhir.

3.4 Prinsip Kerja

Metode *Network Analyst* berbasis Sistem Informasi Geografis berkerja dengan melakukan memasukkan, pengolahan, memanipulasi, menganalisis hingga penyajian data yang berkaitan dengan menggunakan personal *computer* (PC). Proses penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu: Input data baik data spasial ataupun data atribut. Kemudian dilakukan pengolahan data diikuti dengan analisa data melalui teknik *overlay* atau tumpang susun peta, dan yang terakhir yaitu

keluaran (Output) yang merupakan penyajian data yang sudah jadi dalam bentuk peta, tabel, dan diagram.

3.5 Prosedur Pelaksanaan

Adapun tahap pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Akuisisi Data

Pada penelitian kali ini menggunakan Data/peta batas administrasi didapatkan dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) skala 1:25.000, kemudian Peta Risiko Tsunami Kecamatan Pasirian didapatkan dari hasil perkalian peta bahaya/ancaman tsunami dan Peta Kerentanan. Peta rupa bumi yang didapat dari BIG skala 1:25.000, Data kontur didapatkan dari data DEM SRTM 1 Arc-Second Global yang didapatkan dari website <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Selanjutnya data lokasi titik awal, TES dan TEA yang diperoleh dari hasil *overlay* peta risiko tsunami Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang dengan menggunakan bantuan google earth pro dan software microsof excel, dan data jaringan jalan didapatkan dari BIG skala 1:25.000.

3.5.2 Pembuatan Peta Risiko Tsunami

Pembuatan peta risiko tsunami dilakukan untuk memperoleh daerah yang berisiko terdampak tsunami sebagai langkah awal dari pembuatan peta jalur evakuasi bencana tsunami. Pembuatan peta risiko tsunami menggunakan hasil perkalian dari peta bahaya/ancaman tsunami dan peta kerentanan. Pada peta bahaya/ancaman tsunami parameter yang digunakan kelerengan, koefisien kekasaran permukaan, garis pantai, dan skenario ketinggian gelombang tsunami (Pada penelitian kali ini digunakan skenario ketinggian 30m). Peta kelerengan

diperoleh dari data DEM SRTM 1 Arc-Second Global yang didapatkan dari website <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan menggunakan *slope* pada *raster surface* di menu *Arctoolbox* yaitu *3D Analyst Tools*. Kemudian peta koefisien kekasaran permukaan diperoleh dengan memasukkan nilai kekasaran pada atribut peta tutupan lahan, Untuk data tutupan lahan sendiri diperoleh dari website <https://www.indonesia-geospasial.com/>. Kemudian yang terakhir yaitu garis pantai didapatkan dari data peta rupa bumi 1:25.000 Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang.

Tabel 3. 1 Koefisien Kekasaran Permukaan

No.	Jenis Tutupan Lahan	Koefisien Kekasaran(n)
1.	Semak Belukar	0.040
2.	Hutan	0.070
3.	Lahan Terbuka/Kosong	0.015
4.	Perkebunan	0.035
5.	Lahan Pertanian	0.025
6.	Lahan terbangun/Pemukiman	0.045
7.	Badan Air	0.007
8.	Ladang	0.030

(Sumber: Berryman, 2006)

Data yang terkumpul kemudian dilakukan pemodelan genangan tsunami dengan mengacu pada model yang dikembangkan oleh Mcsaveney dan Ranttenbury (2000) yaitu *Model Builder* serta menggunakan fungsi *cost distance* pada Software ArcGis yang dimana *cost distance* sendiri merupakan suatu fungsi yang memperkirakan kehilangan ketinggian genangan tsunami dari sumber tinggi rendahnya gelombang tsunami (*run up*) dari garis pantai dan ke daratan. Untuk memasukkan pada *cost distance* sendiri garis pantai sebagai sumber genangan (*source*) dan nilai H_{loss} sebagai *cost surface* (Putra, 2009):

$$H_{loss} = \left(\frac{167 n^2}{H_0^{1/3}} \right) + 5 \sin S \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

H_{loss} : Kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi

n : Koefisien kekasaran permukaan

H_o : Ketinggian gelombang maksimum (meter)

S (radian): Kemiringan lereng

Tabel 3. 2 Skala Immamura-lida

No.	Skala Immamura-lida	Klasifikasi
1.	-1	Tsunami dengan <i>ru-up</i> < 50 cm diderah pantai
2.	0	Tsunami dengan <i>ru-up</i> 1 m
3.	1	Tsunami dengan <i>ru-up</i> > 2 m
4.	2	Tsunami dengan <i>ru-up</i> 4-6 m
5.	3	Tsunami dengan <i>ru-up</i> 10-20 m
6.	4	Tsunami dengan <i>ru-up</i> > 30 m

(Sumber: Diposantro, 2008)

Secara spasial tingkat bahaya tsunami dikelompokkan menjadi lima kelompok, yaitu pada kawasan yang tergenang < 2 meter dikelompokkan dalam tingkat bahaya rendah, selanjutnya kawasan yang tergenang dari ketinggian 2-5 meter dikelompokkan kedalam tingkat bahaya Sedang, kemudian untuk kawasan yang tergenang dari ketinggian 5 - 15 meter termasuk kelompok tingkat bahaya tinggi, kawasan yang tergenang dari ketinggian 15-30 meter termasuk dalam kelompok tingkat bahaya tinggi, dan untuk kawasan yang tergenang lebih dari 30 meter maka termasuk kelompok tingkat bahaya sangat tinggi. Kelompok tingkatan dalam bahaya tsunami pada penelitian kali ini ditentukan berdasarkan skenario, yaitu skenario ketinggian gelombang tsunami 30 meter (Putra, 2009).

Selanjutnya pada pembuatan peta kerentanan tsunami, Parameter yang dibutuhkan yaitu kerentanan ekonomi yang berdasarkan penggunaan lahan yang ada pada kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang. Penggunaan lahan yang telah didapatkan, Kemudian diberikan skor sesuai dengan pengaruh yang diberikan

terhadap ekonomi masyarakat untuk melihat tinggi rendahnya kerentanan tsunami pada daerah yang diteliti. Skor Kerentanan yang tinggi akan diberikan pada kelas penggunaan lahan yang memiliki tingkat ekonomi yang tinggi, sehingga memiliki tingkat kerentanan tsunami yang tinggi. Sebaliknya, kelas penggunaan lahan dengan tingkat ekonomi rendah akan diberi skor kerentanan yang lebih kecil, karena tingkat kerentanannya terhadap tsunami lebih rendah.

Tabel 3.3 Skor Tutupan Lahan

No.	Legenda	Skor Kerentanan
1	Badan Air	1
2	Pemukiman	4
3	Perkebunan	3
4	Lahan Pertanian	3
5	Lahan Kosong/ Terbuka	1
6	Semak Belukar	2
7	Hutan	2
8	Ladang	3

(Sumber. Departemen Kehutanan, 2005. Modifikasi dari Abdillah, 2020).

Kemudian pada pembuatan Peta Risiko pada penelitian ini berfokus pada penggunaan lahan di Kecamatan Pasirian sebagai peta kerentanan (V) serta peta wilayah genangan yang mungkin terjadi jika tsunami melanda Kecamatan Pasirian (H). Penggunaan lahan dan daerah genangan tsunami di Kecamatan Pasirian akan diberi skor sesuai tingkat pengaruhnya terhadap risiko tsunami sehingga memudahkan proses penggandaan atau overlay. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode tumpang susun (*overlay method*) serta pemodelan data. Metode tumpang susun (*overlay method*) dilakukan dengan cara menggabungkan data grafis dari berbagai parameter yang mempengaruhi tsunami,

guna menentukan wilayah yang rawan terdampak tsunami. Penelitian ini diperoleh melalui perkalian antara Peta Genangan (H) dan Peta Kerentanan (V), yang selanjutnya akan diterapkan menggunakan *Tools Raster Calculator* pada software ArcGIS. Penentuan tingkat risiko tsunami dihitung menggunakan persamaan Model Cruch, yakni: (Abdillah, 2020).

$$R = H \times V \dots\dots\dots (4)$$

Dimana: R: Indeks Risiko

H: Indeks Bahaya/Ancaman

V: Indeks Kerentanan

3.5.3 Pembuatan Titik Awal serta Lokasi Tempat Evakuasi

Titik evakuasi merupakan tempat yang dijadikan sebagai lokasi evakuasi tsunami. Titik evakuasi ditentukan dari lokasi yang lebih tinggi dari prediksi *run up* tsunami dan di daerah yang kerentanannya tidak tinggi. Data yang diperlukan dalam pembuatan peta lokasi tempat evakuasi ini diantaranya yaitu data administrasi dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) skala 1:25.000, Peta risiko yang diperoleh dengan menggunakan bantuan software ArcGIS, Peta kontur yang diperoleh dari data DEM SRTM 1 Arc-Second Global, Koordinat bangunan diperoleh dari bantuan Google Earth Pro, Kapasitas bangunan diperoleh dari dengan menggunakan *Show Ruler* yang ada pada Software Google Earth Pro. Kapasitas bangunan lokasi tempat evakuasi merujuk pada pedoman FEMA P646, 2008. yang menyatakan bahwa kapasitas suatu bangunan yaitu setiap 1 m² menampung 2 orang, dimana diasumsikan bahwa pengungsi dalam keadaan posisi duduk tanpa kursi (dalam keadaan bersila atau kaki menekuk ke depan) untuk

beberapa jam selama pengungsi menunggu waktu kritis gelombang tsunami mereda (Wibowo Aji, 2019).

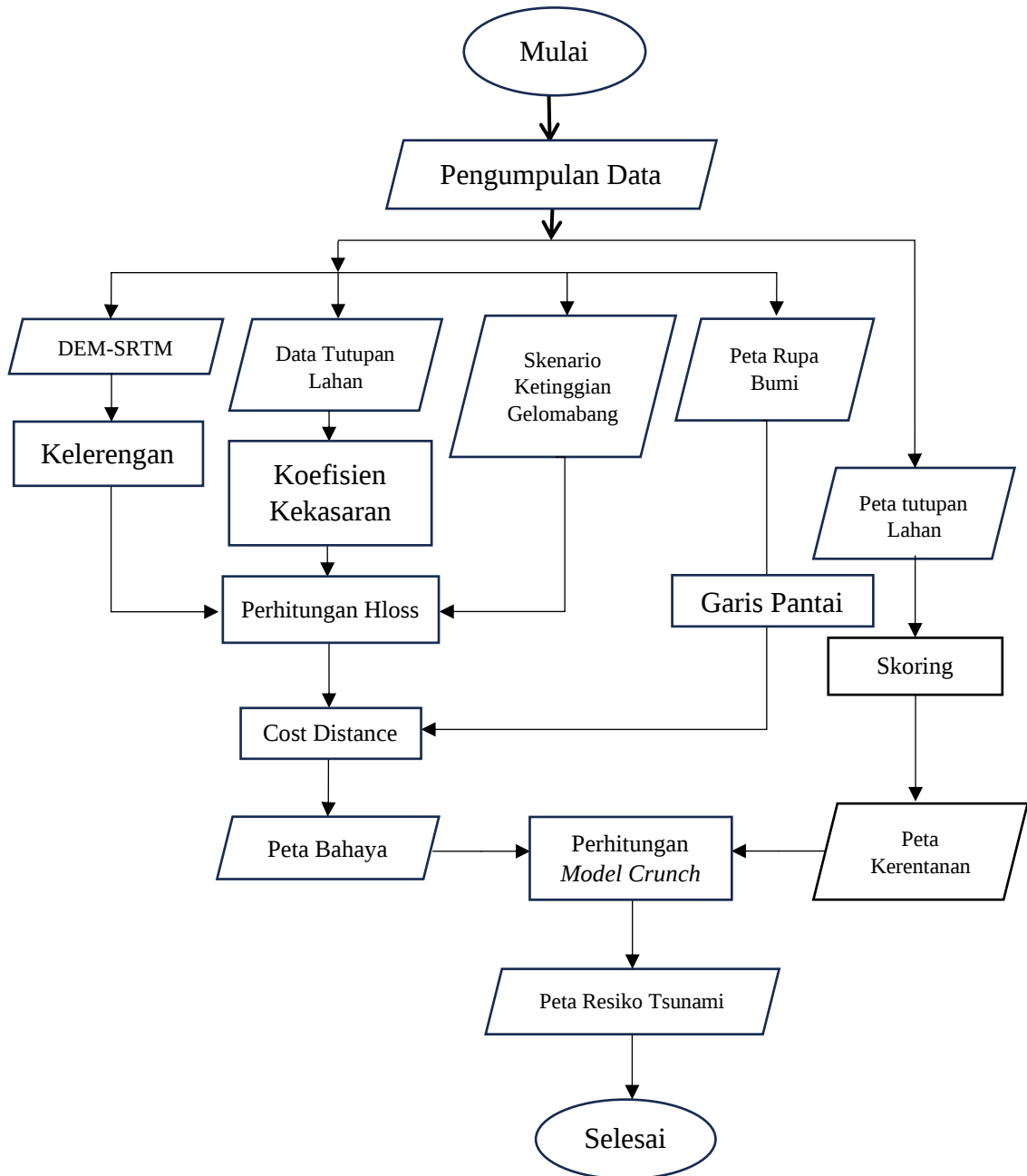
3.5.4 Penentuan/ Pembuatan Jalur Evakuasi Tsunami

Penentuan/pembuatan jalur evakuasi menggunakan *New Route* yang terdapat pada *Metode Network Analyst* di Aplikasi ArcGIS untuk memperoleh jalur yang efisien dalam mengevakuasi diri. Kemudian dalam penentuan/ pembuatan Jalur Evakuasi pada penelitian kali ini ditentukan oleh peta risiko tsunami dan tempat evakuasi yang sesuai agar jalur yang diperoleh lebih efisien.

3.6 Diagram Alir

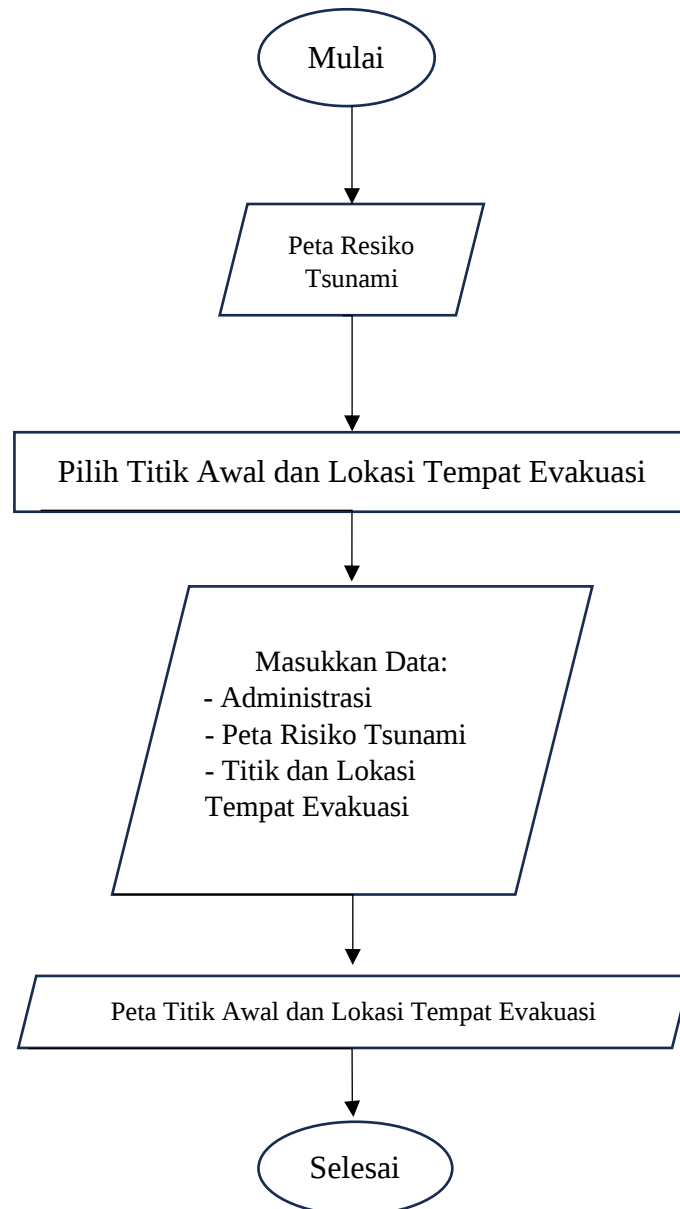
3.6.1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami

Diagram alir berikut untuk penelitian peta risiko tsunami :



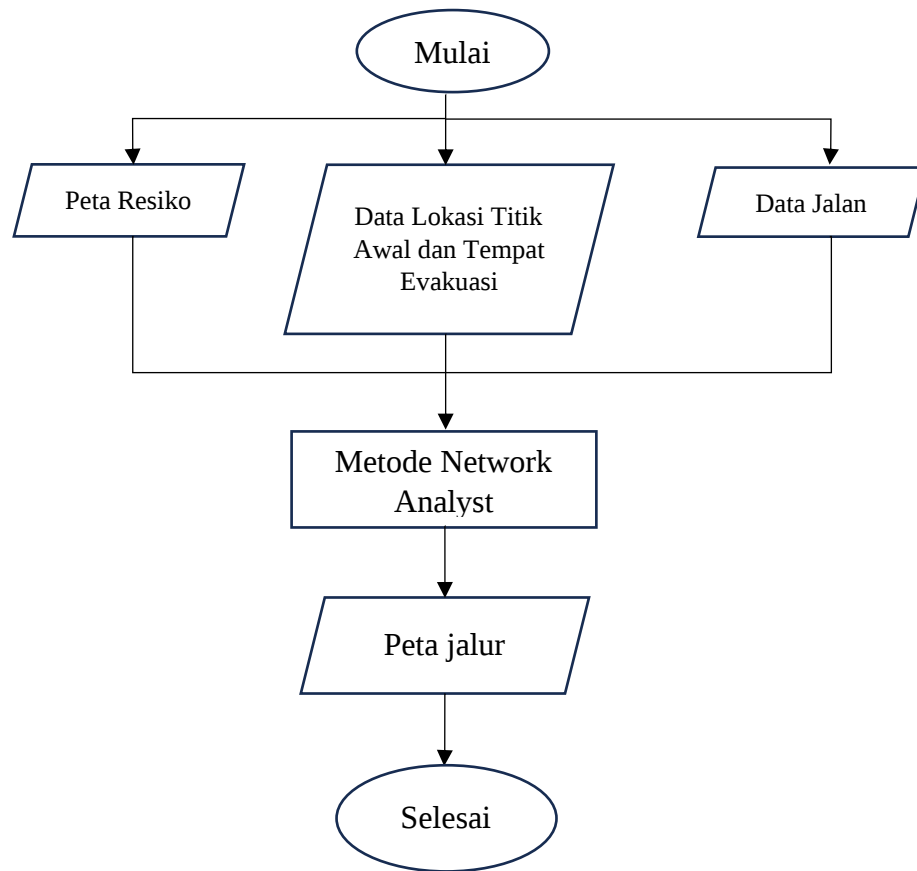
Gambar 3.1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami

3.6.2 Alur Penelitian Penentuan/Pembuatan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi



Gambar 3.2 Alur penelitian Penentuan/Pembuatan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi

3.6.3 Alur Penelitian Pembuatan Jalur Evakuasi



Gambar 3.3 Alur Penelitian Pembuatan Jalur Evakuasi

3.7 Analisis Data

Menurut Dara Zaiyana (2014) Parameter Jalur Evakuasi Tsunami meliputi parameter Kelerengan, Parameter Koefisien Kekasaran permukaan yang diperoleh dari Data Tutupan Lahan, Parameter Garis Pantai, dan Parameter Skenario Ketinggian Golombang. Setelah itu mengklasifikasikan kelas bahaya dengan menggunakan *spatial analyst tools* dalam ArcGIS 10.8. Kemudian hasil tersebut di overlay menjadi satu, dan membuat *field* baru sehingga menghasilkan Peta Bahaya/Ancaman Bahaya Tsunami.

Setelah mendapatkan Peta Bahaya/Ancaman, Selanjutnya membuat peta Kerentanan. Dimana peta ini didapat dari data tutupan lahan yang diskorsing, Kemudian membuat peta Risiko Tsunami yang didapatkan dari hasil perkalian Bahaya/Ancaman Tsunami dan Kerentanan Tsunami dengan menggunakan persamaan *Model Crunch* yang nantinya akan diimplementasikan dengan bantuan *raster calculator* pada software ArcGis. Tahap selanjutnya adalah menentukan titik awal dan lokasi tempat evakuasi menggunakan *Google Earth Pro*. Parameter berikutnya adalah jaringan jalan yang diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial) dengan skala 1:25.000. Data dari parameter-parameter tersebut kemudian di overlay untuk menghasilkan peta jalur evakuasi yang efektif dan paling pendek menggunakan metode *Network Analyst*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

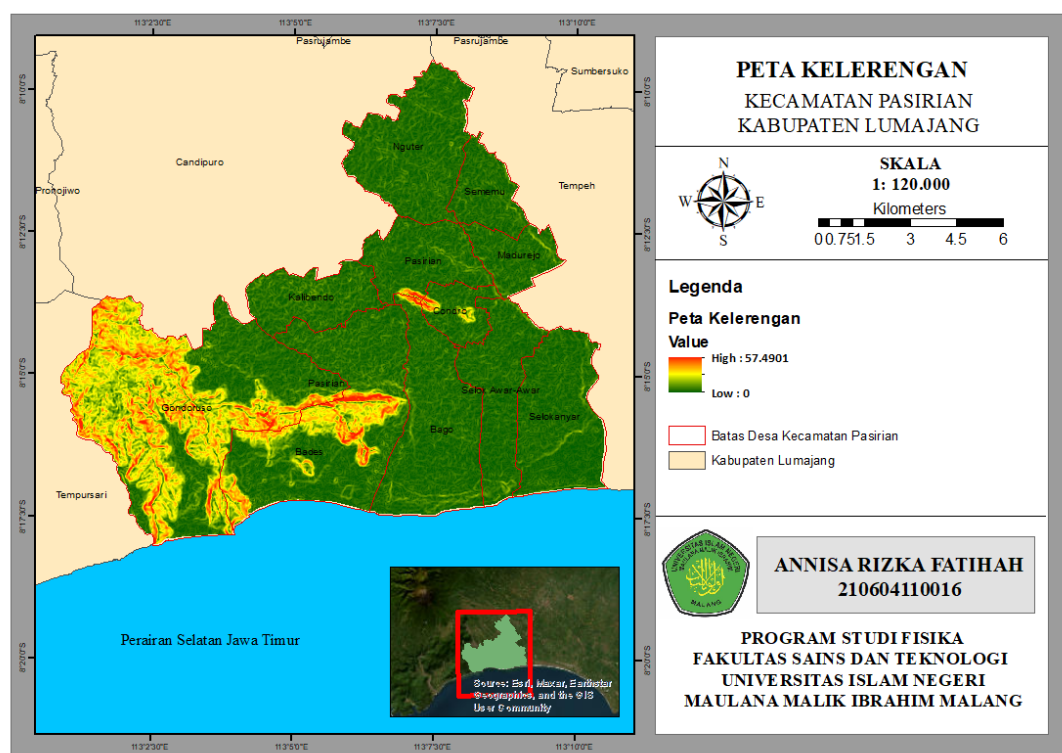
4.1 Peta Resiko Tsunami

Pada penelitian kali ini dilakukan di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang yang memiliki 11 desa yakni antara lain Bago, Bades, Condro, Gondoruso, Kalibendo, Madurejo, Nguter, Pasirian, Selok awar awar, Selokayar dan Sememu. Kecamatan Pasirian juga memiliki 3 Pantai di pesisir selatan Jawa yang ramai dikunjungi oleh wisatawan. Penentuan tingkat resiko bahaya tsunami dalam penelitian ini menggunakan masukan hasil dari Peta Bahaya tsunami dan Peta Kerentanan, yang mana mengacu pada persamaan 2 dari Model Crunch yakni perkalian antara Peta Bahaya dan Peta Kerentanan, yang di olah dengan bantuan software ArcGIS 10.8.

4.1.1 Peta Bahaya

Dalam pembuatan peta bahaya tsunami parameter yang digunakan adalah parameter kelerengan/slope, peta koefisien kekasaran, peta garis pantai serta ketinggian dari gelombang tsunami. Berdasarkan hasil analisis pada parameter pertama yakni peta kelerengan dari wilayah Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang diperoleh kisaran nilai kelerengan antara 0-57.4901 derajat. Berdasarkan perhitungan nilai kelerengan (slope) di setiap desa, diperoleh rincian nilai kelerengan sebagai berikut: Desa Bago memiliki rentang kelerengan sebesar 0-45.4786 derajat, Desa Condro memiliki nilai kelerengan sebesar 0-44.9001 derajat, Desa Gondoruso memiliki nilai kelerengan antara 0-57.4901 derajat, Desa Kalibendo memiliki nilai kelerengan antara 0-12.1491 derajat, Desa Madurejo berkisar antara 0-13.0921 derajat, Desa Nguter memiliki nilai kelerengan antara

0-11.4063 derajat, Desa Pasirian memiliki nilai kelerengan antara 0-47.5983 derajat, Desa Selok Awar-Awar memiliki nilai kelerengan antara 0-12.0317 derajat, Desa Selokanyar memiliki nilai kelerengan sebesar 0-13.3198 derajat dan Desa Sememu memiliki nilai kelerengan sebesar 0-11.0233 derajat. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa Desa Gondoroso memiliki nilai kelerengan tertinggi dibandingkan dengan desa-desa lain di Kecamatan Pasirian, yaitu mencapai 57.4901 derajat. Tingginya nilai kelerengan ini menunjukkan bahwa kontur wilayah Desa Gondoroso relatif lebih terjal atau memiliki dataran yang lebih tinggi dibandingkan desa lainnya..



Gambar 4.1 Peta Kelerengan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (USGS, 2025)

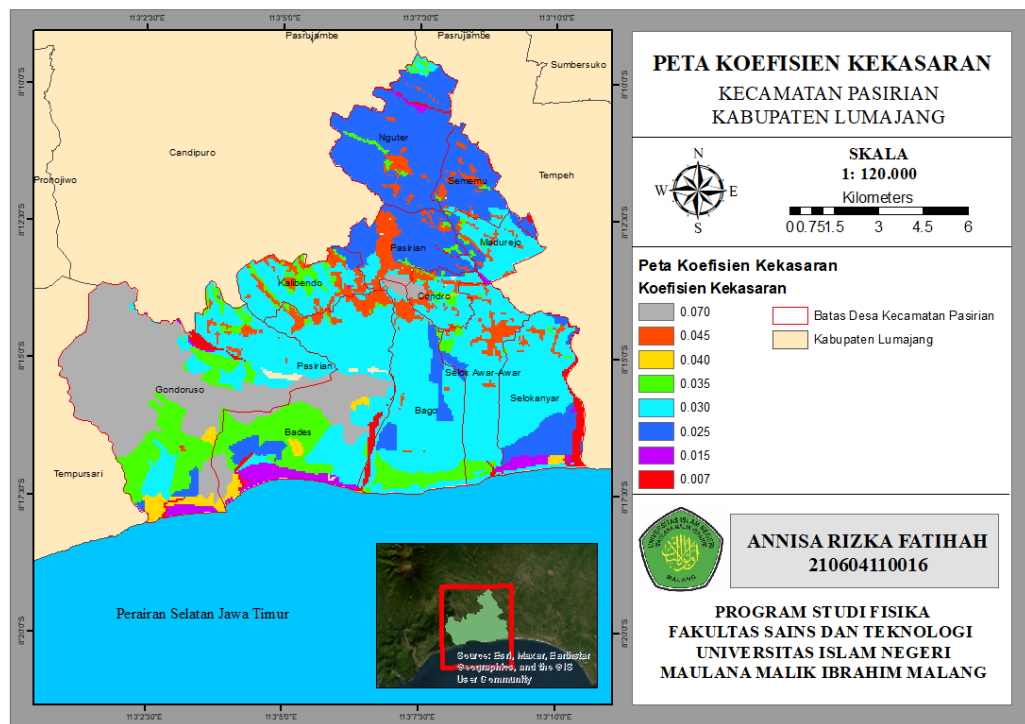
Dalam peta kelerengan Semakin tinggi nilai kelerengan, maka wilayah tersebut cenderung memiliki tingkat potensi bahaya yang lebih rendah karena gelombang tsunami akan lebih cepat kehilangan energi saat

memasuki area yang curam. Lereng yang curam dapat berfungsi sebagai penghalang alami yang membatasi jangkauan genangan tsunami. Sebaliknya, wilayah dengan kelerengan rendah atau datar berpotensi besar untuk mengalami genangan karena memungkinkan gelombang tsunami menjalar lebih jauh ke daratan.

Parameter selanjutnya adalah parameter koefisien kekasaran yang diperoleh data tutupan lahan yang mana pada attribute tabelnya diberikan nilai koefisien kekasaran sesuai dengan Tabel 3.1 yang kemudian dirasterkan menggunakan menu *polygon to raster* pada menu *conversion tools*. Pada parameter koefisien kekasaran permukaan didapatkan nilai tertinggi 0.07 yang merupakan nilai kekasaran dari hutan sedangkan nilai terendahnya adalah 0.007 yang merupakan nilai koefisien kekasaran dari sungai. Setiap penggunaan lahan memiliki nilai koefisien yang berbeda-beda, hal tersebut dapat mempengaruhi tingkat risiko terdampaknya tsunami serta potensi kerusakan pada wilayah yang terdampak bencana tsunami.

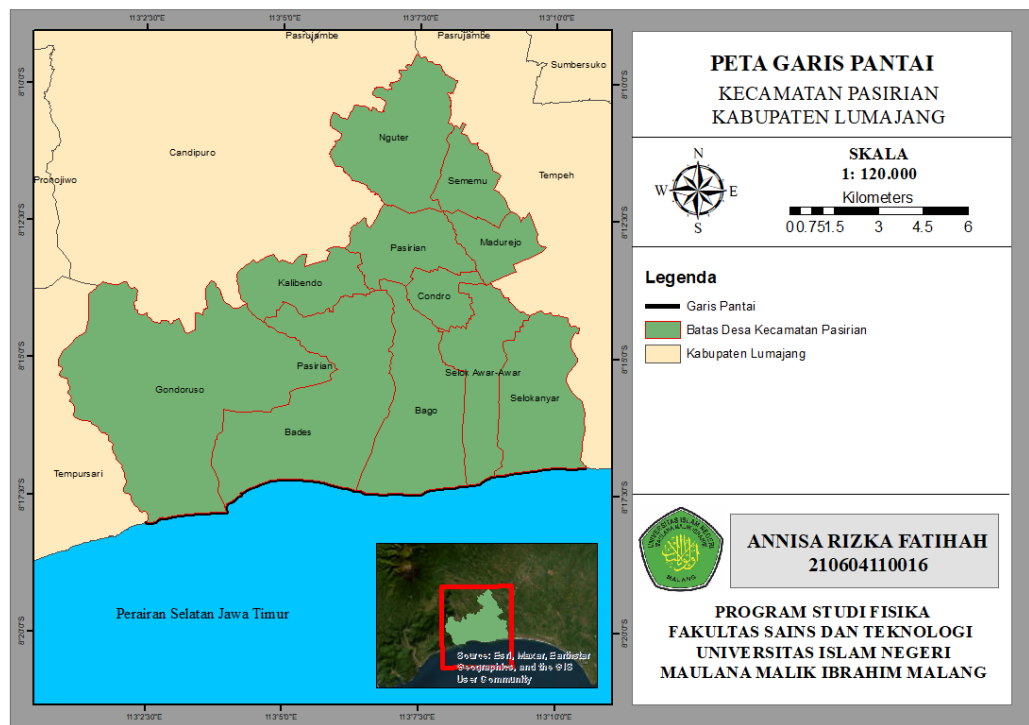
Koefisien kekasaran permukaan yang tinggi akan memperlambat pergerakan tsunami ke daratan, Hal ini disebabkan oleh permukaan yang kasar, seperti pada vegetasi lebat atau bangunan, yang mengurangi kecepatan aliran tsunami. Akibatnya, gelombang tsunami dapat berkurang namun area yang terkena dampak bisa lebih luas, hal tersebut dapat meningkatkan risiko kerusakan di daerah tersebut, Sedangkan nilai koefisien kekasaran permukaan yang rendah akan memungkinkan tsunami semakin menjalar ke daratan. Hal ini karena permukaan yang lebih halus mengurangi hambatan aliran, sehingga gelombang tsunami dapat bergerak lebih cepat dan lebih jauh. Selain itu, dengan koefisien

kekasaran yang rendah, gelombang tsunami yang tinggi di garis pantai cenderung lebih besar serta meningkatkan potensi kerusakan area yang lebih luas tsunami terjadi.



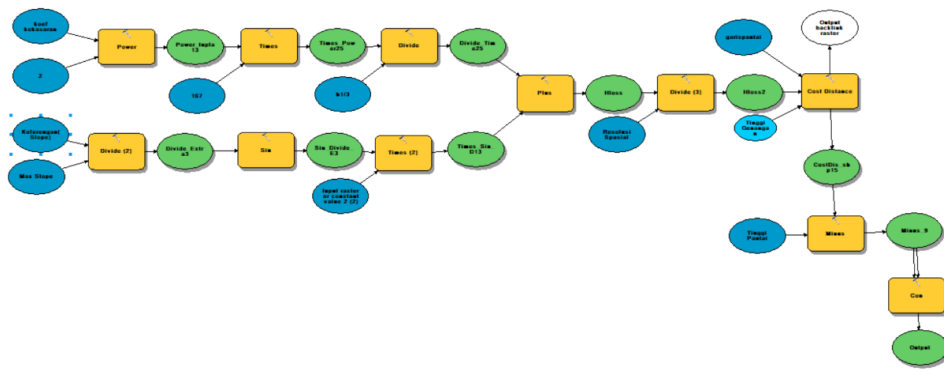
Gambar 4.2 Peta Koefisien Kekasaran Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (RBI, 2025)

Parameter selanjutnya adalah garis pantai Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang dan skenario ketinggian gelombang tsunami. Garis pantai dalam penelitian ini diperoleh dari peta rupa bumi dengan skala 1:25.000. Garis Pantai yang digunakan adalah garis Pantai dari Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang sesuai dengan lokasi penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian ini data garis pantai digunakan sebagai acuan dalam perhitungan jarak inundasi tsunami. Skenario ketinggian gelombang tsunami yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30m. Skenario ketinggian gelombang yang digunakan adalah berdasarkan skala intensitas Imamura-Lida.



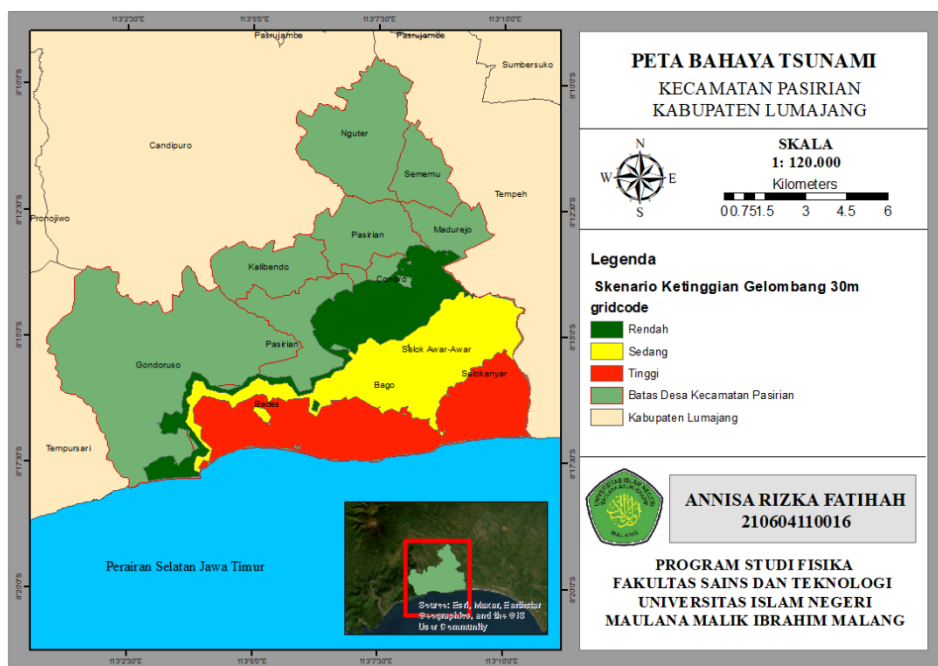
Gambar 4.3 Peta Garis Pantai Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (RBI, 2025)

Tahapan selanjutnya yaitu memodelkan genangan tsunami dengan menggunakan *model builder* dengan berdasarkan persamaan 1, yang mana mengacu pada model yang dikembangkan oleh Mcsaveney dan Rattenbury (2000). Dapat dilihat pada Gambar 4.4, bahwa terdapat 3 warna yang berbeda, warna biru pada gambar menunjukkan data *input* atau masukan, warna kuning menunjukkan *tool*, sedangkan warna hijau menunjukkan *output* atau hasil. Proses pemodelan dianggap sukses bila skala running data tidak terjadi kendala pada setiap looping data / siklus.



Gambar 4.4 Model Builder

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan, didapatkan hasil berupa peta bahaya tsunami dengan scenario ketinggian sebesar 30m, yang kemudian di *reclassify* untuk mengetahui tingkat bahaya atau kelas bahaya serta luas wilayah yang tergenang. Adapun kelas tingkat bahaya tsunami serta luas wilayah yang tergenang tsunami pada skenario ketinggian gelombang 30meter sebagai berikut:



Gambar 4.5 Peta Bahaya Tsunami Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (Tahun 2025)

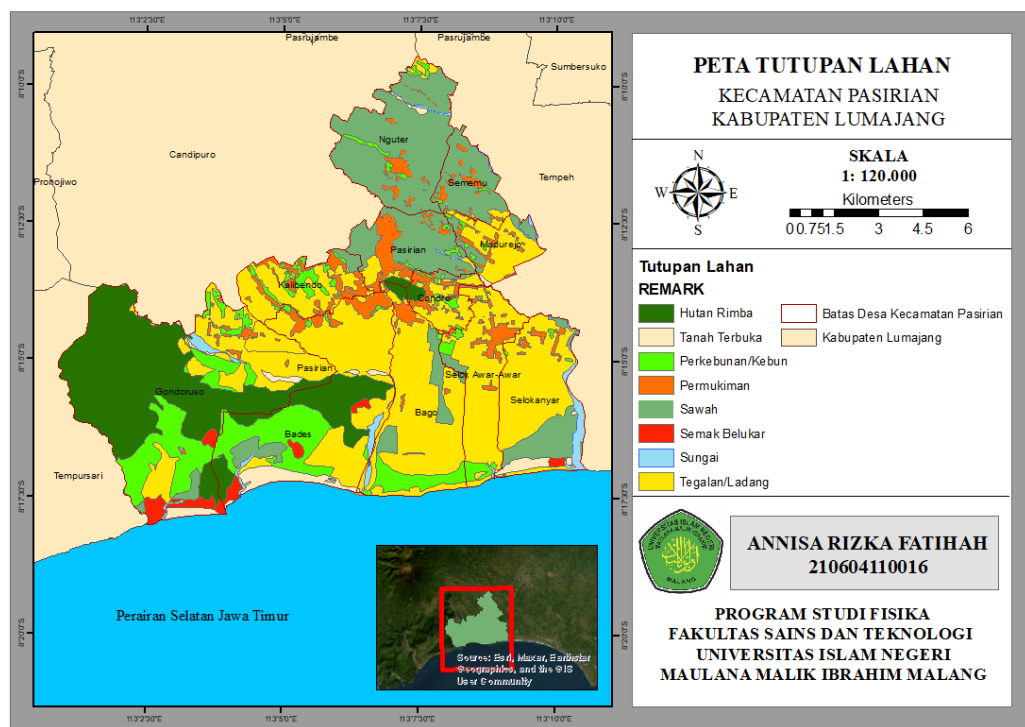
Berdasarkan pada Peta Bahaya Tsunami diatas dapat diketahui bahwa terdapat delapan desa yang terdampak bahaya tsunami yakni: Desa Pasirian, Desa

Madurejo, Desa Condro, Desa Selok Awar-Awar, Desa Selok Anyar, Desa Gondoruso, Desa Bago, dan Desa Bades. Bahaya / ancaman tsunami di klasifikasikan menjadi 3 jenis klasifikasi yakni klasifikasi bahaya rendah dengan gridcode 1 dengan tinggi genangan 0-9.9m memiliki total luas wilayah 15.662 km², selanjutnya untuk klasifikasi bahaya sedang dengan gridcode 2 dengan tinggi genangan 9-19.6 m memiliki luas 20.916 km², dan klasifikasi bahaya tinggi dengan gridcode 3 dengan ketinggian gelombang 19.6-30m memiliki luas 23.786 km². Desa Pasirian memiliki total luas wilayah yang tergenang bahaya tsunami seluas 0.38 km² dengan klasifikasi gridcode 1 yang ditandai dengan variasi warna hijau tua, Kemudian Desa Madurejo memiliki total luas wilayah yang tergenang bahaya tsunami seluas 0.45 km² dengan klasifikasi rendah yang di tandai dengan gridcode berwarna hijau tua, Desa condro memiliki gridcode 1 seluas 2.5 km², Kemudian Desa Selok Awar- Awar memiliki total wilayah daerah yang terdampak bahaya tsunami seluas 8.1 km² dengan klasifikasi gridcode 1 seluas 2.7 km² dengan variasi berwarna hijau tua dan gridcode 2 seluas 5.4 km² dengan variasi gridcode berwarna kuning, Kemudian Desa Selok Anyar dengan total wilayah daerah yang terdampak potensi genangan tsunami seluas 12.64 km² dengan klasifikasi gridcode 2 seluas 5.28 km² dengan variasi berwarna kuning, dan gridcode 3 seluas 7.34 km² dengan variasi gridcode berwarna merah. Kemudian Desa Gondoruso dengan gridcode 1 seluas 2.47 km² dengan variasi berwarna hijau dan gridcode 2 seluas 0.4 km² dengan variasi berwarna kuning. Kemudian Total wilayah yang terdampak bahaya tsunami di Desa Bago adalah 15.03 km² dengan gridcode 1 seluas 2.99 km² dengan variasi berwarna hijau tua, gridcode 2 seluas 5.82 km² dengan variasi berwarna kuning serta gridcode 3 seluas 6.22 km² dengan

variasi berwarna merah, Kemudian Desa Bades, Total luas wilayah yang terdampak bahaya tsunami sangat tinggi yakni 17.03 km^2 , desa ini merupakan desa yang paling luas terdampak bahaya tsunami dibanding desa lainnya, gridcode 1 dari Desa Bades memiliki luas 4.2 km^2 dengan variasi berwarna hijau tua, gridcode 2 seluas 4.08 km^2 dengan variasi berwarna kuning serta gridcode 3 seluas 8.75 km^2 yang memiliki variasi berwarna merah. Pemetaan ini merupakan hasil dari skenario yang telah dibuat di setiap wilayah di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang, Pada setiap wilayah memiliki area genangan yang berbeda-beda tergantung dari kemiringan lereng serta tutupan lahan di wilayah tersebut.

4.1.2 Peta Kerentanan

Parameter yang digunakan dalam pembuatan peta kerentanan dalam penelitian ini adalah kerentanan ekonomi berdasarkan data Penggunaan Lahan yang ada di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang. Data Penggunaan Lahan yang sudah didapatkan diberikan skor sesuai dengan pengaruh yang diberikan terhadap ekonomi masyarakat. Pada kelas penggunaan lahan yang memiliki tingkat ekonomi yang tinggi akan diberikan skor yang tinggi, begitupun sebaliknya pada kelas penggunaan lahan yang memiliki tingkat ekonomi rendah akan diberikan skor yang rendah



Gambar 4.6 Peta Tutupan Lahan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (BIG, 2025)

Berdasarkan hasil pengolahan data penggunaan lahan yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah di dapat pada Gambar 4.6 Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang, Pada Gambar 4.6 dapat di ketahui bahwa Kecamatan Pasirian Kabupattem Lumajang di dominasi oleh wilayah ladang dengan luas wilayah 55.090 km², Selanjutnya wilayah sawah seluas 28.418 km², Wilayah hutan seluas 26.060 km², Perkebunan seluas 16.577 km², Permukiman dengan luas 9.802 km², Semak belukar seluas 2.143 km², Tanah Terbuka seluas 2.974 km², dan Sungai dengan luas 2.485 km².

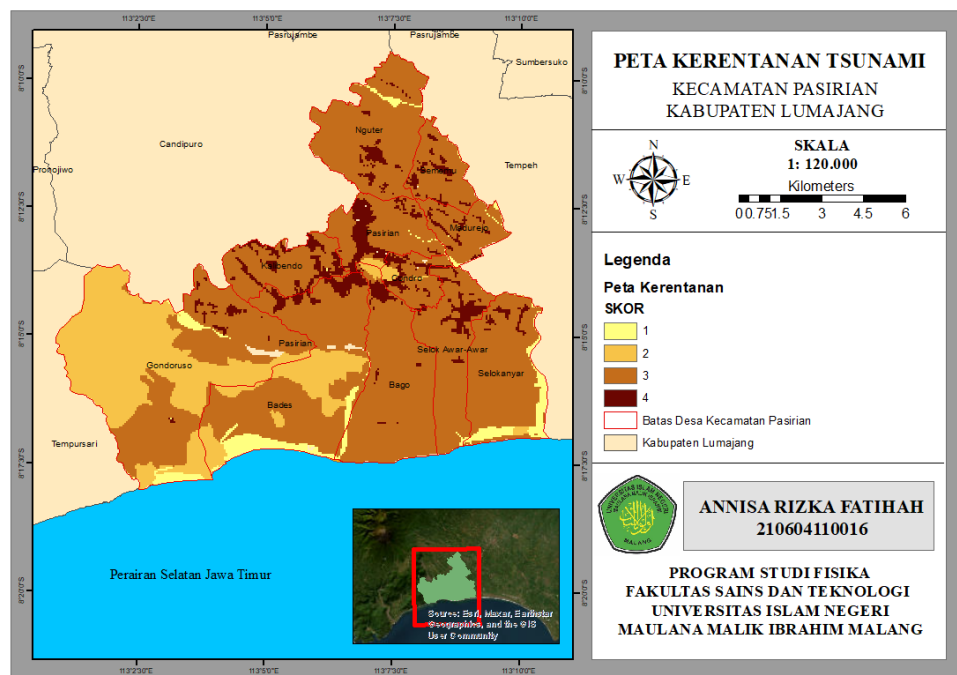
Tabel 4.1 Skor dan Luas Kelas Tutupan Lahan

No	Legenda	Koefisien Kekasaran (m)	Skor	Luas (km ²)
1	Ladang	0.030	3	55.090
2	Sawah	0.025	3	28.418
3	Hutan	0.070	2	26.060
4	Perkebunan	0.035	3	16.577
5	Permukiman	0.045	4	9.802

6	Semak Belukar	0.040	2	2.143
7	Tanah Terbuka	0.015	1	2.974
8	Sungai	0.007	1	2.485

Berdasarkan skor yang tercantum pada Tabel 4.2 mengenai data tutupan lahan, diketahui bahwa data tutupan lahan permukiman memiliki skor kerentanan tertinggi yaitu 4, Selanjutnya wilayah ladang, sawah, perkebunan, menempati skor tertinggi kedua yakni dengan skor 3, lahan hutan dan semak belukar memiliki nilai skor 2 Sedangkan lahan terbuka dan sungai memiliki nilai skor terendah yaitu 1. Adapun luas wilayah berdasarkan skor kerentanan tersebut adalah sebagai berikut: wilayah dengan skor 1 mencakup area seluas 6.044 km², wilayah dengan skor 2 seluas 27.819 km², wilayah dengan skor 3 memiliki luas 99.318 km², dan wilayah dengan skor 4 menempati area seluas 10.541 km².

Klasifikasi skor kerentanan dalam peta jalur evakuasi tsunami memiliki peranan yang sangat penting karena menggambarkan sebaran serta tingkat kerentanan bencana di setiap wilayah secara berbeda. Wilayah yang memperoleh skor kerentanan tinggi, yaitu skor 4, menunjukkan tingkat kerentanan yang signifikan terhadap dampak tsunami. Oleh karena itu, wilayah-wilayah tersebut memerlukan perhatian khusus dan menjadi prioritas utama dalam perencanaan jalur evakuasi serta penyediaan fasilitas pendukung yang memadai. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan potensi korban jiwa dan kerugian materi yang mungkin terjadi akibat bencana tsunami. Sebaliknya, wilayah dengan skor kerentanan rendah hingga sangat rendah, yaitu skor 1 dan 2, meskipun memiliki kerentanan yang lebih kecil, tidak boleh diabaikan.



Gambar 4.7 Peta Kerentanan Bahaya Tsunami Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (Tahun 2025)

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah penyusunan peta risiko tsunami dengan menggunakan persamaan *Model Crunch*, yang mana peta risiko dihasilkan melalui proses perkalian antara peta bahaya dan peta kerentanan. *Model Crunch* ini berfungsi sebagai alat analisis yang mengintegrasikan dua komponen penting dalam penilaian risiko bencana, yakni tingkat bahaya yang menunjukkan wilayah yang berpotensi terkena ancaman tsunami dan tingkat kerentanan yang menunjukkan tingkat kerentanan suatu wilayah serta seberapa besar suatu daerah atau masyarakat dapat mengalami kerusakan atau kerugian jika terjadi tsunami.

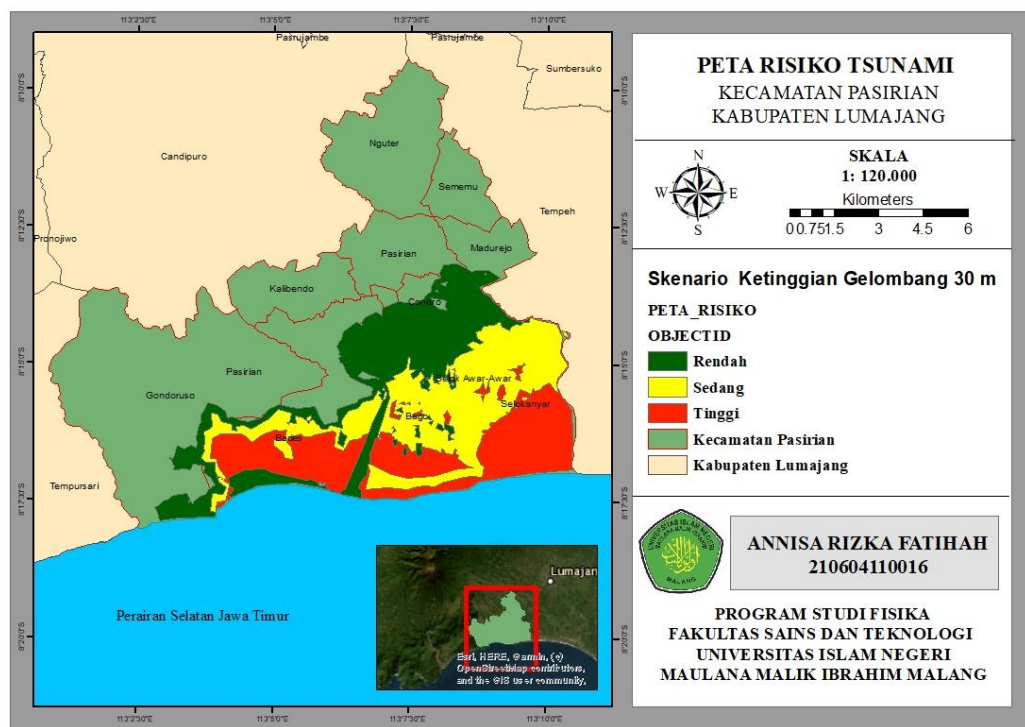
Dalam proses penentuan tingkat risiko tsunami, penelitian ini dikelompokkan ke dalam tiga kategori risiko yang berbeda, dimana masing-masing kelas menggambarkan tingkat ancaman dan potensai kerugian yang berbeda pula, Pengelompokan ini berfungsi untuk memetakan wilayah

berdasarkan tingkat risiko tsunami, sehingga dapat mendukung upaya perencanaan mitigasi bencana secara lebih sistematis dan efektif, Sebagaimana tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Luasan Risiko pada Skenario Ketinggian 30m

Skenario Ketinggian Golombang Tsunami 30 meter	Kelas Tingkat Risiko Tsunami	Gridcode	Luas Wilayah Risiko Tsunami (km ²)	Total Luas Risiko(km ²)
	(0-32) Rendah	1	20.439	60.195
	(32-60) Sedang	2	21.049	
	(60-103)Tinggi	3	18.707	

Berdasarkan tabel di atas, analisis risiko tsunami pada skenario ketinggian 30 meter menghasilkan tiga kelas risiko tsunami, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Penggunaan tiga kelas ini mengacu pada pedoman yang diterbitkan oleh BNPB (2021), serta merujuk pada praktik umum yang digunakan dalam literatur dan studi terdahulu. Pemilihan tiga kelas bertujuan untuk menyederhanakan interpretasi, mempermudah penyampaian informasi kepada masyarakat, dan mendukung pengambilan keputusan kebencanaan secara cepat dan tepat. Kelas risiko tsunami rendah memiliki luas wilayah sebesar 20.439 km². Selanjutnya, kelas risiko sedang dengan luas wilayah 21.049 km². Terakhir, kelas risiko tinggi dengan luas wilayah mencapai 18.707 km².



Gambar 4.8 Peta Risiko Tsunami Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (Tahun 2025)

Berdasarkan hasil pengolahan data yang di peroleh berupa peta risiko tsunami di Kecamatan Pasirian Kabupatemn Lumajang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.8 terdapat delapan desa yang berpotensi terdampak bencana tsunami, yakni: Desa Pasirian, Desa Madurejo, Desa Condro, Desa Selok Awar-Awar, Selok Anyar, Desa Gondoruso, Desa Bago, dua diantaranya termasuk dalam kategori wilayah yang terdampak secara keseluruhan yakni Desa Selok Anyar dan Desa Selok Awar-Awar. Total luas risiko dari Desa Selok anyar adalah sebesar 12.44 km² dengan gridcode 1 seluas 0.02 km² dengan variasi warna hijau tua, gridcode 2 seluas 5.33 km² dengan variasi warna kuning, gridcode 3 seluas 7.08 km² dengan variasi berwarna merah. Selanjutnya total luas risiko dari desa Selok Awar-Awar adalah 9.61 km² untuk gridcode 1 dengan variasi warna hijau tua seluas 1.04 km², gridcode 2 dengan variasi warna kuning seluas 3.31km², gridcode 3 dengan variasi merah seluas 5.26 km², Kemudian Desa Bago yang

memiliki total wilayah terdampak risiko seluas 14.98 km² dengan gridcode 1 seluas 4.76 yang di tandai dengan warna hijau, gridcode 2 dengan luas wilayah 6.25 km² dengan variasi warna kuning, serta gridcode 3 seluas 3.97 km² dengan variasi gridcode berwarna merah. Kemudian Desa Bades yang memiliki total wilayah terdampak risiko tertinggi di banding desa lainnya yakni seluas 15.943 km² dengan gridcode 1 seluas 6.39 km² dengan variasi warna hijau tua, gridcode 2 seluas 3.95 km² dengan variasi warna kuning dan gridcode 3 seluas 5.59 km² dengan variasi warna merah, Selanjutnya Desa Gondoruso yang memiliki total berisiko tsunami seluas 2.86 km² dengan gridcode 1 seluas 2.62 km² dengan variasi berwarna hijau, gridcode 2 seluas 0.24 km² dengan variasi gridcode berwarna kuning. Kemudian Desa Madurejo dengan gridcode 1 seluas 0.45 km² dengan variasi berwarna hijau tua, Kemudian Desa Condro dengan gridcode 1 seluas 2.49 km² dengan variasi warna hijau tua, dan yang terakhir yakni Desa Pasirian yang memiliki total luas risiko tsunami terendah seluas 0.39 km² dengan variasi gridcode berwarna hijau tua.

4.2 Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi

Dalam penelitian ini, pembuatan Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Google Earth dan Microsoft Excel. Penentuan Titik Awal serta lokasi tempat evakuasi sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) didasarkan padapeta risiko. Data tersebut kemudian diintegrasikan dengan peta administrasi wilayah penelitian melalui proses penggabungan (dissolve).

Wilayah yang memiliki ketinggian mulai dari 10 meter keatas dapat dijadikan acuan dalam menentukan lokasi Tempat Evakuasi Sementara (TES)

maupun Tempat Evakuasi Akhir (TEA). Penentuan lokasi ini sangat penting agar tempat evakuasi berada pada area yang relatif aman dari ancaman tsunami. Selanjutnya, peta risiko dimasukkan ke Google Earth untuk menentukan titik awal, TES, dan TEA. Setelah lokasi TES dan TEA ditetapkan, pengukuran luas area tempat evakuasi dilakukan dengan memanfaatkan fitur pengukur jarak dan luas (*Show Ruler*) yang tersedia pada perangkat lunak *Google Earth*. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa luas tempat evakuasi mencukupi untuk menampung jumlah pengungsi yang diperkirakan.

Tabel 4.3 Tabel Data Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi Tsunami (TES dan TEA)

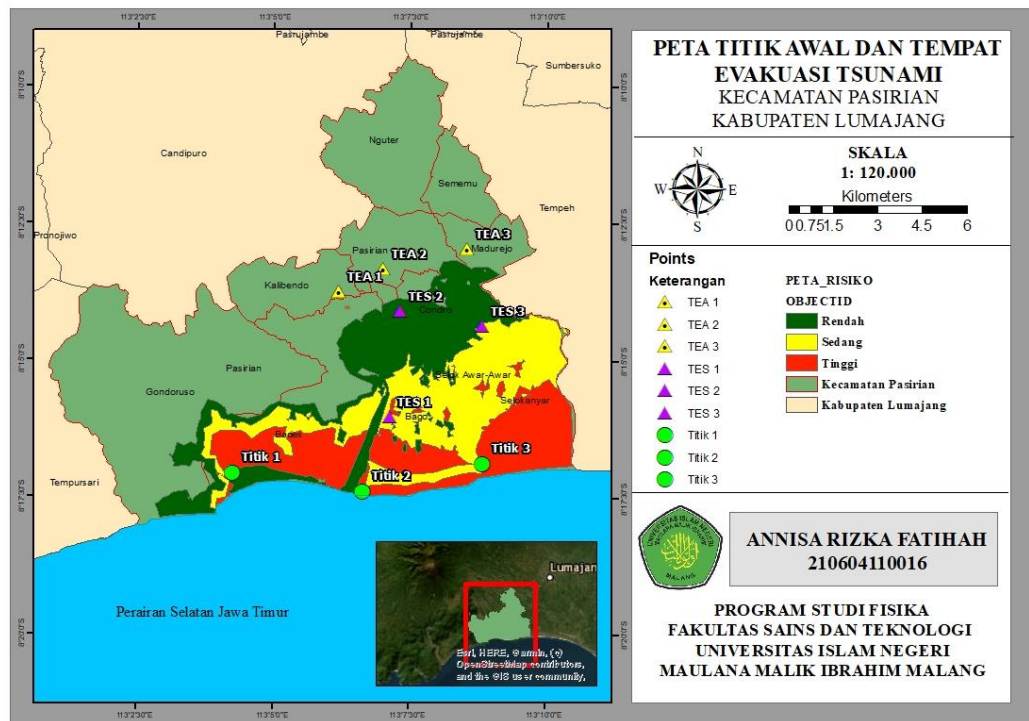
No.	Nama	Lat	Long	Ket	Nama lokasi	Luas (m ²)	1 m ² Per 2 orang	Kapasitas Bagunan (1 meter /2 orang)
1	Titik 1	-8.284133	113.070861	Titik	Pantai Dampar			
2	Titik 2	-8.289886	113.110647	Titik	Pantai Bambang			
3	Titik 3	-8.281408	113.147172	Titik	Pantai Watu Pecak			
4	TES 1	-8.2670444	113.1188972	TES	Lapangan Krajan	3.461	2	6.92
5	TES 2	-8.235028	113.121944	TES	Krajan Bago Football Field	5.560	2	11.120
6	TES 3	-8.23933	113.147178	TES	MTS Nurul Islam Selok Awar- Awar	6.471	2	12.942
7	TEA 1	-8.229075	113.103278	TEA	Lapangan Kalibendo	7.837	2	15.674
8	TEA 2	-8.222053	113.116722	TEA	SMP Negeri 2 Pasirian	8.044	2	16.088
9	TEA 3	-8.215969	113.142355	TEA	Lapangan Madurejo	6.854	2	13.708

Berdasarkan data yang tersedia yakni yang tertera dalam Tabel 4.3, Penentuan jalur evakuasi tsunami di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang melibatkan beberapa titik penting yang terdistribusi atas 3 titik awal evakuasi/titik kumpul, 3 yang berfungsi sebagai lokasi awal masyarakat untuk memulai proses evakuasi saat terjadi ancaman tsunami, Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan

Tempat Evakuasi Akhir (TEA). Titik awal / titik kumpul umumnya terletak di Kawasan Pantai, karena kawasan pantai sering kali merupakan pusat aktivitas masyarakat pesisir, seperti nelayan, wisatawan, atau penduduk yang tinggal di sekitar pantai. Titik kumpul ini berfungsi untuk lokasi awal Masyarakat untuk memulai proses evakuasi saat terjadi ancaman tsunami. Titik kumpul 1 berada pada wilayah sekitar Pantai Dampar, Tempat Evakuasi Sementara (TES) 1 berada di Lapangan Krajan, Tempat Evakuasi Akhir (TEA) 1 berada di Lapangan Kalibendo dengan luas 7.837 m^2 dengan kapasitas tampung sebanyak 15.674 orang, Sedangkan untuk titik kumpul 2 berada di Pantai Bambang, Tempat Evakuasi Sementara (TES) 2 berada di Krajan Bago Football Field, dengan luas 5.560 m^2 dengan kapasitas tampung sebanyak 11.120 orang Tempat Evakuasi Akhir (TEA) 2 berada di SMPN 2 Pasirian dengan luas 8.044 m^2 dengan kapasitas tampung sebanyak 16.088 orang, Pada titik kumpul 3 berada di wilayah sekitar Pantai watu pecak, Tempat Evakuasi Sementara (TES) 3 berada di MTS Nurul Islam Selok Awar-Awar dengan luas 6.471 m^2 dengan daya tampung sebanyak 12.942 orang, Tempat Evakuasi Akhir (TEA) 3 berada di Lapangan Madurejo dengan luas 6.854 m^2 serta dapat menampung 13.708 orang.

Dalam penentuan kapasitas bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) mengacu pada pedoman FEMA (*Federal Emergency Management Agency*). Dalam perencanaan tempat evakuasi tsunami, pengungsi diasumsikan berada dalam posisi duduk tanpa menggunakan kursi, dengan cara duduk bersila atau menekuk kaki kedepan. Posisi tersebut di pertahankan sampai bencana tsunami mereda. Keadaan ini menjadi acuan dalam menetapkan kebutuhan tempat evakuasi, hal tersebut dikarenakan posisi duduk

seperti ini memungkinkan pemanfaatan ruang yang lebih efisien dibandingkan dengan posisi berdiri atau duduk menggunakan kursi.

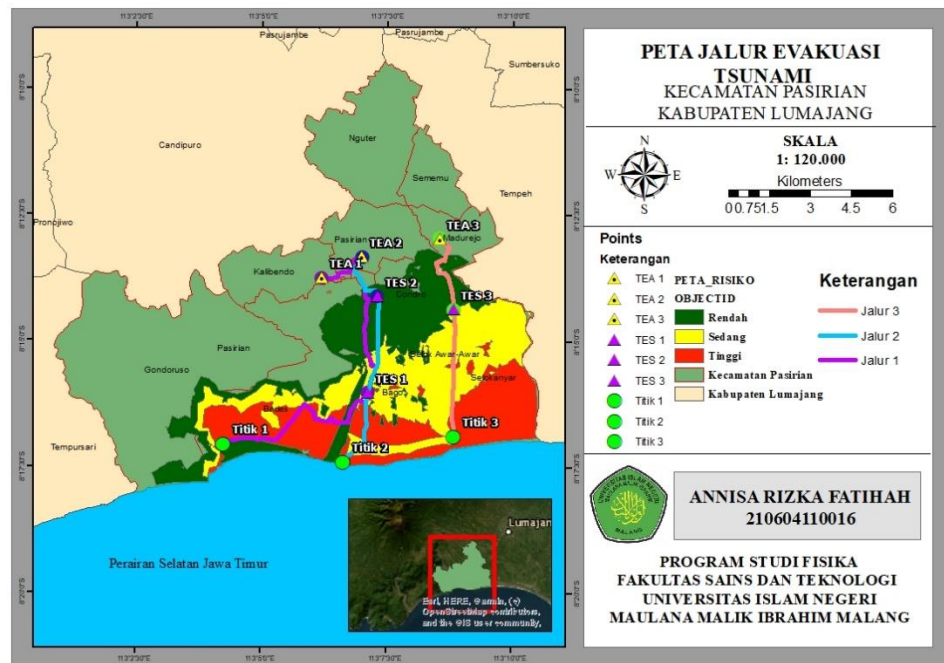


Gambar 4.9 Peta Titik Awal, TES dan TEA di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (Tahun 2025)

4.3 Peta Jalur Evakuasi

Dalam pembuatan jalur evakuasi, terdapat beberapa parameter yang digunakan yakni Peta Administrasi Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang, Peta Risiko Kecamatan Pasirian, Data Titik Awal, Titik Evakuasi Sementara (TES), dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) serta data jaringan jalan, seluruh data tersebut diolah dengan bantuan software ArcGIS. Pembuatan Peta Jalur Evakuasi ini menggunakan metode *Network Analyst* dengan fitur *New Route* yang berfungsi untuk menentukan jalur yang paling optimal dan efisien bagi masyarakat serta para wisatawan saat melakukan evakuasi ketika terjadi bencana tsunami, Selain itu pemanfaatan data spasial yang akurat, seperti peta administrasi Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang dan peta risiko sangat penting untuk memastikan

bahwa jalur evakuasi di rancang sesuai dengan kondisi geografis dan tingkat bahaya di wilayah tersebut, Dengan data tersebut penentuan Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) dapat dilakukan secara tepat dan berada di zona yang aman dari ancaman bahaya tsunami. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut ini:



Gambar 4.10 Peta Jalur Evakuasi Tsunami Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang (Tahun 2025)

Berdasarkan Gambar 4.10, diperoleh jalur evakuasi tsunami dengan ketinggian gelombang tsunami 30m dari permukaan laut menuju ke daratan pantai, Skenario ketinggian gelombang 30m mengacu pada kondisi terburuk yang mungkin terjadi berdasarkan proses perambatan tsunami menurut skala Imamura-lida. Skala tersebut merupakan standar yang digunakan untuk mengukur intensitas tsunami dengan mempertimbangkan tinggi gelombang dan dampaknya, sehingga skenario ini mempresentasikan potensi ancaman tsunami yang paling ekstrem di wilayah tersebut.

Berdasarkan pengolahan data yang diperoleh pada Gambar 4.10, terdapat 3 jalur evakuasi tsunami, jalur /rute 1 dengan total panjang jalur yaitu 14.67 km dengan variasi warna amethyst dari titik kumpul jalur 1 yaitu Pantai Dampar menuju Tempat Evakuasi Sementara (TES) 1 yaitu Lapangan Krajan dengan panjang jalur 7.24 km sedangkan jarak antara TES 1 yakni Lapangan Krajan menuju lapangan kalibendo yang merupakan TEA 1 adalah 7.43 km.

Jalur/rute 2 memiliki variasi warna big sky blue dengan total panjang jalur 8.77 km jarak antara titik kumpul jalur 2 yakni Pantai Bambang menuju Tempat Evakuasi Sementara (TES) 2 adalah 6.61 km sedangkan panjang jalur antara TES dengan TEA adalah 2.16 km.

Jalur/rute 3 memiliki panjang total 8.07 km antara titik kumpul menuju TEA3, dengan klasifikasi jarak antara titik kumpul 3 menuju Tempat Evakuasi Sementara (TES) 3 adalah 3.38 km Sedangkan Panjang jalur antara Tempat Evakuasi Sementara (TES) 3 menuju Tempat Evakuasi Akhir (TEA) 3 adalah 4.69 km dengan variasi warna medium coral light.

4.4 Tinjauan Penelitian dalam Perspektif Islam

Islam mengajarkan bahwa setiap peristiwa alam, termasuk bencana, merupakan bagian dari kehendak Allah SWT. Dalam menghadapi bencana, Islam tidak hanya mendorong umatnya untuk bersabar dan bertawakal kepada Allah, namun juga mengajarkan pentingnya melakukan upaya nyata seperti pencegahan, pengurangan risiko, dan penanganan darurat. Upaya-upaya tersebut merupakan bentuk ikhtiar sekaligus tanggung jawab sosial untuk menjaga keselamatan diri sendiri serta masyarakat. Dengan demikian, Islam mengajarkan keseimbangan antara iman kepada takdir Allah dan tindakan nyata untuk mengurangi dampak

bencana. Salah satu dasar teologis yang dapat dikaitkan dengan pentingnya mitigasi bencana, termasuk pemetaan jalur evakuasi tsunami, adalah firman Allah dalam Q.S Al-Hasyr ayat 18:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ
إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ

“Wahai orang-orang yang beriman! Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok; dan bertakwalah kepada Allah. Sungguh, Allah Maha Mengetahui terhadap apa yang kamu kerjakan.” (Q.S. Al-Hasyr: 18).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, taqwa adalah melaksanakan perintah Allah dan menjauhi larangan-Nya, serta menjadikan amal sebagai pelindung diri dari siksa-Nya. Dalam tafsirnya terhadap (Q.S. Al-Hasyr ayat 18), beliau menekankan pentingnya muhasabah atau evaluasi diri terhadap setiap amal yang telah diperbuat, karena setiap orang akan dimintai pertanggung jawaban atas apa yang telah dia persiapkan untuk hari akhir. Ibnu Katsir menjelaskan bahwa orang bertakwa adalah mereka yang mengintrospeksi diri terhadap amal hari ini sebagai bekal untuk hari esok (akhirat), serta menjaga diri dari perbuatan maksiat. Dalam konteks penelitian ini, nilai taqwa diwujudkan melalui ikhtiar ilmiah dalam mitigasi bencana tsunami. Menyusun peta jalur evakuasi sebagai bentuk perlindungan jiwa (hifz al-nafs) merupakan pelaksanaan perintah Allah untuk menjaga amanah kehidupan. Sebaliknya, sikap lalai atau tidak peduli terhadap potensi bencana dapat termasuk dalam kategori meninggalkan kewajiban sosial, yang dilarang dalam Islam. Maka dari itu, aktivitas mitigasi bencana, jika didasari niat yang benar, adalah perwujudan nyata dari ketakwaan dalam dimensi sosial dan keilmuan .

Pada bagian akhir ayat yang berbunyi “Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan” menegaskan bahwa segala bentuk usaha

manusia, termasuk dalam hal mitigasi bencana, senantiasa berada dalam pengawasan dan pengetahuan Allah. Dalam Tafsir Al-Maraghi dijelaskan bahwa Allah mengetahui semua amal manusia, baik yang terlihat maupun yang tersembunyi. Oleh karena itu, segala usaha manusia dalam melakukan riset kebencanaan, membuat peta jalur evakuasi tsunami, mengedukasi masyarakat, serta melindungi lingkungan dari kerusakan merupakan amal yang bernilai ibadah apabila diniatkan untuk kebaikan dan keselamatan umat. Islam sangat mendorong penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai sarana untuk mencapai kemaslahatan, termasuk dalam bidang geospasial dan sistem informasi geografis (SIG) yang digunakan untuk pemetaan jalur evakuasi.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dalam ajaran Islam sangat mendukung upaya mitigasi bencana melalui pendekatan ilmiah dan terencana, termasuk pemetaan jalur evakuasi tsunami. Q.S. Al-Hasyr ayat 18 memberikan dasar spiritual, moral, dan intelektual untuk melakukan perencanaan dan persiapan menghadapi berbagai kemungkinan di masa depan. Melalui pemahaman ini, umat Islam didorong untuk tidak hanya berserah diri secara pasif, tetapi juga aktif berusaha, menuntut ilmu, dan bertanggung jawab demi keselamatan diri sendiri, keluarga, dan masyarakat luas.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pada Peta Risiko Tsunami, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang, terdapat delapan desa yang berpotensi terdampak bencana tsunami. Dua desa, yaitu Desa Selok Anyar dan Desa Selok Awar-Awar, termasuk dalam kategori wilayah yang terdampak secara keseluruhan. Kelas risiko tsunami rendah memiliki luas wilayah sebesar 20.439 km². Selanjutnya, kelas risiko sedang dengan luas wilayah 21.049 km². Terakhir, kelas risiko tinggi dengan luas wilayah mencapai 18.707 km².
2. Pada Jalur Evakuasi Tsunami di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang pada skenario ketinggian gelombang 30 m di dapatkan 3 jalur. Jalur 1 dari titik awal menuju Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang kemudian menuju Tempat Evakuasi Akhir (TEA) dengan total Panjang 14.67 km, Jalur 2 dengan panjang total 8.77 km, dan jalur 3 dari titik awal menuju Tempat Evakuasi Akhir (TEA) dengan panjang total 8.07 km.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Adapun saran yang penulis berikan yakni perlu adanya analisis yang lebih mendalam mengenai Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA), khususnya terkait estimasi waktu tempuh menuju lokasi evakuasi di wilayah Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang. Selain itu, pelaksanaan observasi lapangan secara

langsung juga sangat disarankan untuk memperoleh data yang lebih akurat dan relevan dengan kondisi faktual di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, IF, & Muhsoni, FF (2020). *Pemetaan Risiko Tsunami Berdasarkan Skenario Ketinggian Tsunami di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang Provinsi Jawa Timur*. Remaja: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan , 1 (4), 486-497.
- Adilang, D. C., Tungka, A. E., & Warouw, F. (2022). *Tsunami Evacuation Route Mapping Using Network Analyst Method Based On Gis In Manado City*. SPASIAL, 9(1), 52-61.
- Ahdan, S., & Setiawansyah, S. (2020). *Pengembangan Sistem Informasi Geografis Untuk Pendorong Darah Tetap di Banda r Lampung dengan Algoritma Dijkstra berbasis Android*. Jurnal Sains Dan Informatika: Research of Science and Informatic, 6(2), 67–77.
- Ahdan, S., & Setiawansyah, S. (2021). *Android-Based Geolocation Technology on a Blood Donation System (BDS) Using the Dijkstra Algorithm*. IJAIT (International Journal of Applied Information Technology), 1–15.
- Berryman. (2006). *Riview of tsunami hazard and risk in new zealand*. Lower hutt. institute of geological and nuclear sciences.
- BNBP. (2014). *Pedoman Perencanaan Jalur dan Rambu Tsunami*, pp. 1-79.
- BNBP. (2023). *Pedoman Perencanaan Jalur Evakuasi Bencana Alam Tsunami* , pp. 1-43.
- Departemen Kehutanan. 2005. *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Krisis Mangrove*. Jakarta: Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Fadly, U. and Fadhilatus, S. (2019) *Evacuation Plan for Tsunami Disaster Response on the South Coast of Malang , Indonesia*.
- Faizana, F., Nugraha, A. L., & Yuwono, B. D. (2015). *Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang*. Jurnal Geodesi Undip, 4(1), 223–234.
- Farizi, M. (2019) *Pemodelan Tsunami Berdasarkan Seismic Gap dan Perhitungan Energi Potensial (Studi Kasus : Pesisir Jawa Barat dan Sekitarnya) (Skripsi)*.
- Fauzi, Mohammad dan Mussadun. (2020). *Dampak Bencana Gempabumi Dan Tsunami Di Kawasan Pesisir Lere Kota Palu (Impact Of Earthquakes And Tsunami Disasters In The Coastal Area Of Lere, Palu City)*. Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota. Vol.17, No.1.
- Juniansah, A. et al. (2018) ‘Spatial modelling for tsunami evacuation route in

- Parangtritis Village’, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 148(1). doi: 10.1088/1755-1315/148/1/012003.
- Khambali, I., & ST, M. (2017). *Manajemen Penanggulangan Bencana*. Penerbit Andi.
- Masykur, F. (2014). *Implementasi sistem informasi geografis menggunakan google maps api dalam pemetaan asal mahasiswa*. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 5(2), 181-186).
- Mustaqov, M. A., & Megawaty, D. A. (2020). *Penerapan Algoritma A-Star Pada Aplikasi Pencarian Lokasi Fotografi Di Bandar Lampung berbasis Android*. *Jurnal Teknoinfo*, 14(1), 27–34.
- Noor, D. (2014). *Pengantar Mitigasi Bencananoo Geologi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Putra, A. N. H. (2009) ‘TINGKAT RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN VARIASI SPASIALNYA (Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)’, p.167.
- Ratnaningrum, N., Yuwono, B, D., Awaluddin, M. 2014. *Penentuan Jalur Optimal Menuju Stasiun Kereta Api Tawang Kota Semarang Menggunakan Analisis Jaringan*. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(1), 251-262.
- Sabani, W. (2020) ‘*Jurusan geografi fakultas ilmu sosial universitas negeri semarang 2020*’.
- Sahetapy, G. B., Poli, H. and Suryono (2016). *Analisis Jalur Evakuasi Bencana Banjir Di Kota Manado, Spasial*, 3(2), pp. 70–79.
- Sambah, Abu Bakar, Guntur, dan Fuad. (2017). *Digital Elevation Model for Mapping Physical Vulnerability to Tsunami Hazard Using Geospatial Approach*. In *Proceeding of the 7 th Annual Basic Science International Conference*, 165-68.
- Sambah, Abu Bakar, F. Miura, Guntur, dan Fuad. 2018. “*Spatial Multi Criteria Approach for Tsunami Risk Assessment*.” In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 162:0–10.
- Sambah, A. B., L. Tri Djoko, dan R. Bayu. (2019). *Satellite Image Analysis and GIS Approaches for Tsunami Vulnerability Assessment*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 370 (1): 0–7.
- Sambah, Abu Bakar, Aida Sartimbul, Defri Yona, Feni Iranawati, Ledhyane I Harlyan, Nurin Hidayati, Syarifah H. J. Sari, M. Arif Zainul Fuad, dan M. Arif Rahman. 2020. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dalam Bidang Perikanan dan Kelautan*. Desember 2. Malang: UB Press.

- Satria Permana, E., Triyatno, T. and Nofrizal, A. Y. (2019). *Pemanfaatan Network Analysis dalam Mengidentifikasi Objek Wisata Budaya Di Kabupaten Tanah Datar (Utilization of Network Analysis in Identifying Culture Tourism Object in Tanah Datar District)*, Jurnal Sains Informasi Geografi, 2(1), p. 30.
- Subardjo, P., & Ario, R. (2016). *Uji kerawanan terhadap tsunami dengan sistem informasi geografis (SIG) di pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta*. Jurnal Kelautan Tropis, 18(2), 82-97.
- Suryani, R. et al. (2020) Evaluasi Rute Evakuasi Tsunami Kecamatan Padang Barat Kota Padang Menggunakan QGIS, Jurnal Media Teknik Sipil Samudra, 1(1). pp. 26-31. Available <https://ejunalunsam.id/index.php/jmtss/article/view/2863>.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
- Usdianto, B., Widanto, F. A., Teogimin, F., Heniasih, Adi, I. B., Santosa, P., ... Yugyasmono. 2016. Panduan Teknis Fasilitator. (E. T. Paripurno, N. M. Jannah, Sofyan, & W. Zakiyah, Ed.). Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Wanda, G. R. (2018). *Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami Dengan Metode Network Analisis (Studi Kasus: Kota Maumere)* (Doctoral dissertation, ITN MALANG).
- Wibowo Aji, L. (2019) 'Penentuan Tempat Evakuasi (Te) Tsunami Pada Pantai Nguluran-Gesing-Butuh-Ngedan Di Kabupaten Gunungkidul', INERSIA: Informasi dan Ekspose hasil Riset teknik Sipil dan Arsitektur, 15(1), pp.74–86. doi: 10.21831/inersia.v15i1.24865.
- Widodo, A., Warnana, D. D., GNR, J. P., & Iswahyudi, A. (2018). *Pemetaan Kerentanan Tsunami Kabupaten Lumajang Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. IPTEK Journal of Proceedings Series.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian

DEM SRTM 1 Arc-Second Global

OID	Value	Count
0	-1	8
1	0	333
2	1	136
3	2	271
4	3	610
5	4	895
6	5	1428
7	6	1813
8	7	1791
9	8	1434
10	9	1125
11	10	937
12	11	816
13	12	789
14	13	789
15	14	779
16	15	849
17	16	891
18	17	992
19	18	1124
20	19	1153
21	20	1031
22	21	1012
23	22	966
24	23	963
25	24	948
26	25	1013
27	26	974
28	27	912
29	28	891
30	29	839
31	30	793
32	31	738
33	32	738

34	33	699
35	34	675
36	35	712
37	36	732
38	37	795
39	38	692
40	39	706
41	40	748
42	41	708
43	42	715
44	43	664
45	44	622
46	45	566
47	46	619
48	47	568
49	48	581
50	49	581
51	50	531
52	51	518
53	52	540
54	53	569
55	54	550
56	55	496
57	56	490
58	57	529
59	58	493
60	59	465
61	60	462
62	61	482
63	62	433
64	63	394
65	64	450
66	65	429
67	66	424
68	67	441

69	68	427
70	69	437
71	70	453
72	71	444
73	72	459
74	73	466
75	74	459
76	75	427
77	76	401
78	77	375
79	78	415
80	79	398
81	80	399
82	81	423
83	82	404
84	83	405
85	84	450
86	85	466
87	86	446
88	87	419
89	88	449
90	89	425
91	90	457
92	91	457
93	92	477
94	93	496
95	94	466
96	95	484
97	96	545
98	97	535
99	98	544
100	99	513
101	100	566
102	101	575
103	102	604
104	103	561
105	104	581
106	105	633
107	106	568
108	107	576
109	108	635

110	109	614
111	110	578
112	111	579
113	112	607
114	113	638
115	114	612
116	115	602
117	116	587
118	117	614
119	118	553
120	119	542
121	120	542
122	121	544
123	122	604
124	123	657
125	124	646
126	125	668
127	126	641
128	127	635
129	128	637
130	129	630
131	130	611
132	131	666
133	132	592
134	133	626
135	134	649
136	135	654
137	136	668
138	137	651
139	138	652
140	139	665
141	140	658
142	141	610
143	142	642
144	143	615
145	144	624
146	145	583
147	146	607
148	147	643
149	148	643
150	149	589

151	150	653
152	151	713
153	152	759
154	153	717
155	154	725
156	155	635
157	156	599
158	157	629
159	158	687
160	159	745
161	160	740
162	161	696
163	162	651
164	163	737
165	164	724
166	165	704
167	166	625
168	167	641
169	168	647
170	169	661
171	170	680
172	171	714
173	172	639
174	173	640
175	174	554
176	175	567
177	176	565
178	177	571
179	178	515
180	179	503
181	180	523
182	181	551
183	182	517
184	183	485
185	184	482
186	185	485
187	186	522
188	187	467
189	188	484
190	189	489
191	190	466

192	191	551
193	192	571
194	193	516
195	194	447
196	195	424
197	196	462
198	197	470
199	198	399
200	199	421
201	200	431
202	201	437
203	202	400
204	203	392
205	204	418
206	205	386
207	206	385
208	207	335
209	208	348
210	209	323
211	210	332
212	211	374
213	212	371
214	213	339
215	214	336
216	215	390
217	216	388
218	217	339
219	218	291
220	219	298
221	220	261
222	221	264
223	222	264
224	223	294
225	224	264
226	225	281
227	226	256
228	227	223
229	228	200
230	229	191
231	230	192
232	231	178

233	232	178
234	233	190
235	234	183
236	235	177
237	236	159
238	237	147
239	238	177
240	239	153
241	240	184
242	241	187
243	242	151
244	243	161
245	244	143
246	245	160
247	246	148
248	247	141
249	248	109
250	249	93
251	250	95
252	251	101
253	252	97
254	253	96
255	254	93
256	255	79
257	256	84
258	257	91
259	258	96
260	259	95
261	260	86
262	261	81
263	262	70
264	263	73
265	264	105
266	265	70
267	266	80
268	267	69
269	268	69
270	269	54
271	270	70
272	271	66
273	272	80

274	273	77
275	274	76
276	275	61
277	276	74
278	277	68
279	278	64
280	279	63
281	280	70
282	281	56
283	282	66
284	283	61
285	284	84
286	285	59
287	286	63
288	287	59
289	288	71
290	289	54
291	290	67
292	291	48
293	292	58
294	293	56
295	294	55
296	295	58
297	296	51
298	297	56
299	298	52
300	299	60
301	300	46
302	301	41
303	302	58
304	303	48
305	304	48
306	305	48
307	306	52
308	307	45
309	308	56
310	309	42
311	310	40
312	311	39
313	312	55
314	313	55

315	314	60
316	315	54
317	316	52
318	317	44
319	318	32
320	319	38
321	320	57
322	321	48
323	322	54
324	323	46
325	324	41
326	325	49
327	326	42
328	327	40
329	328	43
330	329	41
331	330	47
332	331	38
333	332	50
334	333	43
335	334	41
336	335	38
337	336	48
338	337	47
339	338	47
340	339	38
341	340	46
342	341	52
343	342	43
344	343	42
345	344	57
346	345	39
347	346	37
348	347	40
349	348	44
350	349	41
351	350	30
352	351	55
353	352	42
354	353	39
355	354	47

356	355	48
357	356	45
358	357	44
359	358	39
360	359	46
361	360	45
362	361	36
363	362	39
364	363	41
365	364	40
366	365	34
367	366	43
368	367	47
369	368	47
370	369	40
371	370	36
372	371	53
373	372	56
374	373	46
375	374	36
376	375	41
377	376	41
378	377	39
379	378	39
380	379	33
381	380	48
382	381	46
383	382	41
384	383	26
385	384	50
386	385	27
387	386	38
388	387	45
389	388	35
390	389	41
391	390	31
392	391	35
393	392	42
394	393	45
395	394	46
396	395	36

397	396	26
398	397	32
399	398	29
400	399	38
401	400	40
402	401	34
403	402	26
404	403	34
405	404	37
406	405	31
407	406	34
408	407	41
409	408	47
410	409	32
411	410	34
412	411	27
413	412	24
414	413	43
415	414	33
416	415	33
417	416	36
418	417	40
419	418	33
420	419	48
421	420	28
422	421	32
423	422	38
424	423	44
425	424	34
426	425	45
427	426	33
428	427	28
429	428	34
430	429	27
431	430	37
432	431	32
433	432	33
434	433	31
435	434	33
436	435	22
437	436	30

438	437	27
439	438	28
440	439	35
441	440	34
442	441	22
443	442	23
444	443	28
445	444	19
446	445	21
447	446	24
448	447	27
449	448	22
450	449	24
451	450	20
452	451	25
453	452	29
454	453	25
455	454	22
456	455	23
457	456	25
458	457	18
459	458	22
460	459	15
461	460	26
462	461	19
463	462	21
464	463	28
465	464	24
466	465	30
467	466	22
468	467	27
469	468	22
470	469	24
471	470	22
472	471	18
473	472	14
474	473	19
475	474	26
476	475	22
477	476	19
478	477	21

479	478	18
480	479	19
481	480	23
482	481	17
483	482	14
484	483	27
485	484	22
486	485	27
487	486	21
488	487	18
489	488	16
490	489	18
491	490	17
492	491	16
493	492	22
494	493	27
495	494	18
496	495	14
497	496	21
498	497	18
499	498	24
500	499	14
501	500	14
502	501	20
503	502	15
504	503	17
505	504	14
506	505	14
507	506	14
508	507	17
509	508	14
510	509	21
511	510	17
512	511	19
513	512	16
514	513	24
515	514	13
516	515	19
517	516	10
518	517	17
519	518	17

520	519	13
521	520	18
522	521	17
523	522	12
524	523	17
525	524	13
526	525	18
527	526	20
528	527	17
529	528	13
530	529	18
531	530	17
532	531	19
533	532	18
534	533	18
535	534	14
536	535	14
537	536	10
538	537	16
539	538	17
540	539	11
541	540	18
542	541	15
543	542	16
544	543	16
545	544	13
546	545	13
547	546	18
548	547	15
549	548	20
550	549	14
551	550	14
552	551	21
553	552	14
554	553	13
555	554	15
556	555	8
557	556	7
558	557	12
559	558	17
560	559	15

561	560	13
562	561	15
563	562	13
564	563	16
565	564	17
566	565	10
567	566	11
568	567	16
569	568	17
570	569	15
571	570	13
572	571	11
573	572	9
574	573	19
575	574	11
576	575	8
577	576	13
578	577	10
579	578	16
580	579	13
581	580	15
582	581	9
583	582	18
584	583	14
585	584	11
586	585	18
587	586	10
588	587	13
589	588	16
590	589	16
591	590	11
592	591	5
593	592	15
594	593	13
595	594	13
596	595	16
597	596	13
598	597	11
599	598	8
600	599	15
601	600	15

602	601	13
603	602	12
604	603	15
605	604	10
606	605	13
607	606	5
608	607	9
609	608	10
610	609	11
611	610	15
612	611	12
613	612	16
614	613	18
615	614	10
616	615	8
617	616	8
618	617	11
619	618	8
620	619	11
621	620	15
622	621	13
623	622	10
624	623	13
625	624	13
626	625	14
627	626	11
628	627	6
629	628	11
630	629	11
631	630	10
632	631	9
633	632	8
634	633	3
635	634	7
636	635	11
637	636	4
638	637	8
639	638	10
640	639	8
641	640	9
642	641	5

643	642	12
644	643	6
645	644	7
646	645	7
647	646	7
648	647	7
649	648	7
650	649	8
651	650	5
652	651	13
653	652	8
654	653	8
655	654	7
656	655	11
657	656	3
658	657	6
659	658	9
660	659	5
661	660	2
662	661	4
663	662	5
664	663	8
665	664	9
666	665	9
667	666	2
668	667	2
669	668	6
670	669	8
671	670	5
672	671	12
673	672	3
674	673	2
675	674	5
676	675	5
677	676	3
678	678	3
679	679	6
680	680	3
681	681	6
682	682	2
683	683	1

684	684	1
685	685	7
686	686	2
687	687	4
688	688	5
689	689	1
690	690	1
691	691	4
692	692	2
693	693	1
694	694	2
695	695	2
696	696	2
697	697	2
698	698	1
699	699	1
700	700	1
701	701	5

Keterangan:

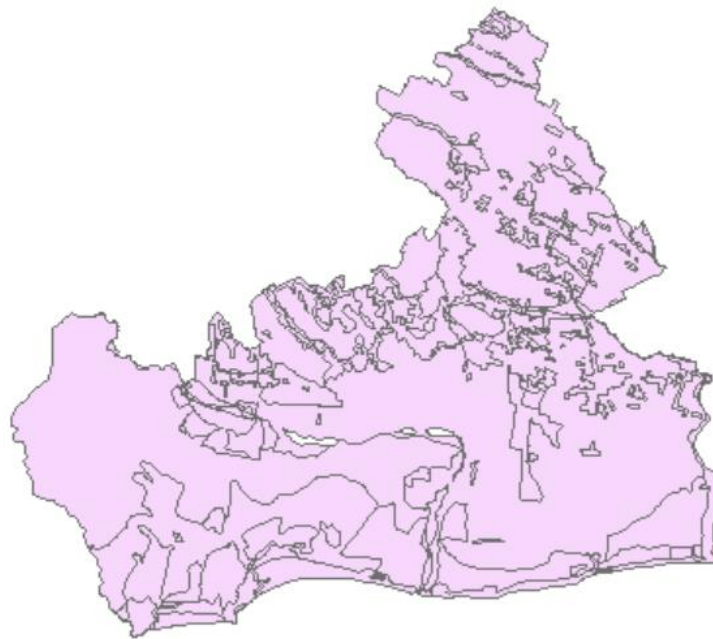
Value : Ketinggian Wilayah

Count : Angka dalam pixel yang mempengaruhi symbol yang dihasilkan



1 Data Tutupan Lahan

OBJECTID	Shape	Kecamatan	Provinsi	Legenda
1	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Permukiman
103	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Semak Belukar
111	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Sawah
124	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Tegalan/Ladang
125	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Perkebunan/Kebun
176	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Tegalan/ Ladang
201	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Hutan Rimba
204	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Padang Rumput
220	Poligon ZM	Pasirian	Jawa Timur	Sungai



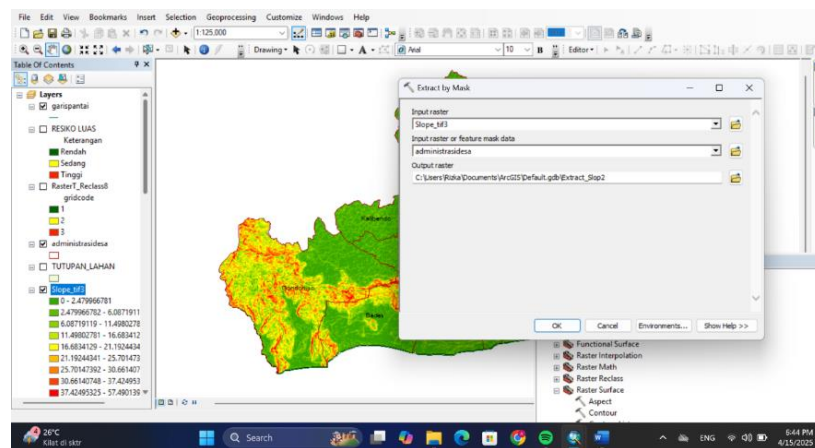
2 Data Administrasi daerah dari data Rupa Bumi Indonesia Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang

FID	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Provinsi
0	Bades	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
1	Bago	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
2	Condro	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
3	Gondoruso	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
4	Kalibendo	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
5	Madurejo	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
6	Nguter	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
7	Pasirian	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
8	Selok Awar-Awar	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
9	Selokanyar	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur
10	Sememu	Pasirian	Lumajang	Jawa Timur

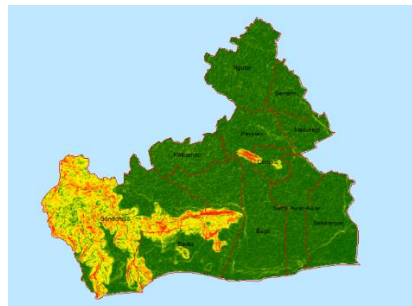
Lampiran 2 Langkah Pembuatan Peta Risiko Tsunami

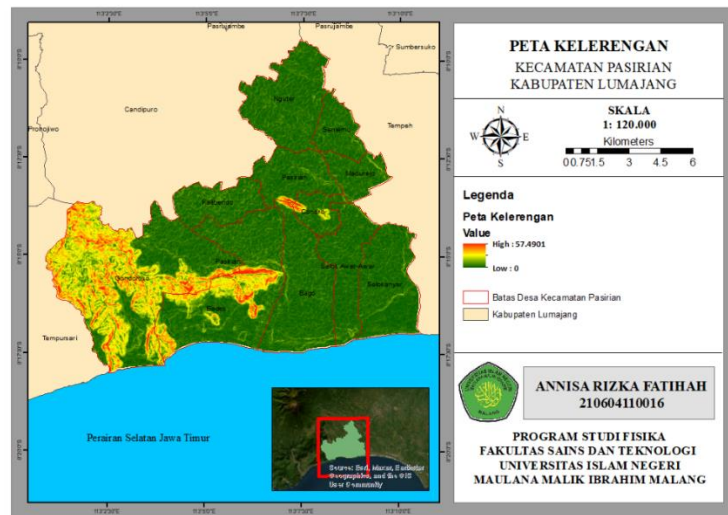
1. Mengumpulkan data (DEM SRTM, peta rupa bumi, tutupan lahan, dan skenario ketinggian gelombang tsunami)
2. Data DEM SRTM diolah menjadi peta kelereng (slope)

Arctoolbox → 3D Analyst Tools → Raster Surface → Slope → Extract by Maks.



menjadi



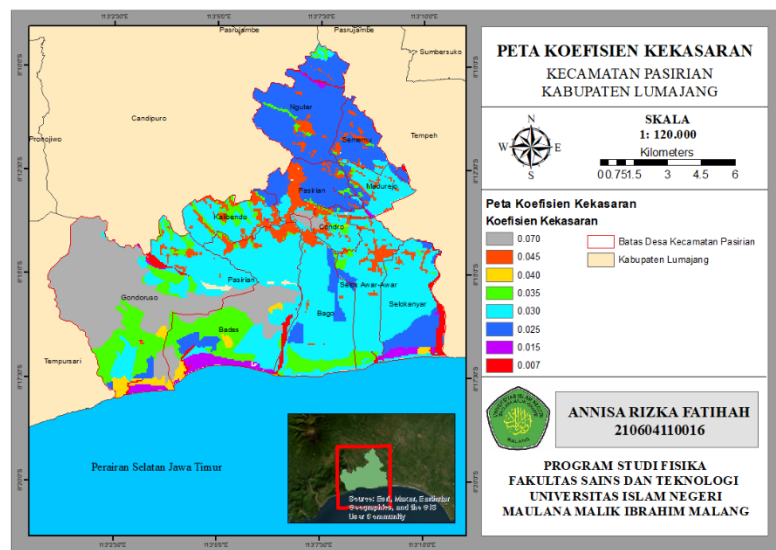
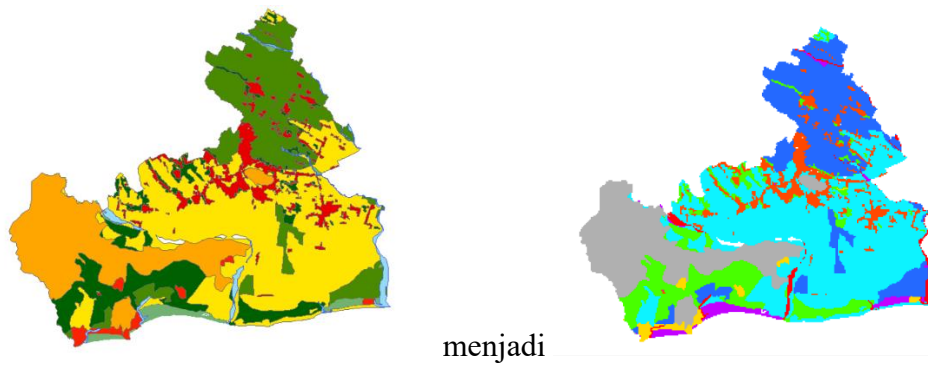


3. Data Tutupan lahan diolah menjadi Koefisien Kekasaran Permukaan.

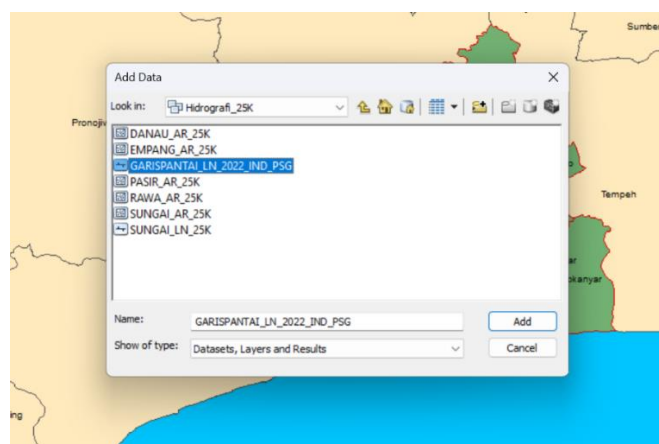
Clip (Clip data tutupan lahan dengan menggunakan wilayah Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang sebagai pemotongnya)

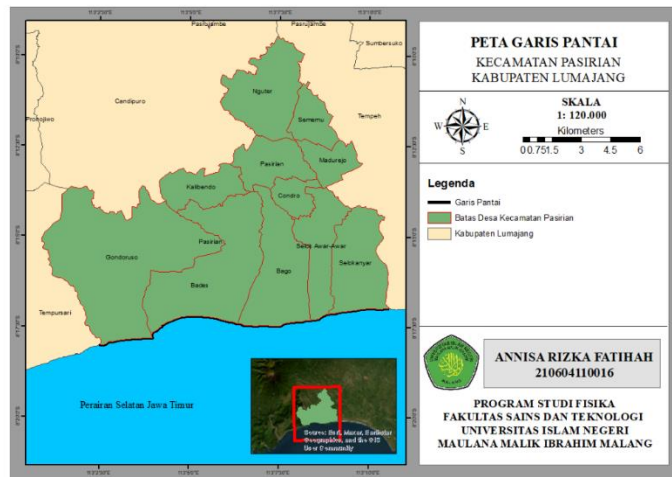
4. Merubah data tutupan lahan menjadi koefisien kekasaran dengan menambahkan nilai koefisien kekasaran pada attribute tutupan lahan
5. Open Attribute Table → Add Field → beri nama (koefisien) → klik editor → start editing → pilih tutupan lahan telah yang dissolve → ok → isi kolom koefisien kekasaran → save editing → stop editing.

FID	Shape *	OBJECTID	OBJECTID_1	NAME	Provinsi	PL_19_R	Legenda	Shape_Leng	Shape_Area	Koefisien Kekasaran
5	Polygon ZM	190	86160	Jawa Timur	Jawa Timur	20091	Ladang	0.019503	0.000009	0.03
6	Polygon ZM	209	92362	Jawa Timur	Jawa Timur	20093	Sawah	0.053143	0.000069	0.025
1	Polygon ZM	6	75492	Jawa Timur	Jawa Timur	2006	Hutan	0.003762	0	0.07
3	Polygon ZM	76	78814	Jawa Timur	Jawa Timur	2010	Perkebunan	0.005525	0.000001	0.035
4	Polygon ZM	138	80175	Jawa Timur	Jawa Timur	2012	Pemukiman	0.040661	0.000019	0.045
2	Polygon ZM	31	77496	Jawa Timur	Jawa Timur	2007	Belukar	0.072087	0.000019	0.04
0	Polygon ZM	5	74727	Jawa Timur	Jawa Timur	2014	Tanah Terbuka	0.013101	0.000004	0.015
7	Polygon ZM	0	0			0	Badan Sungai	0	0	0.007



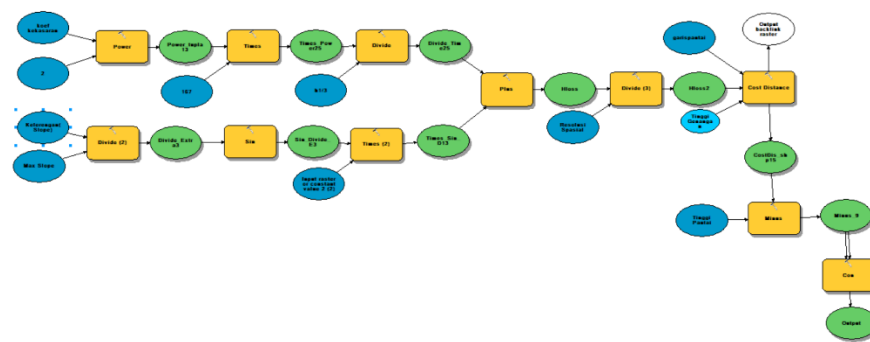
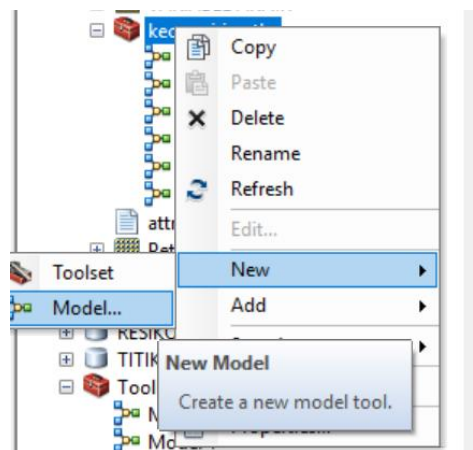
5. Masukkan data garis pantai yang terdapat pada data peta rupa bumi
 Dengan membukannya melalui file peta rupa bumi yang telah di unduh
 kemudian dicari GARISPANTAI_LN_25K.shp





6. Model Builder

Buat toolbox baru di catalog → Klik kanan → New → Modelbox



Proses model builder ini sesuai dengan persamaan 1 yaitu:

$$H_{loos} = \left(\frac{167n^2}{H_0^{\frac{1}{8}}} \right) + 5 \sin S$$

Dimana:

H_{loss} : Kehilangan ketinggian tsunami per 1 meter jarak inundasi

N : Koefisien Kekerasan permukaan.

H_0 : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

S : Besarnya lereng permukaan (derajat).

Keterangan pada model builder:

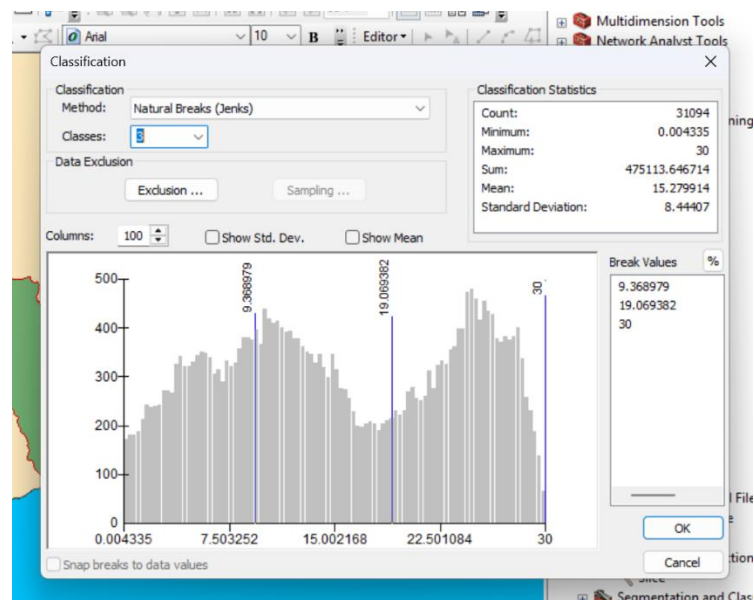
Biru : input

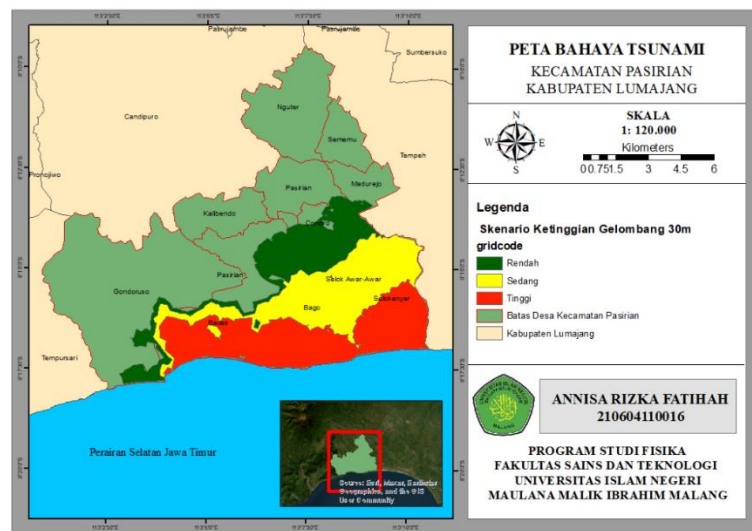
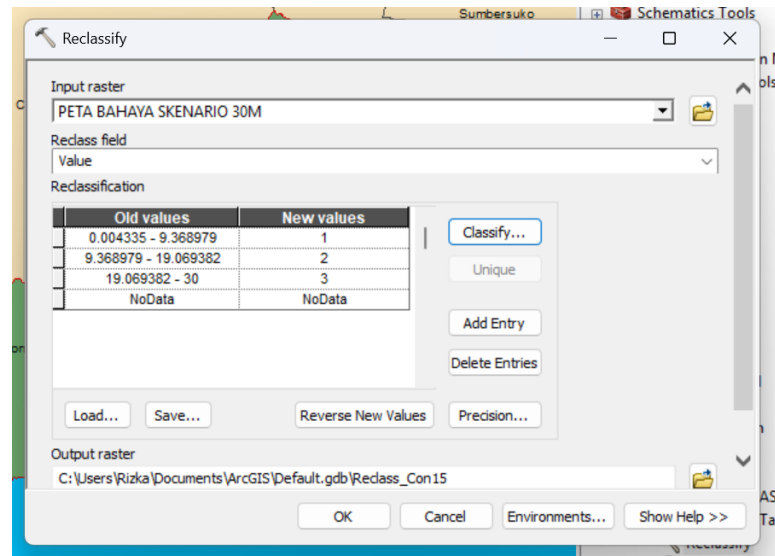
Kuning: tool

Hijau : output

7. Peta Bahaya Tsunami

Arctoolbox → Spatial analyst tools → reclass → reclassify(input: peta genangan hasil dari model builder)

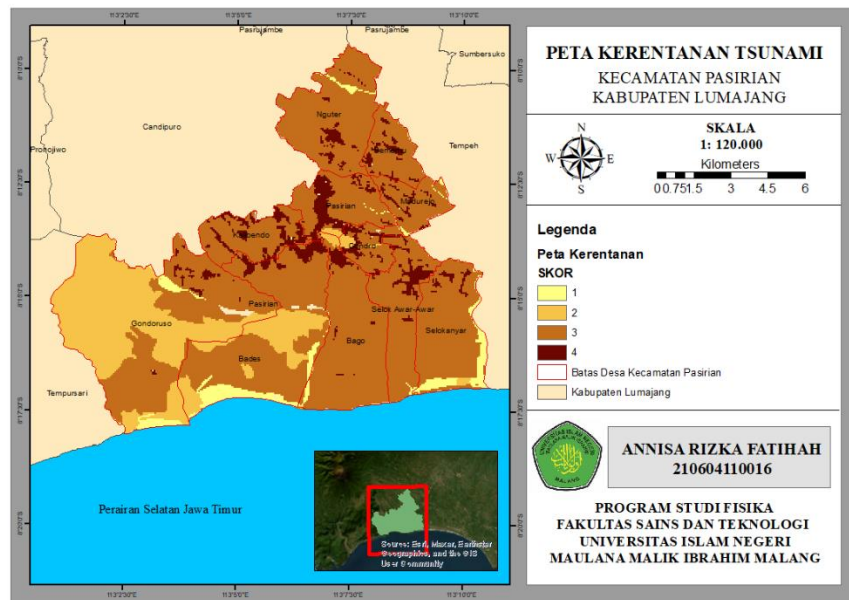




8. Peta Kerentanan

- Masukkan Peta Tutupan Lahan → open Attribute table → add field → beri nama (skor) → klik editor → start → editing → pilih tutupan lahan → ok > isi kolom skor sesuai dengan nilai skor pada tutupan lahan → save edit → stop editing → Arctoolbox → conversion tools → from raster → raster to polygon (input : hasil reclassify)

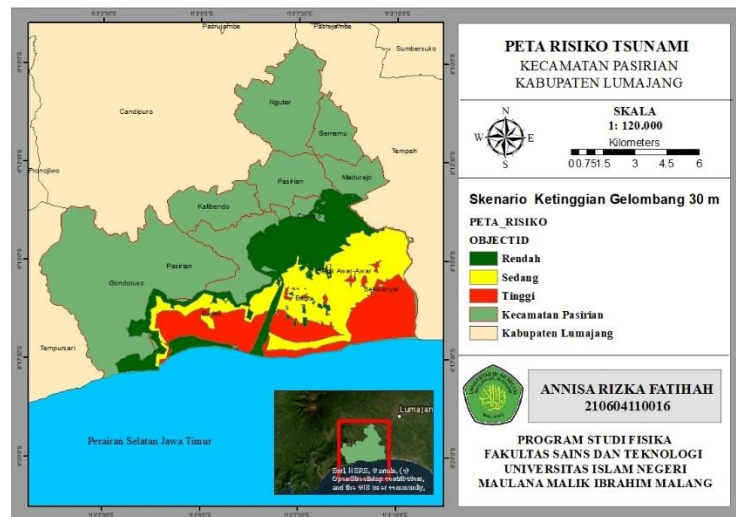
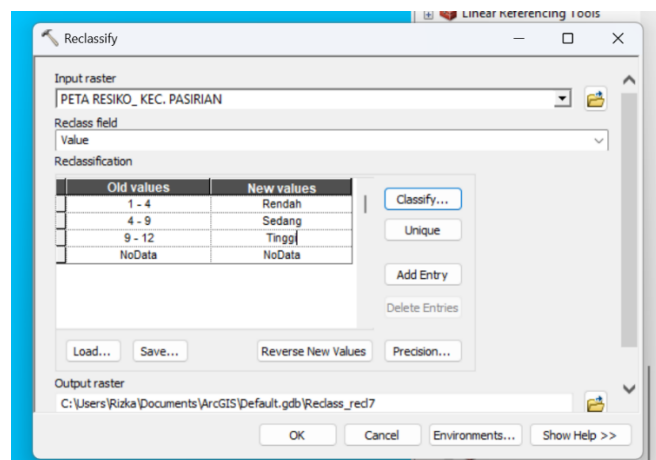
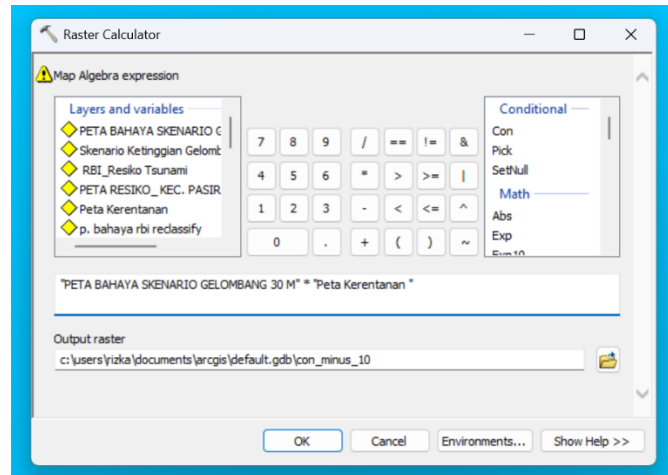
TUTUPAN LAHAN PASIRIAN											
FID	Shape	OBJECTID	NAMOBJ	FCODE	REMARK	METADATA	SRS_ID	Shape_Leng	Shape_Area	koefisienk	skor
0	Polygon ZM	1	GA03060140		Pemukiman dan Tempat Kegiatan	RBIG500020221231PROVINSUAWATMUR	4236	1.578588	0.000804	0.045	4
1	Polygon ZM	103	FA03060130		Semak Belukar	RBIG5000PROVINSUAWATMUR	4236	0.19718	0.000176	0.040	2
2	Polygon ZM	111	FB03060110		Sawah	RBIG5000PROVINSUAWATMUR	4236	1.215206	0.002331	0.025	3
3	Polygon ZM	124	FB03060110		Tegalani/Ladang	RBIG5000PROVINSUAWATMUR	4236	0.062979	0.000096	0.030	3
4	Polygon ZM	125	FA03060030		Perkebunan/Kebun	RBIG5000PROVINSUAWATMUR	4236	1.311616	0.00136	0.035	3
5	Polygon ZM	201	FA03060150		Hutan Rimba	RBIG5000PROVINSUAWATMUR	4236	0.482156	0.002138	0.070	2
6	Polygon ZM	204	FA03060090		Padang Rumput	RBIG5000PROVINSUAWATMUR	4236	0.303146	0.000244	0.015	1
7	Polygon ZM	220	DA03060400		Sungai	RBIG500020221231PROVINSUAWATMUR	4236	0.56941	0.000204	0.007	1



- Selesai

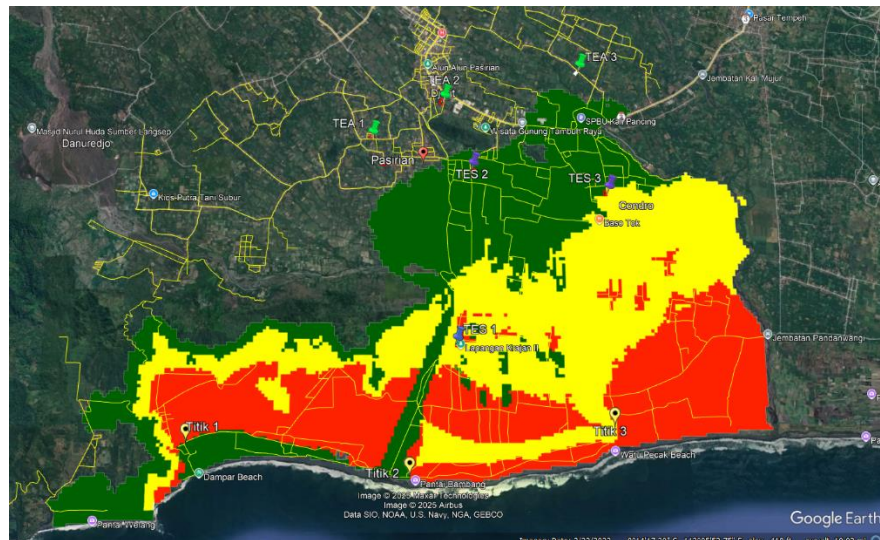
9. Peta Risiko

- Untuk menghasilkan peta resiko dapat didapatkan dengan mengkalikan antara peta bahaya tsunami dan peta kerentanan tsunami.
- Arctoolbox > spatial analysis tools > map algebra > raster calculator.
- Diklafikasikan sesuai dengan kelas tingkat risiko tsunami Arcytoolbox > spatial analyst tools > reclass > reclassify
- (Input : peta resiko berupa raster)



Lampiran 3. Proses Pembuatan Tempat Evakuasi Tsunami

1. Buka Aplikasi Google Earth pro
2. Masukkan data peta Risiko tsunami (peta resiko tsunami dalam bentuk kml)
3. Masukkan data Kontur dari wilayah Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang.
4. Pilih lokasi shelter dengan pilih
5. Add Placemark > beri nama (titik awal, Tes, dan Tea) → save
6. Setelah membuat placemark → Klik kanan → save place as



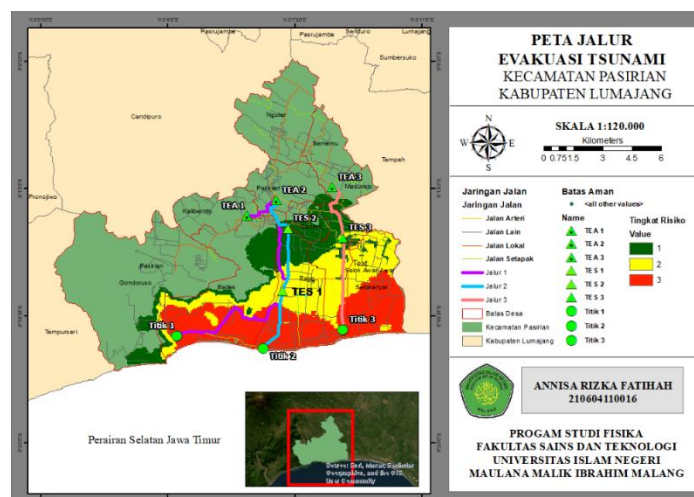
6. Buka Aplikasi microsoft Excel

Keterangan	Nama Lokasi	Long	Lat	Luas (m2)	Kapasitas
Titik 1	Pantai Dampar	-8.284133	113.070861		
Titik 2	Pantai Bambang	-8.289886	113.110647		
Titik 3	Pantai Watu Pecak	-8.281408	113.147172		
TES 1	Lapangan Krajan	-8.2670444	113.1188972	3.46	6.92
TES 2	Krajan Bago Football Field	-8.235028	113.121944	5.56	11.12
TES 3	MTS Nurul Islam Selok Awar-Awar	-8.23933	113.147178	6.471	12.942
TEA1	Lapangan Kalibendo	-8.229075	113.103278	7.837	15.674
TEA 2	SMPN 2 Pasirian	-8.222053	113.116722	8.044	16.088
TEA 3	Lapangan Madurejo	-8.226272	113.142355	6.854	13.708

7. Buat data tabel Lokasi Evakuasi tsunami → save .

Lampiran 4. Proses Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Tsunami

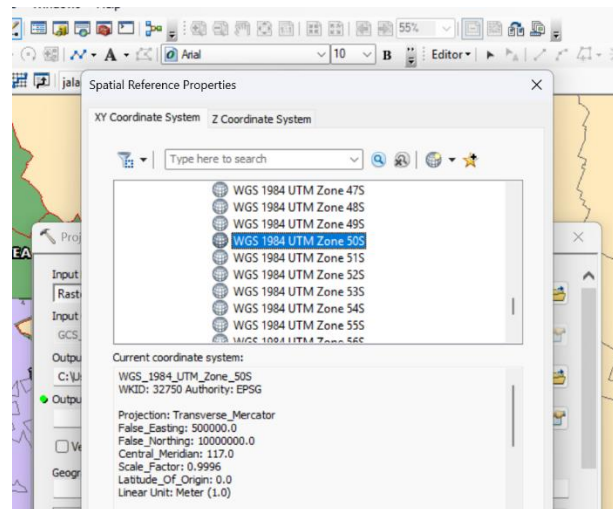
1. Masukkan data peta risiko tsunami, peta titik evakuasi tsunami serta data jaringan jalan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang.
2. Catalog → Klik kanan → File geodatabase → Beri nama → Klik kanan → New → New Feature Dataset → Beri nama → Atur kordinatnya WGS 1984 UTM 50s
3. Import → Feature Class (multiple class) → input data jalan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang → oke.
4. Klik kanan → New → Network Dataset → Rute → Jalur → 10.1 → Next → Next → Next → Finish → Yes → Yes.
5. Network Analyst → New Route → Create Network Location tool → Klik (Titik awal, TES dan TEA) → Solve
6. Selesai



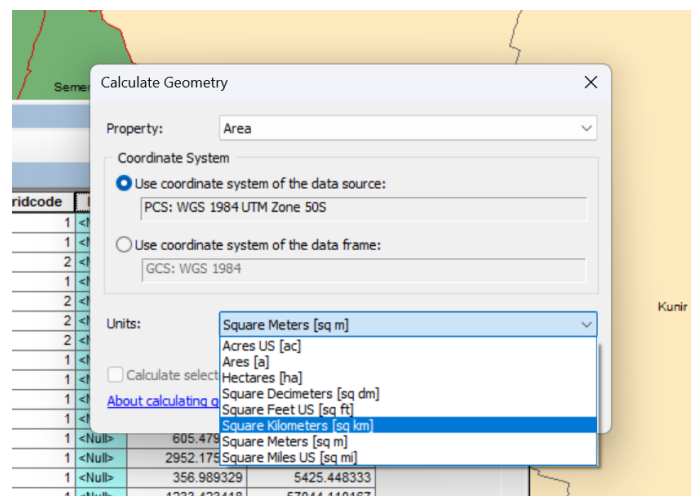
Lampiran 5. Proses mencari luas daerah/ wilayah

1. Peta yang berupa raster diubah menjadi polygon dengan cara: Arctoolbox → conversion Tools → from raster → raster to polygon
2. Ubah UTM nya sesuai wilayah masing-masing dengan cara:

Arctoolbox → Data Management Tools → Projections and Transformations → project → oke.



3. Kemudian open attribute table → add field → klik kanan kolom tersenut → calculate geometry → oke.





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341) 551354, Fax (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM 210604110016
Nama ANNISA RIZKA FATIAH
Fakultas SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan FISIKA
Dosen Pembimbing 1 Drs. ABDUL BASID, M.Si
Dosen Pembimbing 2 ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi PEMETAAN JALUR EVAKUASI SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE NETWORK ANALYST BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	18 Oktober 2024	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi Judul Skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	22 Oktober 2024	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Bimbingan Bab 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	23 Desember 2024	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Bimbingan Bab 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	21 Maret 2025	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi tentang Pengolahan Data	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	23 April 2025	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Konsultasi Data	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	15 Mei 2025	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Bimbingan Hasil Penelitian	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	19 Mei 2025	Drs. ABDUL BASID, M.Si	Bimbingan Bab 4 + Ace	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	25 Mei 2025	ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc	Bimbingan Integrasi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	02 Juni 2025	ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc	Bimbingan Integrasi Bab 1 dan Bab 2	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc



Malang, _____

Dosen Pembimbing 1

Drs. ABDUL BASID, M.Si