

**PEMETAAN RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN PENENTUAN JALUR
EVAKUASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI
KECAMATAN PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI**

SKRIPSI

Oleh:
MOCHAMAD SAFI'IL UMAM
NIM. 210604110058



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

HALAMAN PENGAJUAN

**PEMETAAN RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN PENENTUAN JALUR
EVAKUASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI
KECAMATAN PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI**

SKRIPSI

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

Oleh:

MOCHAMAD SAFI'IL UMAM
NIM.210604110058

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

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMETAAN RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI

SKRIPSI

Oleh:

MOCHAMAD SAFI'IL UMAM
NIM.210604110058

Telah diperiksa Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 22 Desember 2025

Dosen Pembimbing 1



Drs. H. Abdul Basid, M.Si
NIP. 196505041990031003

Dosen Pembimbing 2



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
NIP. 197508081999031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 197405132003121001

HALAMAN PENGESAHAN

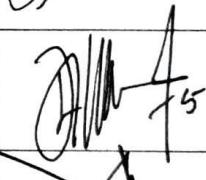
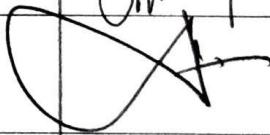
PEMETAAN RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN PENENTUAN JALUR
EVAKUASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI
KECAMATAN PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI

SKRIPSI

Oleh:

MOCHAMAD SAFI'IL UMAM
NIM. 210604110058

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Pengaji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 23 Desember 2025

Pengaji Utama	<u>Ahmad Lutfin, M.Si</u> NIP. 198605042019031009	
Ketua Pengaji	<u>Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si</u> NIP. 199306172020122003	
Sekretaris Pengaji	<u>Drs. H. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 196505041990031003	
Anggota Pengaji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 197508081999031003	



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MOCHAMAD SAFI'L UMAM
NIM : 210604110058
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : PEMETAAN RISIKO BENCANAN TSUNAMI DAN
PENENTUAN JALUR EVAKUASI BERBASIS SISTEM
INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN
PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya 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 dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Desember 2025
Yang Membuat Pernyataan



Mochamad Safi'l Umam
NIM. 210604110058

MOTTO

Dunia ini diam tidak lari apa yang mau dikejar

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**PEMETAAN RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI**”. 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 kemudian dari berbagai pihak sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan ketulusan hati, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Ibrahim Malang.
3. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Ketua Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Ibrahim Malang.
4. Drs. H. 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. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik

Ibrahim Malang yang senantisa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.

6. Ayah, Ibu, Kakak-kakak, Adik serta keluarga di rumah yang selalu memberikan do'a dan dukungan agar penulis senantiasa diberikan kelancaran dalam melaksanakan segala hal.
7. Teman-teman saya yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberi bantuan sehingga terselesainya laporan ini.

Dalam penyusunan 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 Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 12 Desember 2025

Mochamad Safi'il Umam
NIM. 210604110058

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
الملخص	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tsunami	7
2.2 Risiko Bencana	11
2.2.1 Bahaya.....	13
2.2.2 Kerentanan	14
2.2.3 Hubungan Kerentanan, Bahaya, dan Risiko Bencana.....	14
2.3 Mitigasi Bencana	15
2.4 Sistem Informasi Geografis	16
2.5 Model Builder.....	21
2.6 Network Analyst.....	22
2.7 Peneliti Terdahulu.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Lokasi Penelitian	28
3.2 Data Penelitian.....	28
3.3 Peralatan Penelitian	28
3.3.1. Perangkat keras (<i>hardware</i>) yang digunakan antara lain:	28
3.4 Prinsip Kerja	29

3.5 Prosedur Pelaksanaan	30
3.5.1 Akuisisi Data.....	30
3.5.2 Pembuatan Peta Risiko Tsunami.....	30
3.5.3 Pembuatan Titik Awal serta Lokasi Tempat Evakuasi	34
3.5.4 Penentuan Pembuatan Jalur Evakuasi Tsunami	35
3.6 Diagram Alir.....	36
3.6.1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami	36
3.6.2 Alur Penelitian Penentuan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi	37
3.6.3 Alur Penelitian Pembuatan Jalur Evakuasi.....	38
3.7 Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Peta Risiko Tsunami	40
4.2 Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi	50
4.3 Peta Jalur Evakuasi	53
4.4 Kajian Keislaman.....	55
BAB V PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Perkiraan Ketinggian Tsunami Dan Waktu Tiba Tsunami	3
Gambar 2. 1 Terminologi Tsunami	9
Gambar 2. 2 Tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi.....	10
Gambar 3. 1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami	36
Gambar 3. 2 Alur penelitian Penentuan/Pembuatan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi.....	37
Gambar 3. 3 Alur Penelitian Pembuatan Peta Jalur Evakuasi	38
Gambar 4. 1 Peta Kelerengan.....	40
Gambar 4. 2 Peta Koefisien Kekasaran.....	41
Gambar 4. 3 Peta Garis Pantai	42
Gambar 4. 4 Model Builder	43
Gambar 4. 5 Peta Bahaya.....	44
Gambar 4. 6 Peta Tutupan Lahan.....	46
Gambar 4. 7 Peta Kerentanan.....	47
Gambar 4. 8 Peta Risiko Tsunami.....	49
Gambar 4. 9 Peta Titik Evakuasi.....	52
Gambar 4. 10 Jalur Evakuasi	54

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 3. 1 Koefisien Kekasaran Permukaan</i>	31
<i>Tabel 3. 2 Skala Immamura-lida</i>	32
<i>Tabel 3. 3 Skor Tutupan Lahan</i>	34
<i>Tabel 4. 1 Luas Wilayah Terdampak Bencana Tsunami</i>	44
<i>Tabel 4. 2 Skor dan Luas Kelas Tutupan Lahan</i>	47
<i>Tabel 4. 3 Luasan Risiko pada Skenario Ketinggian 30m</i>	48
<i>Tabel 4. 4 Tabel Data Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi Tsunami (Tes dan Tea)</i>	51

ABSTRAK

Umam, Mochamad Safi'il. 2025. **Pemetaan Risiko Bencana Tsunami Dan Penentuan Jalur Evakuasi Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi.** Skripsi. Program Studi Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. H. Abdul Basid, M.Si (II) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes.

Kata Kunci: Tsunami, Risiko Bencana, Jalur Evakuasi, SIG, Palabuhan Ratu

Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama: Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, yang menyebabkan seringnya gempa bumi tektonik di dasar laut yang berpotensi memicu tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan risiko bencana tsunami dan menentukan jalur evakuasi yang optimal di Kecamatan Palabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi, dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pemodelan bahaya tsunami berdasarkan parameter kelerengan, koefisien kekasaran permukaan, garis pantai, serta skenario ketinggian gelombang tsunami setinggi 30 meter. Jalur evakuasi ditentukan dengan analisis jaringan (Network Analyst) pada ArcGIS, memperhatikan lokasi titik awal evakuasi dan Tempat Evakuasi Sementara (TES/TEA). Hasil penelitian menunjukkan total luas wilayah berisiko tsunami sebesar 36,01 km² yang terdiri atas risiko rendah 19,16 km², risiko sedang 12,71 km², dan risiko tinggi 4,14 km², dengan Desa Citepus sebagai wilayah paling terdampak seluas 11,63 km². Jalur evakuasi yang dihasilkan melalui metode Network Analysis dinilai efektif menuju lokasi evakuasi yang aman. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap mitigasi bencana tsunami dan menjadi acuan dalam perencanaan tata ruang dan keselamatan masyarakat pesisir.

ABSTRACT

Umam, Mochamad Safi'il. 2025. **Tsunami Disaster Risk Mapping And Evacuation Route Determination Based On Geographic Information System In Palabuhan Ratu Subdistrict, Sukabumi Regency.** Undergraduate Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Drs. H. Abdul Basid, M.Si (II) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes

Keywords: Tsunami, Disaster Risk, Evacuation Route, GIS, Palabuhan Ratu

Indonesia is located at the convergence of three major tectonic plates—the Indo-Australian Plate, the Eurasian Plate, and the Pacific Plate—which results in frequent tectonic earthquakes on the seafloor that have the potential to trigger tsunamis. This study aims to map tsunami disaster risk and determine optimal evacuation routes in Palabuhan Ratu District, Sukabumi Regency, by utilizing Geographic Information Systems (GIS). The methods used in this study include tsunami hazard modeling based on parameters such as slope, surface roughness coefficient, coastline characteristics, and a tsunami wave height scenario of 30 meters. Evacuation routes were determined using Network Analysis in ArcGIS, taking into account the locations of evacuation starting points and Temporary Evacuation Shelters (TES/TEA). The results show that the total area at risk of tsunami impact is 36.01 km², consisting of 19.16 km² of low-risk areas, 12.71 km² of medium-risk areas, and 4.14 km² of high-risk areas, with Citepus Village being the most affected area, covering 11.63 km². The evacuation routes generated through the Network Analysis method are considered effective in directing residents to safe evacuation locations. This study provides a tangible contribution to tsunami disaster mitigation and serves as a reference for spatial planning and coastal community safety.

أ الملخص

أمام، محمد سفيع. ٢٠٢٥. خرائط مخاطر كارثة التسونامي وتحديد مسارات الإخلاء بناءً على نظام المعلومات الجغرافية في منطقة بالا بوهان راتو، محافظة سوكابومي. رسالة جامعية لنيل درجة البكالوريوس ببرنامج الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية - مالانغ (المشرفان) : ١: (د. عبد الباسط، ماجستير في العلوم) ٢ (د. الحاج أغوس موليونو، ماجستير في الصحة...).

الكلمات المفتاحية: تسونامي، مخاطر الكوارث، مسار الإخلاء، نظم المعلومات الجغرافية، بالا بوهان راتو

تقع إندونيسيا عند التقائه ثلاثة صفائح تكتونية رئيسية، وهي صفيحة الهندو-الأسترالية، وصفيحة أوراسيا، وصفيحة المحيط الهادئ، مما يؤدي إلى تكرار حدوث الزلازل التكتونية في قاع البحر التي قد تسبب في حدوث موجات تسونامي. تهدف هذه الدراسة إلى رسم خريطة لمخاطر كوارث التسونامي وتحديد مسارات الإخلاء المثلثي في منطقة بالابوهان راتو، محافظة سوكابومي، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS). تشمل المنهجية المستخدمة في هذه الدراسة نمذجة أخطار التسونامي بناءً على عدة معايير، منها درجة الانحدار، ومعامل خشونة السطح، وخط الساحل، إضافة إلى سيناريو ارتفاع موجة تسونامي يصل إلى 30 متراً. تم تحديد مسارات الإخلاء باستخدام تحليل الشبكات (Network Analysis) في برنامج ArcGIS ، مع مراعاة موقع نقاط بداية الإخلاء ومواقع الإخلاء المؤقتة (TES/TEA). أظهرت نتائج الدراسة أن المساحة الإجمالية المعرضة لمخاطر التسونامي تبلغ 36.01 كم²، وتتوزع إلى مناطق ذات خطورة منخفضة بمساحة 19.16 كم²، ومتوسطة بمساحة 12.71 كم²، وعالية بمساحة 4.14 كم²، حيث تُعد قرية تشيتيبوس المنطقة الأكثر تضرراً بمساحة 11.63 كم². وتحتاج مسارات الإخلاء الناتجة عن أسلوب تحليل الشبكات فعالة في توجيه السكان نحو موقع إخلاء آمنة. تساهم هذه الدراسة بشكل ملموس في جهود التخفيف من مخاطر كوارث التسونامي، كما تشكل مرجعاً في تخطيط استخدام الأراضي وتعزيز سلامة المجتمعات الساحلية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di kawasan Cincin Api Pasifik yang dikenal sebagai salah satu wilayah dengan aktivitas tektonik paling aktif di dunia. Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama: Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, yang menyebabkan seringnya gempa bumi tektonik di dasar laut yang berpotensi memicu tsunami. Bencana tsunami terbesar dalam sejarah Indonesia adalah tsunami Aceh 2004, yang menewaskan lebih dari 230.000 orang dan menghancurkan infrastruktur di berbagai wilayah pesisir di Indonesia (S. N. Nugraha, et al 2012).

Selain tsunami Aceh, kawasan pesisir selatan Jawa, termasuk Pelabuhan Ratu, juga memiliki sejarah panjang gempa bumi yang memicu tsunami. Pelabuhan Ratu, yang terletak di pesisir selatan Provinsi Jawa Barat, berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Daerah ini rentan terhadap gempa bumi yang diakibatkan oleh pergerakan Lempeng Indo-Australia yang menyusup ke bawah Lempeng Eurasia di zona subduksi di selatan Pulau Jawa, yang dikenal sebagai Zona Subduksi Jawa. Daerah ini memiliki potensi tinggi untuk terkena tsunami yang dipicu oleh gempa tektonik bawah laut, seperti yang terjadi pada tsunami di pesisir Pangandaran tahun 2006 (B. M. Pramudya, et al 2014).

BMKG menyatakan bahwa Pantai Selatan Jawa, termasuk Palabuhan Ratu, masuk dalam zona merah risiko tsunami. Gempa bumi dengan magnitudo besar yang terjadi di sepanjang zona subduksi Samudra Hindia dapat menyebabkan gelombang tsunami yang menyapu wilayah pesisir dalam waktu singkat.

Ancaman tsunami di Palabuhan Ratu diperkirakan bisa mencapai ketinggian beberapa meter dan memiliki kekuatan destruktif yang besar, terutama karena kedekatan wilayah ini dengan pusat gempa di lempeng subduksi.

Hari Selasa, 18 Maret 2025 pukul 17:41:04 WIB, wilayah Sukabumi-Jawa Barat dan sekitarnya diguncang gempa bumi tektonik. Hasil analisa BMKG menunjukkan bahwa gempa bumi ini berkekuatan $M = 4,8$. Episenter terletak pada koordinat 7.43 LS dan 107.09 BT, atau tepatnya berlokasi di darat pada jarak 59 km Tenggara Kota-Sukabumi-Jawa Barat pada kedalaman 82 km.

Dengan memperhatikan lokasi episenter dan kedalaman hiposenternya, gempa bumi yang terjadi merupakan jenis gempa bumi menengah akibat aktivitas Subduksi Lempeng Indo Australia.

Berdasarkan laporan dari masyarakat, gempa bumi ini dirasakan di wilayah Palabuhan Ratu, Sindang barang, Cianjur, Cikaso, Sukabumi, Pamengpeuk, Cileunyi, Kab. Bandung, Parongpong Kabupaten Bandung Barat, Cipanas, Kab Cianjur dengan Skala Intensitas II - III MMI (Getaran dirasakan oleh beberapa orang, benda-benda ringan yang digantung bergoyang - Getaran dirasakan nyata dalam rumah, terasa getaran seakan-akan ada truk berlalu). Namun hingga saat ini belum ada laporan mengenai kerusakan bangunan sebagai dampak gempa bumi tersebut (BMKG, 2025)

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika, perkiraan ketinggian tsunami di daerah pesisir Kabupaten Sukabumi Dan Kabupaten Lebak yaitu 19-21 m . Berdasarkan gambar peta diatas hasil perkiraan ketinggian dari BMKG, terdapat daerah yang mempunyai ketinggian 30 m yaitu Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi

Selain ancaman dari zona subduksi, kondisi topografi wilayah Pelabuhan Ratu yang memiliki garis pantai panjang dengan dataran rendah membuatnya semakin rentan terhadap ancaman tsunami. Gelombang besar yang menerjang wilayah pesisir dapat dengan mudah mencapai permukiman warga, terutama di daerah yang berdekatan langsung dengan garis pantai. Kurangnya infrastruktur perlindungan seperti tanggul penahan tsunami atau shelter evakuasi yang memadai juga menambah tingkat kerentanan wilayah ini (E. S. Hidayat, et al, 2017).

Dalam Al Qur'an telah banyak menjelaskan tentang segala sesuatu mengenai kejadian-kejadian alam, salah satunya yaitu Tsunami. Firman Allah SWT. QS. Al-A'raf ayat 96

وَلَوْ أَنَّ أَهْلَ الْقُرْبَىٰ آمَنُوا وَأَنْفَقُوا لَفَتَحْنَا عَلَيْهِمْ بَرَكَاتٍ مِّنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ وَلَكِنْ كَذَّبُوا فَأَخْدَنَاهُمْ بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

Artinya: "Dan sekiranya penduduk negeri-negeri itu beriman dan bertakwa, pasti Kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi. Akan tetapi, mereka mendustakan (ayat-ayat Kami), maka Kami siksa mereka disebabkan oleh perbuatan mereka." (QS. Al-A'raf: 96)

Tafsir Tematik dan Relevansi Kontekstual ayat ini menjadi dasar teologis dan moral dalam memahami hubungan antara iman, perilaku sosial, dan fenomena alam. Dalam kajian tafsir, ayat ini dianggap sebagai peringatan universal bahwa keberlangsungan hidup manusia di muka bumi bergantung pada keselarasan antara iman, takwa, dan tindakan manusia terhadap alam.

Tafsir Al-Maraghi menegaskan bahwa berkah langit dan bumi adalah simbol harmoni antara makhluk dan alam. Ketika manusia melupakan tanggung jawab terhadap Allah dan sesama, mereka menciptakan sistem sosial dan ekologis yang rapuh. Bencana seperti tsunami adalah wujud dari tumbangnya keseimbangan yang diciptakan manusia sendiri.

Dengan demikian, pemanfaatan SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk memetakan risiko tsunami dan jalur evakuasi adalah bentuk takwa ilmiah upaya manusia untuk mencegah mudarat dan menyelamatkan kehidupan, yang sejalan dengan pesan ayat ini.

Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan daerah-daerah yang paling berisiko terkena dampak tsunami adalah langkah pertama dalam perencanaan jalur evakuasi. Dengan SIG, pemerintah daerah dan peneliti dapat memetakan wilayah rawan tsunami di Kecamatan Palabuhan Ratu dengan lebih akurat. Data spasial ini mencakup elevasi tanah, jarak ke tempat aman, serta infrastruktur yang tersedia, seperti jalan, jembatan, dan lokasi pengungsian. SIG juga memungkinkan pembuatan model skenario tsunami untuk memprediksi area mana yang akan terkena dampak berdasarkan kekuatan gempa tertentu (A. R. Santoso, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian kali ini adalah:

1. Bagaimana Peta Risiko Bencana Tsunami Di Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi?
2. Bagaimana Peta Titik Dan Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Di Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian kali ini adalah:

1. Untuk Mengetahui Peta Risiko Bencana Tsunami Di Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi.
2. Untuk Mengetahui Peta Titik Dan Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Di

Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi, Sebagai Bahan Pertimbangan Upaya Mitigasi Bencana Tsunami.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas pada penelitian kali ini yaitu:

1. Studi Kasus Penelitian ini di Pesisir Pantai Selatan Kecamatan Palabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi.
2. Tingkat Peta Risiko Tsunami pada penelitian ini didapatkan menggunakan Model Cruch dengan beberapa data yang digunakan yaitu Kelerengan, Koefisien Kekarasan Permukaan, Garis Pantai, serta Skenario Ketinggian Gelombang Tsunami.
3. Skenario ketinggian gelombang tsunami yang digunakan yaitu mengacu pada tinggi tsunami terburuk yang mungkin dapat terjadi akibat proses perambatan tsunami menurut skala Imamura-Iida dan juga mengacu pada perkiraan ketinggian gelombang tsunami dari situs resmi BMKG.
4. Penentuan Tempat Evakuasi tsunami pada penelitian ini menggunakan Aplikasi Google Earth pro dan Kapasitas Bangunan Lokasi Tempat Evakuasi baik Tes maupun Tea merujuk pada Pedoman FEMA P646, 2008.
5. Penentuan jalur evakuasi tsunami pada penelitian ini menggunakan variabel Peta Risiko Tsunami, dan jaringan jalan menuju lokasi evakuasi dengan bantuan New Rute yang terdapat pada Metode Network Analysis di Aplikasi ArcGIS.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan terkait penggunaan SIG dalam mitigasi bencana alam.
2. Memberikan masukan bagi pemerintah dan masyarakat dalam perencanaan

jalur evakuasi tsunami di Kecamatan Palabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tsunami

Tsunami berasal dari Bahasa Jepang yaitu Tsu berarti pelabuhan dan nami yang berarti gelombang. Secara umum tsunami dapat diartikan sebagai gelombang laut yang besar di pelabuhan. Tsunami juga dapat dideskripsikan sebagai gelombang laut dengan periode panjang yang ditimbulkan oleh gangguan impulsif yang terjadi pada medium laut. Gangguan impulsif tersebut dapat berupa gempa tektonik di laut, erupsi vulkanik (meletusnya gunung api) di laut, longsoran (land-slide) di laut, atau jatuhnya meteor di laut. Gelombang tsunami yang ditimbulkan oleh gaya impulsif ini bersifat transien, yakni gelombang yang dihasilkan bersifat sesar, berbeda dengan gelombang laut lainnya yang bersifat kontinyu seperti gelombang laut yang ditimbulkan oleh gaya gesek angin atau gelombang pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya tarik benda angkasa. Gangguan impulsif seperti gempa tektonik dapat mengakibatkan tsunami jika kekuatan gempa lebih dari 6,5 Skala Richter (SR), pusat gempa berada pada kedalaman kurang dari 60 km dari dasar laut, dan deformasi vertikal dasar laut cukup besar (Diposaptono dan Budiman, 2016).

Periode gelombang tsunami berkisar antara 10-60 menit dan mempunyai panjang gelombang yang besar hingga mencapai 100 km. Kecepatan rambat gelombang tsunami di laut dalam mencapai antara 500 sampai 1.000 km/jam. Kecepatan penjalaran tsunami ini sangat tergantung dari kedalaman laut dan penjalarannya dapat berlangsung mencapai ribuan kilometer. Apabila tsunami mencapai pantai, kecepatannya dapat mencapai 50 km/jam dan energinya akan menimbulkan kerusakan pada daerah pantai yang dilaluinya. Jika ditengah lautan

tinggi gelombang tsunami adalah 5 m, maka pada saat mencapai pantai tinggi gelombang tersebut dapat menjangkau puluhan kilometer. 6 Penumpukan massa air yang terjadi menyebabkan tsunami dapat masuk ke daratan yang jauh dari garis pantai. Tinggi run up tsunami ini dapat mencapai belasan meter atau bahkan puluhan meter dengan jangkauan mencapai sekitar 5000 meter dari garis pantai (Ditjen KP3K, 2016).

Tsunami dapat disebabkan oleh berbagai macam gangguan berskala besar terhadap air laut, diantaranya (Sugito, 2018):

1. Longsoran Lempeng Bawah Laut (Undersea Landslides).

Gerakan yang besar pada kerak bumi biasanya terjadi di perbatasan antar lempeng tektonik. Cela retakan antara kedua lempeng tektonik tersebut disebut dengan sesar (fault). Sebagai contoh, di sekeliling tepian Samudera Pasifik yang biasa disebut dengan Lingkaran Api (Ring of Fire), lempeng samudera yang lebih pada menunjam masuk ke bawah lempeng benua. Proses tersebut dinamakan dengan penunjaman (subduction). Gempa subduksi tersebut sangat efektif dalam membangkitkan gelombang tsunami.

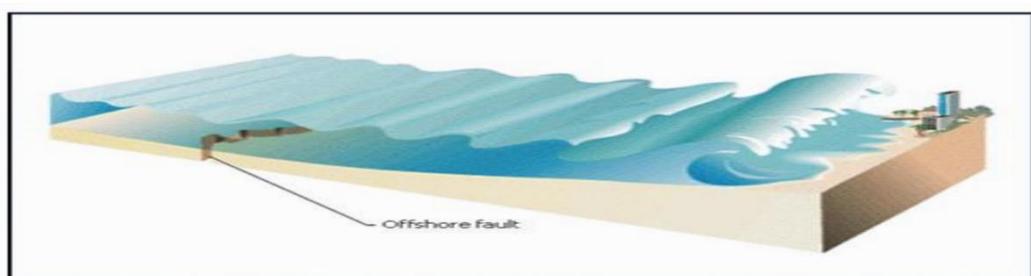
2. Gempa Bumi Bawah Laut (Undersea Earthquake)

Gempa tektonik adalah salah satu gempa yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng bumi. Apabila gempa semacam ini terjadi di bawah laut, maka air di atas wilayah lempeng yang bergerak tersebut berpindah dari posisi ekuilibriumnya. Gelombang muncul Ketika air bergerak oleh pengaruh gravitasi Kembali ke posisi ekuilibriumnya. Apabila wilayah yang sangat kuat pada dasar laut bergerak naik ataupun turun, maka tsunami akan dapat terjadi.

3. Aktivitas Vulkanik (Volcanic Activities)

Pergeseran lempeng pada dasar laut dapat menyebabkan terjadi bencana gempa bumi serta seringkali dapat menyebabkan peningkatan aktivitas vulkanik pada gunung berapi. Kedua hal tersebut dapat mengguncangkan air laut di atas lempeng tersebut. Demikian pula, meletusnya gunung berapi yang berada pada dasar samudera juga dapat menaikkan air dan membangkitkan gelombang tsunami.

Tsunami adalah rangkaian gelombang laut yang sangat besar, biasanya terjadi karena pergerakan lempeng samudera secara tiba-tiba yang mengakibatkan terjadinya dislokasi letak lapisan kulit bumi secara vertikal(tekak lurus) sehingga mengakibatkan penurunan atau pergeseran yang menyebabkan massa air di atasnya menjadi bergerak sebagai respons(reaksi) terhadap perubahan pada lapisan yang mendasarinya. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan dislokasi vertikal yaitu gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, dan tumbukan meteor. Indonesia sebagai negara yang berada di zona subduksi lempeng dimana area(kawasan) ini merupakan kejadian gempa bumi yang terjadi di sekitar pertemuan antar lempeng yang memiliki potensi terjadi gempa bumi yang cukup tinggi pada dasar laut hingga peristiwa tsunami. Tinggi gelombang tsunami yang pernah terjadi dipantai selatan Indonesia berkisar antara 0,1 hingga 26,2 meter (Juniansah *et al.*,2018).

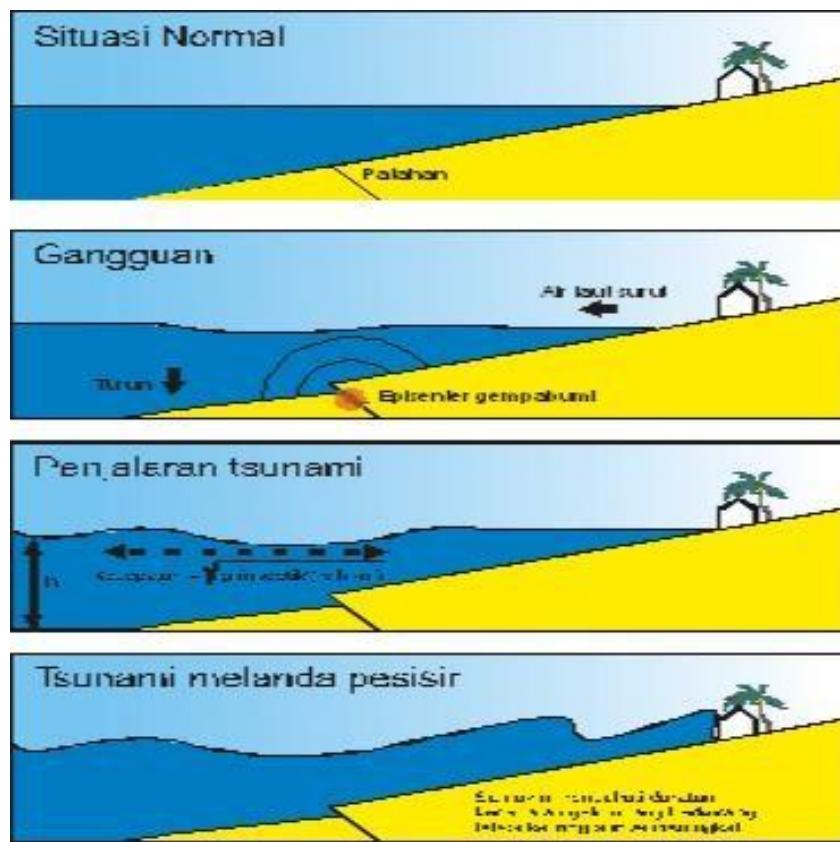


Gambar 2. 1 Terminologi Tsunami

Faktor utama terjadinya Tsunami biasanya disebabkan oleh gempa bumi yang dipicu akibat tanah longsor didasar laut, letusan gunung api dasar laut, atau akibat

jatuhnya meteor yang jarang terjadi di dasar laut. Tidak semua gempa bumi mengakibatkan terbentuknya tsunami. Syarat terjadinya tsunami akibat gempa bumi adalah: (Power, W. and Leonard, G. S. 2013).

- 1 Pusat gempa terjadi didasar laut
- 2 Kedalaman pusat gempa kurang dari 60 km
- 3 Skala Magnitude lebih dari 6.0 Skala Richter dan,
- 4 Memiliki Dislokasi vertikal yaitu sesar naik dan sesar turun (biasanya akibat dari zona subduksi atau batas lempeng yang berupa tumbukan lempeng. Dimana salah satu lempeng menyusup kedalam perut bumi dan lempeng lainnya terangkat kepermukaan pada jenis patahannya.



Gambar 2. 2 Tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi

Seperti yang terlihat digambar diatas menjelaskan bahwa pada saat masih mengalami patahan setuasi air laut tenang atau normal, kemudian mengalami

gangguan yang disebabkan oleh gempa bumi pada episenter lapisan yang mengalami patahan sehingga air laut turun. Setelah itu Tsunami akan mengalami penjalaran sehingga ketinggian dan kelajuan tetap, akan tetapi pada saat tsunami melanda didaerah pesisir atau menghampiri daerah pesisir maka ketinggian gelombangnya semakin tinggi akan tetapi kelajuannya mengalami penurunan.

Tsunami mencerminkan kekuasaan mutlak 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 زُرْلَتِ الْأَرْضُ زُرْلَهَا لَهُمْ أَوْ أَخْرَجْتِ الْأَرْضُ أَشْعَالَهَا لَهُمْ

Artinya: "Apabila bumi diguncangkan dengan guncangan yang dahsyat (1) dan bumi mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung) nya (2).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, ayat ini menggambarkan guncangan hebat pada hari kiamat yang menyebabkan bumi mengeluarkan segala isi perutnya, termasuk jasad manusia dan material berat yang tersimpan di dalam bumi. Kandungan makna di dalamnya memiliki relevansi kuat dengan fenomena bencana alam, termasuk gempa bumi dan tsunami. Dalam perspektif ilmiah, tsunami umumnya terjadi akibat gempa bumi tektonik bawah laut yang mengguncang kerak bumi secara tiba-tiba dan menghasilkan perubahan struktur dasar laut, sehingga melepaskan energi besar yang menciptakan gelombang raksasa menuju daratan. Hal ini sejalan dengan ayat yang menyatakan bahwa bumi dapat digoncangkan hingga mengeluarkan beban berat yang dikandungnya, dimana fenomena tersebut dapat dikaitkan dengan proses pergerakan lempeng tektonik, gempa bumi patahan bumi, dan pelepasan material geologi.

2.2 Risiko Bencana

Risiko merupakan sebuah kata yang berasal dari kata risicum yang mana

awalnya digunakan dalam ilmu ekonomi (secara khusus tentang perdagangan pada abad pertengahan di sekitar Laut Tengah) serta digunakan pula untuk menyebut potensi kerusakan dan kehilangan dalam proses pengangkutan barang dagangan (Indayanto, 2012).

Pengertian risiko bencana menurut Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 ialah merupakan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat dari bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu, kerugian tersebut dapat berupa sakit, luka, kematian, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat.

Pengkajian risiko bencana adalah sebuah pendekatan untuk memperlihatkan potensi dari dampak negatif yang mungkin timbul dari suatu potensi bencana yang ada. Potensi dari dampak negatif tersebut dapat dihitung dengan mempertimbangkan tingkat kerentanan serta kapasitas dari kawasan tersebut. Potensi dari dampak negatif ini menggambarkan potensi jumlah jiwa, kerusakan lingkungan, serta kerugian harta benda akibat dari paparan potensi bencana. Pengkajian risiko sendiri dapat menggunakan persamaan umum sebagai berikut (Amri, 2015)

Risiko bencana tsunami bukan hanya dilihat saat adanya peringatan dini atau kejadian pra-bencana saja, melainkan risiko bencana tsunami juga dapat dilihat atau berada ketika bencana tersebut berlangsung atau terjadi. Adanya peningkatan dampak risiko bencana tsunami sendiri dipengaruhi oleh adanya kesinambungan pada saat perencanaan manajemen risiko yaitu mulai dari adanya peringatan dini, evakuasi dan bantuan darurat, serta bentuk kesiapan dan kesadaran dari masyarakat (Strunz, 2011).

2.2.1 Bahaya

Bahaya atau ancaman (hazard) merupakan suatu kejadian atau kondisi yang berbahaya sehingga mengancam atau dapat berpotensi mengakibatkan kehilangan jiwa dan atau kerusakan terhadap harta benda serta terhadap lingkungan. Dalam tingkatannya, bahaya dibedakan menjadi dua bagian yaitu bahaya utama (main hazard) seperti tsunami, letusan gunung api, banjir, gempa bumi, tanah longsor, kekeringan, kebakaran, epidemi, dan kegagalan teknologi. Kemudian yang kedua yaitu bahaya lanjutan (collateral hazard) seperti kekeringan, kebakaran hutan, penyakit akibat limbah, penyakit pasca banjir, serta kebakaran akibat rusaknya jaringan listrik karena gempa bumi (Adiyoso, 2018).

Bahaya (hazard) pada penelitian kali ini menggunakan variabel yang diperoleh dari pemodelan genangan tsunami berdasarkan skenario tinggi gelombang tsunami. Pemodelan tersebut nantinya akan menghasilkan sebaran luasan wilayah terdampak (bahaya) tsunami. Pemodelan genangan tsunami tersebut akan dilakukan dengan perhitungan matematis yang mana dikembangkan oleh Mcsaveney dan Rattenbury berdasarkan perhitungan kehilangan ketinggian tsunami per 1 meter jarak inundasi berdasarkan harga jarak terhadap lereng dan kekasaran permukaan. Adapun persamaan yang digunakan dalam memodelkan genangan tsunami adalah (Amri, 2015).

$$H_{loos} = \left(\frac{167 n^2}{H_o^{\frac{1}{3}}} \right) + 5 \sin S \quad (1)$$

Dimana:

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

n^2 : Koefisien Kekerasan permukaan (n)

H_o : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

S : Besarnya lereng permukaan (derajat)

2.2.2 Kerentanan

Kerentanan (vulnerability) merupakan sebuah kemampuan individu atau kelompok masyarakat dalam mengantisipasi, mengatasi, serta pulih dari suatu bencana. Kerentanan terdiri dari dua aspek, yaitu kerentanan sosial serta kerentanan fisik. Kerentanan sosial lebih menekankan pada kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat setempat. Kerentanan sosial ini dapat diukur dengan dengan parameter karakteristik individu seperti ras, usia, pendapatan, jenis kelamin, jenis pekerjaan, tempat tinggal, kondisi disabilities, dan penghasilan. Kemudian untuk kerentanan fisik sendiri lebih menekankan kepada kondisi fisik seperti contohnya infrastruktur dan penggunaan lahan. Kerentanan fisik dapat diukur dengan menggunakan parameter jumlah infrastruktur strategis, sumber daya, dan penggunaan lahan (Aksa, 2021).

Kerentanan (vulnerability) pada penelitian kali ini menggunakan variabel yang diperoleh dari tutupan lahan. Tutupan lahan sendiri merupakan kenampakan secara fisik permukaan bumi seperti vegetasi, bebatuan, lahan terbangun, badan air, benda alam, sensor budaya, dan lain-lain. Tutupan lahan dapat memberikan informasi yang sangat penting bagi keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi (Liang, 2008. Dalam Sampurno, 2016).

2.2.3 Hubungan Kerentanan, Bahaya, dan Risiko Bencana

Bencana dapat terjadi apabila saat bahaya berdampak pada populasi manusia yang rentan serta menyebabkan kerusakan, korban jiwa dan gangguan. Fenomena tsunami yang menerjang daerah lahan kosong atau lahan terbuka yang tidak

berpenghuni tidak dapat dianggap bencana tidak peduli seberapa besar atau tinggi gelombangnya. Namun tsunami dapat dikatakan sebagai bencana apabila tsunami tersebut dapat mempengaruhi atau berdampak manusia, infrastruktur, dan kegiatan manusia (BNBP (2012).

$$R = H \times V \quad (2)$$

Dimana :

R : Indeks Risiko

H : Indeks Bahaya/Ancaman

V : Indeks Kerentanan

Berdasarkan persamaan 2 dari Model Crunch di atas dapat menunjukkan hubungan antara kerentanan (V), bahaya (H), dan risiko (R). Saat bahaya dan kerentanan memiliki tingkat yang rendah, maka risiko yang dihasilkan juga memiliki tingkat risiko yang rendah. Dan juga apabila saat bahaya dan kerentanan memiliki tingkat yang tinggi, maka risiko yang dihasilkan akan memiliki tingkat risiko yang tinggi pula.

2.3 Mitigasi Bencana

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Kegiatan mitigasi dapat dilakukan melalui pelaksanaan penataan ruang; pengaturan pembangunan, pembangunan infrastruktur, tata bangunan; dan penyelenggaraan pendidikan, penyuluhan, dan pelatihan baik secara konvensional maupun modern.

Salah satu langkah yang ideal untuk melindungi kawasan pesisir dari bencana tsunami adalah dengan melakukan tindakan mitigasi yang komprehensif, yaitu mengombinasikan aspek fisik dan nonfisik. Upaya fisik yang perlu dilakukan

sangat beragam tergantung pada kemampuan daerah dan kondisi pesisir. Disepanjang daerah yang termasuk rawan terhadap tsunami dapat dibangun sarana dan prasarana pengendali seperti membangun tembok laut (sea wall) atau pemecah gelombang (break water). Sementara itu mitigasi secara nonfisik penting dilakukan, salah satunya dengan memberlakukan peraturan perundangan dan tata ruang yang aman, memberikan pendidikan dan pelatihan, serta menyadarkan masyarakat. Upaya penyadaran kepada masyarakat akan tsunami dapat dilakukan dengan sosialisasi, pelatihan, geladi (drill), dan penyuluhan terkait dengan tsunami, mulai dari tanda-tanda bahaya tsunami, dampaknya, hingga proses evakuasi (Diposaptono, 2013).

Proses evakuasi merupakan tindakan penting untuk menyelamatkan nyawa manusia. Pengetahuan mengenai proses evakuasi tersebut diperlukan terutama bagi masyarakat yang tinggal di daerah pesisir dataran rendah. Pada beberapa lokasi dengan ancaman tsunami lokal menjadikan masyarakat tidak mungkin mengungsi ke tempat yang jauh dikarenakan waktu peringatan tsunami yang singkat. Oleh karena itu, solusi yang memungkinkan untuk dilakukan adalah proses evakuasi secara vertikal menuju bangunan atau struktur yang dirancang untuk menahan dampak dan aman dari tsunami (Dewi, 2012).

2.4 Sistem Informasi Geografis

Penelitian pada kali ini dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Adapun Sistem Informasi Geografis (SIG) ini adalah suatu sistem terintegrasi yang didesain untuk menghasilkan, mengambil, menyimpan, menganalisis, mengatur, dan memvisualisasi seluruh jenis data spasial atau geospasial dan informasi. Umumnya pengguna SIG akan menghasilkan berupa

analisis informasi spasial, visualisasi, menyediakan data dalam peta dan menghasilkan akhir berupa perpaduan dari pekerjaan tersebut menjadi suatu peta digital.

Digunakannya SIG ini karena memiliki keunggulan yang mana sistem dapat menangani dimensi geografis dan label yang ditujukan untuk keseluruhan jenis data. Koordinat geografis (lintang, bujur) dan elevasi menunjukkan fisik objek di suatu lokasi atau yang disebut geolokasi, dihubungkan dengan dimensi yang realistik terhadap data yang direpresentasikan (Haridhi, 2020).

SIG dapat diuraikan menjadi beberapa sub-sistem beserta masing-masing tugasnya sebagai berikut (Prahasta, 2009):

a. Data Input Sub-sistem

Memiliki tugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial beserta data atributnya dari berbagai macam sumber. Sub sistem ini juga harus dapat melakukan proses transformasi atau konversi format-format data asli menjadi bentuk format data yang dapat digunakan pada perangkat SIG yang digunakan.

b. Data Output Sub-sistem

Memiliki tugas untuk menampilkan atau menghasilkan suatu keluaran sesuai dengan yang dikehendaki seluruh atau sebagian basis data spasial baik dalam bentuk softcopy seperti peta digital maupun bentuk hardcopy seperti peta garis.

c. Manajemen Data Sub-sistem

Memiliki tugas untuk mengorganisasikan data-data spasial serta tabel-tabel atribut yang berhubungan dengan sebuah sistem yang berbasis data sedemikian rupa sehingga dengan mudah dapat dipanggil kembali atau diretrieve (dibuka

kembali ke memori), diupdate, dan diedit.

d. Manipulasi dan Analisis Data Sub-sistem

Memiliki tugas untuk menentukan informasi-informasi apa yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu sub sistem ini juga dapat melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan berbagai fungsi dan operator matematis dan logika) dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sistem manual dan sistem otomatis. Adapun perbedaan yang paling mendasar dari kedua kelompok tersebut yaitu terletak pada cara pengelolaannya. Sistem Informasi Geografis (SIG) manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun (overlay), foto udara, laporan statistik serta laporan survei lapangan. Keseluruhan dari data tersebut kemudian dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem pengolahan data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital, Serta peta dasar terdigitasi (Sugandi, 2009).

1. Komponen Masukan Data

Proses pemasukan data pada komputer dari peta, data statistik, data hasil analisis penginderaan jauh, data hasil pengolahan citra digital penginderaan jauh, dan lain-lain. Data spasial dan atribut baik dalam bentuk digital maupun analog tersebut dikonversikan ke dalam format yang diminta oleh perangkat lunak sehingga terbentuk basis data. Contoh dari alat masukan data adalah digitizer, scanner, keyboard komputer, CD reader, serta diskette reader.

2. Komponen Pengelolaan Data

Merupakan penyimpanan data pada komputer dan pemanggilan kembali dengan cepat. Contoh dari alat penyimpanan dan pengolah data adalah komputer dengan hard disk-nya, tapes atau cartridge unit, dan CD writer.

3. Komponen Manipulasi dan Analisis Data

Merupakan kegiatan yang dapat dilakukan berbagai macam perintah, misalnya overlay antara dua tema peta, membuat buffer zone jarak tertentu dari suatu area atau titik dan sebagainya.

4. Komponen Luaran Data

Merupakan komponen yang dapat menyajikan data dasar, data hasil pengolahan data dari model menjadi bentuk peta atau data tabular. Produk suatu Sistem Informasi Geografis dapat bervariasi baik dalam hal kualitas, keakuratan serta kemudahan pemakainya. Hasil ini dapat dibuat dalam bentuk peta-peta, tabel angka-angka, teks di atas kertas atau media lain.

Tujuan utama dari pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah untuk mempermudah pengguna mendapatkan informasi yang telah diolah dan tersimpan sebagai atribut suatu lokasi atau objek. Adapun ciri utama data yang bisa dimanfaatkan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah data yang telah terikat dengan lokasi dan merupakan data dasar yang belum dispesifikasi. Perolehan data atau informasi geografi dapat diperoleh melalui beberapa kegiatan diantaranya yaitu melalui survei lapangan, sensus, statistik, tracking, serta penginderaan jarak jauh (inderaja).

Pada dasarnya, data-data yang diolah dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) terdiri atas data spasial dan data atribut dalam bentuk digital, sehingga analisis yang dapat digunakan adalah analisis atribut dan analisis spasial. Data atribut merupakan

data tabel yang berfungsi untuk menjelaskan keberadaan berbagai objek sebagai data spasial. Sedangkan data spasial adalah data yang berkaitan dengan lokasi keruangan yang umumnya berbentuk peta.

Penyajian data spasial memiliki tiga acara dasar yaitu dalam bentuk garis, bentuk titik, dan bentuk area (polygon). Titik merupakan kenampakan tunggal dari sepasang koordinat x, y yang mana menunjukkan lokasi dari suatu objek berupa lokasi kota, ketinggian, lokasi pengambilan sampel dan lain-lain. Garis merupakan sekumpulan titik-titik yang membentuk suatu kenampakan memanjang seperti jalan, sungai, kontur dan lain-lain. Sedangkan area adalah kenampakan yang dibatasi oleh suatu garis yang membentuk suatu ruang homogen, seperti batas daerah, batas penggunaan lahan, pulau dan lain-lain (Sugandi, 2009).

Struktur dari data spasial dibagi menjadi dua, yaitu model data raster dan model data vektor. Data vektor merupakan data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan serta menyimpan data spasial dengan menggunakan titik, garis, atau area. Sedangkan data raster merupakan data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat atau sel sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur.

Analisis spasial adalah sekumpulan dari metode untuk menemukan serta menggambarkan tingkatan atau pola dari sebuah fenomena spasial, sehingga hal tersebut dapat dimengerti dengan lebih baik. Dengan melakukan analisis spasial, diharapkan dapat muncul informasi baru yang mana dapat digunakan sebagai dasar dari pengambilan keputusan pada bidang yang sedang dikaji. Adapun metode yang digunakan sangat bervariasi, mulai dari observasi visual hingga pemanfaatan matematika atau statistik terapan (Sadahiro, 2006).

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat berguna sebagai analisis data spasial karena perencanaan penanggulangan bencana. Analisis data spasial melalui data multi criteria dapat membantu dalam pemetaan kerentanan daerah terhadap bencana oleh citra satelit. Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat diterapkan untuk mengevaluasi strategi pemetaan tumbuhan untuk pelindung daerah pantai untuk menghadang risiko tsunami serta menganalisis risiko tsunami menggunakan pendekatan multi scenario (Sambah, 2013).

2.5 Model Builder

Model Builder secara umum pada perangkat lunak ArcGis dapat disebut sebagai aplikasi atau modul tambahan yang dapat memfasilitasikan cara untuk mengotomatiskan (batch) sejumlah urutan proses rutin mengenai pembuatan data spasial agar dapat diulangi secara presisi kapan saja dan oleh siapa saja tanpa kesalahan yang berarti. Aplikasi atau modul tambahan ini digunakan sebagai penentu proses-proses serta urutan kerja sejumlah tools dan script terkait yang dimilikinya, khususnya yang terdapat di dalam panel ArcToolbox. Pengguna juga dapat menyusun diagram-diagram model symbol atau objek data dan proses yang diperlukan untuk melakukan analisis spasial yang biasa disebut aliran kerja. Model Builder memiliki beberapa keunggulan, yaitu diantaranya (Sulistyo, 2016):

1. Dapat memproses sebuah model secara bersamaan sekaligus (tidak satu persatu).
2. Dapat membantu dalam mengeksplorasi suatu tool yang digunakan dalam proses membuat model.
3. Sangat mudah digunakan dengan menggunakan logika dan lain-lain.
4. Dapat memproses model dari yang sederhana hingga yang rumit.

Pemodelan spasial terdiri dari sekumpulan proses yang dilakukan bertujuan untuk menghasilkan suatu informasi dalam bentuk peta. Adapun informasi tersebut dapat digunakan dalam pembuatan keputusan, kajian ilmiah atau sebagai informasi umum (Budiono, 2005). Pemodelan sendiri dapat didefinisikan dalam konteks Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai suatu proses yang terjadi dari Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dijalankan untuk meniru realita atau keadaan yang sebenarnya di lapangan (Goodchild, 2005).

2.6 Network Analyst

Network analyst atau analisis jaringan merupakan ekstensi yang terdapat pada aplikasi ArcGIS untuk membuat dataset jaringan dan melakukan analisis pada data jaringan yang ditentukan, diantaranya: membuat dataset jaringan, menciptakan dataset jaringan dengan multimodal, menemukan rute terbaik menggunakan dataset jaringan, menemukan stasiun api terdekat, menghitung area layanan dan membuat matriks OD, membuat model untuk analisis rute, menentukan rute terbaik untuk melayani satu set pesanan berpasangan, dan memilih lokasi toko yang optimal dengan menggunakan penentuan banyaknya barang yang tersedia (ESRI, 2010).

Network analyst tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk pemodelan evakuasi termasuk menentukan rute yang efektif dan lokasi cocok sebagai tempat evakuasi. Sebuah jalur evakuasi yang optimal dari area risiko ditentukan dengan menggunakan pendekatan aliran jaringan. Tujuan dari penentuan jalur evakuasi dengan aliran jaringan digunakan untuk menentukan rute orang dari lokasi tertentu ke daerah yang aman di luar zona risiko dalam waktu yang paling efektif. Analisis jaringan dan berbagai teknik SIG dapat digunakan untuk menentukan lokasi dan kapasitas yang sesuai dengan potensi bangunan evakuasi (shelter) serta rute

evakuasi yang paling efektif untuk tsunami. Proses yang dilakukan adalah dengan melakukan simulasi bahwa penduduk di daerah genangan tsunami akan berpindah dengan cara berlari ke daerah yang aman dengan sejumlah waktu tertentu (Dewi, 2012).

Beberapa data yang harus dipersiapkan untuk melakukan analisis jaringan, diantaranya adalah: jaringan jalan serta koordinat tempat penampungan evakuasi, dan peta genangan tsunami. Jaringan jalan digunakan sebagai fasilitas bagi pengungsi untuk pindah ke tempat evakuasi. Tempat evakuasi adalah 9 tempat yang aman bagi pengungsi ketika tsunami datang. Pengolahan ekstensi analisis jaringan dalam ArcGIS mengenai tempat penampungan untuk evakuasi korban dilambangkan sebagai parameter fasilitas (S. dan K., 2015).

Ekstensi network analyst dapat berfungsi untuk menentukan pemukiman yang terjangkau atau tidak terjangkau oleh Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang telah ada (existing) dan menentukan lokasi TES usulan. Data jaringan jalan sangat diperlukan dalam proses analisis SIG (network analyst) untuk mengetahui arah evakuasi menuju tempat yang lebih aman. Analisis jaringan yang mengacu kepada jaringan (network) atau data jalan merupakan hal yang penting untuk mengetahui prasarana pendukung bagi mobilitas masyarakat. Dalam proses evakuasi atau konteks tanggap darurat, jaringan jalan digunakan sebagai jalur atau akses evakuasi (Ramdhani et al., 2015).

Dalam penentuan jalur evakuasi, harus disepakati dimana titik kumpul yang aksesnya mudah dan luas. Dalam modul Siap Siaga Bencana Alam dikemukakan syarat-syarat jalur evakuasi yang layak dan memadai sebagai berikut yaitu (Sahetapy, Poli and Suryono, 2016):

- a. Keamanan Jalur evakuasi yang akan digunakan untuk evakuasi haruslah benar-benar aman saat dilalui dari bahaya yang dapat menimpa diri.
- b. Jarak Tempuh Jarak jalur evakuasi yang akan digunakan untuk evakuasi dari tempat tinggal semula ketempat yang lebih aman haruslah jarak yang akan memungkinkan cepat sampai pada tempat yang aman.
- c. Kelayakan Jalur yang dipilih juga harus layak digunakan pada saat evakuasi sehingga tidak menghambat proses evakuasi.

Daerah yang mempunyai bentuk permukaan bumi perbukitan ruang terbuka di atas bukit dapat dijadikan tempat evakuasi sementara (TES), pada daerah yang dijadikan sebagai tempat evakuasi sementara (TES) dapat berupa bangunan swasta yang mempunyai fasilitas untuk dinikmati oleh masyarakat umum sebagai tempat evakuasi. Ciri-ciri bangunan yang dapat dijadikan sebagai tempat evakuasi sementara yaitu sebagai berikut (BNBP, 2012):

1. Jumlah lantai cukup aman yang lebih tinggi dari perkiraan tinggi tsunami, dan
2. Bangunan yang dijadikan tempat Evakuasi sementara merupakan bangunan umum saat kondisi normal, sehingga memenuhi aspek atau bidang keberlanjutan.

Pemetaan Jalur Evakuasi ini Salah satu langkah mitigasi dalam menghadapi bencana tsunami. Jalur evakuasi ini akan memudahkan masyarakat untuk menghindari bencana yang akan terjadi di Kecamatan Palabuhan Ratu. Masyarakat memerlukan jalur ini agar pada saat terjadi tsunami masyarakat dapat pergi ke tempat evakuasi dengan cepat serta melewati jalan yang benar sesuai dengan jalur evakuasi sehingga mengurangi risiko(akibat) ancaman tsunami dan hal tersebut

dapat mengurangi risiko(akibat) jatuhnya korban jiwa jika bencana tsunami terjadi. Dalam upaya penyelamatan korban jiwa terdapat sebuah sistem yang dikembangkan oleh pemerintahan Indonesia melalui InaTEWS yang diatur langsung oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) di Jakarta, dimana sistem InaTEWS ini memberi peringatan dini Tsunami kepada Masyarakat untuk mempersiapkan diri dalam mengevakuasi diri dari tsunami dalam kurun waktu dari 30 menit saat setelah terjadinya gempa bumi (Siska Anggria, dkk, 2016).

2.7 Peneliti Terdahulu

Penelitian Dr. Ir. Dudung Muhally Hakim, M.Sc., Lea Kristi Agustina, S.T., M.Eng (2018) ini Membahas tentang Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami dengan Metode Network Analysis. Persamaan dengan penelitian ini yaitu metode penentuan jalur evakuasi dengan menggunakan metode Network Analysis. Sedangkan perbedaannya terletak pada daerah atau objek penelitian yang digunakan dalam pembuatan jalur evakuasi Serta Peta Risiko yang dijadikan acuan sebagai penentu dalam pembuatan Jalur Evakuasi Tsunami dan proses dalam penentuan titik awal serta lokasi tempat evakuasi dan pembuatan jalur evakuasi. Pada Penelitian Dr. Ir. Dudung Muhally Hakim, M.Sc., Lea Kristi Agustina, S.T., M.Eng (2018) ini tidak menggunakan peta Risiko, Peta Buffer (jarak Aman) dan Lokasi TEA (Tempat Evakuasi Akhir) serta dalam Penentuan titik beresiko tinggi atau Titik Awal ini dilakukan dengan cara overlay dengan metode intersect peta rawan tsunami, dan jaringan jalan melalui Aplikasi ArcGIS dalam pembuatan pembuatan jalur evakuasi dan menentukan lokasi dan tools network analysis yang di gunakan adalah closest facility analysis dan service area analysis. Sedangkan pada penilitian kali ini menggunakan Peta Risiko Tsunami sebagai acuan dalam

penentuan Jalur Evakuasi Tsunami, terdapat Peta Buffer (jarak aman) dan lokasi TEA serta dalam pembuatan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi menggunakan Bantuan Google Earth Pro serta Microsoft Excel dan ArcGIS. Dalam penelitian kali ini menggunakan tools network analysis yaitu new rute dimana New rute ini berfungsi untuk mengetahui serta menganalisis jalan / rute yang paling efektif serta terdekat. (L, 2018).

Penelitian Limpat Wibowo Aji (2020) ini Membahas Tentang Identifikasi Jalur dan Tempat Evakuasi Tsunami Bedasarkan FEMA P646 pada objek-objek Wisata Pantai di Kabupaten Gunung kidul. Persamaan pada penelitian ini yaitu sama-sama Membuat Jalur Evakuasi. Dan Perbedaan dengan penelitian ini yaitu Metode yang digunakan, pada penelitian Limpat Wibowo Aji (2020) hanya menggunakan Metode Kualitatif dengan teknik Analysis dekscriptif yaitu menganalisis jalur dan tempat Evakuasi dengan pedoman FEMA P646 untuk menentukan tempat evakuasi tsunami. Sedangkan Pada penelitian kali ini yaitu Menggunakan Metode Network Analysis serta Overlay (tumpang sususun peta) dan menggunakan pedoman FEMA P646 untuk menentukan kapasitas tempat evakuasi tsunami.

Penelitian Deski Christianto Adilang, Aristotulus E. Tungka, Fela Warouw(2022) ini Membahas tentang Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami dengan Metode Network Analysis. Persamaan dengan penelitian ini yaitu metode penentuan jalur evakuasi serta Software yang di gunakan. Sedangkan perbedaannya terletak pada daerah atau objek penelitian yang digunakan, serta pengolahan data serta sumber data yang digunakan dalam pembuatan jalur evakuasi. Pada Penelitian Deski Christianto Adilang, Aristotulus E. Tungka, Fela Warouw(2022) tidak menggunakan Peta Risiko Bencana Tsunami, Sedangkan pada penelitian ini

menggunakan Peta Risiko Bencana Tsunami sebagai Rujukan dalam penentuan Titik Awal serta Lokasi Tempat Evakuasi tsunami agar pembuatan Peta Jalur Evakuasi lebih tepat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini terletak di daerah Kecamatan Palabuhan ratu, Kabupaten Sukabumi. Daerah Palabuhan ratu merupakan daerah pesisir di Selatan Kabupaten Sukabumi yang memiliki beberapa perbatasan, diantaranya di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Bogor, sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Cianjur, sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Lebak sedangkan sebelah Selatan berbatasan dengan Samudra Hindia. Kecamatan Palabuhan ratu memiliki 10 desa diantaranya Desa Jayanti, Desa Palabuhan Ratu, dan Desa Citepus, Desa Cibodas, Desa Cimanggu, Desa Buniwangi, Desa Citarik, Desa Cikadu, Desa Tonjong, Desa Pasirsuren.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. DEM SRTM 1 Arc-Second Global
- b. Peta Tutupan Lahan 2019
- c. Peta Rupa Bumi 1:25.000 Kabupaten Sukabumi
- d. Data Lokasi Titik Awal dan Tempat Evakuasi

3.3 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan pada penilitian 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 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 ini di gunakan 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 dan 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 Analysis berdasarkan Sistem Informasi Geografis berkerja dengan melakukan memasukkan, pengolahan, manipulasi Analysis hingga penyajian data yang berkaitan dengan menggunakan personal *computer*(*PC*). Terdapat Tahapan-tahapan dalam penelitian ini yaitu: pertama masukkan(Input) data baik data spasial ataupun data atribut. Kemudian dilakukan pengolahan data dilanjutkan dengan Analisa data dengan cara mengoverlay atau tumpang susun

peta, dan yang terakhir yaitu keluaran (Output) 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 DEM SRTM 1 Arc-Second Global yang didapatkan dari situs resmi <https://earthexplorer.usgs.gov/>, kemudian Peta Tutupan Lahan yang diperoleh atau dapat diunduh pada <https://www.indonesia-geospasial.com/>, dan Peta Rupa Bumi yang didapatkan dari BIG skala 1:25.000, Adapun parameter pada penelitian ini didapatkan dari data DEM yang akan diolah menjadi parameter kelerengan, data tutupan lahan akan menjadi parameter koefisien kekasaran permukaan, peta rupa bumi 1:25.000 Kabupaten Sukabumi yang akan diambil Batas administrasi wilayah Kecamatan Palabuhan Ratu, Garis pantai, dan Jaringan jalan, Selanjutnya Data Lokasi Titik Awal, TES dan TEA yang diperoleh dari hasil Peta Risiko Tsunami Kecamatan Palabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi dengan menggunakan bantuan google earth pro dan software microsof excel,

3.5.2 Pembuatan Peta Risiko Tsunami

Pembuatan Peta Risiko Tsunami dilakukan untuk memperolah daerah mana saja yang berisiko tsunami sebagai langkah awal dalam pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami. Pembuatan Peta Risiko Tsunami menggunakan hasil perkalian Peta Bahaya/Ancaman Tsunami dan Peta Kerentanan. pada Peta Bahaya/Ancaman Tsunami terdapat beberapa data yang digunakan yaitu: Kelerengan, Koefisien Kekerasan Permukaan, Garis Pantai, Serta Skenario

Ketinggian Gelombang Tsunami (pada penelitian kali ini digunakan skenario ketinggian 30 m). Peta Kelerengan sendiri didapatkan dari data DEM SRTM 1 Arc-Second Global yang didapatkan dari situs resmi <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan menggunakan *slope* pada raster surface di menu Arctoolbox yaitu 3D *Analyst Tools*. Kemudian Peta Koefisien Kekasarhan permukaan diperoleh dengan memasukkan nilai koefisien kekasaran pada Atribut peta tutupan lahan, Data Tutupan Lahan yang diperoleh dari situs resmi <https://www.indonesia-geospasial.com/>. Kemudian yang terakhir yaitu Garis Pantai didapatkan dari data Peta Rupa Bumi 1:25.000 Kecamatan Palabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi.

Tabel 3. 1 Koefisien Kekasarhan Permukaan

No.	Jenis Tutupan Lahan	Koefisien Kekasarhan(n)
1.	Badan air	0.007
2.	Belukar	0.040
3.	Hutan mangrove sekunder	0.025
4.	Hutan tanaman	0.070
5.	Permukiman	0.045
6.	Perkebunan	0.035
7.	Pertanian lahan kering	0.025
8.	Pertanian lahan kering campur	0.025
9.	Sawah	0.025
10.	Tanah terbuka	0.015

(Sumber: Berryman, 2005)

Data yang sudah terkumpul selanjutnya dilakukan pemodelan genangan tsunami dengan menggunakan bantuan model yang dikembangkan oleh

Mcsaveney dan Ranttenbury(2000) yaitu *Model Builder* serta menggunakan fungsi *cost distance* pada Software ArcGis yang dimana *cost distanca* ini 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):

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

Dimana:

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

n^2 : Koefisien Kekerasan permukaan. (n)

H_o : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

S : Besarnya lereng permukaan (derajat).

Tabel 3. 2 Skala Immamura-lida

No.	Skala Immamura-lida	Klasifikasi
1.	-1	Tsunami dengan run-up < 50 cm diderah pantai
2.	0	Tsunami dengan run-up 1 m
3.	1	Tsunami dengan run-up > 2 m
4.	2	Tsunami dengan run-up 4-6 m
5.	3	Tsunami dengan run-up 10-20 m
6.	4	Tsunami dengan run-up > 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 Sedang, kemudian untuk kawasan yang tergenang dari ketinggian 5 - 15 m termasuk kelompok tingkat bahaya Tinggi, kawasan yang tergenang dari ketinggian 15-30 m termasuk dalam kelompok tingkat bahaya tinggi, dan untuk kawasan yang tergenang lebih dari 30 m maka termasuk kelompok tingkat bahaya sangat tinggi. Kelompok tingkatan dalam bahaya tsunami pada penelitian kali ini ditentukan bedasarkan skenario, yaitu skenario ketinggian gelombang tsunami 30 m(Putra, 2009).

Selanjutnya pada pembuatan peta kerentanan tsunami, parameter yang dibutuhkan yaitu kerentanan ekonomi berdasarkan penggunaan lahan yang ada pada Kecamatan Palabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi. 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 yang tinggi akan diberikan pada kelas penggunaan lahan yang memiliki tingkat ekonomi yang tinggi, sehingga memiliki tingkat kerentanan tsunami tinggi, begitu juga pada Skor yang rendah akan diberikan kepada kelas penggunaan lahan yang memiliki tingkat ekonomi yang rendah pula, sehingga memiliki tingkat Kerentanan tsunami rendah.

Tabel 3. 3 Skor Tutupan Lahan

No.	Legenda	Skor
1.	Badan air	1
2.	Belukar	2
3.	Hutan mangrove sekunder	2
4.	Hutan tanaman	2
5.	Permukiman	4
6.	Perkebunan	3
7.	Pertanian lahan kering	3
8.	Pertanian lahan kering campur	3
9.	Sawah	3
10.	Tanah terbuka	1

Kemudian pada pembuatan Peta Risiko Tsunami penelitian kali ini didapatkan dari perkalian Peta Genangan(H) dengan Peta Kerentanan(V) dimana persamaan ini akan di implementasikan dengan bantuan *Tools raster calculator* pada sofware ArcGIS. Tingkat Risiko Tsunami ditentukan dengan menggunakan persamaan Model Crunch yaitu:

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

Dimana :

R : Indeks Risiko

H : Indeks Bahaya/Ancaman

V : Indeks Kerentanan

3.5.3 Pembuatan Titik Awal serta Lokasi Tempat Evakuasi

Pembuatan Titik Awal serta Lokasi Tempat Evakuasi ini merupakan langkah selanjutnya dalam pembuatan peta jalur evakuasi tsunami. Data yang diperlukan

dalam pembuatan peta lokasi tempat evakuasi ini diantaranya yaitu Data Batas Administrasi dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) skala 1:25.000, Peta Risiko yang diperoleh dengan menggunakan bantuan Software ArcGIS, Koordinat Bangunan diperoleh dari bantuan Google Earth Pro, Kapasitas Bangunan diperoleh dari dengan menggunakan Show Ruler yang ada pada Sofware Google Earth Pro, Kemudian dibuat Tabel di Ms. Excel dalam bentuk Text Dokumen agar bisa di kelola dalam Sofware ArcGIS. 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).

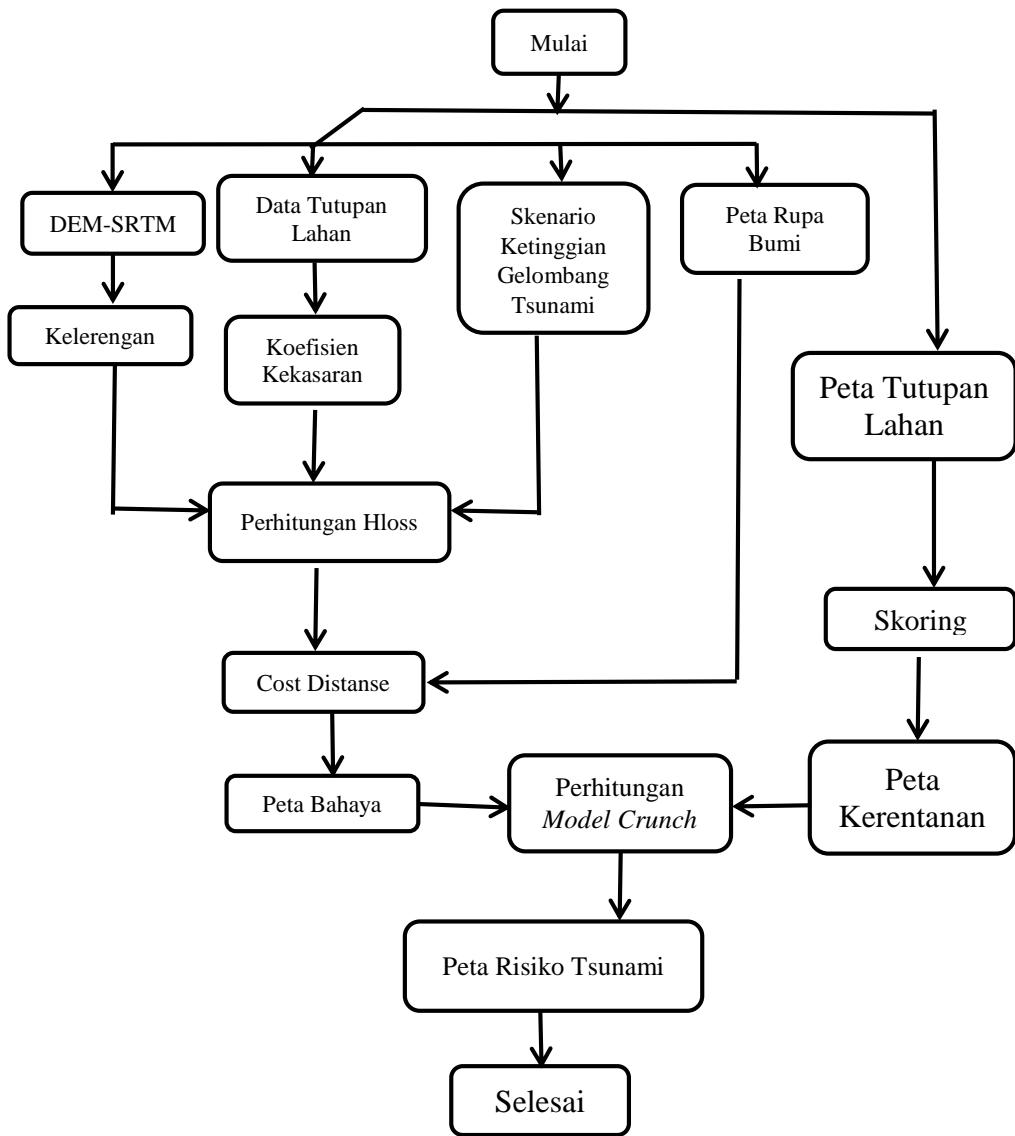
3.5.4 Penentuan Pembuatan Jalur Evakuasi Tsunami

Penentuan/pembuatan Jalur Evakuasi menggunakan *New Rute* yang terdapat pada *Metode Network Analysis* 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 (Tepat).

3.6 Diagram Alir

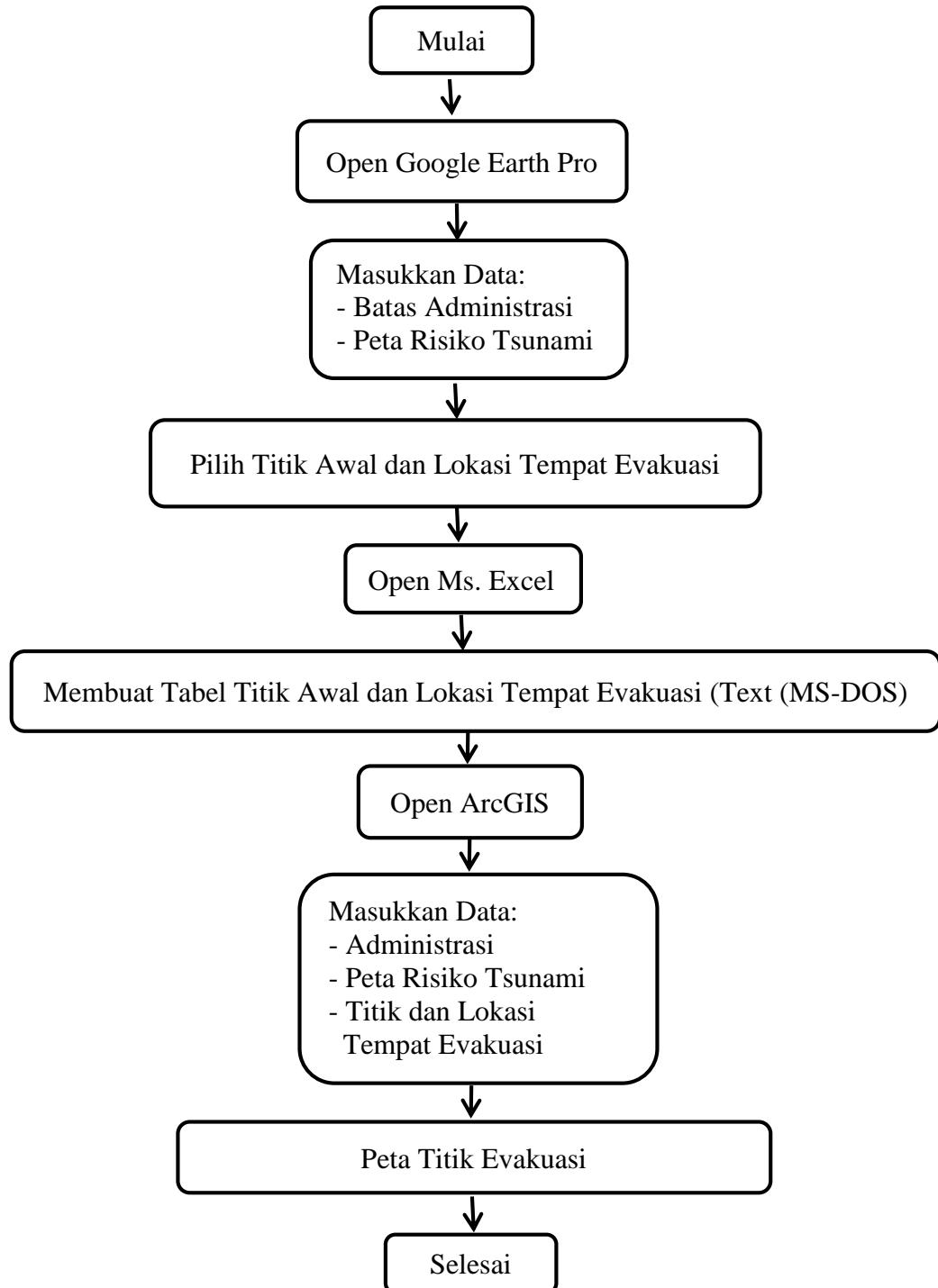
3.6.1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami

Diagram alir berikut untuk penelitian Peta Risiko Tsunami :



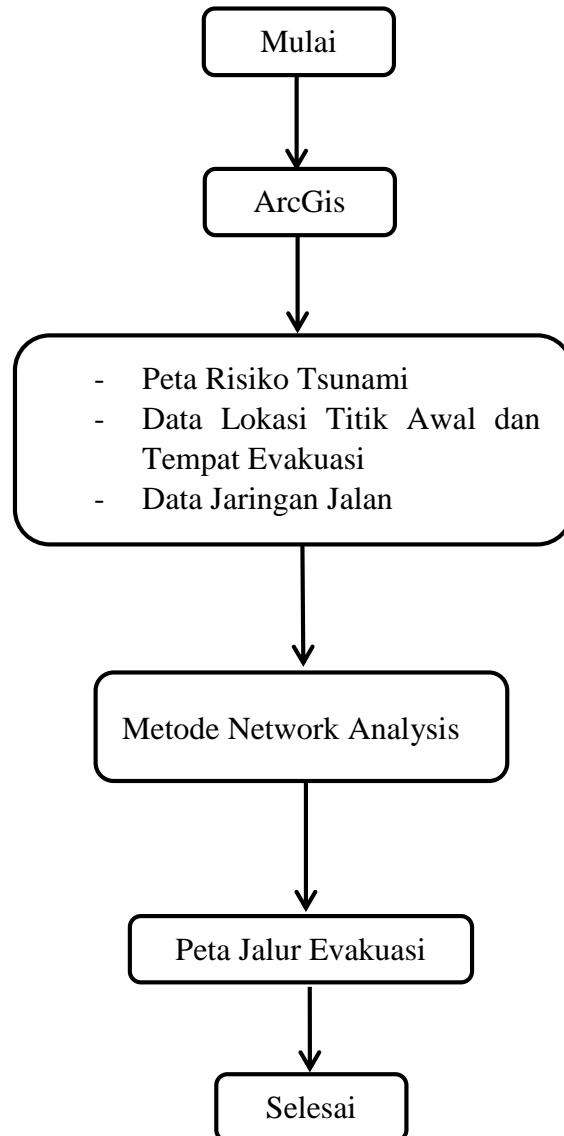
Gambar 3. 1 Alur Penelitian Peta Risiko Tsunami

3.6.2 Alur Penelitian Penentuan 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 Peta Jalur Evakuasi

3.7 Analisis Data

Menurut Dara Zaiyana (2014) Parameter Jalur Evakuasi Tsunami meliputi parameter Kelerengan, Parameter tersebut diperoleh menggunakan data DEM SRTM 1 Arc-Second Global. DEM SRTM 1 Arc-Second Global memiliki resolusi spasial 30 piksel sebagai datum vertical acuannya. Parameter Koefisien Kekasaran permukaan yang diperoleh dari Data Tutupan Lahan, Parameter Garis Pantai, dan

Parameter Skenario Ketinggian Gelombang. 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 Kerentana Tsunami dengan menggunakan persamaan *Model Crunch* yang nantinya akan dimplementasikan dengan bantuan *raster calculator* pada software ArcGis. Selanjutnya Menentukan Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi yang diperoleh dengan menggunakan google earth pro dan software microsof excel. Parameter selanjutnya yaitu Parameter Jaringan Jalan yang didapat dari BIG Skala 1:25.000, Kemudian dioverlay hasil parameter yang telah diperoleh sehingga mendapatkan Peta Jalur Evakuasi yang effektif dan terpendek dengan menggunakan Metode Network Analysis.

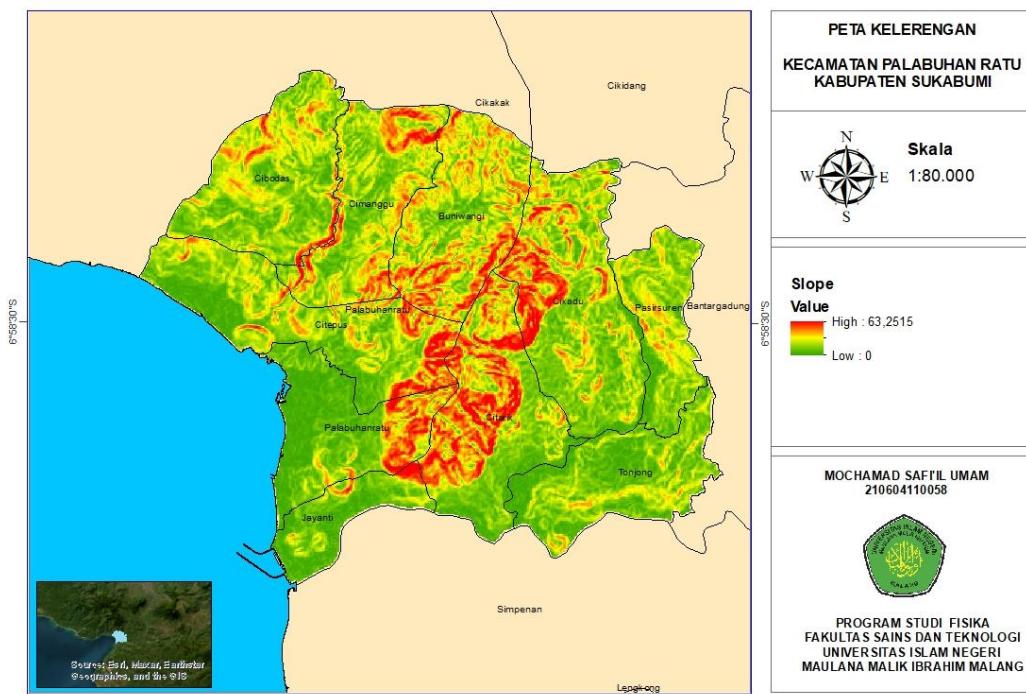
Overlay merupakan analysis spasial dengan menggabungkan dua layer dan teknis terbagi menjadi format data raster atau vector (Prahasta, Eddy. 2009).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peta Risiko Tsunami

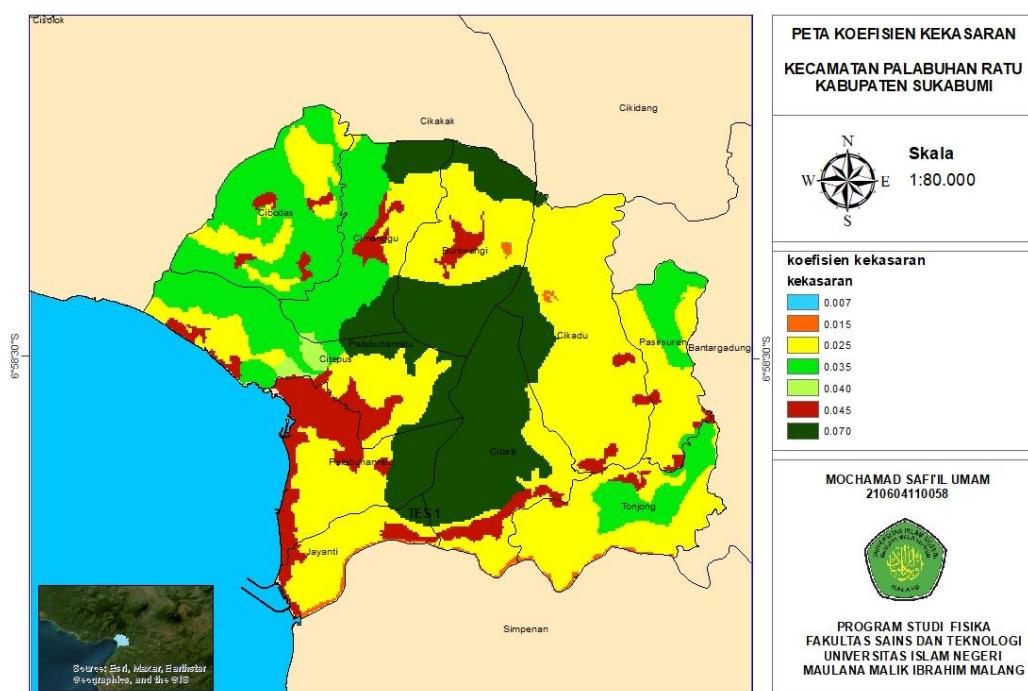
Kecamatan Palabuhan ratu, Kabupaten Sukabumi. Daerah Palabuhan ratu merupakan daerah pesisir di Selatan Kabupaten Sukabumi yang memiliki 10 desa diantaranya Desa Jayanti, Desa Palabuhan Ratu, dan Desa Citepus, Desa Cibodas, Desa Cimanggu, Desa Buniwangi, Desa Citarik, Desa Cikadu, Desa Tonjong, Desa Pasirsuren. Peta bahaya pada penelitian kali ini diolah dengan menggunakan parameter kelerengan, peta koefisien kekasaran permukaan, garis pantai, serta skenario ketinggian gelombang tsunami. Pengolahan peta bahaya pada penelitian kali ini dibantu dengan menggunakan software ArcGIS 10.8.



Gambar 4. 1 Peta Kelerengan

Parameter yang pertama yaitu kelerengan didapatkan dari DEM SRTM 1 Arc-Second Global. DEM SRTM 1 Arc-Second Global diolah dengan menggunakan

slope pada raster surface di menu 3D Analys Tools, sehingga mendapatkan hasil kelerengan 0 - 63.2515(derajat). Berdasarkan pengolahan kelerengan yang telah diperoleh menunjukkan Area berwarna hijau dan kuning mewakili kelerengan datar hingga landai, yang merupakan zona pesisir dan pusat permukiman. Zona ini adalah area risiko tertinggi terkena tsunami, Sebaliknya, area berwarna merah, yang menunjukkan kelerengan sangat curam, berfungsi sebagai zona keselamatan alamiah.

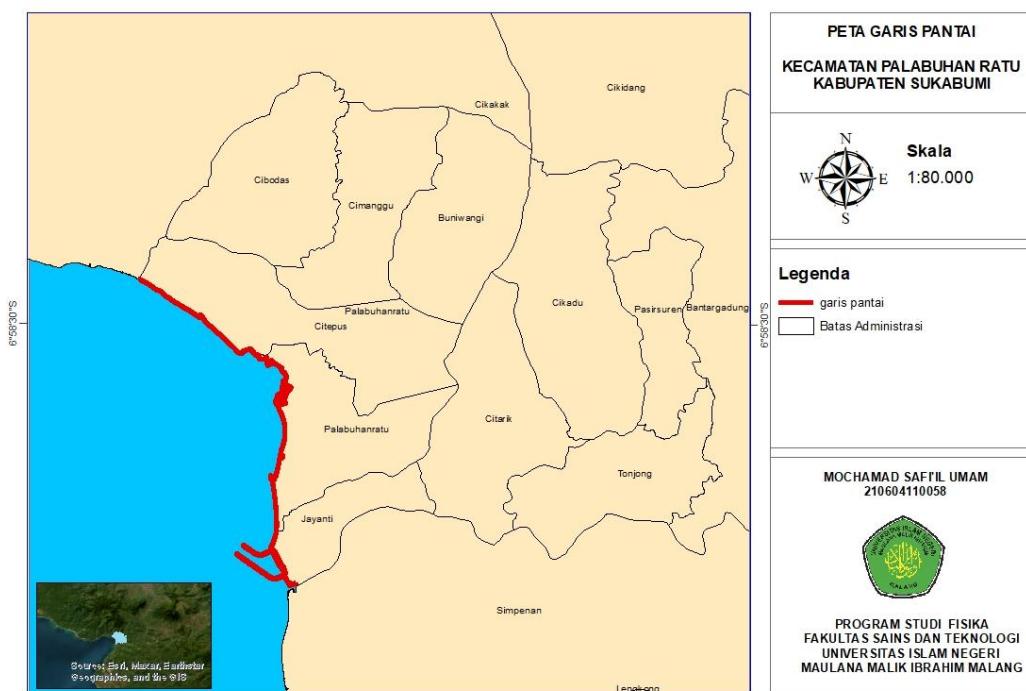


Gambar 4. 2 Peta Koefisien Kekasaran

Parameter selanjutnya yaitu peta koefisien kekasaran diperoleh dari peta tutupan lahan, yang mana pada atributnya diberi tambahan nilai kekasaran sesuai dengan tabel 3.1 dan kemudian dirasterkan dengan menggunakan polygon to raster pada menu conversion tools. Nilai koefisien kekasaran permukaan pada penelitian kali ini diketahui memiliki nilai tertinggi 0.070 dan nilai terendahnya 0.007. Semakin tinggi nilai koefisien kekasaran permukaan dapat menunjukkan semakin tinggi pula kekuatannya dalam menahan terjangan gelombang tsunami, dan begitu

pula sebaliknya apabila semakin rendah nilai koefisien kekasaran permukaan maka semakin rendah kekuatannya dalam menahan terjangan gelombang tsunami.

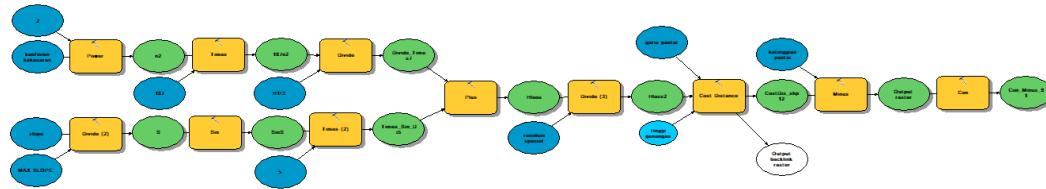
Nilai koefisien kekasaran permukaan tertinggi pada penelitian kali ini ialah wilayah hutan. Seperti yang telah diketahui bahwa hutan merupakan suatu wilayah yang luas yang mana isinya didominasi oleh kumpulan pepohonan dengan manfaatnya yang beragam. Salah satu manfaat dari hutan sendiri yaitu dapat menahan terjangan gelombang tsunami dengan mengurangi laju energi tsunami.



Gambar 4. 3 Peta Garis Pantai

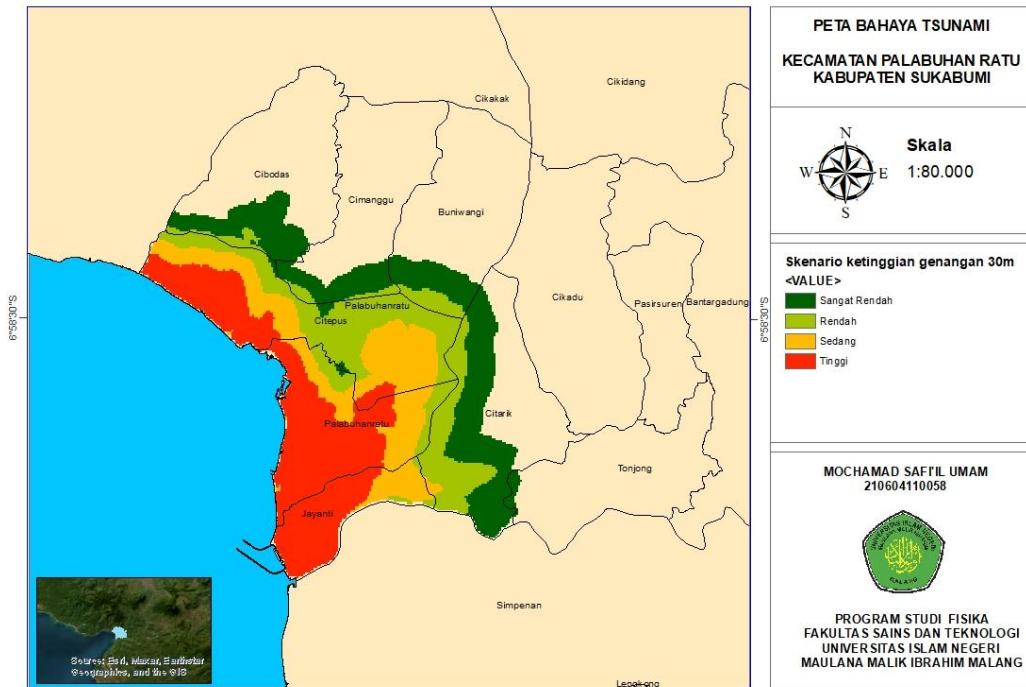
Parameter yang terakhir yaitu garis pantai dan skenario ketinggian gelombang tsunami. Garis pantai pada penelitian kali ini diperoleh dari peta rupa bumi 1:25.000 Kabupaten Sukabumi. Garis pantai yang digunakan adalah garis pantai Kecamatan Palabuhan ratu sesuai dengan lokasi penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini. Adapun skenario ketinggian gelombang tsunami yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu 30 m. Skenario ketinggian gelombang tsunami pada penelitian kali ini didasari oleh skala intensitas tsunami Immamura-lida.

Tahapan selanjutnya yaitu memodelkan genangan tsunami dengan menggunakan model builder dan fungsi cost distance pada software ArcGIS. Seluruh parameter dimasukkan sebagai input parameter dalam model builder dikembangkan oleh Mesaveney dan Rattenbury (2000). Dapat dilihat bahwa warna biru pada gambar menunjukkan data input atau masukan, warna kuning menunjukkan tool, dan warna hijau menunjukkan output atau hasil. Proses pemodelan pada kali ini dapat berjalan lancar saat proses running dilakukan, hal ini ditunjukkan pada gambar 4.4 bahwa terdapat bayangan di bawahnya.



Gambar 4. 4 Model Builder

Berdasarkan Pemodelan yang telah dilakukan, didapatkan hasil ataupun outputan yang berupa Peta Bahaya/Ancaman Bencana Tsunami dengan Skenario Ketinggian Gelombang 30 meter yang kemudian di reclassify untuk mengetahui kelas bahaya dan luas willyah yang tergenang. Adapun Kelas Bahaya dan Luas Wilayah yang Tergenang Tsunami pada Skenario Ketinggian Gelombang Tsunami 30 meter sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Peta Bahaya

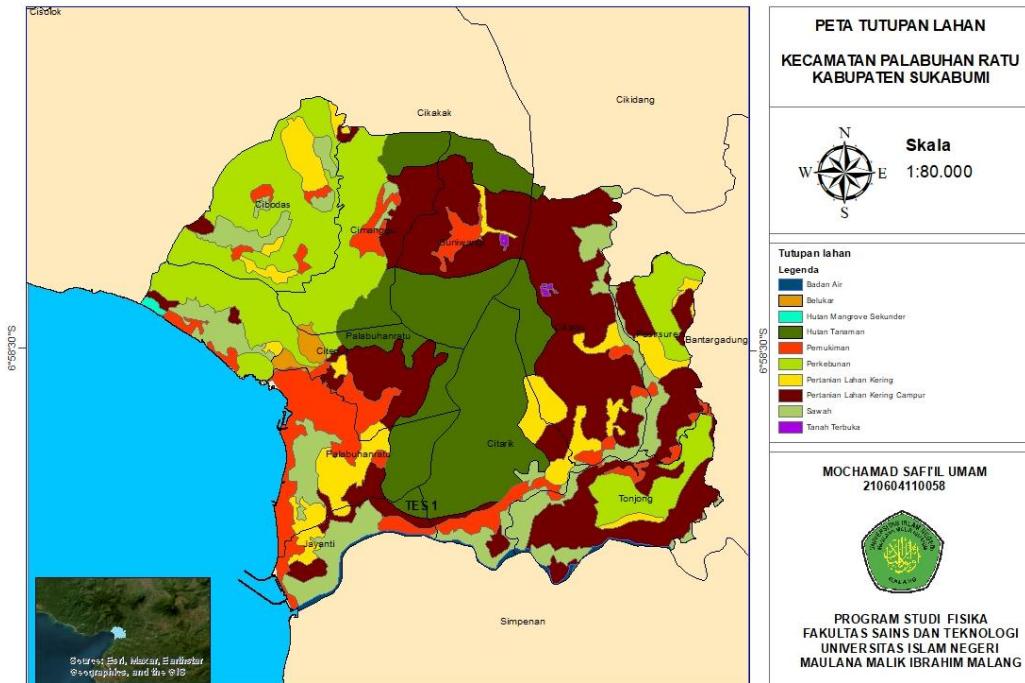
Tabel 4. 1 Luas Wilayah Terdampak Bencana Tsunami

	Kelas Tingkat Bahaya Tsunami	Gridcode	Luas Wilayah Bahaya Tsunami(km ²)	Total Luas Genangan (km ²)
Skenario Ketinggian Gelombang Tsunami 30 m	<2m(Sangat Rendah)	1(hijau gelap)	9.10	36.03
	2-5m(Rendah)	2(hijau terang)	8.84	
	5-15m(Sedang)	3(orange)	7.23	
	15-30m(Tinggi)	4(merah)	10.86	

Berdasarkan hasil pemodelan dan Tabel diatas di dapatkan hasil Peta Bahaya/Ancaman Bencana Tsunami dengan skenario ketinggian 30 m pada gambar 4.5 pada Kecamatan Palabuhan Ratu memiliki total luas wilayah tergenang 36.03 km². Dimana Luas wilayah Bahaya Berdasarkan Klasifikasi Kelas Tingkat bahaya Tsunami yaitu pada wilayah yang memiliki luas wilayah bahaya tsunami 9.10 km² dengan tinggi genangan <2 m maka merupakan Kelas Tingkat Bahaya Tsunami Sangat Rendah dengan gridcode 1 variasi warna hijau gelap, selanjutnya pada

wilayah yang memiliki luas wilayah bahaya tsunami 8.84 km^2 dengan tinggi genangan 2-5 maka merupakan Kelas Tingkat Bahaya Tsunami Rendah dengan gridcode 2 variasi warna hijau terang, kemudian pada wilayah yang memiliki luas wilayah bahaya tsunami 7.23 km^2 dengan tinggi genangan 5-15 m maka merupakan Kelas Tingkat Bahaya Tsunami Sedang dengan gridcode 3 variasi warna orange, yang terakhir pada wilayah yang memiliki luas wilayah bahaya tsunami 10.86 km^2 dengan tinggi genangan 15-30 m maka merupakan Kelas Tingkat Bahaya Tsunami Tinggi dengan gridcode 4 variasi warna Merah.

Pada Pembuatan Peta Kerentanan pada penelitian kali ini Parameter yang digunakan yaitu kerentanan ekonomi berdasarkan Penggunaan Lahan yang ada pada Kecamatan Palabuhan ratu, Kabupaten Sukabumi. Penggunaan lahan yang telah didapatkan, Kemudian diberikan Skor sesuai dengan pengaruh yang diberikan terhadap ekonomi masyarakat untuk melihat tinggi rendahnya kerentanan tsunami pada daerah. Skor yang tinggi akan diberikan pada Kelas penggunaan Lahan yang memiliki tingkat ekonomi yang tinggi, sehingga memiliki tingkat Kerentanan tsunami yang tinggi, begitu juga pada Skor yang rendah akan diberikan kepada Kelas Penggunaan Lahan yang memiliki Tingkat Ekonomi yang Rendah sehingga memiliki Kerentanan tsunami yang rendah.

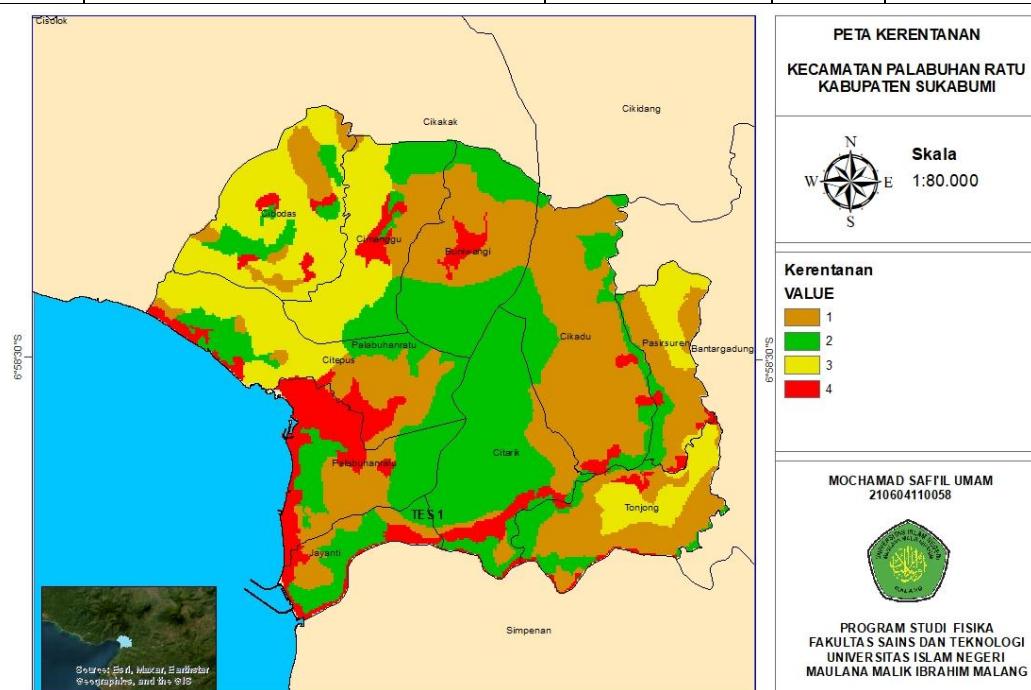


Gambar 4. 6 Peta Tutupan Lahan

Berdasarkan Peta Tutupan Lahan yang yang telah didapat pada Gambar 4.6 Kecamatan Palabuhan ratu yang pertama badan air yaitu dengan Luas sebesar 0.54 Km², Selanjutnya belukar dengan Luas sebesar 0.67 Km², Lahan hutan mangrove sekunder dengan Luas sebesar 0.10 Km², Lahan hutan tanaman dengan Luas sebesar 19.81 Km², Lahan pemukiman dengan Luas sebesar 8.19 Km², dan yang terakhir yaitu Lahan Tanah Terbuka dengan Luas sebesar 0.21 Km². Kemudian dilakukan skoring sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Skor dan Luas Kelas Tutupan Lahan

No.	Legenda	Koefisien Kekasarhan (n)	Skor	Luas (km)
1.	Badan Air	0.007	1	0.054
2.	Belukar	0.040	2	0.63
3.	Hutan Mangrove Sekunder	0.025	2	0.11
4.	Hutan Tanaman	0.070	2	19.82
5.	Permukiman	0.045	4	8.19
6.	Perkebunan	0.035	3	19.22
7.	Pertanian Lahan Kering	0.025	3	7.24
8.	Pertanian Lahan Kering Campur	0.025	3	26.05
9.	Sawah	0.025	3	9.95
10.	Tanah Terbuka	0.015	1	0.11



Gambar 4. 7 Peta Kerentanan

Berdasarkan Tabel 4.2, Skor yang tertinggi terdapat pada Lahan permukiman yaitu 4 seluas 8.19 km^2 , Selanjutnya Skor yang tertinggi kedua yaitu pada Lahan Perkebunan seluas 19.22 km^2 , Pertanian Lahan Kering seluas 7.24 km^2 , Lahan Kering Campur seluas 26.05 km^2 dan Sawah seluas 9.95 km^2 dengan nilai Skor 3, kemudian Skor yang terendah kedua terdapat pada Hutan Tanaman seluas 19.82 km^2 , Hutan Mangrove Sekunder seluas 0.11 km^2 dan Belukar seluas 0.63 km^2 dengan nilai Skor sebesar 2, Kemudian Skor yang paling rendah yaitu Tanah

Terbuka seluas 0.11 km² dan Badan Air seluas 0.54 km² dengan nilai Skor 1.

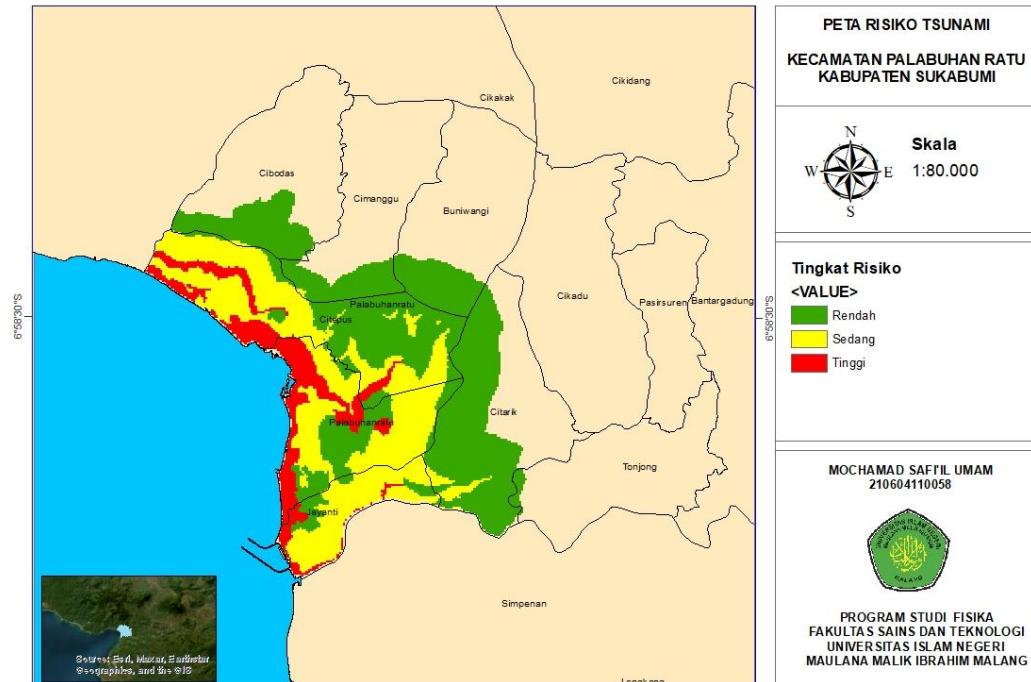
Setelah Peta Bahaya/Ancaman Bencana Tsunami dan Peta Kerentanan pada Wilayah Kecamatan Palabuhan Ratu, selanjutnya yaitu membuat peta Resiko Tsunami dengan menggunakan persamaan *Model Crunch* dalam menentukan tingkat risiko tsunami. Dimana akan dilakukan menggunakan *raster calculator* untuk mengimplementasikan persamaan *Model Crunch* pada software ArcGis. Pada penentuan tingkat risiko tsunami penelitian kali ini mengelompokkan menjadi 3 kelas tingkat risiko tsunami yaitu terdapat pada table berikut:

Tabel 4. 3 Luasan Risiko pada Skenario Ketinggian 30 m

Skenario ketinggian gelombang tsunami 30m	Kelas Tingkat Risiko Tsunami	Gridcode	Luas Wilayah Risiko (km ²)	Total Luas Risiko (km ²)
1-6 m(Rendah)	1(hijau)	19.16	36.01	
	2(kuning)	12.71		
	3(merah)	4.14		

Pada Tabel diatas dapat dianalisis, penelitian ini digunakan skenario ketinggian gelombang tsunami sebesar 30 m. Namun, hasil pemodelan menunjukkan bahwa tinggi genangan tsunami yang mencapai wilayah daratan tidak sama dengan tinggi gelombang awal. Setelah gelombang memasuki daratan, tinggi genangan mengalami penurunan akibat pengaruh kondisi topografi dan kemiringan wilayah. Oleh karena itu, tinggi genangan maksimum yang diperoleh dari hasil analisis hanya mencapai 16 m. Berdasarkan nilai tersebut, tingkat risiko tsunami kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kelas, yaitu risiko rendah 1–6 m dengan Luas 19.16 Km², risiko sedang 6–9 m dengan Luas 12.71 Km², dan risiko tinggi 9–16 m, Kelas risiko tsunami Rendah terdapat pada interval 1-6 m, Selanjutnya Kelas

Risiko Sedang terdapat pada interval 6-9 m dengan Luas 4.14 Km^2 .



Gambar 4. 8 Peta Risiko Tsunami

Pada Peta Risiko Tsunami, desa yang mempunyai dampak risiko tertinggi terdapat pada Desa Citepus dengan total luas risiko desa terdampak sebesar 11.63 km^2 dengan gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 4.47 km^2 , gridcode 2 variasi warna kuning sebesar 5.51 km^2 , dan gridcode 3 variasi warna merah sebesar 1.65 km^2 . Kemudian Luas Wilayah yang terdampak risiko lebih rendah daripada Desa Citepus terdapat pada Desa Palabuhan Ratu dengan total luas risiko sebesar 8.09 km^2 dengan gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 1.99 km^2 , gridcode 2 variasi warna kuning sebesar 4.00 km^2 , dan gridcode 3 variasi warna merah sebesar 2.01 km^2 . Selanjutnya Luas Wilayah yang terdampak risiko lebih rendah daripada Desa Palabuhan Ratu terdapat pada Desa Citarik dengan total Luas Risiko Tsunami sebesar 6.46 km^2 dengan gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 6.13 km^2 , gridcode 2 variasi warna kuning sebesar 0.33 km^2 . Kemudian Desa yang mempunyai dampak risiko lebih rendah dari Desa Citarik terdapat pada Desa

Jayanti dengan total Luas Risiko Tsunami sebesar 3.83 Km² dengan gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 0.58 km², gridcode 2 variasi warna kuning sebesar 2.79 dan gridcode 3 variasi warna merah sebesar 0.46 km². Selanjutnya Wilayah yang mempunyai dampak lebih rendah daripada Desa jayanti terdapat pada Desa Cibodas dengan Total Luas Risiko Tsunami sebesar 2.43 km² gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 2.41 km² , gridcode 2 variasi warna kuning sebesar 0.02 km². Kemudian wilayah yang mempunyai dampak risiko lebih rendah dari Desa Cibodas terdapat pada Desa Buniwangi dengan Total Luas Risiko Tsunami sebesar 1.77 km² gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 1.77 km². Selanjutnya Wilayah yang mempunyai dampak lebih rendah daripada Desa Buniwangi terdapat pada Desa Cimanggu dengan Total Luas Risiko Tsunami sebesar 1.6 km² gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 1.58 km² , gridcode 2 variasi warna kuning sebesar 0.02 km². Kemudian terakhir wilayah yang mempunyai dampak paling rendah terdapat pada Desa Tonjong dengan Total Luas Risiko Tsunami sebesar 0.2 km² dengan gridcode 1 variasi warna hijau tua sebesar 0.2 km².

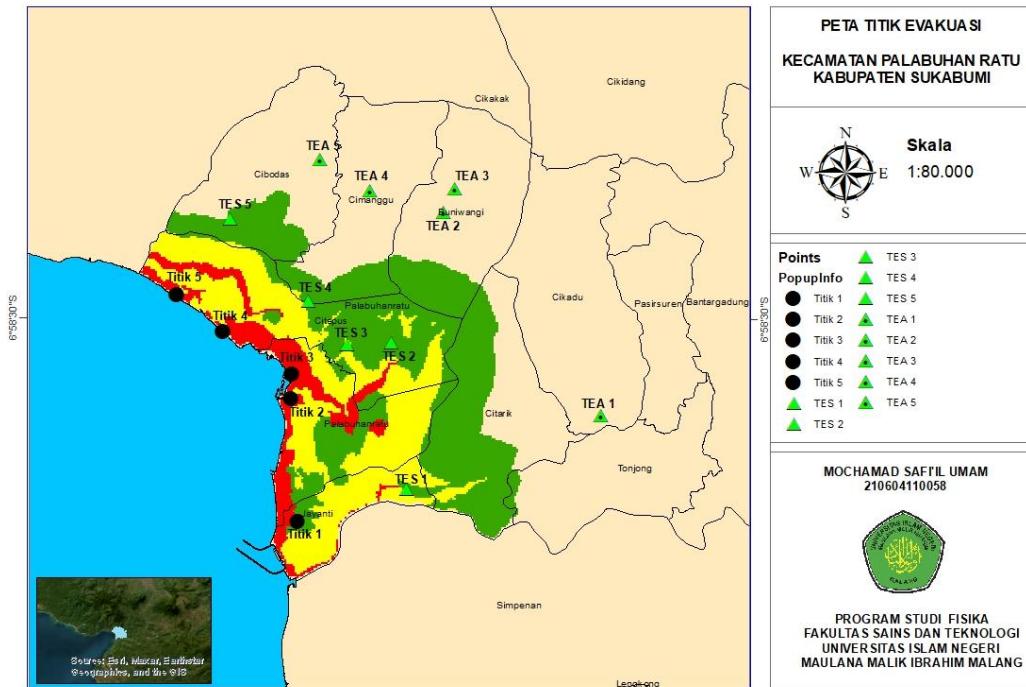
4.2 Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi

Pada pembuatan Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi penelitian kali ini menggunakan bantuan sofware Google Earth dan Microsoft Excel. Pada penentuan Lokasi Titik A wal dan Lokasi Tempat Evakuasi baik Tes maupun Tea, Parameter yang digunakan yaitu Peta Risiko Tsunami ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan lokasi Tempat Evakuasi baik Tes maupun Tea. Kemudian mengukur Luas Tempat Evakuasi baik Tes maupun Tea dengan menggunakan Show Ruler yang berada pada Sofware Google Earth. Kemudian dapat menentukan Kapasitas Tempat Evakuasi baik Tes maupun Tea yang telah ditentukan dengan

menggunakan Pedoman FEMA P646, 2008. Seperti Hasil pada Tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4. 4 Tabel Data Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi Tsunami (Tes dan Tea)

No	Nama	Nama lokasi	Luas (m ²)	Kapasitas (1 m ² / 2 Orang)
1	Titik 1	Panti Sosial Rehabilitas		
2	Titik 2	Komplek Perumahan Ppn Palabuhanratu		
3	Titik 3	Pasar Semi Modern Pelabuhan Ratu		
4	Titik 4	Pantai Citepus		
5	Titik 5	Citepus Kebon Kalapa Palabuhanratu		
6	TES 1	Perumahan Jayanti Asri 2	1.963	3.926
7	TES 2	Pengadilan Agama Cibadak Kelas 1a	5.875	11.750
8	TES 3	Pondok Pesantren Daarul Quran Al Waafy	563	1.126
9	TES 4	Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sukabumi	2.358	4.716
10	TES 5	Lapangan Sepak Bola Cibodas	5.030	10.060
11	TEA 1	Pondok Pesantren Kalisongo	1.256	2.512
12	TEA 2	Mts Nurul Huda Buniwangi	1.396	2.792
13	TEA 3	Pondok Pesantren Assalafiyyah	502	1.004
14	TEA 4	Kantor Kepala Desa Cimanggu	585	1.170
15	TEA 5	Mts Darussalam Pelabuhan Ratu	1.029	2.058



Gambar 4. 9 Peta Titik Evakuasi

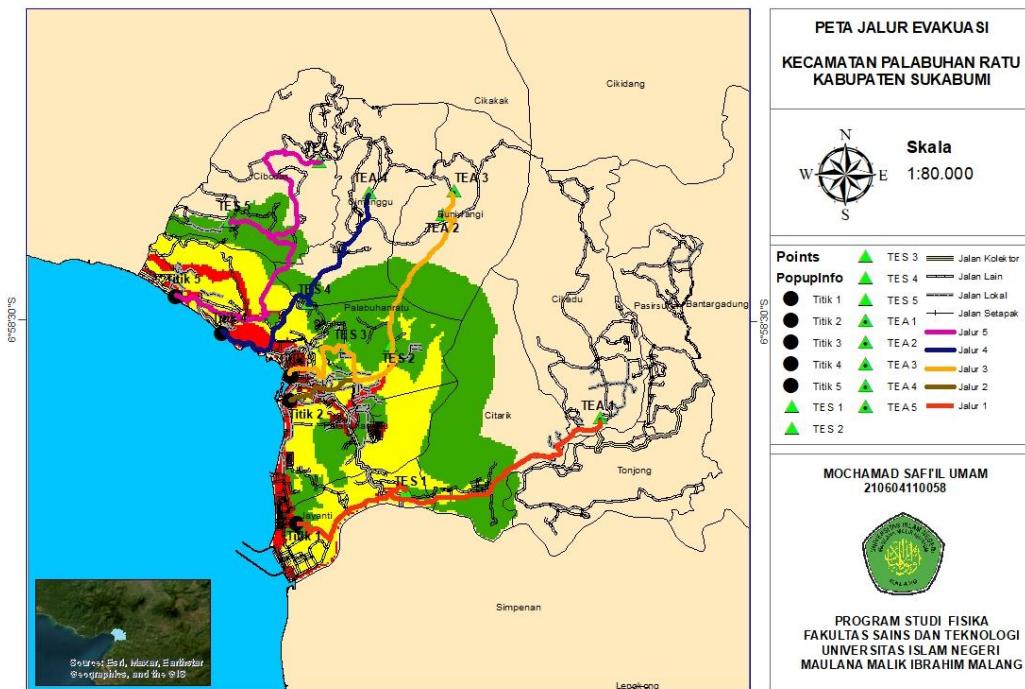
Berdasarkan Gambar 4.9 dan Tabel 4.4 diatas didapat Kapasitas Tempat Evakuasi Sementara (Tes) 1,2,3,4, dan 5 yaitu Perumahan Jayanti Asri 2 (Tes1) memiliki kapasitas untuk menampung 3.926 m^2 orang dengan Luas 1.963 m^2 , Pengadilan Agama Cibadak Kelas 1A (Tes2) memiliki Kapasitas untuk menampung 11.750 orang dengan Luas 5.875 m^2 , Pondok Pesantren Daarul Quran Al Waafy (Tes3) memiliki Kapasitas untuk menampung 1.126 orang dengan Luas 563 m^2 , Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sukabumi (Tes4) memiliki Kapasitas untuk menampung 4.716 orang dengan Luas 2.358 m^2 , dan Lapangan Sepak Bola Cibodas Lapangan Sepak Bola Cibodas (Tes5) memiliki Kapasitas untuk menampung 10.060 orang dengan Luas 5.030 m^2 .

Kemudian Pada Tempat Evakuasi Akhir (TEA) didapat Kapasitas pada masing-masing TEA dari TEA 1, 2, 3, 4, dan 5 yaitu pada TEA 1 yakni Pondok Pesantren Kalisongo memiliki Kapasitas untuk menampung 2.512 orang dengan Luas 1.256 m^2 , Selanjutnya pada TEA 2 yakni Mts Nurul Huda Buniwangi

memiliki Kapasitas untuk menampung 2.792 orang dengan Luas 1.396 m², Pada TEA 3 Pondok Pesantren Assalafiyyah memiliki Kapasitas untuk menampung 1.004 orang dengan Luas 502 m², Pada TEA 4 Kantor Kepala Desa Cimanggu memiliki Kapasitas untuk menampung 1.170 orang dengan Luas 585 m², Pada TEA 5 Mts Darussalam Pelabuhan Ratu memiliki Kapasitas untuk menampung 2.058 orang dengan Luas 1.029 m². Dimana diasumsikan bahwa pengungsi dalam keadaan posisi duduk tanpa kursi (dalam keadaan bersila atau kaki menekuk kedepan) untuk beberapa jam selama pengungsi menunggu waktu kritis gelombang tsunami mereda. Sehingga didapatkan Peta Titik Awal dan Lokasi Tempat Evakuasi Tsunami berdasarkan posisi koordinatnya.

4.3 Peta Jalur Evakuasi

Parameter yang dibutuhkan pada pembuatan jalur evakuasi penelitian kali ini yaitu Peta Administrasi Kecamatan Palabuhan Ratu, Peta Risiko, Peta Titik Awal, Tes, dan Tea serta Data Jaringan Jalan yang akan dikelolah dengan bantuan software ArcGis. Pada Pembuatan Peta Jalur kali ini menggunakan metode Network Analysis berupa New Route dimana New Route ini berfungsi untuk menemukan jalan/route yang optimal serta efisien sehingga dapat dilewati oleh masyarakat dengan mudah ketika ingin mengevakuasi diri pada saat terjadi Tsunami.



Gambar 4. 10 Jalur Evakuasi

Berdasarkan Gambar 4.10 diatas telah didapatkan jalur evakuasi tsunami untuk ketinggian tsunami 30 m dari laut ke daratan, dimana Skenario ketinggian gelombang tsunami 30 m ini mengacu pada tinggi tsunami terburuk yang mungkin dapat terjadi akibat proses perambatan tsunami menurut skala Imamura-Iida dan juga mengacu pada perkiraan ketinggian gelombang tsunami dari BMKG.

Pada Jalur/Route Titik 1 yaitu Panti Sosial Rehabilitas Sosial menuju Tempat Evakuasi Sementara 1 (TES 1) yaitu Perumahan Jayanti Asri 2 kemudian dari TES 1 menuju Tempat Evakuasi Akhir 1 (TEA 1) yaitu Pondok Pesantren Kalisongo dengan total panjang jalur yaitu 9.86 km, Jalur/Route Titik 2 yaitu Komplek Perumahan PPN Palabuhan ratu menuju Tempat Evakuasi Sementara 2 (TES 2) yaitu Pengadilan Agama Cibadak Kelas 1A kemudian dari TES 2 menuju Tempat Evakuasi Akhir 2 (TEA 2) yaitu MTS Nurul Huda Buniwangi dengan total panjang jalur yaitu 7.13 km, Jalur/Route Titik 3 yaitu Pasar Semi Modern Palabuhan ratu menuju Tempat Evakuasi Sementara 3 (TES 3) yaitu Pondok Peantren Daarul

Quran Al Waafy kemudian dari TES 3 menuju Tempat Evakuasi Akhir 3 (TEA 3) yaitu Pondok Pesantren Assalafiyyah dengan total panjang jalur yaitu 8.04 km, Jalur/Route Titik 4 yaitu Pantai Citepus menuju Tempat Evakuasi Sementara 4 (TES 4) yaitu Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sukabumi kemudian dari TES 4 menuju Tempat Evakuasi Akhir 4 (TEA 4) yaitu Kantor Kepala Desa Cimanggu dengan total panjang jalur yaitu 6.46 km, Jalur/Route Titik 5 yaitu Citepus Kebun Kalapa Palabuhan Ratu menuju Tempat Evakuasi Sementara 5 (TES 5) yaitu Lapangan Sepakbola Cibodas kemudian dari TES 5 menuju Tempat Evakuasi Akhir 5 (TEA 5) yaitu MTS Darussalam Palabuhan Ratu dengan total panjang jalur yaitu 11.32 km.

4.4 Kajian Keislaman

Bencana ialah suatu bentuk musibah untuk mengetahui seberapa besar kadar keimanan suatu ummat sebagai peringatan akan apa yang telah diperbuat. Sesuai dengan firman Allah swt dalam QS. Al-Baqarah ayat 195:

الْمُحْسِنِينَ يُحِبُّ اللَّهُ إِنَّ أَكْحَسِنُوا وَاللَّهُ سَبِيلٌ فِي وَأَنْفَقُوا

Artinya:"Dan belanjakanlah (harta bendamu) di jalan Allah, dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan. Dan berbuat baiklah, karena sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik." (QS. Al-Baqarah: 195)

Mengabaikan peringatan tsunami, membangun di zona rawan, atau tidak membuat jalur evakuasi adalah bentuk "menjatuhkan diri dalam kebinasaan". Agama mewajibkan umatnya untuk mengambil langkah preventif terhadap bencana.

Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa ayat ini turun berkenaan dengan larangan menahan diri dari berinfak di jalan Allah karena takut miskin. Namun,

maknanya lebih luas dan berlaku umum "Segala bentuk tindakan yang menyebabkan kebinasaan diri termasuk dalam larangan ini. Termasuk di dalamnya adalah: tidak berobat saat sakit, tidak berhati-hati terhadap musuh, tidak menjaga diri dari bahaya, dan segala perbuatan yang bisa mengantarkan pada kebinasaan."

Relevansi dengan tsunami yaitu Tidak membuat jalur evakuasi, tidak memperhatikan risiko pesisir, atau mengabaikan ilmu mitigasi adalah bagian dari kebinasaan yang dilarang oleh ayat ini.

Tafsir Al-Muyassar "Infakkanlah harta kalian di jalan Allah. Janganlah kalian tinggalkan jihad dan kebaikan karena takut kehilangan harta atau jiwa, karena itu akan menjatuhkan kalian pada kehancuran." Dalam konteks sekarang, "jihad" dapat dimaknai sebagai perjuangan mengurangi risiko bencana dengan pengorbanan waktu, tenaga, dan dana.

Tafsir Al-Maraghi "Ayat ini mengandung larangan melakukan perbuatan yang mencelakakan diri sendiri, baik secara langsung maupun tidak langsung. Menjaga jiwa adalah kewajiban." Termasuk dalam hal ini: Tidak mengikuti pelatihan evakuasi Membangun rumah di daerah rawan tsunami tanpa antisipasi Menolak peringatan dini karena kelalaian atau ketidaktahuan

Tafsir Sayyid Qutb Fi Zhilalil Qur'an menafsirkan bahwa ayat ini menunjukkan bahwa Allah melarang umat Islam untuk menyerahkan diri kepada kehancuran dengan kelalaian dan kemalasan. "Kehidupan Islam adalah kehidupan perjuangan. Maka tidak boleh ada sikap menunggu kehancuran datang karena takut mengambil tindakan." Dalam konteks bencana, ayat ini mendorong kesadaran dan kesiapan menghadapi risiko, bukan pasrah tanpa usaha.

Tafsir Al-Baghawi menjelaskan bahwa "jangan menjatuhkan dirimu ke dalam kebinasaan" dapat mencakup: Tidak berjaga-jaga terhadap bencana Tidak memperhatikan keamanan Meremehkan nasihat para ahli Bencana tsunami adalah fenomena yang dapat diketahui risikonya secara ilmiah. Maka, mengabaikannya adalah kebodohan yang dilarang syariat. Ayat ini sangat mendukung secara spiritual dan etis bahwa Ilmu dan teknologi seperti SIG, pemetaan risiko, dan jalur evakuasi adalah bentuk infaq modern dan perbuatan ihsan, Mengabaikan penyusunan peta evakuasi atau peringatan dini tsunami bisa dimaknai sebagai menjerumuskan masyarakat dalam kehancuran, Tindakan pencegahan (mitigasi) adalah kebaikan yang sangat disukai Allah karena menjaga kehidupan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian kali ini yaitu:

1. Berdasarkan data skenario ketinggian gelombang tsunami 30 meter, dapat disimpulkan bahwa total luas wilayah yang terdampak risiko adalah 36,01 km². Dari total tersebut, wilayah dengan tingkat risiko rendah (1-6 m) mendominasi cakupan area seluas 19,16 km², diikuti oleh wilayah risiko sedang (6-9 m) seluas 12,71 km². Sementara itu, wilayah dengan risiko tinggi (9-16 m) memiliki cakupan terkecil yaitu seluas 4,14 km². Secara keseluruhan, meskipun area dengan tingkat risiko tinggi paling sempit, seluruh wilayah seluas 36,01 km² tersebut memerlukan perhatian khusus dalam upaya mitigasi bencana untuk menghadapi skenario gelombang ekstrem.
2. Peta titik dan jalur evakuasi bencana tsunami di Kecamatan Palabuhan Ratu, menunjukkan bahwa telah berhasil ditentukan lima rute evakuasi utama yang menghubungkan Titik awal menuju Tempat Evakuasi Sementara (TES) dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA).

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlunya adanya penelitian lebih lanjut mengenai Tempat Evakuasi Sementara (TES), dan Tempat Evakuasi Akhir (TEA) tentang waktu yang diperlukan untuk menempuh Jalur Evakuasi serta melakukan simulasi langsung dengan masyarat pada Kecamatan Palabuhan Ratu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksa, Furqan Ishak., dkk. 2021. Geografi Bencana. Acch: Syiah Kuala University Press.
- Adiyoso, Wignyo. 2018. Manajemen Bencana. Jakarta: Bumi Aksara.
- Amri, Mohd Robi., dkk. 2015. Risiko Bencana Indonesia, Jakarta: BNPB.
- A. R. Santoso, 2018. Penerapan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Risiko Tsunami di Pesisir Selatan Jawa. *Jurnal Teknik Geodesi* (2018).
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, (2025). GEMPABUMI TEKTONIK M4,8 DIRASAKAN DI SUKABUMI-JABAR. <https://lampung.bmkg.go.id/info/?ase=viwegsig&r=geofisika&idd=bmkg2025fjrj>.
- BNBP (2012) ‘Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Tentang Daftar Isi Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko 2.
- B. M. Pramudya, et al, 2014. Analisis Gempa dan Potensi Tsunami di Pesisir Selatan Jawa. *Jurnal Sains dan Teknologi* (2014).
- Diposaptono, S., Budiman, 2016. Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Ilmiah Populer.
- Ditjen KP3K, 2016. Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta
- Dewi, R.S., 2012. A-Gis Based Approach of an Evacuation Model for Tsunami Risk Reduction. *J. Integr. Disaster Risk Manag.* 2, 108–139. doi:10.5595/idrim.2012.0023
- Diposaptono, S., 2013. Sebuah Kumpulan Pemikiran Mitigasi Bencana dan Adaptasi Perubahan Iklim. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- ESRI, 2010. Network Analyst Tutorial. <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/pdf/network-analyst-tutorial.pdf>. Diakses pada tanggal 25 Februari 2017
- E. S. Hidayat, et al, 2017. Analisis Kerentanan Pesisir terhadap Tsunami di Pelabuhan Ratu. *Jurnal Geografi* (2017).
- Gusman, A. R., & Widiyanto, P. (2020). "Potensi Tsunami di Pelabuhan Ratu Berdasarkan Zona Subduksi Samudra Hindia." *Jurnal Teknologi Mitigasi Bencana*, 8(2), 120-134.
- Goodchild, Michael F. 2005. GIS and Modeling Overview GIS, Spasial Analysis,

- and Modeling. California: ESRI Press.
- Haridhi, Haekal Azief. 2020. Sistem Informasi Geografis Lautan. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Indayanto, Agus., Arqom Kuswanjono. 2012. Respon Masyarakat Lokal Atas Bencana. Yogyakarta: PT Mizan Pustaka.
- 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.
- Power, W. and Leonard, G. S. (2013) ‘Tsunami’, Encyclopedia of Earth Sciences Series, pp. 1036–1046. doi: 10.1007/978-1-4020-4399-4_56
- Prahasta, Eddy. 2009. Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar. Bandung: Informatika Bandung.
- Ramdhani, M., Julius, J.P., Dewi, L.C., 2015. Penentuan Tempat Evakuasi Sementara (Tes), Berdasarkan Kapasitasnya Di Kota Pariaman Dengan Analisis Sistem Informasi Geografis (SIG). J. Segara Vol. 11 No. 1 Agustus 2015: 47-56.
- S. N. Nugraha, et al, 2012. Kajian Aktivitas Gempa dan Potensi Tsunami di Indonesia. Jurnal Geologi Indonesia (2012).
- Strunz, G., dkk. 2011. Tsunami Risk Assessment in Indonesia. Natural Hazards and Earth System Sciences. 11(1): 67-82.
- Sahetapy, G. B., Poli, H. and Suryono (2016) ‘Analisis Jalur Evakuasi Bencana Banjir Di Kota Manado’, Spasial, 3(2), pp. 70–79.
- Sugandi, Dede., dkk. 2009. Hand Out Sistem Informasi Geografis (SIG). Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sadahiro, Yukio. 2006. Spatial Analysis Using GIS. Japan: University of Tokyo.
- Sambah, A.B dan F. Miura. 2013. Remote Sensing, GIS, and AHP for Assessing Physical Vulnerability to Tsunami Hazard. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering. 7(11).
- S., S., K., M., 2015. Application of Spatial and Network Analysis to Evaluate Shelter Plan for Tsunami Evacuation. Civ. Eng. Dimens. 17. doi:10.9744/ced.17.2.88-94
- Sampurno, R, M., Thoriq, A. 2016. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. Jurnal Teknonan. 10(2).

- Sulistyo, Kuspriyadi., dkk. 2016. Petunjuk Teknis Aplikasi Model Analisa Spasial Dalam Pembuatan Peta Arahan Pengelolaan Kawasan Konservasi dan Pengintegrasikan Peta Zona/Blok Pada Skala 1:50.000 (Sesuai Kriteria Penilaian Tim Kebijakan Satu Peta). Bogor: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Siska Anggria, dkk, 2016 (2016) ‘Prosiding Seminar ACE’, ACE3-001Pemodelan Optimasi Evakuasi Tsunami di Kota Padang, 8(15), pp. 17–28.

LAMPIRAN

1. DEM SRTM 1 Arc-Second Global

No.	Value	Count
1	-9	1
2	-4	1
3	-3	3
4	-2	3
5	-1	5
6	0	364
7	1	79
8	2	143
9	3	276
10	4	483
11	5	672
12	6	811
13	7	875
14	8	727
15	9	677
16	10	568
17	11	584
18	12	588
19	13	493
20	14	473
21	15	422
22	16	394
23	17	365
24	18	325
25	19	353
26	20	317
27	21	351
28	22	341
29	23	305
30	24	320
31	25	324
32	26	335
33	27	330
34	28	335
35	29	333
36	30	312
37	31	354
38	32	326
39	33	354
40	34	367
41	35	342
42	36	330

No.	Value	Count
43	37	333
44	38	319
45	39	299
46	40	318
47	41	292
48	42	303
49	43	294
50	44	322
51	45	325
52	46	343
53	47	258
54	48	287
55	49	297
56	50	293
57	51	262
58	52	267
59	53	286
60	54	289
61	55	288
62	56	249
63	57	244
64	58	266
65	59	270
66	60	254
67	61	262
68	62	255
69	63	221
70	64	253
71	65	242
72	66	219
73	67	272
74	68	254
75	69	243
76	70	246
77	71	243
78	72	254
79	73	230
80	74	269
81	75	270
82	76	239
83	77	256
84	78	228

No.	Value	Count
85	79	233
86	80	231
87	81	246
88	82	246
89	83	218
90	84	223
91	85	193
92	86	202
93	87	215
94	88	201
95	89	197
96	90	215
97	91	182
98	92	195
99	93	188
100	94	203
101	95	191
102	96	211
103	97	196
104	98	182
105	99	193
106	100	213
107	101	195
108	102	196
109	103	166
110	104	186
111	105	210
112	106	171
113	107	184
114	108	160
115	109	180
116	110	170
117	111	157
118	112	188
119	113	191
120	114	153
121	115	193
122	116	190
123	117	188
124	118	171
125	119	184
126	120	154

No.	Value	Count
127	121	175
128	122	168
129	123	204
130	124	187
131	125	205
132	126	206
133	127	202
134	128	192
135	129	191
136	130	205
137	131	178
138	132	171
139	133	204
140	134	193
141	135	204
142	136	221
143	137	188
144	138	189
145	139	211
146	140	215
147	141	195
148	142	205
149	143	214
150	144	213
151	145	189
152	146	204
153	147	235
154	148	212
155	149	231
156	150	219
157	151	224
158	152	217
159	153	236
160	154	215
161	155	215
162	156	215
163	157	214
164	158	219
165	159	216
166	160	199
167	161	195
168	162	210

No.	Value	Count
169	163	202
170	164	200
171	165	236
172	166	229
173	167	232
174	168	207
175	169	200
176	170	209
177	171	221
178	172	225
179	173	186
180	174	201
181	175	201
182	176	210
183	177	198
184	178	211
185	179	233
186	180	193
187	181	198
188	182	210
189	183	197
190	184	210
191	185	227
192	186	205
193	187	180
194	188	223
195	189	190
196	190	195
197	191	199
198	192	190
199	193	181
200	194	179
201	195	182
202	196	174
203	197	193
204	198	186
205	199	173
206	200	151
207	201	177
208	202	169
209	203	195
210	204	176

No.	Value	Count
211	205	194
212	206	175
213	207	188
214	208	168
215	209	185
216	210	185
217	211	186
218	212	182
219	213	181
220	214	175
221	215	176
222	216	183
223	217	171
224	218	157
225	219	144
226	220	162
227	221	174
228	222	157
229	223	150
230	224	133
231	225	127
232	226	138
233	227	145
234	228	138
235	229	141
236	230	131
237	231	126
238	232	149
239	233	143
240	234	175
241	235	154
242	236	168
243	237	159
244	238	182
245	239	161
246	240	144
247	241	162
248	242	192
249	243	180
250	244	188
251	245	204
252	246	194

No.	Value	Count
253	247	203
254	248	205
255	249	219
256	250	210
257	251	220
258	252	194
259	253	212
260	254	211
261	255	237
262	256	243
263	257	205
264	258	220
265	259	205
266	260	219
267	261	227
268	262	223
269	263	232
270	264	215
271	265	224
272	266	210
273	267	232
274	268	224
275	269	223
276	270	256
277	271	224
278	272	215
279	273	231
280	274	215
281	275	242
282	276	239
283	277	225
284	278	221
285	279	235
286	280	229
287	281	227
288	282	232
289	283	224
290	284	234
291	285	236
292	286	255
293	287	268
294	288	265

No.	Value	Count
295	289	279
296	290	239
297	291	226
298	292	239
299	293	244
300	294	239
301	295	232
302	296	232
303	297	247
304	298	241
305	299	217
306	300	240
307	301	207
308	302	236
309	303	228
310	304	217
311	305	190
312	306	211
313	307	211
314	308	205
315	309	204
316	310	198
317	311	212
318	312	198
319	313	206
320	314	173
321	315	195
322	316	169
323	317	182
324	318	179
325	319	194
326	320	199
327	321	171
328	322	195
329	323	185
330	324	175
331	325	206
332	326	163
333	327	172
334	328	164
335	329	167
336	330	168

No.	Value	Count
337	331	188
338	332	151
339	333	164
340	334	165
341	335	165
342	336	139
343	337	162
344	338	136
345	339	128
346	340	155
347	341	147
348	342	133
349	343	151
350	344	161
351	345	139
352	346	151
353	347	144
354	348	121
355	349	158
356	350	130
357	351	157
358	352	138
359	353	140
360	354	135
361	355	121
362	356	119
363	357	136
364	358	156
365	359	133
366	360	156
367	361	139
368	362	127
369	363	112
370	364	139
371	365	132
372	366	145
373	367	130
374	368	138
375	369	128
376	370	148
377	371	123
378	372	112
379	373	106
380	374	119
381	375	124
382	376	143
383	377	115
384	378	121
385	379	143
386	380	104
387	381	118
388	382	115
389	383	110
390	384	126
391	385	114
392	386	121
393	387	105
394	388	109
395	389	113
396	390	109
397	391	103
398	392	108
399	393	120
400	394	114
401	395	107
402	396	118
403	397	103
404	398	112
405	399	115
406	400	79
407	401	87
408	402	87
409	403	90
410	404	86
411	405	104
412	406	96
413	407	96
414	408	91
415	409	89
416	410	95
417	411	110
418	412	91
419	413	100
420	414	94

No.	Value	Count
421	415	106
422	416	77
423	417	86
424	418	108
425	419	87
426	420	94
427	421	68
428	422	89
429	423	88
430	424	94
431	425	79
432	426	106
433	427	99
434	428	90
435	429	67
436	430	99
437	431	76
438	432	86
439	433	86
440	434	81
441	435	90
442	436	81
443	437	74
444	438	77
445	439	87
446	440	82
447	441	72
448	442	73
449	443	82
450	444	77
451	445	88
452	446	63
453	447	77
454	448	54
455	449	79
456	450	86
457	451	64
458	452	68
459	453	58
460	454	64
461	455	66
462	456	57

No.	Value	Count
463	457	68
464	458	68
465	459	78
466	460	74
467	461	64
468	462	75
469	463	70
470	464	60
471	465	47
472	466	48
473	467	56
474	468	52
475	469	53
476	470	56
477	471	53
478	472	54
479	473	39
480	474	64
481	475	50
482	476	49
483	477	59
484	478	61
485	479	48
486	480	47
487	481	50
488	482	39
489	483	50
490	484	51
491	485	51
492	486	46
493	487	53
494	488	56
495	489	43
496	490	45
497	491	47
498	492	50
499	493	38
500	494	55
501	495	42
502	496	40
503	497	53
504	498	34

No.	Value	Count
505	499	49
506	500	38
507	501	48
508	502	37
509	503	41
510	504	39
511	505	55
512	506	55
513	507	43
514	508	45
515	509	37
516	510	45
517	511	31
518	512	36
519	513	47
520	514	41
521	515	40
522	516	41
523	517	40
524	518	35
525	519	40
526	520	36
527	521	30
528	522	46
529	523	39
530	524	27
531	525	35
532	526	38
533	527	33
534	528	25
535	529	37
536	530	27
537	531	37
538	532	30
539	533	31
540	534	27
541	535	22
542	536	25
543	537	29
544	538	20
545	539	20
546	540	28

No.	Value	Count
547	541	19
548	542	28
549	543	27
550	544	24
551	545	14
552	546	21
553	547	26
554	548	23
555	549	22
556	550	32
557	551	26
558	552	15
559	553	20
560	554	19
561	555	24
562	556	22
563	557	34
564	558	14
565	559	23
566	560	24
567	561	30
568	562	18
569	563	16
570	564	15
571	565	33
572	566	24
573	567	26
574	568	18
575	569	28
576	570	15
577	571	23
578	572	24
579	573	23
580	574	22
581	575	26
582	576	21
583	577	22
584	578	18
585	579	23
586	580	20
587	581	24
588	582	24

No.	Value	Count
589	583	23
590	584	23
591	585	25
592	586	18
593	587	23
594	588	12
595	589	17
596	590	21
597	591	20
598	592	13
599	593	13
600	594	27
601	595	20
602	596	19
603	597	16
604	598	21
605	599	18
606	600	16
607	601	20
608	602	13
609	603	17
610	604	12
611	605	18
612	606	15
613	607	12
614	608	18
615	609	19
616	610	15
617	611	17
618	612	8
619	613	17
620	614	9
621	615	9
622	616	13
623	617	22
624	618	12
625	619	14
626	620	8
627	621	10
628	622	9
629	623	10
630	624	8

No.	Value	Count
631	625	13
632	626	18
633	627	10
634	628	10
635	629	14
636	630	6
637	631	12
638	632	8
639	633	12
640	634	13
641	635	12
642	636	13
643	637	9
644	638	15
645	639	11
646	640	17
647	641	9
648	642	14
649	643	7
650	644	6
651	645	9
652	646	10
653	647	7
654	648	8
655	649	9
656	650	7
657	651	7
658	652	4
659	653	4
660	654	4
661	655	8
662	656	6
663	657	4
664	658	6
665	659	3
666	660	10
667	661	8
668	662	5
669	663	3
670	664	2
671	665	8
672	666	4

No.	Value	Count
673	667	4
674	668	5
675	669	1
676	670	6
677	671	3
678	672	2
679	673	7
680	674	1
681	675	3
682	676	4
683	678	4

Keterangan:

Value : ketinggian wilayah.

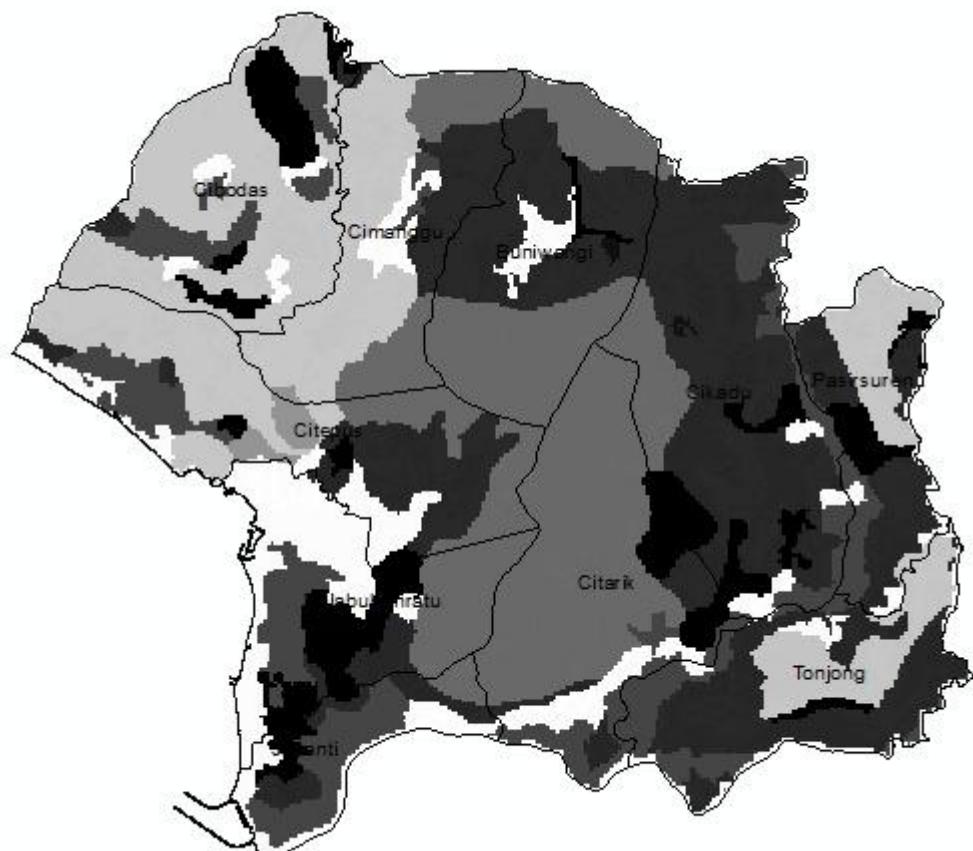
Count : Angka dalam pixel yang mempengaruhi simbol yang dihasilkan.



1. Data Tutupan Lahan

Tutupan lahan

	FID *	Shape *	Provinsi	Legenda
	1	Polygon	Jawa Barat	Tanah Terbuka
	2	Polygon	Jawa Barat	Pertanian Lahan Kering
	3	Polygon	Jawa Barat	Tanah Terbuka
	4	Polygon	Jawa Barat	Pertanian Lahan Kering Campur
	5	Polygon	Jawa Barat	Sawah
	6	Polygon	Jawa Barat	Hutan Tanaman
	7	Polygon	Jawa Barat	Belukar
	8	Polygon	Jawa Barat	Perkebunan
	9	Polygon	Jawa Barat	Pemukiman
	10	Polygon	Jawa Barat	Badan Air
	11	Polygon	Jawa Barat	Hutan Mangrove Sekunder



2. Data Administrasi daerah dari data Rupa Bumi Indonesia Kec. Palabuhanratu, Kab. Sukabumi, Jawa Barat

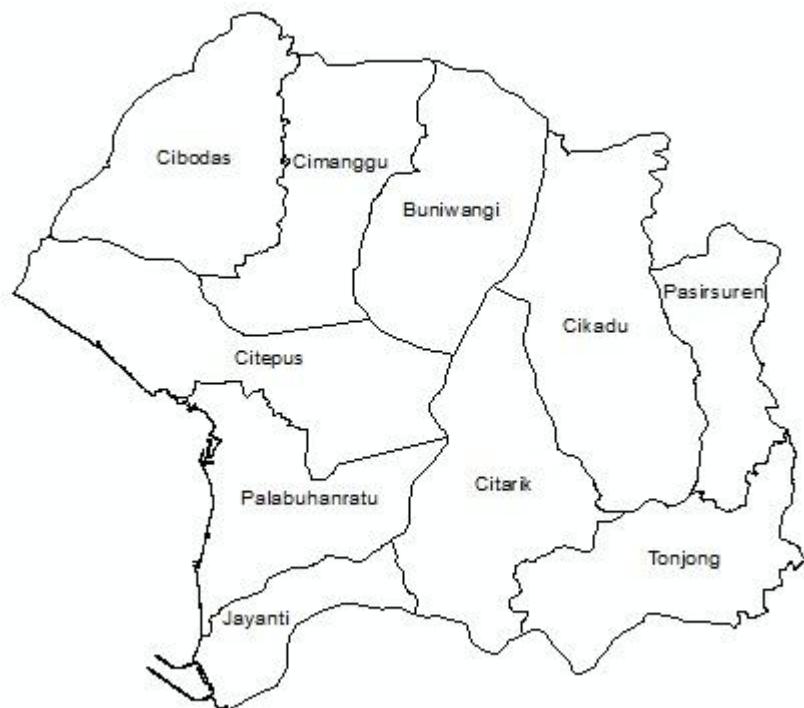
Table

Batas Administrasi

FID	WADMKC	WADMKD	WADMKK	WADMPR	luas
0	Palabuhanratu	Citarik	Sukabumi	Jawa Barat	11,053546
1	Palabuhanratu	Citepus	Sukabumi	Jawa Barat	11,794522
2	Palabuhanratu	Jayanti	Sukabumi	Jawa Barat	4,075975
3	Palabuhanratu	Palabuhanratu	Sukabumi	Jawa Barat	8,193332
4	Palabuhanratu	Pasirsuren	Sukabumi	Jawa Barat	5,649949
5	Palabuhanratu	Tonjong	Sukabumi	Jawa Barat	8,647987
6	Palabuhanratu	Buniwangi	Sukabumi	Jawa Barat	9,745833
7	Palabuhanratu	Cibodas	Sukabumi	Jawa Barat	10,409913
8	Palabuhanratu	Cikadu	Sukabumi	Jawa Barat	13,317898
9	Palabuhanratu	Cimanggu	Sukabumi	Jawa Barat	9,067355

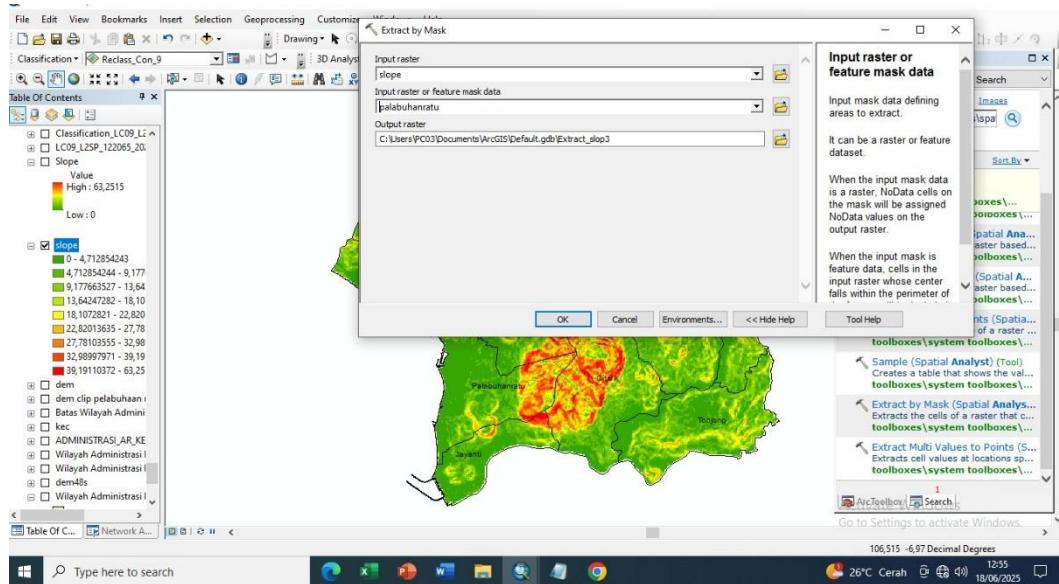
Batas Administrasi

(0 out of 10 Selected)

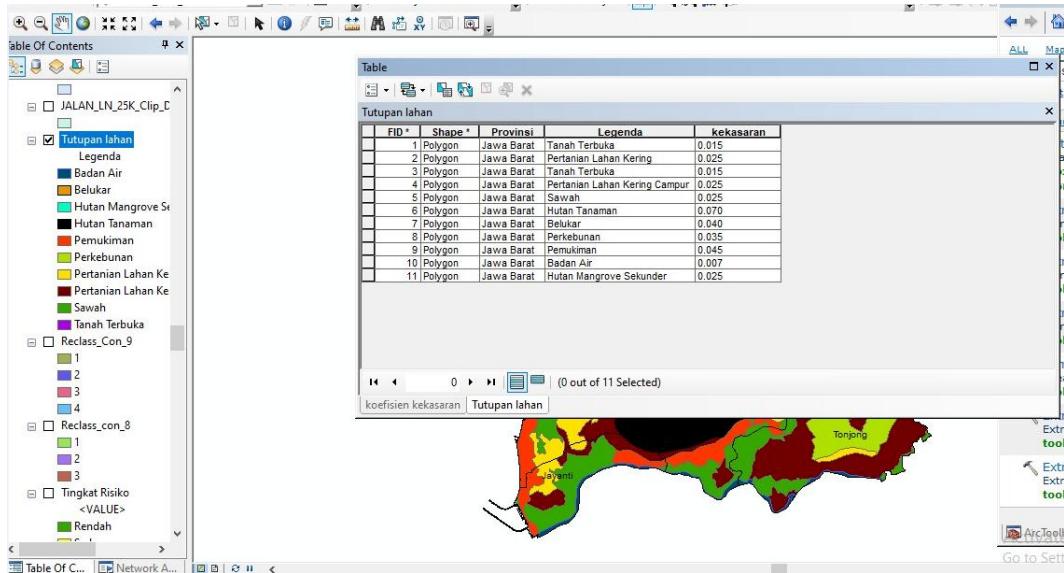


Lampiran 2. Langkah Pembuatan Peta Risiko Tsunami.

1. Mengumpulkan data (Peta Rupa bumi, DEM SRTM, Tutupan Lahan dan skenario ketinggian gelombang tsunami).
2. Masukkan data ke ArcGis.
3. Data DEM SRTM dikelolah menjadi Slope (Kelereng) Arctoolbox > 3D Analyst Tools > Raster Surface > Slope > Search > Extract by Maks.



4. Data Tutupan lahan dikelolah menjadi Koefisien Kekasarahan Permukaan.
 - Clip (Input: Data Tutupan Lahan > Clip Features: Palabuhan Ratu > ok)
 - Dissolve (Input: Tutupan Lahan yang telah diclip > Dissolve_Field : legenda > ok) - 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.
 - Arctoolbox > Conversion tools > to raster > polygon to raster (Input : tutupan lahan yang sudah ada koefisiennya > value field: koefisien)



5. Peta rupa bumi diambil garis pantai saja. Untuk mengambilnya dapat dibuka melalui file peta rupa bumi yang telah diunduh kemudian dicari GARISPANTAI_LN_25K.shp
6. Model Builder - Catalog > New > Toolbox (beri nama : hloss) > klik kanan > New > model Builde > sesuaikan dengan Rumus Hloos/persamaan Hloss:

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

Dimana:

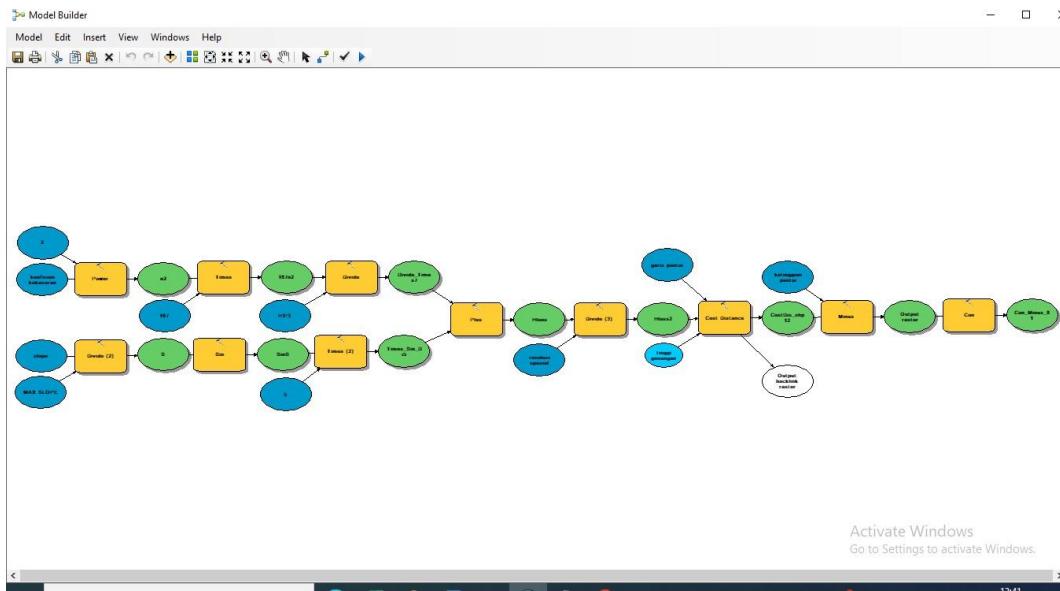
H_{lloos} : Kehilangan ketinggian tsunami per 1 meter jarak inundasi

n : Koefisien Kekerasan permukaan.

H_0 : Ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

S : Besarnya lereng permukaan (derajat).

- Masukkan peta koefisien kekerasan > Arctoolbox > Spacial Analyst Tools > Math > power > times > divide > Slope divide > Sin> Times > plus > divide (connect 1) > times_sin (connect 2) > Hloss > divide > Distance > Cost Distance > Garis Pantai > Tinggi Gelombang > ctdis



Keterangan pada model builder:

Biru: input

Kuning: tool

- Arctoolbox → spatial analyst tools → math untuk times, power, divide, plus, minus
- Arctoolbox → spatial analyst tools → trigonometric untuk sin
- Arctoolbox → spatial analyst tools → distance → cost distance
- Input cost raster: output Hloss
- Input raster: garis pantai
- Arctoolbox → spatial analyst tools → conditional untuk con

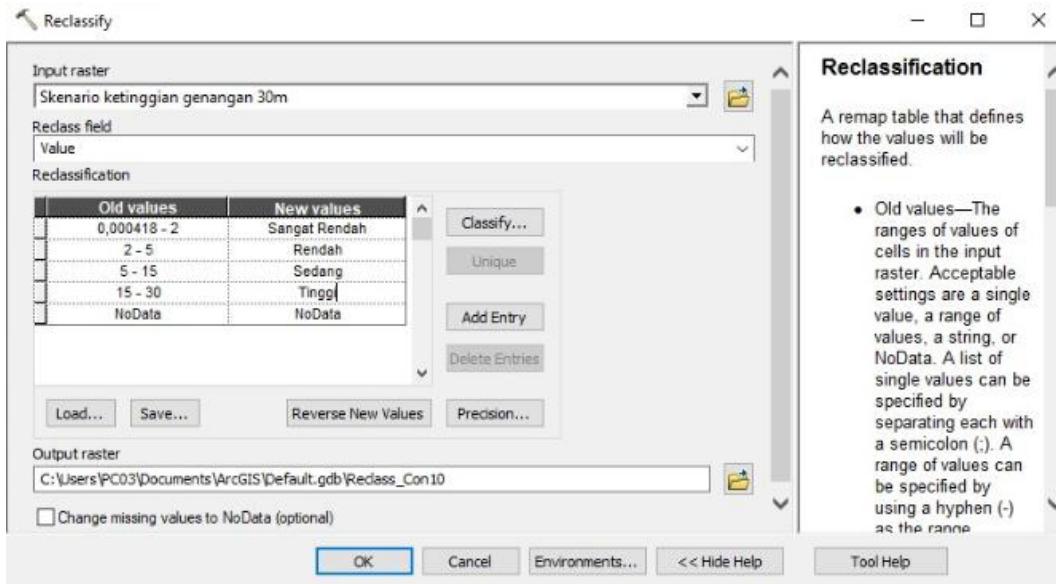
Hijau: output

Terdapat bayangan dibawahnya menunjukkan proses running berhasil

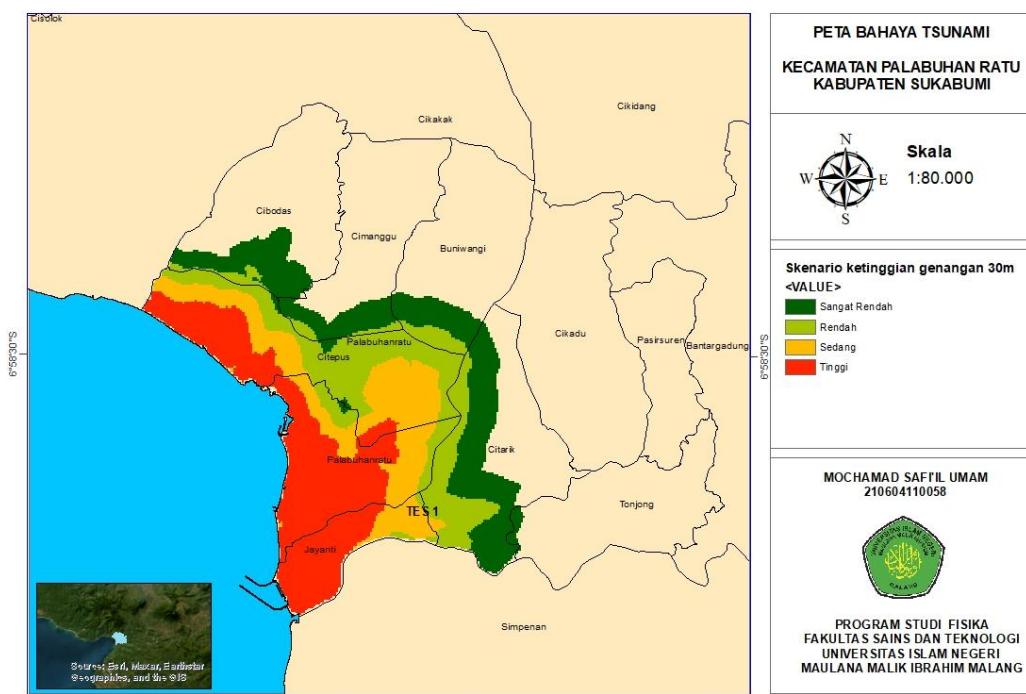
7. Peta Bahaya Tsunami

Arctoolbox > Spatial analyst tools > reclass > reclassify (input: peta genangan) Di Klsifikasi 4 :

- Tinggi genangan < 2 m , kelas bahaya sangat rendah
- Tinggi genangan 2 m-5 m , kelas bahaya rendah
- Tinggi genangan 5 m - 15 m , kelas bahaya sedang
- Tinggi genangan 15 m - 30 m , kelas bahaya Tinggi



- Selesai



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)

Table

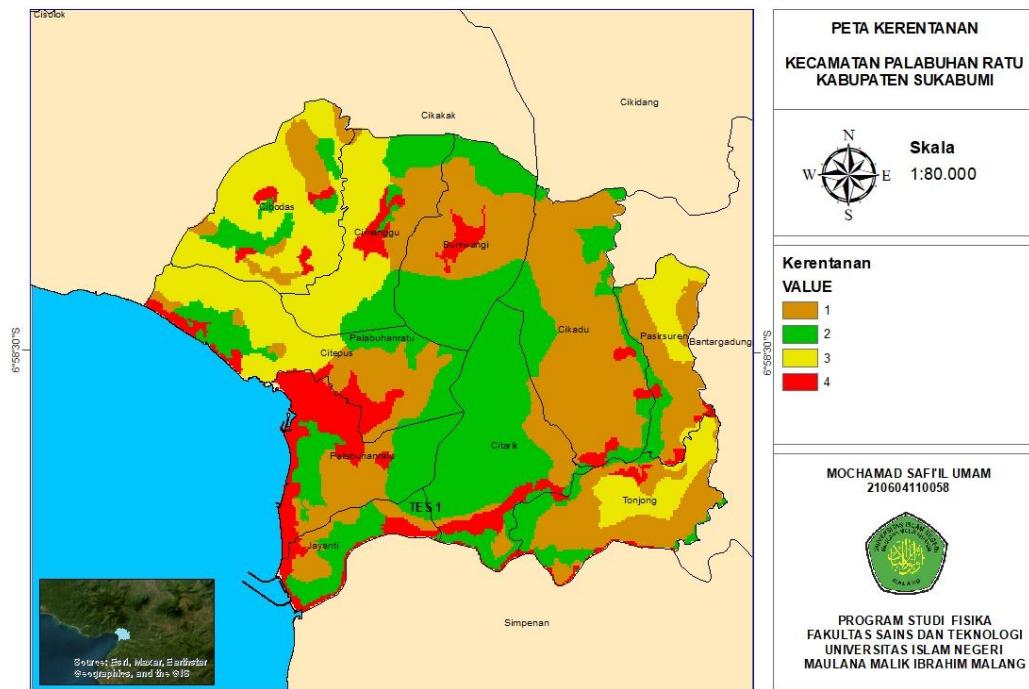
Tutupan lahan

FID *	Shape *	Provinsi	Legenda	kekasaran	skor
1	Polygon	Jawa Barat	Tanah Terbuka	0.015	1
2	Polygon	Jawa Barat	Pertanian Lahan Kering	0.025	3
3	Polygon	Jawa Barat	Tanah Terbuka	0.015	1
4	Polygon	Jawa Barat	Pertanian Lahan Kering Campur	0.025	3
5	Polygon	Jawa Barat	Sawah	0.025	3
6	Polygon	Jawa Barat	Hutan Tanaman	0.070	2
7	Polygon	Jawa Barat	Belukar	0.040	2
8	Polygon	Jawa Barat	Perkebunan	0.035	3
9	Polygon	Jawa Barat	Pemukiman	0.045	4
10	Polygon	Jawa Barat	Badan Air	0.007	1
11	Polygon	Jawa Barat	Hutan Mangrove Sekunder	0.025	2

(0 out of 11 Selected)

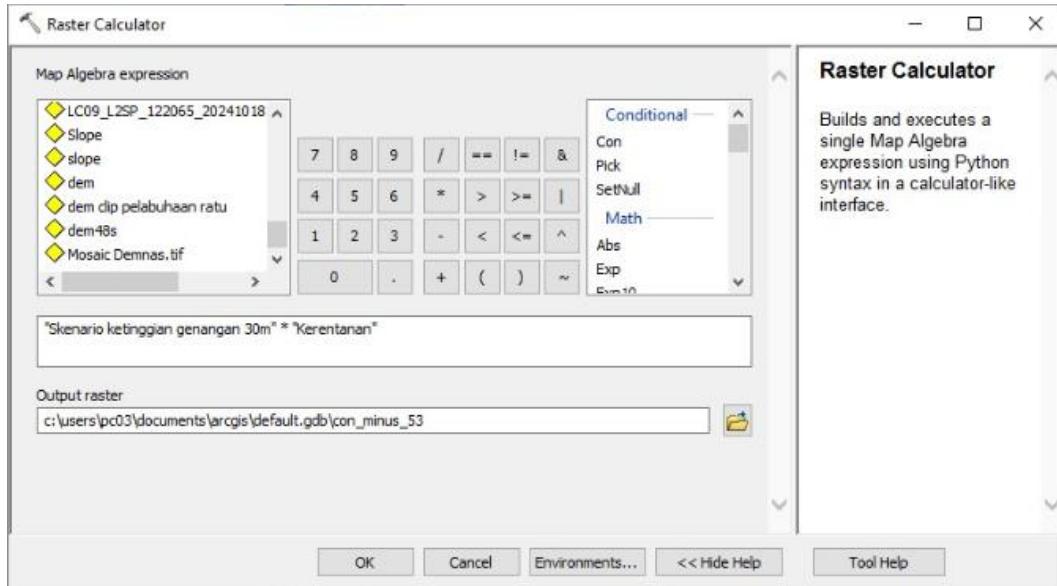
Tutupan lahan

-Selesai

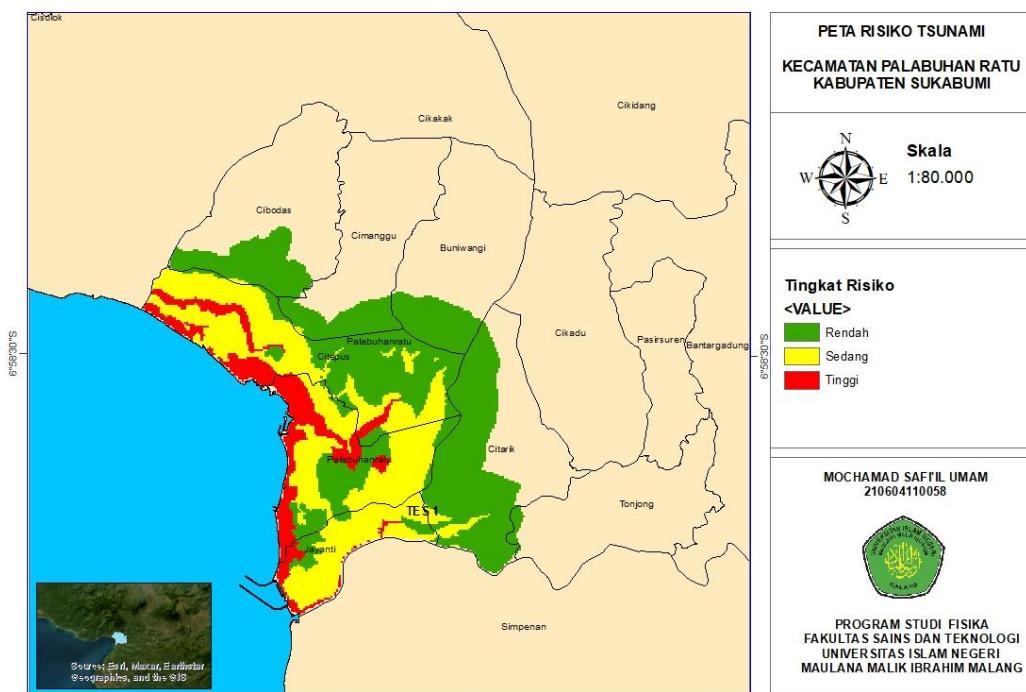


9. Peta Risiko

- Dikalikan antara peta bahaya tsunami dan peta kerentanan tsunami.
- Arctoolbox > spatial analysis tools > map algebra > raster calculator.

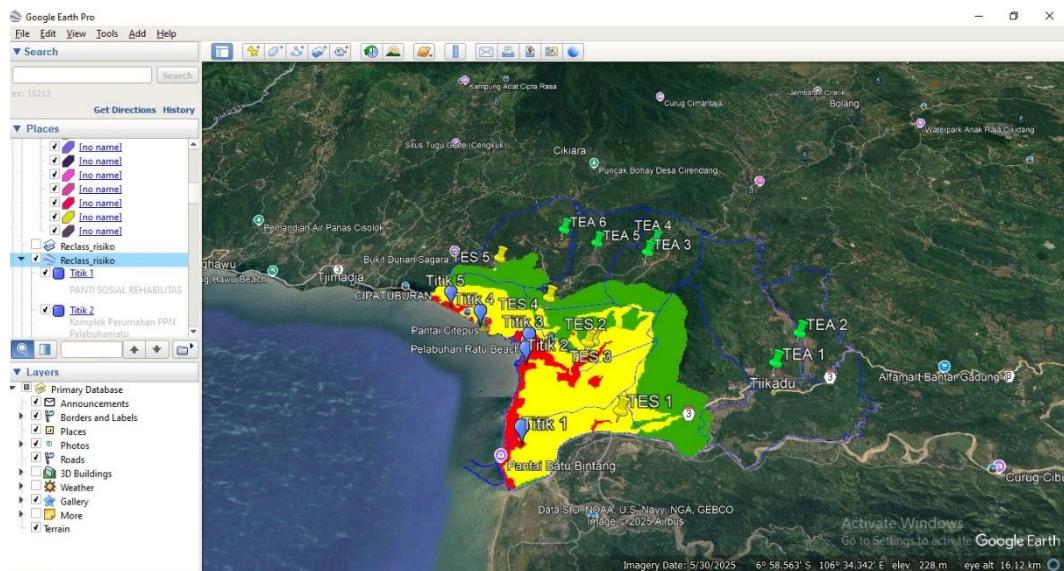


- Diklasifikasikan sesuai dengan kelas tingkat risiko tsunami yaitu rendah, sedang, dan tinggi dengan cara : Arctoolbox > spatial analyst tools > reclass > reclassify (input : peta resiko berupa raster)

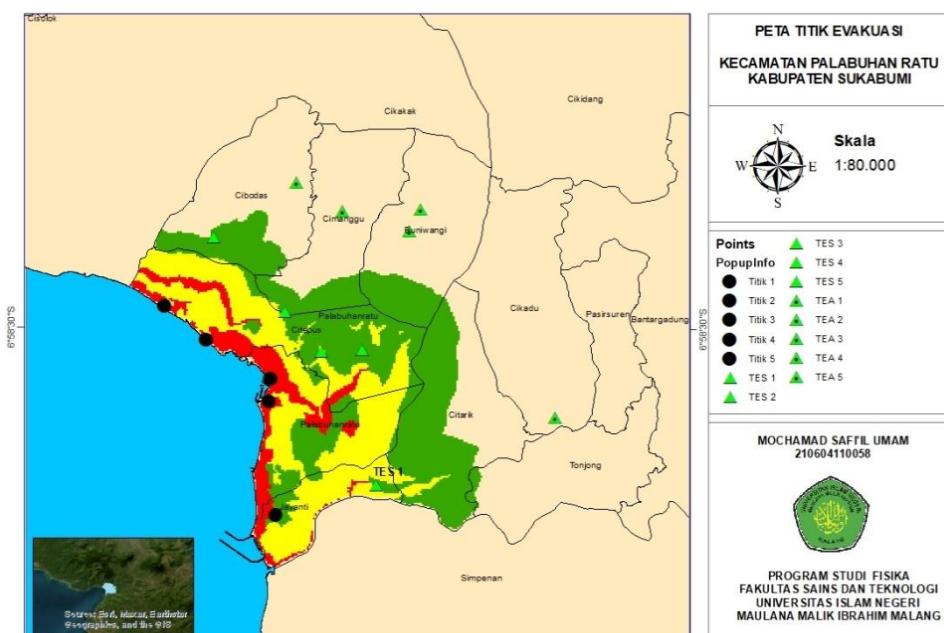


Lampiran 3. Proses Pembuatan Tempat Evakuasi Tsunami.

1. Buka Aplikasi Google Earth pro
 2. Masukkan data peta risiko tsunami
 3. Pilih lokasi shelter dengan pilih: Add Placemark > beri nama (titik awal, Tes, dan Tea) > save.



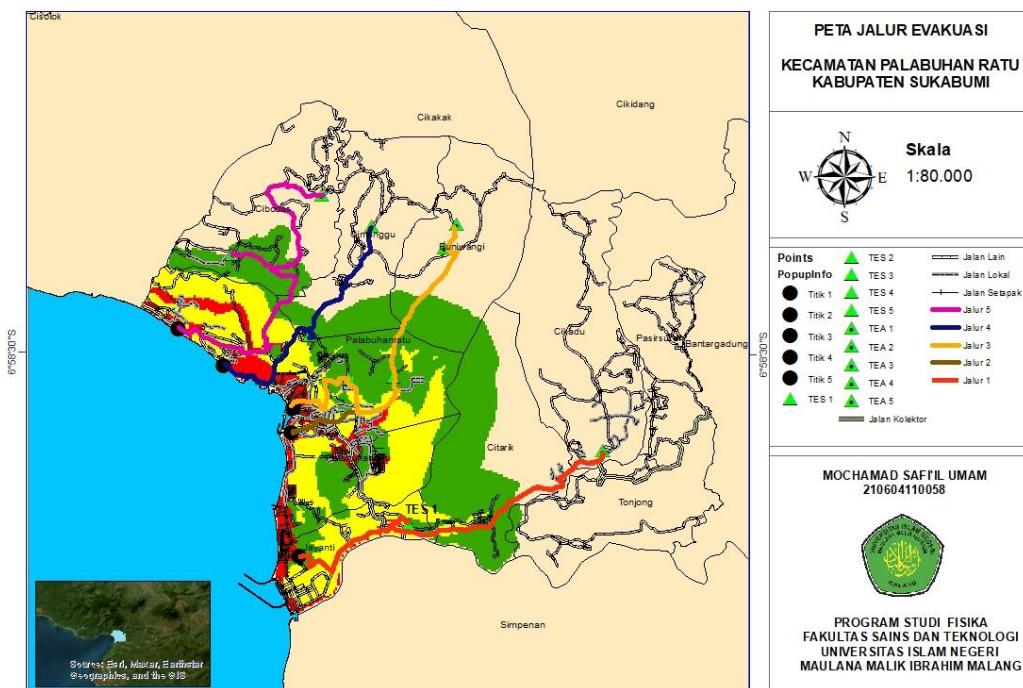
4. Buka ArcGis
 5. Masukkan Data Administrasi daerah Palabuhan Ratu, Risiko Tsunami, dan titik lokasi evakuasi tsunami.



- ## 6. Selesai

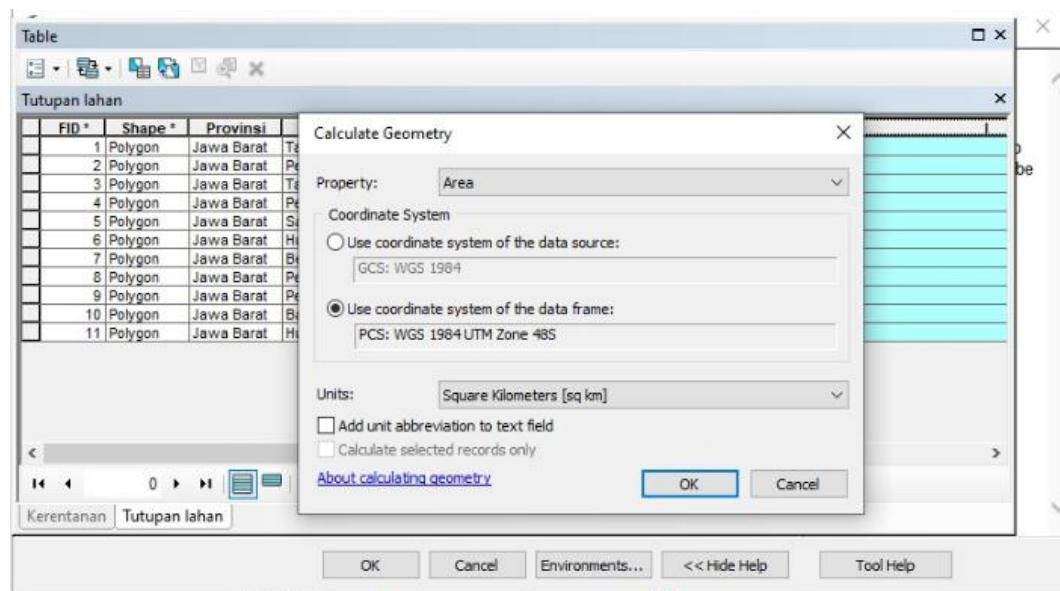
Lampiran 4. Proses Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Tsunami

1. Masukkan Data Peta Risiko Tsunami, Peta titik evakuasi tsunami, jaringan jalan.
2. Pilih Catalog > klik kanan > file geodata > beri nama (rute jalan) >klik kanan > New > New Feature Dataset > beri nama (Rute/Jalan)> WGS 1984 UTM 48S
3. Klik kanan > import > Feature Class(pilih mutiple) > jalan > ok.
4. Klik kanan > New > Network Dataset > rute > jalur > 10.1 > next > Finish > yes.
5. Network Anslyst > New Rute > Create Network Location tools > klik(titik awal, tes, dan tea) > Dissolve.
6. Selesai.



Lampiran 5. Proses mencari Luas daerah/ wilayah

- Diubah UTM(sesuai dengan daerah masing-masing) peta yang ingin dicari luasnya dengan cara: Arctoolbox > Data Management Tools > Projectionsand Transformations > project > oke
- Open Atribute Table > Add Field > klik kanan > beri nama (Luas) > klik kanan kolom (luas) > calculator geometry (property: area > used coordinate system of the data frame (pilih UTM sesui dengan daerah masing-masing) > units : pilih satuan yang diinginkan) > oke.



Lampiran 6. Dokumentasi

Gambar: Peneliti melakukan penelitian di Lab Geofisika





JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210604110058
Nama : MOCHAMAD SAFI'IL UMAM
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : Drs. H.ABDUL BASID,M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PEMETAAN RISIKO BENCANA TSUNAMI DAN PENENTUAN JALUR EVAKUASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN PALABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	14 November 2024	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	Konsultasi Judul	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	08 Januari 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	BAB 1 Pendahuluan	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	10 Januari 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	BAB 2 Tinjauan Pustaka	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	14 Januari 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	BAB 3 Metodologi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	09 April 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	Bimbingan BAB 4 dan 5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	16 April 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	Bimbingan BAB 1-5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	08 Mei 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	Revisi Seminar Proposal	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	03 Juni 2025	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Bimbingan Integrasi BAB 1 - 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	04 Juni 2025	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Integrasi BAB 1 - 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
10	05 Juni 2025	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi BAB 1 - 5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11	11 Desember 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	Bimbingan BAB 1-5	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
12	11 Desember 2025	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes	Bimbingan Integrasi BAB 1-4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
13	12 Desember 2025	Drs. H.ABDUL BASID,M.Si	Konsultasi BAB 1-5	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes



Rajur / Kaprodi,

Malang, 12 Desember 2025

Dosen Pembimbing 1

Drs. H.ABDUL BASID,M.Si