



Implementasi Analisis Spasial Berbasis Sistem Informasi Geografis Untuk Prediksi Awal Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami di Kecamatan Sinjai Utara, Sulawesi Selatan

Implementation of Spatial Analysis Using Geographic Information System for Early Prediction of Tsunami Vulnerability Level in North Sinjai District, South Sulawesi

Dwi Wahyuningrum^{1*}, Lia Lidyani¹, dan Naufal Setiawan¹

¹Program Studi Teknik Geomatika, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Indonesia. Jl. Padjajaran No. 104 Condongcatur, Sleman, D.I. Yogyakarta 55283

*Corresponding Author: dwi.wahyuningrum@upnyk.ac.id

Article Info:

Received: 28 - 03 - 2023

Accepted: 27 - 04 - 2023

Published: 30 - 04 - 2023

Kata kunci: sig, analisis spasial, tsunami, prediksi, sinjai utara

Keywords: gis, spatial analysis, tsunami, forecast, north sinjai

Abstrak: Salah satu kecamatan yang ada di Sulawesi Selatan yang memiliki letak geografis dekat dengan laut adalah Kecamatan Sinjai. Kecamatan ini memiliki sebuah pulau yang terpisah dari daratan utamanya yaitu Pulau Sembilan. Hal ini menjadikan Kecamatan Sinjai Utara memiliki kekayaan sumber daya alam berupa ikan, terumbu karang, dan makhluk laut lainnya, yang tentunya memberikan dampak positif di aspek ekonomi dan pariwisata. Kedekatannya dengan laut membuat wilayah ini perlu untuk mengantisipasi terjadinya bencana laut, salah satunya adalah tsunami. Salah satu langkah awal yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan studi dan analisis kondisi geografis terhadap parameter-parameter untuk mengetahui tingkat kerawanan tsunami. Data geografis berupa peta rupa bumi Indonesia, DEMNAS, dan BATNAS dari geoportal nasional Indonesia digunakan untuk menganalisis kerawanan secara spasial. Metode yang digunakan adalah metode analisis spasial seperti proximity, overlay dan geoprocessing. Selanjutnya pemberian skor dan bobot serta klasifikasi dan simbologi juga digunakan untuk memberikan hasil yang lebih baik. Hasil yang diperoleh adalah sebuah peta kerawanan tsunami yang menampilkan tingkat kerawanan. Tingkat kerawanan tersebut dikategorikan menjadi lima kelompok mulai dari kerawanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, hingga sangat tinggi.

Abstract: One of the sub-districts in South Sulawesi which is geographically close to the sea is Sinjai District. This sub-district has an island separated from the mainland, namely Pulau Sembilan. This makes North Sinjai District a wealth of natural resources in the form of fish, coral reefs, and other sea creatures, which positively impacts the economic and tourism aspects. Its proximity to the sea makes this area necessary to anticipate marine disasters, one of which is a tsunami. One of the first steps that can be taken is to conduct a study and analysis of geographical conditions on the parameters to determine the level of tsunami vulnerability. Geographical data in the form of topographical maps of Indonesia, DEMNAS, and BATNAS from the Indonesian national geoportal are used to analyze vulnerability spatially. The method used is a spatial analysis method such as proximity, overlay, and geoprocessing. Furthermore, scoring, weighting, classification, and symbology are also used to provide better results. The result obtained is a tsunami hazard map that displays the level of vulnerability. The level of vulnerability is categorized into five groups ranging from very low, low, medium, high to very high.

1. Pendahuluan

Sinjai Utara merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Kecamatan ini memiliki letak geografis yang sangat strategis karena dekat dengan perairan yaitu laut. Selain itu, kecamatan ini memiliki keistimewaan yaitu terdapat pulau kecil yang dipisahkan oleh lautan. Masyarakat menyebut pulau kecil tersebut sebagai Pulau Sembilan. Hal ini mengakibatkan Kabupaten Sinjai khususnya Kecamatan Sinjai Utara kaya akan sumber daya alam baik ikan, terumbu karang, maupun makhluk hidup laut lainnya sehingga memiliki dampak besar terhadap bidang ekonomi, pariwisata, dan bidang-bidang lainnya.

Sementara itu, berdasarkan struktur geologi Pulau Sulawesi berada pada pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng-lempeng ini terus beraktivitas dan saling menumbuk sehingga wilayah Pulau Sulawesi dan sekitarnya memiliki kondisi geologi yang sangat kompleks. Di sisi lain, aktivitas yang dilakukan oleh lempeng tektonik tersebut dapat mengakibatkan Pulau Sulawesi menjadi wilayah yang sangat rawan terhadap bencana alam kebumiharian seperti gempa bumi atau bahkan gempa bumi yang disertai tsunami. Selain disebabkan oleh aktivitas lempeng tektonik, bencana alam di Pulau Sulawesi juga dapat disebabkan oleh aktivitas kegunungapian dari gunung berapi aktif baik yang ada di daratan maupun di lautan. Oleh karena itu, Kecamatan Sinjai Utara memiliki kemungkinan terdampak bencana alam tersebut terutama tsunami.

Menurut Undang-Undang No. 24 Tahun 2007, Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Tsunami merupakan peristiwa alam yang terjadi ketika ada perpindahan air laut dalam skala besar yang dapat menciptakan gelombang besar yang dapat menghancurkan ketika mencapai daratan. Tsunami terjadi dikarenakan gempa bumi, erupsi gunung api yang terjadi di sekitar area laut. Dalam peraturan tersebut dijelaskan pula mengenai risiko terjadinya bencana di suatu wilayah. Risiko bencana merupakan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Dengan demikian perlu dilakukan suatu upaya untuk mengatasi risiko bencana tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pemetaan bencana sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan mitigasi bencana (Sumari dkk., 2016). Dengan adanya perkembangan teknologi, analisis kerawanan bencana dapat dilakukan melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan melakukan pemetaan terlebih dahulu yang di dalamnya memuat kelas-kelas kerawanan saat terjadinya bencana (Putra dkk., 2019).

Berdasarkan kondisi-kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya, perlu dilakukan upaya untuk memprediksi kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara. Oleh karena itu, tujuan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara sehingga masyarakat dapat memperoleh informasi mengenai area-area yang rawan terpapar tsunami hingga area yang aman dari paparan tsunami. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui upaya mitigasi yang harus dilakukan ketika terjadi bencana tsunami dan untuk dijadikan sebagai referensi dalam pengambilan keputusan serta penentuan kebijakan oleh lembaga-lembaga terkait di Kabupaten Sinjai khususnya Kecamatan Sinjai Utara.

2. Bahan dan Metode.

2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan tiga buah data yaitu Peta Rupa Bumi Indonesia Kabupaten Sinjai (BIG) Skala 1:50.000, data raster DEMNAS Kabupaten Sinjai, dan data raster BATNAS Kabupaten Sinjai (BIG). Ketiga data tersebut diperoleh dari geoportal nasional Indonesia yang diakses melalui laman <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>. Perangkat yang digunakan untuk melakukan pemrosesan berupa sebuah laptop dan perangkat lunak pengolahan data spasial ArcGIS versi 10.8.

2.2 Metode

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode survei sekunder. Metode survei sekunder adalah metode dalam mengumpulkan data dari instansi pemerintah maupun instansi lain serta dari penelitian-penelitian yang relevan dan telah dilakukan sebelumnya. Melalui metode ini data yang diperoleh diolah menjadi suatu informasi baik berupa data angka, informasi deskriptif, maupun peta yang menjelaskan mengenai keadaan wilayah penelitian.

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian. Dalam hal ini tahap persiapan meliputi persiapan alat yang akan digunakan, penentuan kebutuhan data yang akan digunakan, penentuan instansi-instansi yang akan dijadikan sumber pencarian data, dan pengumpulan materi studi pustaka untuk dijadikan sebagai referensi dalam menganalisis data.

2. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengumpulkan data. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh informasi sesuai tujuan yang akan dicapai dalam penelitian. Dalam hal ini, data dikumpulkan melalui instansi-instansi terkait ataupun penelitian yang relevan serta telah dilakukan sebelumnya. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi Indonesia Kabupaten Sinjai (BIG) Skala 1:50.000, data raster DEMNAS Kabupaten Sinjai (BIG), dan data raster BATNAS Kabupaten Sinjai (BIG). Ketiga data ini diperoleh melalui situs resmi InaGeoportal. Pada paket data hasil unduk Peta RBI Kabupaten Sinjai, kemudian dipilih beberapa layer yang diperlukan untuk proses penelitian ini. Layer yang digunakan adalah *shapefile* Administrasi Kabupaten Sinjai dalam bentuk *polygon*, data jalan dalam bentuk *polyline*, data pantai/ garis pantai, data pemukiman, data *shapefile* sungai.

3. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahapan yang mengubah data menjadi informasi yang mudah untuk dipahami. Dalam penelitian ini, data-data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan *software* ArcGIS 10.8 dengan memanfaatkan fitur-fitur yang ada di dalamnya seperti *geoprocessing*, *proximity*, *overlay*, dan *spatial analyst*.

Pengolahan data dimulai dengan memilih dan melakukan *geoprocessing* berupa *clip* terhadap layer *shapefile* batas administrasi Kabupaten Sinjai, jalan, pemukiman, dan sungai. Selanjutnya melakukan analisis *proximity* berupa fungsi *multiple ring buffer* dan dilanjutkan dengan fungsi *clip* terhadap *shapefile* sungai. Parameter jarak pada *buffer* digunakan untuk memperoleh area yang berjarak dari sungai sejauh 100, 200, 300, 500, dan lebih dari 500 meter. Hasilnya kemudian diberi skor dengan rentang nilai 1 hingga 5 berurutan dari jarak terjauh hingga terdekat sungai (Gambar 1).

Demikian juga dengan layer garis pantai dilakukan pemrosesan *multiple ring buffer* dan *clip*. Parameter jarak pada analisis *buffer* adalah sejauh 500, 1000, 1500, 3000, dan lebih dari 3000 meter dari garis pantai. Hasil *buffer* kemudian diberi skor dari 1 hingga 5 secara urut untuk mewakili jarak terjauh hingga terdekat pantai (Gambar 2).

Data DEMNAS digunakan untuk mendapatkan nilai elevasi wilayah. Proses yang dilakukan adalah proses *spatial analyst* berupa *extraction* dan klasifikasi raster sehingga diperoleh nilai elevasi tiap

piksel datanya. Selanjutnya dilakukan *editing field* dan konversi data raster ke data *vector* dalam bentuk *polygon*. Klasifikasi dan simbologi kemudian dilakukan terhadap layer *polygon* hasil konversi tersebut. Klasifikasi dilakukan dengan membagi data menjadi lima kelas dengan rentang elevasi 0-20 meter, 21-50 meter, 51-100 meter, 101-300 meter, dan lebih dari 300 meter. Skor yang diberikan adalah berurutan 9, 7, 5, 3, 1 (Gambar 3). Penentuan interval kelas dan skor ini dilakukan dengan mengacu Skor Parameter Elevasi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Kusumo dan Nursari (2016).

Hasil dari layer yang telah dikategorikan dan diberikan skor ini kemudian diintegrasikan dengan memberikan bobot pada masing-masing layer. Layer jarak dari sungai dan jarak dari pantai diberikan bobot masing-masing 0,2. Sedangkan layer elevasi diberikan bobot 0,25. Integrasi dilakukan dengan mengkombinasikan seluruh layer melalui metode *clip*. Kemudian menghitung total bobot yang telah dikalikan dengan skor untuk memperoleh nilai akhir yang ditampilkan dalam kolom atribut NB_JrdrSun, NB_JrdrPant, dan NB_Elv.

Jarak_dari_Sungai									
FID	Shape	OBJECTID	distance	Keterangan	Luas	Skor	Bobot	NB JrdrSun	
0	Polygon ZM	1	0	>500 m	25.751966	1	0.2	0.2	
1	Polygon ZM	2	100	0-100 m	1509.759819	5	0.2	1	
2	Polygon ZM	3	200	100-200 m	956.716478	4	0.2	0.8	
3	Polygon ZM	4	300	200-300	466.597635	3	0.2	0.6	
4	Polygon ZM	5	500	300-500	322.035678	2	0.2	0.4	

Gambar 1. Tabel atribut data sungai yang telah diproses (sumber: hasil olah peneliti).

Jarak_dari_Pantai									
FID	Shape	Keterangan	Luas	Skor	Bobot	NB JrdrPant			
1	Polygon ZM	>3000 m	2486.59075800251	1	0.2	0.2			
2	Polygon ZM	0-500 m	60.8971121884368	5	0.2	1			
3	Polygon ZM	500-1000 m	167.681066742569	4	0.2	0.8			
4	Polygon ZM	1000-1500 m	146.839988184127	3	0.2	0.6			
5	Polygon ZM	1500-3000 m	418.852642969469	2	0.2	0.4			

Gambar 2. Tabel atribut data pantai yang telah diproses (sumber: hasil olah peneliti).

Elevasi 4									
FID	Shape	OBJECTID	Id	qrcode	Kls Elv	Skor	Bobot	NB Elv	
0	Polygon	1	1	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
1	Polygon	2	2	2	0-20 m	4	0.25	1	
2	Polygon	3	3	2	0-20 m	4	0.25	1	
3	Polygon	4	4	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
4	Polygon	5	5	3	20-50 m	3	0.25	0.75	
5	Polygon	6	6	2	0-20 m	4	0.25	1	
6	Polygon	7	7	2	0-20 m	4	0.25	1	
7	Polygon	8	8	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
8	Polygon	9	9	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
9	Polygon	10	10	2	0-20 m	4	0.25	1	
10	Polygon	11	11	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
11	Polygon	12	12	3	20-50 m	3	0.25	0.75	
12	Polygon	13	13	2	0-20 m	4	0.25	1	
13	Polygon	14	14	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
14	Polygon	15	15	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
15	Polygon	16	16	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
16	Polygon	17	17	3	20-50 m	3	0.25	0.75	
17	Polygon	18	18	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
18	Polygon	19	19	3	20-50 m	3	0.25	0.75	
19	Polygon	20	20	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
20	Polygon	21	21	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
21	Polygon	22	22	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
22	Polygon	23	23	3	20-50 m	3	0.25	0.75	
23	Polygon	24	24	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
24	Polygon	25	25	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
25	Polygon	26	26	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
26	Polygon	27	27	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
27	Polygon	28	28	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
28	Polygon	29	29	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
29	Polygon	30	30	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
30	Polygon	31	31	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
31	Polygon	32	32	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
32	Polygon	33	33	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
33	Polygon	34	34	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
34	Polygon	35	35	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
35	Polygon	36	36	3	20-50 m	3	0.25	0.75	
36	Polygon	37	37	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
37	Polygon	38	38	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
38	Polygon	39	39	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
39	Polygon	40	40	1	< 0 m	5	0.25	1.25	
40	Polygon	41	41	1	< 0 m	5	0.25	1.25	

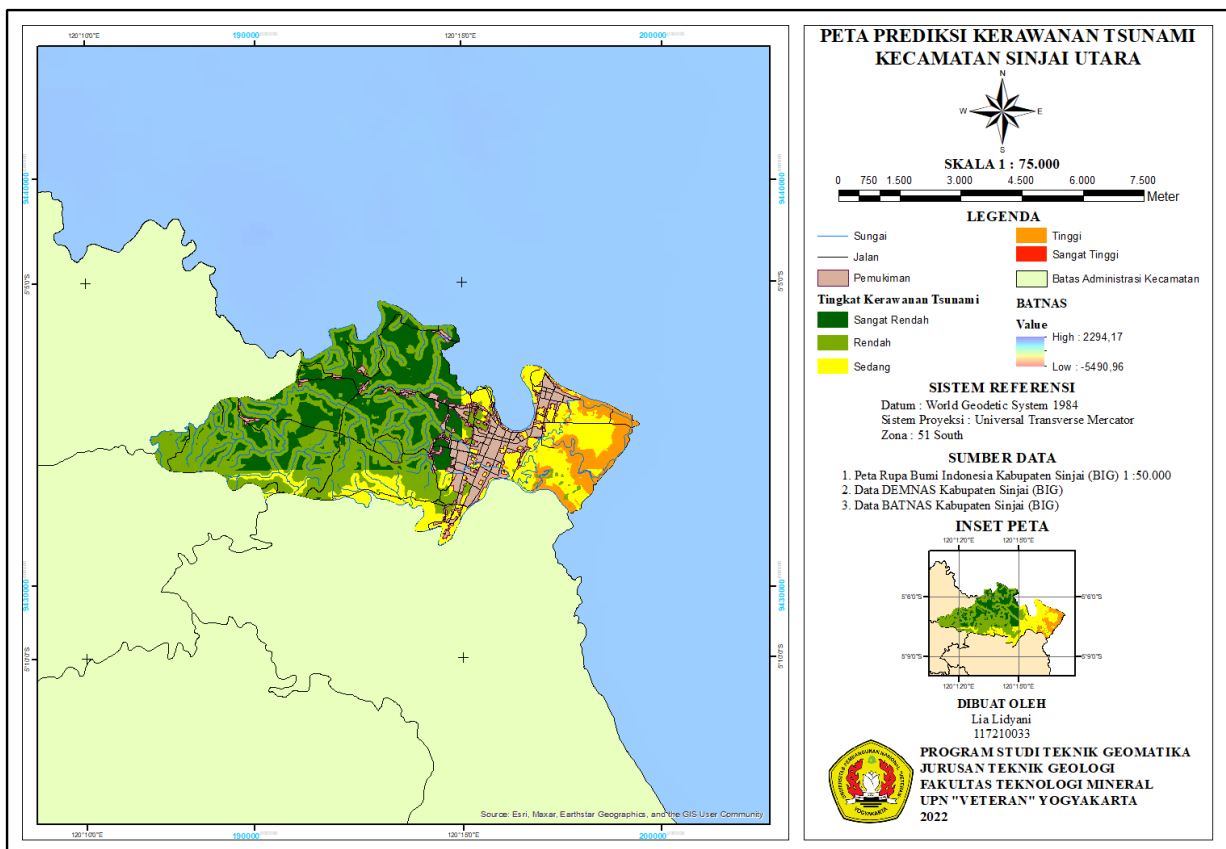
Gambar 3. Tabel atribut data elevasi yang telah diproses (sumber: hasil olah peneliti).

4. Analisis

Tahap analisis merupakan tahap yang dilakukan untuk mengidentifikasi data yang telah diolah. Hasil yang akan diperoleh dalam tahap analisis adalah informasi yang dapat digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian yang sedang diteliti. Adapun analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara melalui tingkat warna yang tersaji dalam peta. Berdasarkan proses pengolahan data, diperoleh hasil berupa prediksi kerawanan tsunami di Kecamatan Sinjai Utara. Prediksi diklasifikasi berdasarkan nilai atributnya menjadi lima kategori. Lima kategori tersebut adalah kategori sangat rendah (0,25-1,01), rendah (1,01-1,77), sedang (1,77-2,53), tinggi (2,53-3,29), dan sangat tinggi (3,29-4,05).

3. Hasil dan Pembahasan

Proses layout diaplikasikan untuk memvisualisasikan prediksi tingkat kerawanan dengan mengintegrasikan dengan data sungai, jalan, pemukiman, serta batas administrasi. Komponen kelengkapan peta menjadi hal utama yang diperhatikan dalam pembuatan layout ini. Hasilnya berupa sebuah Peta Prediksi Kerawanan Tsunami Kecamatan Sinjai Utara (Gambar 4).



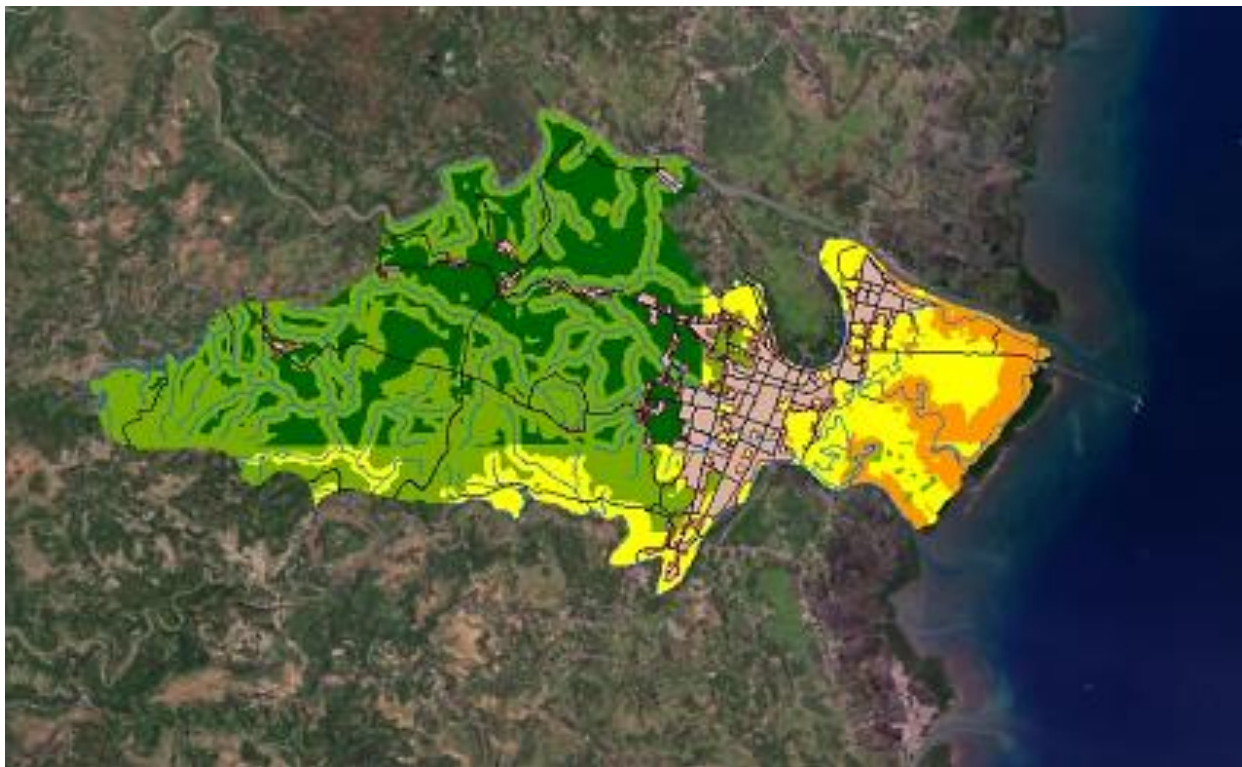
Gambar 4. Peta Prediksi Kerawanan Bencana Tsunami Kecamatan Sinjai Utara yang dilengkapi dengan tingkatan warna yang merepresentasikan tingkat kerawanan bencana tsunami (sumber: hasil olah peneliti).

Melalui peta tersebut (Gambar 5) dapat dianalisis beberapa hal bahwa tingkat kerawanan sangat tinggi terhadap bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara disimbolkan dengan warna merah. Warna ini tidak terlihat dalam peta, artinya tingkat kerawanan sangat tinggi terhadap bencana tsunami diprediksi tidak ada. Tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara disimbolkan dengan warna jingga. Warna ini terlihat mendominasi di area pesisir pantai atau dataran rendah seperti area permukiman

yang digunakan sebagai tempat masyarakat beraktivitas. Dengan demikian, area-area tersebut menjadi area dengan tingkat terpapar yang tinggi ketika terjadi bencana tsunami.

Tingkat kerawanan sedang terhadap bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara disimbolkan dengan warna kuning. Warna ini juga mendominasi di area permukiman tetapi jauh dari pesisir pantai. Meskipun jauh dari pesisir pantai, area tersebut tetap memiliki kemungkinan untuk terpapar bencana tsunami dengan tingkat kerawanan sedang. Tingkat kerawanan rendah terhadap bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara disimbolkan dengan warna hijau muda. Warna ini mendominasi di area bukan permukiman. Hal ini dapat diartikan bahwa area tersebut tetap memiliki kemungkinan untuk terpapar bencana tsunami tetapi dengan tingkat kerawanan yang rendah atau kecil.

Tingkat kerawanan sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara disimbolkan dengan warna hijau tua. Warna ini mendominasi di area dataran tinggi yang jauh dari pesisir pantai dan cenderung memiliki bangunan permukiman yang sedikit. Dengan demikian, area tersebut merupakan area yang aman karena memiliki kemungkinan yang sangat kecil untuk terpapar bencana tsunami. Oleh karena itu, area ini dapat dijadikan sebagai alternatif untuk tempat pengungsian ketika terjadi bencana tsunami. Area ini juga dapat menjadi pertimbangan bagi masyarakat ketika akan membangun rumah yang aman dari bencana tsunami.



Gambar 5. Hasil Analisis Tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara (sumber: hasil olah peneliti).

Selain beberapa analisis di atas, dapat diketahui juga bahwa prediksi ketika terjadi bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara dapat menghancurkan banyak permukiman, area perdagangan, area pertanian, bahkan infrastruktur penting seperti jalan raya. Dengan demikian, adanya peta prediksi kerawanan bencana tsunami ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai area-area yang memiliki tingkat kerawanan tinggi hingga tingkat kerawanan sangat rendah ketika terjadi bencana tsunami.

Masyarakat juga dapat menjadikan informasi ini sebagai bahan pertimbangan untuk membangun permukiman yang aman dari bencana tsunami. Selain itu, adanya peta ini diharapkan mampu dijadikan sebagai informasi bagi pemerintah setempat untuk menetapkan upaya mitigasi bencana ketika terjadi

tsunami di Kecamatan Sinjai Utara sehingga risiko bencana seperti angka kematian, luka, sakit, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat dapat diminimalisir.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara dapat disimpulkan bahwa kecamatan ini memiliki kemungkinan yang cukup kecil untuk terpapar oleh bencana tsunami. Hal ini dikarenakan Kecamatan Sinjai Utara didominasi oleh area dataran tinggi yang jauh dari pesisir pantai. Area tersebut disimbolkan dengan warna hijau muda dan hijau tua. Warna-warna ini mendominasi area pemetaan jika dibandingkan dengan warna lainnya.

Sementara itu, untuk prediksi tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Sinjai Utara dikelompokkan menjadi lima (5) kategori yaitu sangat rendah (0,25-1,01), rendah (1,01-1,77), sedang (1,77-2,53), tinggi (2,53-3,29), dan sangat tinggi (3,29-4,05). Adapun area-area yang diprediksi akan banyak terdampak bencana tsunami adalah area pesisir pantai yang memungkinkan infrastruktur yang terdampak merupakan infrastruktur yang berada di area permukiman, serta infrastruktur seperti jalan raya.

Daftar Pustaka

- Akbar, M. A. H., Kharis, F. A., & Rahmawati, O. P. (2020). Perencanaan Lanskap Mitigasi Tsunami Berbasis Ekosistem Mangrove di Kota Palu. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 41-53.
- Alpiana, F., Purwanto, C., Arman, Y., & Apriansyah, A. Identifikasi Struktur Geologi Dasar Laut Sulawesi Berdasarkan Anomali Magnetik. *PRISMA FISIKA*, 7(3), 162-166.
- Probo, K., & Evi, N. (2016). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kabupaten Serang, Banten. *Jurnal String Volume 1 Nomor 1 Tahun 2016*.
- Putra, D.B., Suprayogi, A., & Sudarsono, B. (2019). Analisis Kerawanan Banjir Pada Kawasan Terbangun Berdasarkan Klasifikasi Indeks Ebbs (Enhanced Built-Up and Bareness Index) Menggunakan SIG (Studi Kasus di Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 93-102.
- Septiana, T. (2020). Pemanfaatan Analisis Spasial Untuk Pemetaan Risiko Bencana Alam Tsunami Menggunakan Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografis. 7(2), 210-218.
- Sumari, A.D.W., Nugroho, S.P., & Addin, T.N. (2016). Pengurangan Risiko Bencana Gempa Bumi-Tsunami di Pangkalan TNI AU Padang Akibat Megathrust Mentawai. *Jurnal Pertahanan* 6(1), 119-149.
- Zulfi, A., Simanjuntak, N. B. P., Sari, V. A., & Rahmi, F. (2021). Penerapan Analisis Geospasial Berbasis Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Bencana di Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2(2), 82-91.
- Sekretariat Negara RI. (2007). Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta.