

## Pengaplikasian Sig Dalam Pemetaan Bahaya Tsunami di Pesisir Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta

Muhammad Rizal Suhaidi Putra<sup>1\*</sup>, Qori Nabilla<sup>1</sup>, Ilham Badaruddin Mataburu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Jakarta

\*Alamat email penulis koresponden: [mochammad.rizal.suhaidi@mhs.unj.ac.id](mailto:mochammad.rizal.suhaidi@mhs.unj.ac.id)

### Abstrak

Indonesia memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap gempa bumi dan tsunami karena berada pada zona *Pacific Ring of Fire*. Salah satu wilayah rawan adalah pesisir Kabupaten Kulon Progo yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat bahaya tsunami di wilayah pesisir Kulon Progo menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang digunakan meliputi DEMNAS, penggunaan lahan, garis pantai, dan batas administrasi dari BIG, serta data gempa dari USGS. Pemodelan inundasi dilakukan dengan metode Berryman melalui analisis *cost distance* dan *fuzzy membership* di ArcGIS Pro untuk tiga skenario ketinggian gelombang 5 m, 10 m, dan 15 m. Hasil menunjukkan luas area terdampak masing-masing sebesar 1.417,37 ha, 2.525,25 ha, dan 3.164,48 ha, dengan Kecamatan Galur sebagai wilayah paling luas terdampak. Jenis penggunaan lahan yang paling rentan adalah tegalan/ladang dan sawah. Pemetaan ini menunjukkan bahwa lereng yang landai serta perbedaan tutupan lahan akan berpengaruh dengan peningkatan tinggi gelombang yang berbanding lurus dengan perluasan area terdampak dan dapat menjadi dasar mitigasi serta perencanaan tata ruang pesisir Kulon Progo.

Kata Kunci: tsunami, inundasi, sig, bahaya, kulonprogo

### Abstract

*Indonesia has a high level of vulnerability to earthquakes and tsunamis due to its location along the Pacific Ring of Fire. One of the high-risk areas is the coastal region of Kulom Progo Regency, which directly faces the Indian Ocean. This study aims to map tsunami hazard levels in the Kulon Progo coastal area using a Geographic Information System (GIS) approach. The data used include DEMNAS, land use, coastline, and administrative boundaries from BIG, as well as earthquake data from the USGS. Tsunami inundation modelling was conducted using the Berryman method through cost distance and fuzzy membership analysis in ArcGIS Pro for three wave height scenarios: 5 m, 10 m, and 15 m. The results indicate that the affected areas covered 1,417.37 ha, 2,525.25 ha, and 3,164.48 ha, respectively, with Galur District being the most affected area. The most vulnerable land use types were dryland fields and rice paddies. The mapping results show that gentle slopes and variations in land cover significantly influence inundation extent, where increasing wave height corresponds directly to the expansion of affected areas. These findings can serve as a basis for disaster mitigation planning and coastal spatial management in the Kulom Progo region.*

*Keywords: tsunami, inundation, gis, hazard, kulonprogo*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang paling rawan terhadap bencana alam karena letaknya yang strategis di kawasan Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*), sebuah zona tektonik paling aktif di dunia (Wanto et al., 2024). Pada kawasan ini, terjadi pertemuan dan pergerakan aktif lempeng-lempeng besar seperti Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik,

yang membentuk zona subduksi. Zona subduksi ini menjadi penyebab utama dari seringnya gempa bumi dan aktivitas vulkanik di wilayah Indonesia (Popoji et al., 2024). Konvergensi lempeng-lempeng tersebut menyebabkan Indonesia mengalami aktivitas tektonik yang sangat tinggi dan menjadikannya salah satu negara dengan frekuensi gempa bumi paling sering di dunia (Imelda et al., 2024). Selain rawan gempa bumi, kondisi geografis Indonesia yang dikelilingi oleh lautan luas dapat meningkatkan risiko terhadap bencana tsunami, khususnya akibat gempa bawah laut.

Tsunami termasuk dalam kategori *fast-onset disaster*, yaitu bencana yang terjadi secara tiba-tiba dan berkembang sangat cepat, sehingga menyulitkan sistem peringatan dini maupun evakuasi masyarakat jika tidak dipersiapkan dengan baik (Bernard & Titov, 2015). Kombinasi antara aktivitas tektonik dan karakteristik maritim Indonesia menyebabkan hampir semua wilayah pesisir di negara ini memiliki risiko terhadap tsunami. Dampak yang ditimbulkan dapat sangat merusak, baik dari sisi korban jiwa, kehilangan tempat tinggal, kehancuran infrastruktur sosial dan ekonomi, hingga muncul rasa trauma bagi para korban selamat (Schambach et al., 2021). Dalam konteks ini, inundasi (genangan) yang dihasilkan oleh gelombang tsunami merupakan faktor kunci yang menentukan tingkat kehancuran. Inundasi merujuk pada sejauh mana air laut menerjang dan menggenangi daratan, yang tidak hanya ditentukan oleh ketinggian gelombang di pantai, tetapi juga oleh volume air, durasi, serta kecepatan alirannya (Paramita et al., 2021). Jarak dan ketinggian inundasi inilah yang secara langsung menghancurkan segala sesuatu di daerah yang dilanda.

Salah satu wilayah yang rawan terhadap tsunami adalah pesisir Kulonprogo yang merupakan bagian dari Daerah Istimewa Yogyakarta. Pesisir Kabupaten Kulon Progo di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan bagian dari kawasan selatan Pulau Jawa yang secara langsung berbatasan dengan Samudera Hindia. Wilayah pesisir ini mencakup beberapa kecamatan seperti Galur, Panjatan, dan Wates, dengan garis pantai yang membentang sekitar 24 km. Karakteristik pantai di wilayah ini umumnya landai, sehingga memiliki potensi genangan yang luas apabila terjadi gelombang pasang atau tsunami. Letak geografis Kulon Progo yang berada di zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia menjadikannya sebagai salah satu kawasan dengan tingkat kerawanan tsunami yang tinggi. Zona ini merupakan bagian dari Megathrust Sunda, yang memiliki potensi tinggi untuk menghasilkan gempa bumi besar yang dapat memicu tsunami (Ahmad et al., 2021). Ancaman ini menjadi semakin signifikan karena pesisir Kulon Progo saat ini mengalami percepatan pembangunan, termasuk pertumbuhan permukiman, pengembangan kawasan ekonomi dan pariwisata, serta pembangunan infrastruktur strategis seperti bandara. Situasi ini memperbesar potensi kerugian apabila terjadi bencana, sehingga diperlukan proyeksi potensi kerugian akibat tsunami.

Pemetaan bahaya menggunakan SIG memungkinkan analisis spasial yang detail mengenai sebaran bahaya, tingkat kerentanan, dan paparan suatu wilayah terhadap bencana, termasuk tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan bahaya tsunami di wilayah pesisir Kulon Progo menggunakan pendekatan geospasial, dengan harapan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang wilayah-wilayah yang memiliki tingkat bahaya tinggi, serta penggunaan dan tutupan lahan apa saja yang terdampak dari skenario ketinggian tsunami 5, 10, dan 15 m. Selain itu, studi ini juga bertujuan untuk menunjukkan efektivitas penggunaan SIG dalam mendukung pengambilan keputusan dalam kebijakan penataan ruang, perencanaan evakuasi, dan penguatan sistem peringatan dini. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi pemerintah daerah, badan penanggulangan bencana, serta pihak-pihak terkait lainnya dalam merancang strategi mitigasi yang lebih adaptif dan berbasis data dalam menghadapi ancaman tsunami di masa depan.

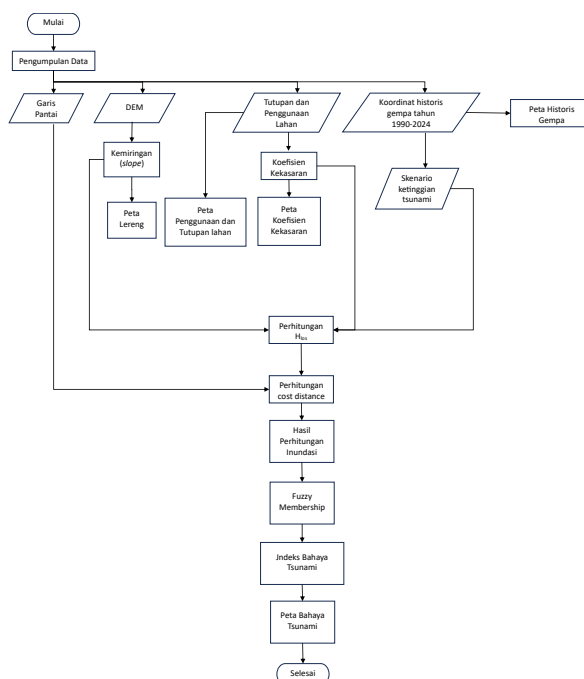
## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskripsi. Jenis data yang digunakan pada penelitian ini ialah bersifat sekunder, artinya data-data yang dihasilkan pada penelitian tidak didapat melalui hasil perhitungan lapangan. Data-data yang digunakan didapat melalui instansi pemerintah dan penyedia layanan data di website, data yang digunakan yakni data historis gempa laut yang diambil dari katalog gempa bumi tahun 1990 – 2024 milik USGS, penggunaan lahan, batas administrasi, DEMNAS, dan garis pantai yang diambil dari instansi pemerintah Badan Informasi Geospasial (BIG).

**Tabel 1.** Sumber dan Jenis Data

No	Jenis Data	Sumber
1	Koordinat Gempa	<a href="#">USGS</a>
2	Penggunaan Lahan	<a href="#">BIG</a>
3	Garis Pantai	<a href="#">BIG</a>
4	DEMNAS	<a href="#">BIG</a>
5	Batas Administrasi	<a href="#">BIG</a>

Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) berupa Microsoft Excel untuk membantu dalam menganalisis data numerik dan mengolah data lokasi gempa, Microsoft Word untuk menyusun laporan, dan ArcGIS Pro untuk melakukan analisis spasial serta membuat peta. Penelitian ini dimulai (gambar 1) dengan mengolah data lokasi gempa untuk dilakukan analisis deskriptif, lalu mengelola data penggunaan lahan, garis pantai, dan DEMNAS untuk menganalisis potensi bahaya tsunami.

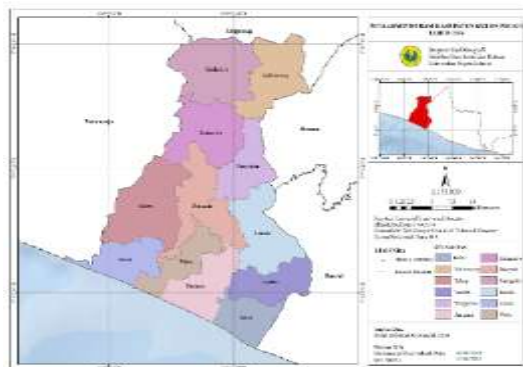


**Gambar 1.** Bagan Alir

## LOKASI PENELITIAN

Secara geografis, Kabupaten Kulon Progo terletak di bagian barat Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayah penelitian ini mencakup area pesisir selatan Kulon Progo yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Secara astronomis, Kabupaten Kulon Progo

terletak antara 7°38'42" - 7°59'03" Lintang Selatan (LS) dan 110°01'37" - 110°16'26" Bujur Timur (BT). Batas-batas administrasi Kabupaten Kulon Progo meliputi: sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Magelang dan Kabupaten Purworejo (Provinsi Jawa Tengah); sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul (Daerah Istimewa Yogyakarta); sebelah selatan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia; serta sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Purworejo (Provinsi Jawa Tengah). Pemilihan lokasi penelitian di pesisir Kulon Progo didasarkan pada karakteristik geografis wilayah ini yang rawan terhadap bencana tsunami, mengingat posisinya yang berbatasan langsung dengan laut lepas.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

## PENGOLAHAN DATA

Pemodelan bahaya tsunami dalam penelitian ini mengadopsi model analisis inondasi yang telah dikembangkan oleh Berryman, dengan memasukkan variabel topografi pantai, kekasaran permukaan, serta tinggi gelombang tsunami pada garis pantai. Model ini memiliki persamaan sebagai berikut (Setiowati et al., 2023):

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

Dimana:

$H_{loss}$  : kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inondasi

$n$  : koefisien kekasaran permukaan

$H_0$  : ketinggian gelombang tsunami di garis pantai (m)

$S$  : besarnya lereng permukaan (derajat)

Model ini kemudian diimplementasikan melalui rangkaian analisis spasial menggunakan bantuan software ArcGIS Pro, yang meliputi pembuatan data lereng, koefisien kekasaran permukaan, dan memanfaatkan *tools cost distance* dan *fuzzy membership*. Secara tahapan model ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

Data DEMNAS yang telah disiapkan diolah untuk menghasilkan peta lereng (*slope*), karena kemiringan permukaan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi hingga sejauh mana air tsunami dapat menjalar ke daratan, wilayah yang memiliki lereng yang tinggi cenderung minim terkena efek genangan tsunami, sebaliknya wilayah yang memiliki lereng yang landai memiliki potensi yang besar untuk terkena genangan akibat tsunami (Siva & Behera, 2016). Data lereng didapat dengan menggunakan fitur *slope*, akan tetapi untuk digunakan dalam model ini nilai *slope* yang awalnya derajat kemudian dikonversi menjadi nilai radian sehingga persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut (Septiangga et al., 2019):

$$5 \sin \left( \text{slope} \times \frac{\pi}{180} \right) \quad (2)$$

Penentuan koefisien kekasaran permukaan (*koefisien Manning*) dilakukan berdasarkan klasifikasi penggunaan lahan, di mana setiap jenis penggunaan seperti hutan, permukiman padat, lahan terbuka, atau sawah memiliki nilai kekasaran yang berbeda sebagai representasi hambatan terhadap aliran air tsunami (Kaiser et al., 2011). Data penggunaan lahan yang awalnya berbentuk vektor (*polygon*) dikonversi menjadi raster untuk diselaraskan dengan format data lereng. Berdasarkan (Budiman & Syafiudin, 2024), jenis tutupan atau penggunaan lahan memiliki nilai sebagai berikut:

**Tabel 2.** Koefisien Kekasaran Tutupan Lahan

Penggunaan Lahan	Kekasaran
Badan Air	0.007
Rawa	0.015
Empang	0.007
Tambak	0.01
Pasir/Bukit Pasir	0.018
Semak/Belukar	0.04
Padang Rumput	0.02
Hutan	0.07
Kebun/Perkebunan	0.035
Tegalan/Ladang	0.03
Sawah	0.02
Lahan Pertanian	0.025
Pemukiman/Lahan Terbangun	0.05
Mangrove	0.06

Sumber: (Budiman & Syafiudin, 2024)

Setelah mendapatkan data  $H_{loss}$  kemudian dilakukan perhitungan jarak inundasi tsunami berdasarkan data garis pantai dan referensi ketinggian tsunami pada saat berada di garis pantai, dimana pada penelitian ini referensi ketinggian tsunami yang digunakan yakni 5, 10, dan 15 m, hal ini didasari karena pesisir Kulon Progo langsung menghadap ke laut lepas ditambah dengan lokasinya dekat dengan zona subduksi, selain itu penelitian juga menyebutkan bahwa potensi ketinggian tsunami akibat megathurst di Jawa Barat dapat mencapai 20 m yang semakin rendah hingga di Jawa Timur mencapai 12 m (Widiyantoro et al., 2020). Untuk menganalisis jarak inundasi di Kulon Progo, penelitian ini menggunakan bantuan fitur *cost distance* pada ArcGIS Pro.

Setelah dilakukan analisis *cost distance*, kemudian data yang dihasilkan dilakukan pembagian indeks bahaya berdasarkan ketentuan BNPB. Untuk menilai kelas bahaya penelitian ini menggunakan bantuan fitur ArcGIS Pro yakni *fuzzy membership*.

**Tabel 3.** Kelas Bahaya

Kelas	Nilai
Rendah	0 - 0,333
Sedang	0,333 - 0,666
Tinggi	0,666 - 1

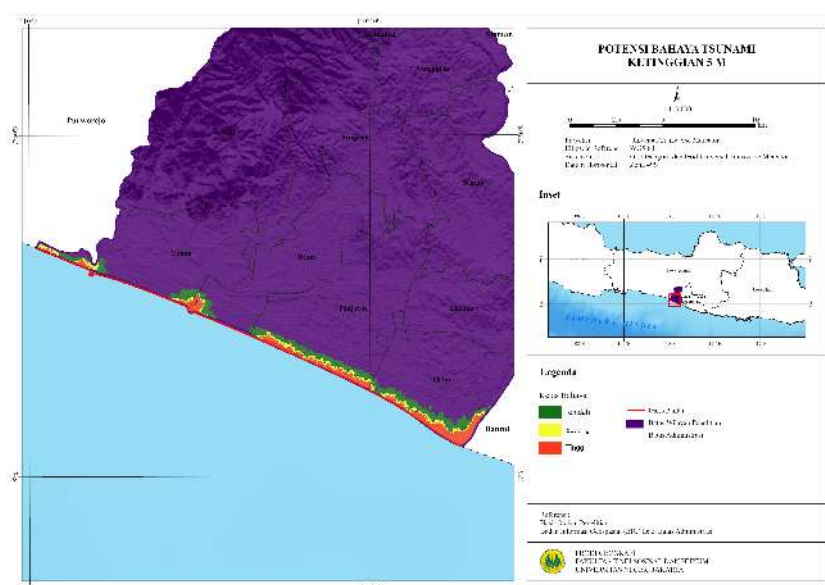
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 SKENARIO 5M

Berdasarkan hasil perhitungan inundasi, diperoleh gambaran spasial mengenai luas wilayah terdampak pada masing-masing kecamatan (**tabel 4**) di pesisir Kulon Progo. Luas total area yang berpotensi terdampak tsunami dengan ketinggian 5 meter mencapai 1.417,37 hektar, yang tersebar di empat kecamatan, yaitu kecamatan Galur, Panjatan, Temon, dan Wates.

**Tabel 4.** Luas Kecamatan Terdampak Skenario 5m

Kecamatan	Kelas (ha)			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Galur	252,11	80,06	236,73	<b>568,90</b>
Panjatan	220,20	89,46	157,42	<b>467,07</b>
Temon	154,26	63,23	51,10	<b>268,59</b>
Wates	61,93	12,47	38,42	<b>112,82</b>
<b>Total</b>	<b>688,49</b>	<b>245,22</b>	<b>483,66</b>	<b>1.417,37</b>



**Gambar 3.** Peta Inundasi Skenario 5m

Kecamatan Galur menjadi wilayah yang paling luas terdampak, dengan total luasan sebesar 568,90 hektar. Rinciannya mencakup kelas bahaya rendah seluas 252,11 hektar, bahaya sedang 80,06 hektar, dan bahaya tinggi 236,73 hektar. Selanjutnya, Kecamatan Panjatan memiliki area terdampak seluas 467,07 hektar, yang terdiri dari kelas rendah 220,20 hektar, sedang 89,46 hektar, dan tinggi 157,42 hektar. Di Kecamatan Temon, total area terdampak mencapai 268,59 hektar, dengan kelas rendah 154,26 hektar, sedang 63,23 hektar, dan tinggi 51,10 hektar. Sementara itu, Kecamatan Wates merupakan wilayah terdampak paling kecil, yaitu 112,82 hektar, yang terbagi atas kelas rendah 61,93 hektar, sedang 12,47 hektar, dan tinggi 38,42 hektar.

Jika dilihat dari total klasifikasi paparan luas bahaya wilayah, maka kelas bahaya rendah mencakup area terdampak paling luas sebesar 688,49 hektar, diikuti oleh kelas tinggi seluas 483,66 hektar, dan kelas sedang seluas 245,22 hektar. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian

besar wilayah yang terdampak tsunami dengan ketinggian 5 meter berada pada area dengan bahaya rendah, tetapi tetap terdapat ancaman pada wilayah dengan bahaya tinggi dan sedang yang berpotensi menimbulkan risiko lebih besar terhadap keselamatan dan kerugian.

Hasil analisis spasial terhadap penggunaan dan tutupan lahan (**tabel 5**), diketahui bahwa beberapa jenis penggunaan lahan berada dalam zona terdampak tsunami. Jenis penggunaan lahan yang paling luas terkena dampak adalah tegalan/ladang dengan total luas 596,25 hektar. Rinciannya mencakup 352,77 hektar pada kelas bahaya rendah, 108,66 hektar sedang, dan 134,82 hektar tinggi. Selanjutnya, sawah dan padang rumput mencakup 291,56 hektar, badan air 175,01 hektar, dan tambak 167,18 hektar. Jenis penggunaan lahan lainnya seperti semak belukar (142,14 hektar), permukiman/lahan terbangun (25,08 hektar), kebun/perkebunan (11,16 hektar), serta pasir/bukit pasir (8,99 hektar) juga termasuk dalam zona bahaya. Pada lahan permukiman, meskipun luas terdampaknya relatif kecil dibandingkan jenis lahan lainnya, yaitu hanya 25,08 hektar, tetapi keberadaannya memiliki dampak besar terhadap potensi korban jiwa dan kerusakan infrastruktur.

**Tabel 5.** Luas Penggunaan Lahan Terdampak Skenario 5m

Penggunaan dan Tutupan Lahan	Kelas (ha)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Total
Badan Air	26,37	30,88	117,76	<b>175,01</b>
Kebun / Perkebunan	6,27	1,79	3,10	<b>11,16</b>
Pasir / Bukit Pasir	1,29	0,62	7,07	<b>8,99</b>
Pemukiman / Lahan Terbangun	9,90	5,89	9,29	<b>25,08</b>
Sawah dan Padang Rumput	206,67	45,14	39,75	<b>291,56</b>
Semak / Belukar	38,96	21,14	82,03	<b>142,14</b>
Tambak	46,26	31,09	89,83	<b>167,18</b>
Tegalan / Ladang	352,77	108,66	134,82	<b>596,25</b>
<b>Total</b>	<b>688,49</b>	<b>245,22</b>	<b>483,66</b>	<b>1.417,37</b>

### 3.2 SKENARIO 10M

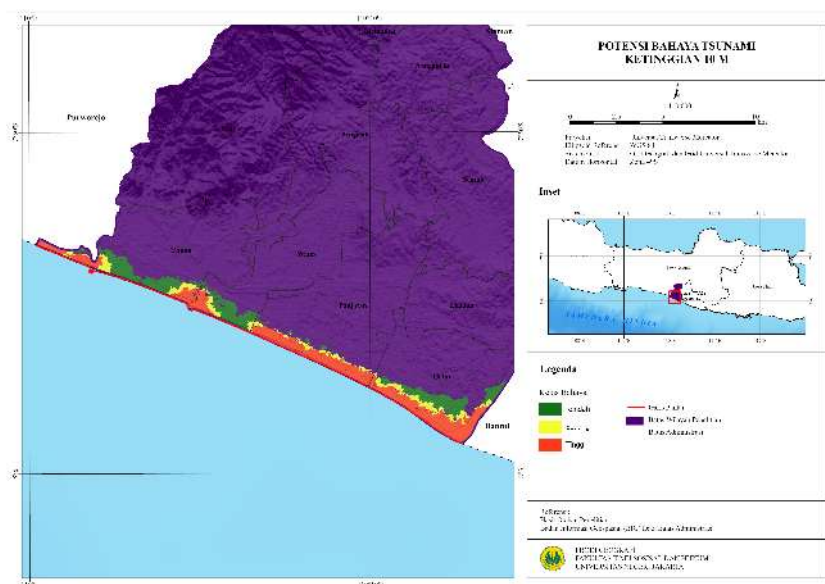
Berdasarkan hasil perhitungan inundasi, diperoleh gambaran spasial mengenai luas wilayah terdampak (**tabel 6**) pada masing-masing kecamatan di pesisir Kulonprogo. Luas total area yang berpotensi terdampak tsunami dengan ketinggian 10 meter mencapai 2.525,25 hektar, yang juga tersebar di empat kecamatan, yaitu kecamatan Galur, Panjatan, Temon, dan Wates.

**Tabel 6.** Luas Kecamatan Terdampak Skenario 10m

Kecamatan	Kelas (ha)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Total
Galur	321,78	145,91	490,81	<b>958,50</b>
Panjatan	29,70	74,07	417,39	<b>521,15</b>
Temon	360,37	119,67	203,09	<b>683,13</b>
Wates	222,27	51,93	88,26	<b>362,46</b>
<b>Total</b>	<b>934,12</b>	<b>391,58</b>	<b>1.199,55</b>	<b>2.525,25</b>

Kecamatan Galur menjadi wilayah yang paling luas terdampak, dengan total luasan sebesar 958,50 hektar. Rinciannya mencakup kelas bahaya rendah seluas 321,78 hektar, bahaya sedang

145,91 hektar, dan bahaya tinggi 490,81 hektar. Selanjutnya, Kecamatan Temon memiliki area terdampak seluas 683,13 hektar, yang terdiri dari kelas rendah 360,37 hektar, sedang 119,67 hektar, dan tinggi 203,09 hektar. Di Kecamatan Panjatan, total area terdampak mencapai 521,15 hektar, dengan kelas rendah 29,70 hektar, sedang 74,07 hektar, dan tinggi 417,39 hektar. Sementara itu, Kecamatan Wates merupakan wilayah terdampak paling kecil, yaitu 362,46 hektar, yang terbagi atas kelas rendah 222,27 hektar, sedang 51,93 hektar, dan tinggi 88,26 hektar.



Gambar 4. Peta Inundasi Tsunami Skenario 10m

Jika dilihat dari total klasifikasi bahaya per wilayah, maka kelas bahaya tinggi mencakup area terdampak paling luas sebesar 1.199,55 hektar, diikuti oleh kelas rendah seluas 934,12 hektar, dan kelas sedang seluas 391,58 hektar. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah yang terdampak tsunami dengan ketinggian 10 meter berada pada area dengan bahaya tinggi, tetapi tetap terdapat ancaman pada wilayah dengan bahaya rendah dan sedang yang berpotensi menimbulkan risiko lebih besar terhadap keselamatan dan kerugian.

Hasil analisis spasial terhadap penggunaan dan tutupan lahan (tabel 7), diketahui bahwa beberapa jenis penggunaan lahan berada dalam zona terdampak tsunami. Jenis penggunaan lahan yang paling luas terkena dampak adalah tegalan/ladang dengan total luas 954,73 hektar. Rinciannya mencakup 279,34 hektar pada kelas bahaya rendah, 188,65 hektar sedang, dan 486,75 hektar tinggi. Selanjutnya, sawah dan padang rumput mencakup 757,91 hektar, semak/belukar 233,62 hektar, dan tambak 231,64 hektar. Jenis penggunaan lahan lainnya seperti badan air (206,17 hektar), permukiman/lahan terbangun (11,75 hektar), kebun/perkebunan (19,99 hektar), serta pasir/bukit pasir (9,43 hektar) juga termasuk dalam zona bahaya.

Tabel 7. Luas Penggunaan Lahan Terdampak Skenario 10m

Penggunaan dan Tutupan Lahan	Kelas			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Total
Badan Air	23,14	12,60	170,43	206,17
Kebun / Perkebunan	5,84	4,56	9,59	19,99
Pasir / Bukit Pasir	0,02	0,94	8,47	9,43

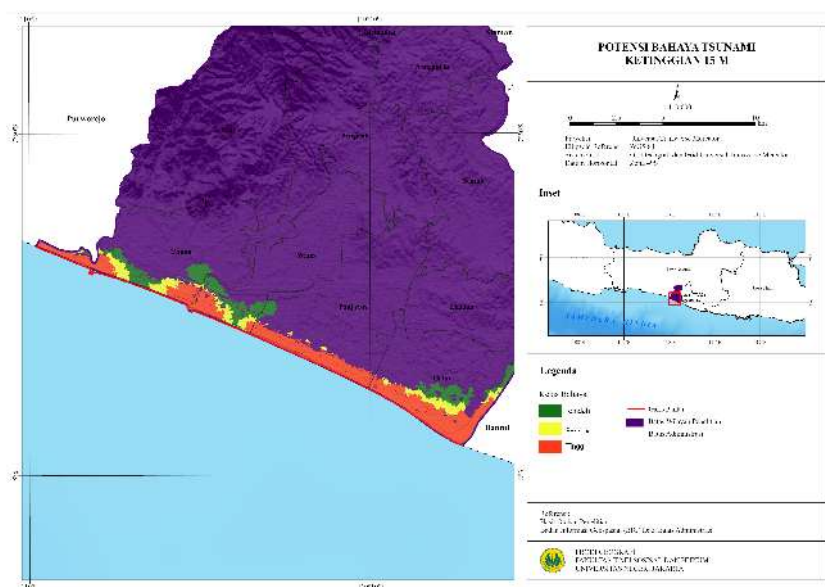
Pemukiman / Lahan Terbangun	78,77	11,88	21,09	111,75
Sawah dan Padang Rumput	408,57	128,84	220,50	757,91
Semak / Belukar	82,66	19,13	131,82	233,62
Tambak	55,78	24,97	150,90	231,64
Tegalan / Ladang	279,34	188,65	486,75	954,73
<b>Total</b>	<b>934,12</b>	<b>391,58</b>	<b>1.199,55</b>	<b>2.525,25</b>

### 3.3 SKENARIO 15M

Berdasarkan hasil perhitungan inundasi, diperoleh gambaran spasial mengenai luas wilayah terdampak pada masing-masing kecamatan (**tabel 8**) di pesisir Kulonprogo. Luas total area yang berpotensi terdampak tsunami dengan ketinggian 15 meter mencapai 3.164,48 hektar, yang juga tersebar di lima kecamatan, yaitu kecamatan Galur, Lendah, Panjatan, Temon, dan Wates.

**Tabel 8.** Luas Kecamatan Terdampak Skenario 15m

Kecamatan	Kelas			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Galur	310,87	176,24	700,74	<b>1.187,85</b>
Lendah	19,53	0,00	0,00	<b>19,53</b>
Panjatan	55,36	14,31	504,38	<b>574,04</b>
Temon	297,65	185,58	380,75	<b>863,99</b>
Wates	233,33	104,23	181,51	<b>519,07</b>
<b>Total</b>	<b>916,74</b>	<b>480,36</b>	<b>1.767,38</b>	<b>3.164,48</b>



**Gambar 5.** Peta Inundasi Tsunami Skenario 15m

Kecamatan Galur menjadi wilayah yang paling luas terdampak, dengan total luasan sebesar 1.187,85 hektar. Rinciannya mencakup kelas bahaya rendah seluas 310,87 hektar, bahaya sedang 176,24 hektar, dan bahaya tinggi 700,24 hektar. Selanjutnya, Kecamatan Temon memiliki area terdampak seluas 863,99 hektar, yang terdiri dari kelas rendah 297,65 hektar,

sedang 185,58 hektar, dan tinggi 380,75 hektar. Di Kecamatan Panjatan, total area terdampak mencapai 574,04 hektar, dengan kelas rendah 55,36 hektar, sedang 14,31 hektar, dan tinggi 504,38 hektar. Di Kecamatan Wates, total area terdampak mencapai 519,07 hektar, yang terbagi atas kelas rendah 233,33 hektar, sedang 104,23 hektar, dan tinggi 181,51 hektar. Sementara itu, Kecamatan Lendah merupakan wilayah terdampak paling kecil, yaitu 19,53 hektar yang seluruhnya termasuk dalam kelas bahaya rendah. Tidak terdapat area yang termasuk dalam kelas sedang maupun tinggi.

Jika dilihat dari total klasifikasi bahaya wilayah, maka kelas bahaya tinggi mencakup area terdampak paling luas sebesar 1.767,38 hektar, diikuti oleh kelas rendah seluas 916,74 hektar, dan kelas sedang seluas 480,36 hektar. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah yang terdampak tsunami dengan ketinggian 15 meter berada pada area dengan bahaya tinggi, tetapi tetap terdapat ancaman pada wilayah dengan bahaya rendah dan sedang yang berpotensi menimbulkan risiko lebih besar terhadap keselamatan dan kerugian.

Hasil analisis spasial terhadap penggunaan dan tutupan lahan (**tabel 9**), diketahui bahwa beberapa jenis penggunaan lahan berada dalam zona terdampak tsunami. Jenis penggunaan lahan yang paling luas terkena dampak adalah sawah dan padang rumput dengan total luas 1.157,87 hektar. Rinciannya mencakup 531,03 hektar pada kelas bahaya rendah, 217,60 hektar bahaya sedang, dan 409,24 hektar bahaya tinggi. Selanjutnya, tegalan/ladang mencakup 997,15 hektar, semak/belukar 269,26 hektar, dan badan air 256,92 hektar. Jenis penggunaan lahan lainnya seperti tambak (234,09 hektar), permukiman/lahan terbangun (181,93 hektar), kebun/perkebunan (53,08 hektar), serta pasir/bukit pasir (14,18 hektar) juga termasuk dalam zona bahaya.

**Tabel 9.** Luas Penggunaan Lahan Terdampak Skenario 15m

Penggunaan dan Tutupan Lahan	Kelas			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Badan Air	52,44	14,25	190,23	256,92
Kebun / Perkebunan	34,28	3,22	15,58	53,08
Pasir / Bukit Pasir	4,62	0,00	9,56	14,18
Pemukiman / Lahan Terbangun	97,81	40,22	43,90	181,93
Sawah dan Padang Rumput	531,03	217,60	409,24	1.157,87
Semak / Belukar	59,04	47,73	162,49	269,26
Tambak	21,41	25,09	187,60	234,09
Tegalan / Ladang	116,12	132,26	748,78	997,15
<b>Total</b>	<b>916,74</b>	<b>480,36</b>	<b>1.767,38</b>	<b>3.164,48</b>

Peningkatan luas wilayah genangan pada skenario ketinggian gelombang 5 m, 10 m, dan 15 m menunjukkan bahwa karakteristik fisik wilayah pesisir berperan sangat penting dalam menentukan tingkat inundasi tsunami. Di pesisir Kulonprogo, kondisi topografi yang landai serta dominasi lahan terbuka seperti sawah dan tegalan memungkinkan gelombang menjalar lebih jauh ke daratan, sejalan dengan hasil penelitian (Septiangga et al., 2019) yang menyebutkan bahwa lereng yang landai berpotensi meningkatkan jarak genangan hingga beberapa kilometer dan area dengan tutupan vegetasi rapat seperti mangrove dan semak dapat memperlambat laju gelombang melalui peningkatan kekasaran permukaan (Budiman & Syafiudin, 2024). Selain itu ditemukan juga bahwa keterkaitan antara tinggi gelombang dan kondisi fisik lahan yang dapat terlihat jelas pada hasil analisis, di mana luas area terdampak

meningkat dari 1.417,37 hektar pada skenario 5 m menjadi 3.164,48 hektar pada skenario 15 m, dengan dominasi genangan di Kecamatan Galur dan Panjatan. Temuan ini memperkuat teori bahwa variasi topografi dan penggunaan lahan merupakan faktor utama yang menentukan luas serta sebaran genangan tsunami.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis spasial inundasi tsunami di pesisir Kabupaten Kulon Progo dengan tiga skenario ketinggian gelombang (5 m, 10 m, dan 15 m), diperoleh bahwa topografi pesisir yang landai serta kondisi tutupan lahan akan berpengaruh dengan adanya peningkatan tinggi gelombang yang berbanding lurus dengan bertambahnya luas wilayah terdampak dan tingkat bahaya. Pada skenario 5 meter, luas area terdampak mencapai 1.417,37 hektar, meningkat menjadi 2.525,25 hektar pada skenario 10 meter, dan mencapai 3.164,48 hektar pada skenario 15 meter. Kecamatan Galur secara konsisten menjadi wilayah dengan area terdampak paling luas pada setiap skenario, diikuti oleh Temon, Panjatan, dan Wates, sementara Lendah baru mulai terdampak pada skenario 15 meter. Berdasarkan klasifikasi tingkat bahaya, skenario 5 meter didominasi oleh kelas bahaya rendah, sedangkan pada skenario 10 meter dan 15 meter dominasi bergeser ke kelas bahaya tinggi, yang menunjukkan peningkatan risiko terhadap keselamatan penduduk dan infrastruktur. Dari segi penggunaan lahan, tegalan/ladang dan sawah merupakan jenis lahan yang paling luas terdampak pada seluruh skenario, diikuti oleh semak belukar, tambak, dan badan air. Meskipun luas permukiman yang terdampak relatif kecil, keberadaannya di zona bahaya tinggi menunjukkan potensi kerugian yang besar terhadap penduduk dan fasilitas vital. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah pesisir Kulon Progo memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap tsunami terutama pada skenario gelombang di atas 10 meter, sehingga diperlukan upaya mitigasi berbasis tata ruang dan peningkatan sistem peringatan dini untuk mengurangi risiko bencana di masa mendatang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, D. N. A., Mardiatno, D., & Hizbaron, D. R. (2021). Pengelolaan Wilayah Pesisir Berbasis Pengurangan Risiko Bencana Gempabumi dan Tsunami di Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 2(1), 2021.
- Bernard, E., & Titov, V. (2015). Evolution of tsunami warning systems and products. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2053), 20140371.
- Budiman, M. J., & Syafiudin, M. F. (2024). Pemetaan Kerentanan Bahaya Tsunami dengan Pemodelan Inundasi (Studi Kasus: Kabupaten Bantul). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 9(2), 157–166.
- Imelda, A., Farihin, M. Z., Sholihah, N. C., & Sari, D. P. (2024). Dinamika Pergerakan Lempeng Tektonik Menggunakan Analisis Literatur Tentang Teori dan Dampaknya. *Biochephy: Journal Of Science Education*, 4(1), 75–80.
- Kaiser, G., Scheele, L., Kortenhaus, A., Løvholt, F., Römer, H., & Leschka, S. (2011). The influence of land cover roughness on the results of high resolution tsunami inundation modeling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(9), 2521–2540.

- Paramita, P., Wiguna, S., Shabrina, F. Z., & Sartimbul, A. (2021). Pemetaan Bahaya Tsunami Wilayah Kabupaten Serang Bagian Barat Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 233–241.
- Popoji, R. M., Tamuntuan, G. H., & Pasau, G. (2024). Pemodelan Penjalaran Gelombang Tsunami dan Inundasi di Daerah Bolaang Mongondow Selatan sebagai Akibat Gempa pada Zona Selatan Subduksi Ganda Laut Maluku (Studi Kasus: Desa Salongo dan Desa Pinolosian). *JURNAL LPPM BIDANG SAINS DAN TEKNOLOGI*, 9(2), 85–93.
- Schambach, L., Grilli, S. T., & Tappin, D. R. (2021). New high-resolution modeling of the 2018 Palu tsunami, based on supershear earthquake mechanisms and mapped coastal landslides, supports a dual source. *Frontiers in Earth Science*, 8, 598839.
- Septiangga, B., Yudistira, Y., & Bintang, S. (2019). *TSUNAMI INUNDATION MODELING AND ITS IMPACT ON COASTAL AREA OF MANADO CITY AND SURROUNDING*.
- Setiowati, A. R., Sabri, L. M., & Sukmono, A. (2023). Analisis Tingkat Risiko Tsunami Kota Ambon dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Geodesi Undip*, 12(1), 30–39.
- Siva, M., & Behera, M. R. (2016). Effect of continental slope on N-wave type tsunami run-up. *The International Journal of Ocean and Climate Systems*, 7(2), 47–54.
- Wanto, S., Devianty, S., & Wulandari, A. (2024). Metode Numerik Dan Alat Komputasi Untuk Menilai Keandalan Sistem Infrastruktur Dan Kerentanan Bahaya Gempa. *Prosiding: Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Yapis Papua*, 3(1), 461–470.
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., Muhari, A., Rawlinson, N., Mori, J., Hanifa, N. R., Susilo, S., Supendi, P., Shiddiqi, H. A., & Nugraha, A. D. (2020). Implications for megathrust earthquakes and tsunamis from seismic gaps south of Java Indonesia. *Scientific Reports*, 10(1), 15274.