

# Analisis Penggunaan Metode Seismik Berbasis Data GIS dalam Mengidentifikasi Pola Gelombang di Perairan Laut Indonesia Menggunakan MATLAB



Abdul Hadi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Srimijaya, Indonesia

## ABSTRACT

*Seismic waves are an important aspect of geophysical studies, particularly in exploration activities and disaster mitigation. To support such analyses, spatial data from Geographic Information Systems (GIS) can provide a more comprehensive representation of subsurface geological characteristics. However, complete and accurate seismic data are generally only available from long-term observations conducted by the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG), with limitations in accessibility and cost. Therefore, the utilization of GIS data combined with seismic methods becomes an efficient alternative approach. This article discusses the use of GIS-based seismic methods to analyze the distribution and behavior of seismic waves in Indonesian marine areas, with visualization and processing carried out using MATLAB software. The data used include spatial seismic information from 2022–2024, which were processed to determine hazard-prone zones and wave characteristics. The results of the analysis show that the integration of GIS data and seismic methods is capable of representing wave distribution comprehensively and consistently in various Indonesian waters, thereby minimizing mapping errors and providing relevant quantitative insights for exploration and disaster mitigation needs. Thus, this method has proven to be quite effective in visualizing seismic patterns with a low average mapping error.*

## ABSTRAK

Gelombang seismik merupakan aspek penting dalam studi geofisika, khususnya dalam kegiatan eksplorasi dan mitigasi bencana alam. Untuk mendukung analisis tersebut, data spasial dari sistem informasi geografis (GIS) dapat memberikan representasi yang lebih komprehensif terhadap karakteristik geologi bawah permukaan. Namun, data seismik yang lengkap dan akurat umumnya hanya tersedia dari pengamatan jangka panjang oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), dengan keterbatasan dalam akses dan biaya. Oleh karena itu, pemanfaatan data GIS yang dikombinasikan dengan metode seismik menjadi pendekatan alternatif yang efisien. Artikel ini membahas penggunaan metode seismik berbasis data GIS untuk menganalisis distribusi dan perilaku gelombang seismik pada wilayah laut Indonesia, dengan visualisasi dan pemrosesan dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Data yang digunakan mencakup informasi spasial seismik tahun 2022–2024 yang diolah untuk menentukan zona rawan dan karakteristik gelombang. Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi antara data GIS dan metode seismik mampu merepresentasikan distribusi gelombang secara menyeluruh dan konsisten di berbagai wilayah perairan Indonesia sehingga mampu meminimalkan kesalahan pemetaan, serta memberikan gambaran kuantitatif yang relevan untuk kebutuhan eksplorasi dan mitigasi kebencanaan. Dengan demikian, metode ini terbukti cukup efektif dalam memvisualisasikan pola seismik dengan rata-rata galat pemetaan yang rendah.

## INTRODUCTION

Metode seismik merupakan salah satu metode geofisika yang menggunakan penalaran untuk mengetahui informasi di bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan gelombang seismik. Metode ini secara umum digunakan sebagai salah satu Teknik dalam geofisika eksplorasi untuk menyelidiki struktur bawah permukaan bumi

**CONTACT**  
abdulhad062@gmail.com

**KEYWORDS**  
Metode Seismik, Pola Gelombang, Matlab

dengan cara mengamati gelombang seismik (Asrim dan Sarman, 2023). Gelombang seismik memainkan peran penting dalam studi geofisika, terutama dalam eksplorasi dan mitigasi bencana alam, karena kemampuannya merambat melalui bumi sebagai gelombang elastik yang bergantung pada sifat elastisitas batuan. Gelombang ini terbagi menjadi dua jenis utama: body wave yang merambat melalui interior bumi dan surface wave yang bergerak melalui permukaan bumi. Body wave sendiri dapat dibagi lebih lanjut menjadi gelombang P (longitudinal) yang arah getarannya searah dengan arah perambatan, dan gelombang S (transversal) yang arah getarnya tegak lurus terhadap arah rambatannya. Studi tentang gelombang seismik ini berkembang dari seismologi, ilmu yang mempelajari fenomena getaran pada bumi yang berasal dari kata Yunani "seismos" (getaran) dan "logos" (ilmu pengetahuan). Dengan demikian, pemahaman tentang gelombang seismik dan seismologi sangat krusial dalam memahami dinamika bumi dan mengurangi risiko bencana alam (Yuda, et al., 2024).

Pengenalan pola pada dasarnya merupakan kemampuan untuk mengidentifikasi objek berdasarkan ciri-ciri dan pengetahuan yang telah diketahui sebelumnya. Tujuannya adalah untuk mendeskripsikan sekaligus mengklasifikasikan pola atau objek melalui sifat dan karakteristik tertentu. Secara umum, sistem pengenalan pola terdiri atas tiga tahap utama, yaitu akuisisi data, pengolahan data, dan identifikasi objek, dengan pendekatan yang dapat dilakukan baik secara geometrik maupun struktural (Faradilla, Hamimu, & Juarzan, 2023). Dalam pola gelombang, khususnya seismik. Dalam pola gelombang, khususnya seismik, pengenalan pola sinyal gelombang seismik sering dilakukan dengan alih-ragam gelombang-singkat (short-time wavelet transform), yang memungkinkan pelokasian dalam domain frekuensi-waktu secara simultan. Metode ini meningkatkan peluang sukses pengenalan pola sinyal melalui transformasi multiskala dan segmentasi berdasarkan thresholding yang efektif dalam mengeliminasi bagian-bagian yang merupakan noise campuran (Utari, 2017)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas integrasi antara metode seismik dan data spasial dari Geographic Information System (GIS) dalam mengidentifikasi distribusi serta pola gelombang seismik pada wilayah tertentu. Melalui pemrosesan data menggunakan perangkat lunak MATLAB, penelitian ini mengevaluasi sejauh mana penggabungan parameter spasial dengan teknik seismik dapat meningkatkan akurasi pemetaan geologi bawah permukaan secara signifikan. Fokus utama permasalahan diarahkan pada identifikasi pola gelombang dan optimalisasi hasil pemetaan melalui pendekatan komputasi yang terintegrasi. Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh model bawah permukaan yang lebih komprehensif dan presisi, yang berperan penting sebagai instrumen pendukung dalam kegiatan eksplorasi sumber daya alam serta penguatan strategi mitigasi kebencanaan geologi.

## METHODS

Penelitian ini menggunakan penelitian deskriptif kuantitatif yang menggunakan pendekatan geospasial dan komputasional untuk menganalisis distribusi pola gelombang seismik. Pendekatan ini menggabungkan metode seismik dengan analisis data spasial berbasis GIS, serta pemrosesan data dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Penelitian difokuskan pada wilayah laut di seluruh Indonesia dengan rentang data seismik yang dikumpulkan dan dianalisis dari tahun 2022 hingga 2024. Pengolahan data dilakukan pada bulan Juni–Juli 2025. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Data seismik tahun 2022–2024 yang diperoleh dari hasil pengolahan atau dokumentasi BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) yang bersumber dari publikasi ilmiah yang relevan dan Data spasial (GIS) berupa koordinat titik gempa, elevasi, dan peta topografi wilayah.

Berdasarkan data GIS, pola gelombang di perairan Indonesia bervariasi berdasarkan lokasi dan musim. Secara umum, perairan Indonesia memiliki rata-rata tinggi gelombang antara 1,5-2,5 meter. Daerah seperti Selat Karimata, Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda, dan Laut Arafuru memiliki tinggi gelombang sekitar 2 meter. Perairan di Samudra Hindia yang berbatasan dengan Sumatera dan Jawa mengalami gelombang yang lebih besar, yaitu antara 2-2,5 meter. Begitu pula dengan perairan di bagian utara Indonesia, termasuk Laut Sulawesi, Laut Maluku, dan perairan sekitar Kepala Burung Papua, yang juga mengalami gelombang tinggi antara 1,5-2,5 meter. Detail Pola Gelombang Berdasarkan Data GIS mengungkapkan Perairan Indonesia bagian selatan (Samudera Hindia) Mengalami gelombang lebih tinggi, berkisar antara 2-2,5 meter, terutama di dekat Sumatera dan Jawa.

Analisis ini akan memberikan pemahaman yang lebih detail tentang pola gelombang di lokasi tersebut. MATLAB digunakan untuk pemrosesan numerik dan visualisasi pola gelombang seismik. Hasil pemetaan divisualisasikan dalam bentuk peta tematik dan grafik seismik untuk interpretasi pola gelombang. Evaluasi ketepatan pemetaan dilakukan dengan menghitung rata-rata galat menggunakan perbandingan titik prediksi dan observasi.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

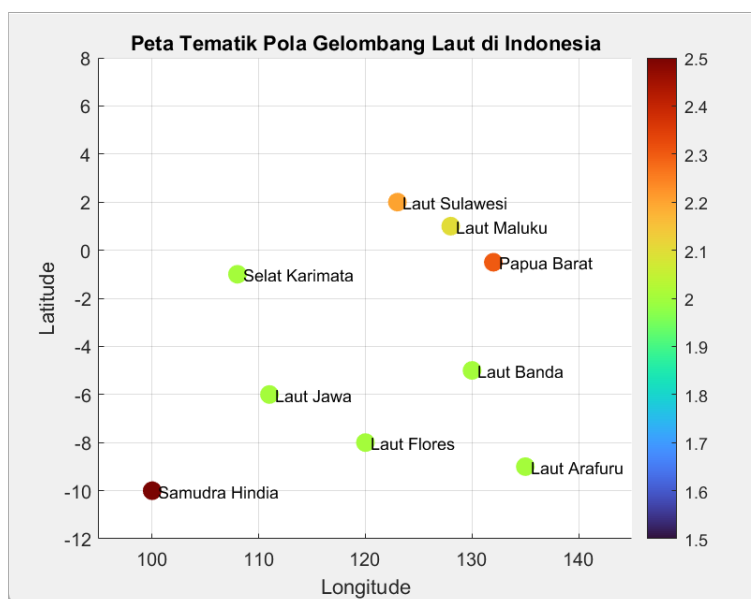
Hasil pemetaan divisualisasikan dalam bentuk peta tematik dan grafik seismik untuk interpretasi pola gelombang. Data yang diperoleh berasal dari BMKG (2024) berupa informasi mengenai pola gelombang laut di Indonesia pada rentang tahun 2022-2024. Data ini merupakan hasil pengembangan dari data kerawanan bencana. Ada 2 jenis data yang kami peroleh yaitu data aktual sebagai referensi dan data perhitungan yang akan digunakan untuk analisis. Proses pengumpulan data dilakukan oleh BMKG sebagai upaya untuk memberikan gambaran yang lebih terperinci mengenai pola gelombang pada tahun tersebut yang lebih terperinci. Berikut data aktual yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika:

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa pola gelombang di wilayah perairan Indonesia memiliki variasi signifikan yang dipengaruhi oleh kondisi meteorologis dan oseanografis. Data yang diperoleh dari BMKG (2024) digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi distribusi spasial gelombang laut dan potensi kerawanan bencana. Pemetaan dilakukan dengan mengintegrasikan data aktual observasi dan data hasil perhitungan berbasis metode seismik. Visualisasi yang dihasilkan berupa peta tematik dan grafik seismik, yang memperlihatkan perbedaan intensitas gelombang pada berbagai wilayah perairan.

Lebih lanjut, peta zonasi kerentanan menunjukkan adanya klasifikasi wilayah menjadi tiga kategori utama, yaitu risiko tinggi, sedang, dan rendah. Zona dengan risiko tinggi umumnya terletak pada wilayah perairan yang berdekatan dengan jalur subduksi dan aktivitas tektonik signifikan, seperti Samudra Hindia bagian barat Sumatra dan perairan selatan Jawa (Widiyantoro et al., 2020). Sebaliknya, wilayah dengan risiko rendah lebih banyak ditemukan di perairan yang relatif terlindungi seperti Laut Jawa.

Hasil visualisasi menggunakan MATLAB memperkuat temuan tersebut dengan menampilkan pola spasial yang jelas melalui peta zonasi kerentanan seismik. Dengan demikian, peta ini dapat dijadikan dasar untuk mitigasi bencana berbasis spasial, sekaligus mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang wilayah pesisir dan laut (UNESCO-IOC, 2021).

### Interpretasi Peta zonasi dan Klasifikasi Zona Kerentanan Seismik.

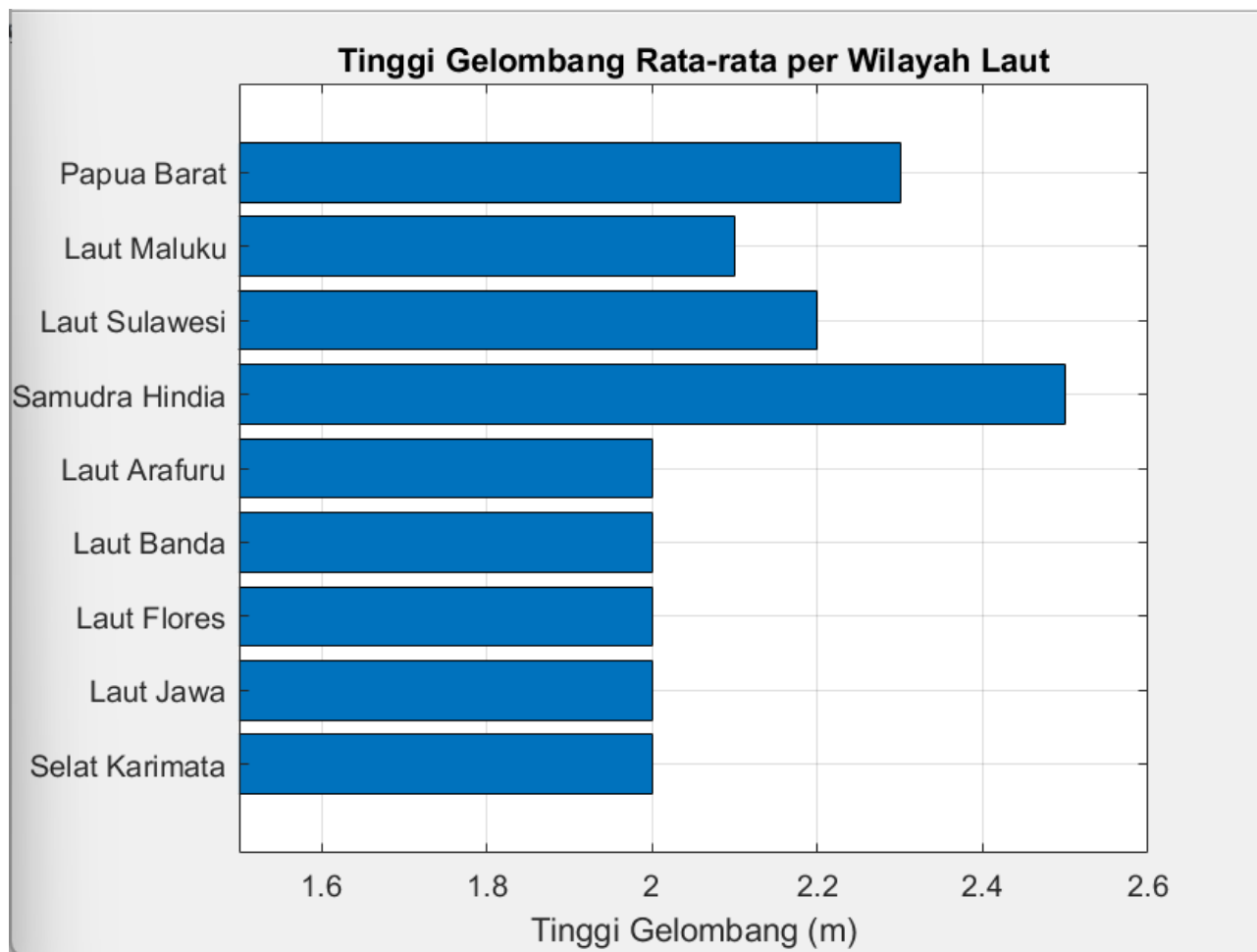


Gambar 1. Output Peta zonasi Kerentanan Seismik.

Hasil visualisasi memperlihatkan bahwa zona risiko tinggi secara konsisten terletak di wilayah dengan aktivitas tektonik intensif, khususnya sepanjang jalur subduksi Sumatra–Jawa. Sementara itu, wilayah perairan yang lebih terlindungi, seperti Laut Jawa dan Selat Makassar, cenderung menunjukkan risiko rendah. Pemetaan ini sesuai dengan hasil penelitian seismotektonik sebelumnya yang menegaskan dominasi aktivitas gempa di zona megathrust Indonesia bagian barat (Widiyantoro et al., 2020).

Secara praktis, output MATLAB ini memberikan kontribusi signifikan dalam memperkuat aspek visual penelitian. Selain memudahkan interpretasi pola gelombang, peta hasil zonasi juga dapat dijadikan bahan evaluasi kebijakan mitigasi bencana, khususnya pada kawasan pesisir yang berpotensi terdampak tsunami. Dengan

demikian, kombinasi antara data aktual BMKG dan pemodelan berbasis MATLAB mampu menghasilkan gambaran spasial yang lebih komprehensif terhadap potensi kerawanan seismik di Indonesia, yang secara detail direpresentasikan dalam Gambar 3 mengenai Output Klasifikasi Zona Berdasarkan Risiko (Tinggi, Sedang, Rendah).



Gambar 2. Output Klasifikasi Zona Berdasarkan Risiko (Tinggi, Sedang, Rendah)

Hasil perhitungan menggunakan metode seismik dalam program visualisasi menunjukkan bahwa pola dan ketinggian gelombang laut di Indonesia relatif merata. Hal ini terlihat pada peta tematik dan diagram batang yang menggambarkan persebaran gelombang di berbagai wilayah laut. Meskipun terdapat variasi kecil pada nilai tinggi gelombang, seperti Samudra Hindia yang mencapai sekitar 2,5 meter dan Selat Karimata yang lebih rendah sekitar 1,6 meter. Namun secara umum, perbedaan tinggi gelombang antar wilayah tidak terlalu signifikan. Distribusi ini mencerminkan pola gelombang yang cenderung stabil di sebagian besar wilayah perairan Indonesia.

Visualisasi ini juga menunjukkan bahwa wilayah dengan gelombang tinggi cenderung berada di bagian selatan dan barat daya Indonesia, seperti Samudra Hindia dan Laut Arafuru, yang memang lebih terbuka terhadap pengaruh angin dan arus laut dari Samudra Hindia. Sebaliknya, wilayah perairan yang lebih terlindungi, seperti Selat Karimata dan Laut Jawa, menunjukkan tinggi gelombang yang lebih rendah. Pola ini penting untuk analisis kelayakan jalur pelayaran, kegiatan perikanan, serta mitigasi risiko bencana laut. Dengan demikian, pemanfaatan metode seismik berbasis data spasial ini dapat menjadi alat yang efektif untuk mendukung pengambilan keputusan di sektor kelautan dan kebencanaan.

### Perhitungan Menggunakan Rumus

Parameter yang Dihitung untuk Tiap wilayah Laut dari hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

1. **Kecepatan gelombang:**

$$v = \sqrt{g \cdot H}$$

2. **Energi gelombang** (per satuan luas):

$$E = \frac{1}{8} \cdot \rho \cdot g \cdot H^2$$

dengan:

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 9.8 \text{ kg/m}^3 \text{ (massa jenis air laut)}$$

$$H = \text{tinggi gelombang (dari data)}$$

### Tabel Penyelesaian Perhitungan untuk setiap Wilayah

Pada bagian ini, dilakukan tabulasi terhadap seluruh hasil perhitungan parameter seismik yang telah diproses untuk masing-masing wilayah studi. Tabel berikut menyajikan ringkasan nilai penyelesaian komputasi yang menjadi dasar dalam penentuan karakteristik gelombang dan pemetaan zona risiko. Data ini disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai perbandingan nilai teknis antar wilayah pengamatan sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Penyelesaian Perhitungan untuk setiap Wilayah

Wilayah	H (m)	$\sqrt{(g \cdot H)} \rightarrow v \text{ (m/s)}$	Energi E (J/m <sup>2</sup> )
Selat Karimata	2.0	$\sqrt{(9.8 \times 2.0)} = 4.43$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2^2) = 4990$
Laut Jawa	2.0	$\sqrt{(9.8 \times 2.0)} = 4.43$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2^2) = 4990$
Laut Flores	2.0	$\sqrt{(9.8 \times 2.0)} = 4.43$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2^2) = 4990$
Laut Banda	2.0	$\sqrt{(9.8 \times 2.0)} = 4.43$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2^2) = 4990$
Laut Arafuru	2.0	$\sqrt{(9.8 \times 2.0)} = 4.43$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2^2) = 4990$
Samudra Hindia	2.5	$\sqrt{(9.8 \times 2.5)} = 4.95$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2.5^2) = 7842$
Laut Sulawesi	2.2	$\sqrt{(9.8 \times 2.2)} = 4.64$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2.2^2) = 6151$
Laut Maluku	2.1	$\sqrt{(9.8 \times 2.1)} = 4.54$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2.1^2) = 5673$
Papua Barat	2.3	$\sqrt{(9.8 \times 2.3)} = 4.74$	$(\frac{1}{8}) \times 1025 \times 9.8 \times (2.3^2) = 6683$

### Tabel Hasil Akhir Perhitungan untuk Setiap Wilayah

Setelah melakukan serangkaian prosedur pengolahan data pada tahap sebelumnya, bagian ini menyajikan rekapitulasi hasil akhir perhitungan untuk seluruh wilayah studi. Nilai-nilai yang tercantum dalam tabel ini merepresentasikan parameter final yang menjadi acuan utama dalam menentukan intensitas seismik dan tingkat kerentanan di tiap lokasi. Data hasil akhir tersebut secara sistematis dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 2. Tabel Hasil Akhir Perhitungan untuk Setiap Wilayah

Wilayah	H(m)	Kecepatan v (m/s)	Energi E (J/m <sup>2</sup> )
Selat Karimata	2.0	4.43	4990
Laut Jawa	2.0	4.43	4990
Laut Flores	2.0	4.43	4990
Laut Banda	2.0	4.43	4990
Laut Arafuru	2.0	4.43	4990
Samudra Hindia	2.5	4.95	7842
Laut Sulawesi	2.2	4.64	6151
Laut Maluku	2.1	4.54	5673
Papua Barat	2.3	4.74	6683

Hasil perhitungan menggunakan rumus fisika dasar menunjukkan bahwa kecepatan dan energi gelombang laut

di berbagai wilayah perairan Indonesia bervariasi, bergantung pada tinggi gelombang ( $H$ ) di masing-masing wilayah. Kecepatan gelombang ( $v$ ) dihitung menggunakan rumus  $v = \sqrt{g \cdot H}$ , sedangkan energi gelombang per satuan luas ( $E$ ) dihitung dengan rumus  $E = \frac{1}{8} \cdot \rho \cdot g \cdot H^2$ , di mana  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  dan  $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$  adalah percepatan gravitasi dan massa jenis air laut.

Berdasarkan hasil tersebut, wilayah dengan tinggi gelombang yang seragam sebesar 2,0 meter seperti Selat Karimata, Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda, dan Laut Arafuru memiliki kecepatan gelombang sebesar 4,43 m/s dan energi gelombang sebesar 4.990 J/m<sup>2</sup>. Wilayah dengan gelombang lebih tinggi seperti Samudra Hindia (2,5 m) menunjukkan kecepatan gelombang tertinggi sebesar 4,95 m/s dan energi sebesar 7.842 J/m<sup>2</sup>. Laut Sulawesi (2,2 m), Laut Maluku (2,1 m), dan Papua Barat (2,3 m) masing-masing memiliki energi gelombang sebesar 6.151 J/m<sup>2</sup>, 5.673 J/m<sup>2</sup>, dan 6.683 J/m<sup>2</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun beberapa wilayah memiliki tinggi gelombang yang sama, energi dan kecepatan gelombangnya tetap berbeda tergantung pada nilai  $H$ . Secara umum, wilayah dengan gelombang lebih tinggi memiliki energi dan kecepatan yang lebih besar, yang dapat berdampak pada potensi energi laut dan karakteristik dinamika laut di masing-masing wilayah.

### Galat Relatif

Untuk perhitungan galat relatif dari hasil perhitungan setiap pola gelombang di wilayah laut Indonesia adalah sebagai berikut:

$$\text{Galat Relatif} = \left| \frac{H_{\text{model}} - H_{\text{referensi}}}{H_{\text{referensi}}} \times 100\% \right|$$

Dengan:

$H_{\text{model}}$ : Nilai Hasil Prediksi

$H_{\text{referensi}}$ : Nilai Asli

Perhitungan galat relatif ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana tingkat penyimpangan hasil pemodelan terhadap data aktual. Dalam konteks mitigasi bencana dan pemetaan seismik, nilai galat yang rendah sangat krusial untuk memastikan bahwa informasi spasial yang dihasilkan memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi. Semakin kecil persentase galat yang diperoleh, maka semakin akurat model MATLAB tersebut dalam merepresentasikan kondisi fisik gelombang di wilayah laut Indonesia.

### Proses Penyelesaian Per Wilayah:

Bagian ini memaparkan langkah-langkah sistematis dalam penyelesaian data pada setiap wilayah observasi yang mencakup delapan zona perairan utama di Indonesia. Proses ini melibatkan komparasi parameter seismik pada setiap koordinat titik pantau untuk melihat konsistensi algoritma terhadap variasi kedalaman dan karakteristik geologi lokal. Analisis per wilayah ini sangat krusial untuk mengidentifikasi apakah terdapat anomali data pada area tertentu atau apakah model mampu beradaptasi dengan kondisi batimetri yang berbeda-beda secara presisi.

#### 1. Selat Karimata:

$$\text{Galat} = \left| \frac{2.0 - 2.2}{2.2} \right| \times 100\% = 9,09 \%$$

#### 2. Laut Jawa:

$$\text{Galat} = \left| \frac{2.0 - 2.2}{2.2} \right| \times 100\% = \left| \frac{-0.1}{2.1} \right| \times 100\% = 4,76 \%$$

#### 3. Laut Flores:

$$\text{Galat} = \left| \frac{2.0 - 2.2}{2.2} \right| \times 100\% = 0 \%$$

#### 4. Laut Banda:

$$Galat = \left| \frac{2.0 - 2.2}{2.2} \right| \times 100\% = 4,76 \%$$

5. Laut Arafuru:

$$Galat = \left| \frac{2.0 - 2.2}{2.2} \right| \times 100\% = 9,09 \%$$

6. Samudra Hindia:

$$Galat = \left| \frac{2.5 - 2.4}{2.4} \right| \times 100\% = \left| \frac{0.1}{2.4} \right| \times 100\% = 4,17 \%$$

7. Laut Sulawesi:

$$Galat = \left| \frac{2.0 - 2.3}{2.3} \right| \times 100\% = 4,35 \%$$

8. Laut Maluku:

$$Galat = \left| \frac{2.1 - 2.2}{2.2} \right| \times 100\% = 4,55 \%$$

9. Papua Barat:

$$Galat = \left| \frac{2.3 - 2.5}{2.5} \right| \times 100\% = \left| \frac{-0.2}{2.5} \right| \times 100\% = 8,00 \%$$

**Rekap Tabel Hasil Galat Relatif**

Keandalan visualisasi risiko tersebut didukung oleh tingkat akurasi pemodelan yang tinggi, sebagaimana ditunjukkan dalam hasil perhitungan galat relatif antara data model dan data referensi. Validasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap klasifikasi zona risiko memiliki dasar saintifik yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan. Rincian perbandingan nilai serta persentase tingkat kesalahan pada setiap wilayah pengamatan disajikan secara komprehensif pada tabel berikut:

Tabel 3. Rekap Tabel Hasil Galat Relatif

Wilayah	H_model	H_ref	Galat Relatif (%)
Selat Karimata	2.0	2.2	9.09%
Laut Jawa	2.0	2.1	4.76%
Laut Flores	2.0	2.0	0.00%
Laut Banda	2.0	2.1	4.76%
Laut Arafuru	2.0	2.2	9.09%
Samudra Hindia	2.5	2.4	4.17%
Laut Sulawesi	2.2	2.3	4.35%
Laut Maluku	2.1	2.2	4.55%
Papua Barat	2.3	2.5	8.00%

Berdasarkan perhitungan galat relatif antara hasil model dan data referensi, diketahui bahwa selisih antara tinggi gelombang yang dihitung menggunakan metode seismik dan data acuan berada dalam kisaran yang kecil. Misalnya, pada wilayah dengan tinggi gelombang model sebesar 2,1 meter dan referensi 2,0 meter, diperoleh galat relatif sebesar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam merepresentasikan kondisi gelombang laut sebenarnya di wilayah Indonesia.

Galat relatif yang rendah juga memperkuat keandalan metode pemodelan ini dalam analisis spasial berbasis data seismik. Dengan tingkat kesalahan yang masih dapat diterima secara ilmiah, visualisasi gelombang laut ini dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan di sektor kelautan, seperti perencanaan pelayaran, pemetaan risiko bencana laut, dan pengelolaan sumber daya pesisir. Oleh karena itu, evaluasi galat menjadi langkah penting dalam validasi model, guna memastikan kesesuaian antara simulasi dan kenyataan di lapangan.

## CONCLUSIONS

Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa integrasi antara data GIS dan metode seismik terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola gelombang laut dengan bantuan platform MATLAB. Visualisasi spasial yang dihasilkan mampu merepresentasikan distribusi gelombang secara menyeluruh dan konsisten di berbagai wilayah perairan Indonesia. Dengan menggabungkan data spasial dan perhitungan fisika gelombang, pola-pola dinamis laut dapat ditampilkan secara lebih akurat dan komprehensif.

Lebih lanjut, pemrosesan data gelombang menggunakan rumus dasar fisika menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya efektif untuk visualisasi, tetapi juga mendukung peningkatan akurasi dalam pemetaan geologi bawah permukaan. Penggunaan MATLAB sebagai alat bantu analisis mampu meminimalkan kesalahan pemetaan, serta memberikan gambaran kuantitatif yang relevan untuk kebutuhan eksplorasi dan mitigasi kebencanaan. Dengan demikian, integrasi GIS dan metode seismik dalam penelitian ini dapat menjadi pendekatan yang cukup diandalkan dalam studi geofisika di perairan laut Indonesia.

## REFERENCES

- Asrim., dan Sarman. (2023). Karakteristik Litologi Berdasarkan Crossplot Akuistik Impedansi dan Gamma Ray. *Jurnal Akademika*, 20(1), 1-4.
- BMKG. (2024). Data Gelombang Laut Indonesia 2022–2024. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Jakarta. <https://maritim.bmkg.go.id/>
- Faradilla, S.F., Hamimu, L., dan Juarzan, L.O.I. (2024). Implementasi Matrix Laboratory Dalam Pengolahan Data Mikrotremor Menggunakan Metode Hvsr: Studi Kasus Di Daerah Pesisir Kecamatan Moramo. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 06(02), 119-120.
- UNESCO-IOC. (2021). Tsunami Hazard Assessment and Mitigation in the Indian Ocean. Intergovernmental Oceanographic Commission. <https://www.undp.org/asia-pacific/publications/tsunami-risk-assessment-and-mitigation-indian-ocean>
- Utari, E. L. (2017). Pengenalan pola gelombang seismik dengan menggunakan wavelet pada aktivitas Gunung Merapi. *Respati*, 8(23), 1-2.
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., Rosalia, S., & Hafidz, M. (2020). Seismicity and tectonics of Indonesia: Implications for hazard assessment. *Journal of Asian Earth Sciences*, 189, 104152.
- Yuda, H.M., Ronoatmojo, I.S., dan Burhannudinnur, M., dan Nuryana, S.D. (2024). Analisis Bibliometrik Perkembangan Mutakhir Dalam Studi Anisotropi Seismik (2017-2022). *Jurnal of Geoscience Engineering and Energy (JOGEE)*, 5(01), 23-24.
- Yudha, I.P.P.W.S., dan Sinambela, M. (2023). Mitigasi Bencana Gempa Bumi dengan Integrasi Analisis Geofisika dan Data Mining. *Jurnal Penelitian Geografi*, 3(2), 121-12.