

Analisis Spatiotemporal Dinamika Garis Pantai dan Pemetaan Zona Bahaya Tsunami di Kota Padang Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

Fa'izah Musra, Elistia Liza Namigo*

Laboratorium Fisika Bumi, Departemen Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 2 Oktober 2025
Direvisi: 29 Desember 2025
Diterima: 14 Februari 2026

Kata kunci:

Citra Satelit
Penginderaan Jauh
Perubahan Garis Pantai
Sistem Informasi Geografis
Tsunami

Keywords:

Satellite Imagery
Remote Sensing
Shoreline Changes
Geographic Information System
Tsunami Hazard

Penulis Korespondensi:

Elistia Liza Namigo
Email:
elistializanamigo@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Kota Padang merupakan salah satu wilayah pesisir di Indonesia yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bahaya tsunami akibat letaknya yang langsung berhadapan dengan zona subduksi *megathrust* Mentawai–Sumatra. Studi ini bertujuan untuk menganalisis dinamika garis pantai menggunakan citra satelit *multitemporal* dan mengkaji hubungannya dengan zonasi bahaya tsunami berdasarkan karakteristik fisik wilayah tersebut. Metodologi meliputi digitasi garis pantai untuk tahun 2013 dan 2025, analisis laju perubahan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), serta penggabungan parameter spasial yakni elevasi, kemiringan lereng, jarak dari garis pantai, dan kedekatan dengan sungai untuk menghasilkan peta zona bahaya tsunami. Analisis *overlay* mengindikasikan bahwa area dengan elevasi rendah, lereng landai, dan kedekatan dengan muara sungai juga garis pantai masuk dalam kategori dengan kerentanan tsunami tinggi. Hasil penelitian menunjukkan variasi spasial dalam dinamika garis pantai di Kota Padang, dengan abrasi yang signifikan teramati di Kecamatan Koto Tengah (-1,754 m/tahun) dan Padang Selatan (-1,051 m/tahun), sementara akresi yang mencolok tercatat di Bungus Teluk Kabung (+1,470 m/tahun). Studi ini membuktikan bahwa integrasi data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menyediakan kerangka spasial yang komprehensif untuk mendukung upaya mitigasi bencana pesisir dan perencanaan spasial berbasis risiko.

The city of Padang is one of Indonesia's coastal areas that is highly vulnerable to tsunamis due to its location directly facing the Mentawai–Sumatra megathrust subduction zone. This study aims to analyze coastal dynamics using multitemporal satellite imagery and examine its relationship with tsunami hazard zoning based on the physical characteristics of the area. The methodology includes digitizing the coastline for 2013 and 2025, analyzing the rate of coastline change using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS), and combining spatial parameters such as elevation, slope, distance from the coastline, and proximity to rivers to produce a tsunami hazard zone map. Overlay analysis indicates that areas with low elevation, gentle slopes, and proximity to river mouths and coastlines fall into the category of high tsunami vulnerability. The results of the study show spatial variations in coastal dynamics in Padang City, with significant abrasion observed in Koto Tengah District (-1.754 m/year) and Padang Selatan (-1.051 m/year), while notable accretion was recorded in Bungus Teluk Kabung (+1.470 m/year). This study proves that the integration of remote sensing data and Geographic Information Systems (GIS) provides a comprehensive spatial framework to support coastal disaster mitigation efforts and risk-based spatial planning.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir bersifat dinamis dan rentan terhadap perubahan garis pantai berupa abrasi dan akresi yang mencerminkan tingkat kerentanan bencana (Jonah et al., 2016), sehingga pemantauannya memerlukan penginderaan jauh dan SIG yang terintegrasi dengan DSAS menggunakan citra satelit multitemporal dan multispektral (Nassar et al., 2019; Ruiz-Beltran et al., 2019; Zeinali et al., 2020). Kota Padang memiliki garis pantai ± 84 km yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia dan berdekatan dengan zona subduksi Mentawai–Sunda, menjadikannya rawan gempa dan tsunami, dengan abrasi pesisir dan degradasi mangrove yang semakin meningkatkan kerentanan (Gemilang et al., 2017; Ramdhan, 2021). Perubahan garis pantai berpengaruh terhadap karakteristik tsunami, baik dalam peningkatan energi gelombang maupun proses dissipasinya di daratan (Rasyif et al., 2019), sehingga analisis dinamika garis pantai penting untuk pemetaan zona rawan tsunami berbasis parameter fisik tanpa simulasi kompleks (Pararas-Carayannis, 2003). Meskipun penelitian sebelumnya di Padang telah menunjukkan pola abrasi dan akresi yang bervariasi, keterkaitannya dengan bahaya tsunami belum dikaji (Rahman, 2022; Yulfa et al., 2022), sementara studi di Semarang membuktikan efektivitas DSAS tanpa integrasi analisis tsunami (Amalia et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan garis pantai Kota Padang menggunakan citra Landsat 8 tahun 2013 dan 2025 dengan metode DSAS serta mengaitkannya dengan zonasi bahaya tsunami melalui pendekatan *Multi-Criteria Evaluation* (MCE) berbasis parameter elevasi, kemiringan, jarak pantai, dan jarak aliran sungai, dengan pengolahan data menggunakan *Google Earth Engine* dan SIG (Gorelick et al., 2017; Leli Honesti et al., 2023), guna mendukung mitigasi bencana tsunami dan pengelolaan pesisir.

II. METODE

Penelitian ini sepenuhnya menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui platform *Google Earth Engine* (GEE) serta sumber geospasial resmi lainnya. Pemilihan dataset didasarkan pada kesesuaian terhadap kebutuhan analisis perubahan garis pantai dan pemetaan zonasi bahaya tsunami, dengan mempertimbangkan resolusi spasial, cakupan temporal, serta reliabilitas data. Platform *Google Earth Engine* dapat diakses melalui tautan <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>. Beberapa data dan sumber yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data yang digunakan beserta sumber

Data	Tahun	Resolusi (m)	Format	Dataset (Sumber)
Landsat 8	2013 & 2025	30 m	Raster	United States Geological Survey (USGS)
Batas administrasi	-	-	Vector	Geospatial Information Agency
Kemiringan lereng	2024	30 m	Raster	DEM SRTM-United States Geological Survey (USGS)
Elevasi	2024	30 m	Raster	DEM SRTM-United States Geological Survey (USGS)
Jarak garis pantai	2025	-	Vector	Shoreline change data processing
Jarak aliran sungai	2024	-	Vector	Peta Rupa Bumi Indonesia

Tahap pengolahan data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu pemetaan garis pantai dan pemetaan zonasi bahaya tsunami. Pada tahap pemetaan garis pantai, citra satelit Landsat 8 hasil penginderaan jauh diolah menggunakan teknik analisis spasial untuk mengekstraksi posisi garis pantai pada tahun 2013 dan 2025. Beberapa langkah yang dilakukan meliputi: penyesuaian kondisi pasang surut dengan memilih citra pada kondisi pasang surut yang serupa agar hasil perbandingan akurat, pengumpulan citra Landsat 8 dari platform *Google Earth Engine* (GEE) yang dipilih karena memiliki resolusi spasial 30 m dan arsip temporal yang panjang, koreksi atmosfer untuk mengurangi gangguan atmosfer terhadap kualitas citra (Torres et al., 2012), serta pengolahan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) untuk memisahkan objek daratan dan perairan (McFeeters, 1996).

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (1)$$

Dimana Green dan NIR merujuk pada spektrum cahaya yang berbeda yang digunakan satelit untuk membedakan objek di Bumi. *Green Band* (0,52 – 0,60 μm) mewakili *band* 3 dan *NIR Band* (0,76 – 0,90 μm) mewakili *band* 5 untuk OLI (*Operational Land Imager*) Landsat 8. Kemudian penerapan algoritma *Otsu Thresholding* untuk menghasilkan batas darat–laut yang lebih tegas, dan analisis perubahan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Dalam DSAS digunakan dua parameter utama, yaitu *Net Shoreline Movement* (NSM) yang mengukur total pergeseran garis pantai, serta *End Point Rate* (EPR) yang menghitung laju perubahannya per tahun (Sasmito dan Amarrohman, 2016). Analisis ini memberikan informasi mengenai kecenderungan abrasi atau akresi di pesisir Kota Padang. Tahap pemetaan zonasi bahaya tsunami dilakukan dengan pendekatan *Multi-Criteria Evaluation* (MCE) yang mengintegrasikan empat parameter fisik dan geomorfologi utama, yaitu elevasi, kemiringan lereng, jarak terhadap garis pantai, serta kedekatan dengan aliran sungai. Setiap parameter diberi skor 1–5 sesuai tingkat kerentanan, dan bobot tertentu berdasarkan kontribusinya terhadap potensi bahaya tsunami (Akbar et al., 2020). Misalnya, daerah dengan elevasi <10 m, kemiringan lereng 0–2%, jarak ke pantai <500 m, serta lokasi dekat aliran sungai (<100 m) mendapat skor tertinggi yang menunjukkan tingkat bahaya sangat tinggi. Klasifikasi parameter ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Skor dan bobot parameter multikriteria (Akbar et al., 2020)

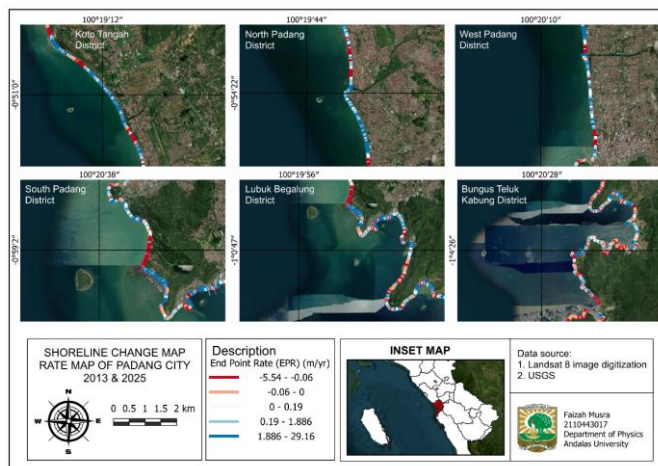
Parameter	Kelas	Bobot	Parameter	Kelas	Bobot	Skor	Keterangan
Jarak dari sungai	<100	15%	Kemiringan lereng	0-2%	25%	5	Sangat tinggi
	101-200			3-5%		4	Tinggi
	201-300			6-15%		3	Sedang
	301-500			16-40%		2	Rendah
	>500			>40%		1	Sangat rendah
Elevasi	<10	30%	Jarak garis pantai	0-500	30%	5	Sangat tinggi
	11-25			501-1000		4	Tinggi
	26-50			1001-1500		3	Sedang
	51-100			1501-3000		2	Rendah
	>100			>3000		1	Sangat rendah

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Peta Perubahan Garis Pantai dan Kecepatannya

Berdasarkan pemrosesan citra Landsat 8 menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), Gambar 1 menampilkan peta spasial perubahan garis pantai Kota Padang periode 2013 dan 2025 dianalisis dengan parameter *End Point Rate* (EPR) sebagai laju perubahan tahunan dan *Net Shoreline Movement* (NSM) sebagai selisih posisi garis pantai awal dan akhir. Perubahan garis pantai diklasifikasikan menjadi lima kategori EPR, mulai dari abrasi berat hingga akresi tinggi, dengan abrasi ditunjukkan oleh warna merah dan akresi oleh warna biru. Tabel 3 menunjukkan dinamika garis pantai yang bervariasi antar kecamatan pesisir. Enam kecamatan mengalami abrasi dan akresi dengan intensitas berbeda, di mana abrasi terbesar terjadi di Kecamatan Koto Tangah dengan pergeseran –20,742 m dan laju –1,754 m/tahun, diikuti Padang Selatan sebesar –12,444 m dan –1,051 m/tahun, yang dipengaruhi oleh gelombang laut, hilangnya vegetasi pelindung, dan aktivitas pembangunan di muara sungai. Sementara itu, Kecamatan Padang Utara, Padang Barat, Lubuk Begalung, dan Bungus Teluk Kabung mengalami akresi, dengan nilai tertinggi di Bungus Teluk Kabung (+1,470 m/tahun;

10,715 m) dan Padang Utara (+1,424 m/tahun), yang dipengaruhi oleh penumpukan sedimen, kondisi morfologi teluk, serta keberadaan struktur buatan seperti pemecah gelombang dan reklamasi.



Gambar 1 Peta Perubahan Garis Pantai dan Kecepatannya di Kota Padang Tahun 2013 dan 2025

Secara agregat, Kota Padang menunjukkan tren umum pertumbuhan garis pantai, sebagaimana ditunjukkan oleh jarak akresi total 12,767 meter dan laju akresi rata-rata +1,262 meter per tahun, sedikit lebih tinggi daripada abrasi total -11,525 meter dengan laju -1,133 meter per tahun. Namun, angka-angka ini tidak selalu menunjukkan kondisi stabil, karena abrasi lokal ekstrem tetap menjadi ancaman nyata, terutama di daerah padat penduduk seperti Koto Tengah dan Padang Selatan, yang memiliki risiko tinggi terhadap gelombang laut dan potensi banjir tsunami.

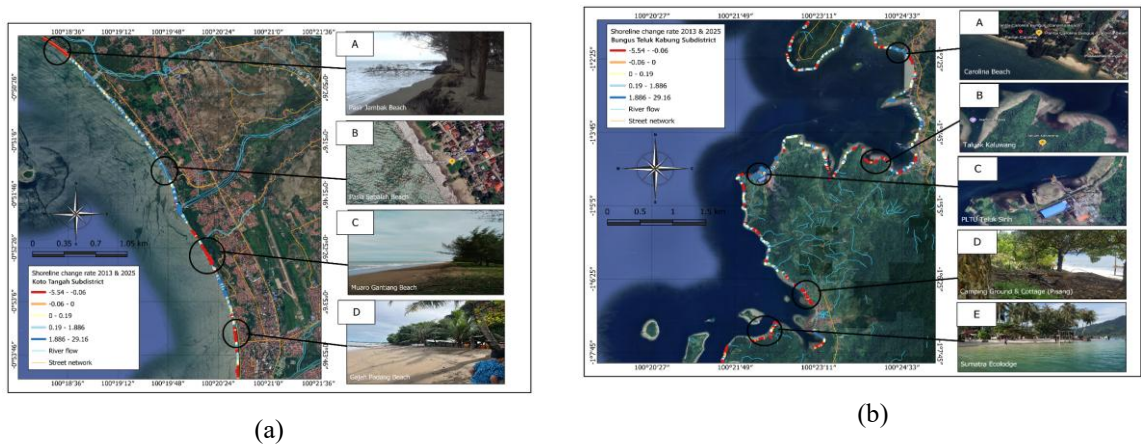
Tabel 3 Hasil perhitungan garis pantai di Kota Padang

Kecamatan	Net Shoreline Movement (NSM)		End Point Rate (EPR)		Kejadian Dominan
	(-)	(+)	(-)	(+)	
Koto Tengah	-20.742	20.598	-1.754	1.741	Abrasi
Padang Utara	-10.359	13.307	-0.798	1.424	Akresi
Padang Barat	-10.204	12.211	-0.862	1.108	Akresi
Padang Selatan	-12.444	10.355	-1.051	0.719	Abrasi
Lubuk Begalung	-6.902	9.414	-0.593	1.111	Akresi
Bungus Teluk Kabung	-8.502	10.715	-0.738	1.470	Akresi
Total	-11.525	12.767	1.133	1.262	

3.2 Peta Pengamatan Lapangan

Berdasarkan Tabel 3, mengenai hasil perhitungan garis pantai di Kota Padang untuk periode 2013 dan 2025, dapat dilihat bahwa terdapat dinamika garis pantai yang cukup kompleks. Kecamatan Koto Tengah mengalami abrasi paling signifikan, dengan rata-rata penarikan garis pantai sebesar -20,742 meter dan laju abrasi sebesar -1,754 meter per tahun.

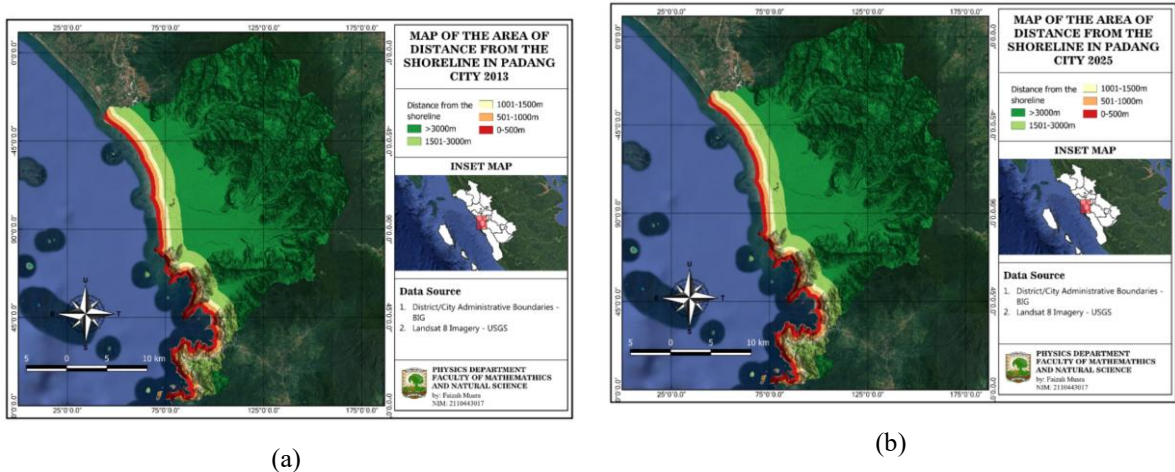
Pada Gambar 2, peta spasial menunjukkan variasi dinamika garis pantai di Kota Padang, di mana Pantai Pasir Jambak (Koto Tengah) mengalami abrasi parah akibat gelombang laut terbuka dan konversi mangrove, sementara Pantai Pasia Sabalah relatif stabil hingga mengalami akresi karena adanya bangunan pelindung pantai. Pantai Muaro Gantiang menunjukkan kondisi transisi yang stabil namun tetap rentan akibat kedekatannya dengan muara sungai. Kecamatan Bungus Teluk Kabung mengalami akresi tertinggi dengan laju 1,470 m/tahun, meskipun pola EPR menunjukkan kombinasi abrasi dan akresi yang dipengaruhi bentuk teluk, arah gelombang, dan infrastruktur pesisir. Variasi abrasi dan akresi lokal, seperti di Taluak Kaluwang dan Pantai Carolina, dipengaruhi dinamika alami gelombang dan arus, sementara perbedaan ekstrem pada hasil DSAS dapat dipengaruhi kondisi pasang, transek, dan artefak citra, sehingga validasi lapangan diperlukan untuk mendukung akurasi dan mitigasi pesisir Kota Padang.



Gambar 2 a) Peta perubahan garis pantai di Kecamatan Koto Tangah b) Bungus Teluk Kabung

3.3 Peta Parameter Zona Bahaya Tsunami

Analisis bahaya tsunami dilakukan menggunakan parameter perubahan garis pantai, elevasi, kemiringan, dan jarak dari aliran sungai yang dipetakan secara spasial dengan penginderaan jauh dan SIG, lalu diklasifikasikan ke dalam lima kelas bahaya sesuai Akbar et al (2020). Parameter-parameter tersebut dioverlay secara berbobot untuk menyusun peta zonasi bahaya tsunami dengan memperhatikan karakteristik dan distribusi spasialnya. Jarak dari garis pantai menjadi faktor dominan, di mana zona 0–500 m memiliki tingkat bahaya tertinggi. Pada 2013, zona ini mencakup 31,55 km² (4,55%) yang tersebar di sepanjang pantai barat Padang, termasuk Muaro Padang, Purus, dan Teluk Bayur, sedangkan pada 2025 luasnya menurun menjadi 30,55 km² (4,40%) akibat abrasi di Koto Tangah dan Padang Selatan, disertai peningkatan zona >3000 m dari 79,21% menjadi 79,32%. Meskipun perubahannya relatif kecil, kawasan 0–1000 m tetap berisiko tinggi karena kepadatan penduduk dan aktivitas ekonomi, sehingga menjadi prioritas mitigasi tsunami, dengan klasifikasi jarak pantai disusun menggunakan metode buffer 500 meter (Gambar 3). Gambar peta klasifikasi jarak garis pantai dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 a)Peta klasifikasi jarak garis pantai untuk tahun 2013 b) untuk tahun 2013

Tabel 4 Klasifikasi area jarak garis pantai tahun 2013 dan 2025

Kelas	Luas (km ²) (2025)	Persentase (%) (2025)	Luas (km ²) (2025)	Persentase (%) (2025)
>3000	549.927	79.21%	550.7028	79.32%
1501-3000	62.082	8.94%	62.1612	8.95%
1001-1500	24.3711	3.51%	24.4908	3.53%
501-1000	26.3034	3.79%	26.3322	3.79%
0-500	31.5531	4.55%	30.5496	4.40%

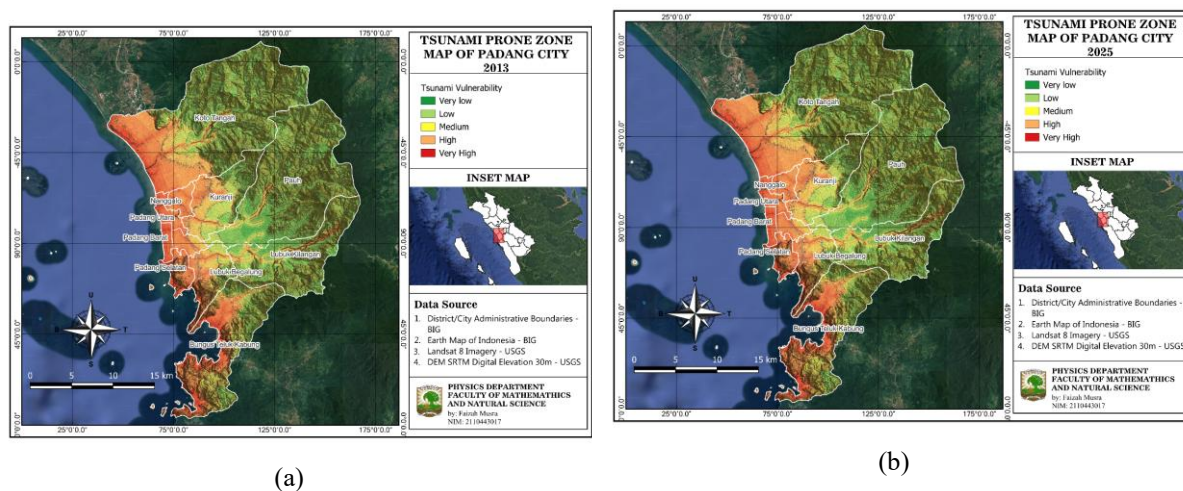
Tabel 5 Perbandingan Panjang Garis Pantai pada Tahun 2013 dan 2025

Kelas (m)	Luas Tahun 2013 (km ² /%)	Luas Tahun 2025 (km ² /%)	Alterasi	Interpretasi
>3000	549.927	550.7028	+0.77% / +0.11%	Peningkatan area yang mungkin terjadi akibat klasifikasi gambar
1501-3000	62.082	62.1612	+0.08 km / +0.01%	Sangat stabil
1001-1500	24.3711	24.4908	+0.12 km / +0.02%	Stabil, kemungkinan akresi lokal
501-1000	26.3034	26.3322	+0.03 km ² /≈0%	Tidak signifikan
0-500	31.5531	30.5496	-1.00 km ² / - 0.15%	Tanda-tanda abrasi ringan di beberapa titik di pantai

Dari perbandingan kedua jarak garis pantai pada Tabel 4 dan Tabel 5 ini, dapat disimpulkan bahwa secara spasial dan persentase, tidak terdapat perubahan yang signifikan dalam distribusi jarak zonasi pesisir antara tahun 2013 dan 2025, menunjukkan bahwa secara umum, garis pantai Kota Padang relatif stabil di area yang luas. Namun, perubahan kecil pada zonasi 0–500 meter menunjukkan abrasi di segmen tertentu, terutama di wilayah pesisir barat seperti Koto Tengah dan Selatan Padang, sebagaimana tercatat dalam analisis perubahan garis pantai sebelumnya. Penting untuk dicatat bahwa zonasi 0–1000 meter sepanjang garis pantai tetap menjadi wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi, infrastruktur pelabuhan, dan aktivitas ekonomi utama. Oleh karena itu, meskipun perubahan spasial minimal, tingkat risiko dan urgensi mitigasi di wilayah ini tetap tinggi dan harus diprioritaskan dalam pengelolaan zonasi pesisir dan perencanaan spasial berbasis risiko tsunami.

3.4 Peta Zonasi Bahaya Tsunami

Zonasi bahaya tsunami di Kota Padang diperoleh melalui pendekatan *overlay* berbobot pada empat parameter spasial utama, yaitu kemiringan lereng, ketinggian tanah, jarak ke garis pantai, dan jarak ke aliran sungai. Setiap parameter diklasifikasikan berdasarkan bobot kontribusinya terhadap potensi bahaya tsunami, mengacu pada studi sebelumnya (Akbar et al., 2020). Peta zonasi bahaya tsunami wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Peta zona bahaya tsunami di Kota Padang pada tahun 2013

Berdasarkan gambar 4, peta bahaya tsunami tahun 2013 menunjukkan bahwa pesisir barat Kota Padang didominasi zona bahaya tinggi hingga sangat tinggi, terutama di Kecamatan Koto Tengah, Padang Barat, Padang Selatan, Lubuk Begalung, dan Bungus Teluk Kabung. Ciri utama wilayah ini meliputi topografi datar (0–2%), ketinggian rendah (<10 m), jarak dekat ke pantai (0–500 m), dan kedekatan dengan sungai yang meningkatkan risiko tsunami. Pada tahun 2025, pola bahaya relatif sama, namun zona sangat tinggi meluas di Koto Tengah bagian selatan dan Padang Selatan akibat abrasi dan

pembangunan tanpa perlindungan. Beberapa area berisiko sedang berubah menjadi tinggi, sedangkan zona rendah tetap stabil di wilayah perbukitan timur dan tenggara yang berpotensi sebagai lokasi evakuasi.

IV. KESIMPULAN

Analisis perubahan garis pantai 2013 dan 2025 di Kota Padang menunjukkan dinamika signifikan dengan abrasi dominan di Koto Tengah dan Padang Selatan, serta akresi di Bungus Teluk Kabung dan beberapa wilayah lain. Perubahan ini berimplikasi langsung terhadap tingkat bahaya tsunami, di mana abrasi memperlemah perlindungan alami, sedangkan akresi membentuk lahan rendah baru yang berpotensi memperluas area genangan, khususnya pada zonasi 0–500 m dari garis pantai (30,55 km² pada 2025).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F.S., Vira, B.A., Doni, L.R., Putra, H.E., Efriyanti, A., 2020. Aplikasi Metode Weighted Overlay untuk Pemetaan Zona Keterpaparan Permukiman Akibat Tsunami (Studi Kasus: Kota Bengkulu dan Kabupaten Bengkulu Tengah). *J. Geosains Dan Remote Sens.* 1, 43–51.
- Amalia, F., Zairion, Z., Atmadipoera, A.S., 2023. Perubahan Garis Pantai Selama 20 Tahun (2001–2021) dan Prediksi dan Adaptasi Masyarakat Pesisir Tahun 2041. *J. Sains Dan Teknol.* 12, 102–110.
- Gemilang, W.A., Husrin, S., Wisha, U.J., Kusumah, G., 2017. Kerentanan Pesisir Terhadap Bencana Tanah Longsor di Bungus, Sumatera Barat dan Sekitarnya Menggunakan Metode Storie. *J. Geosaintek* 3, 37–44.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27.
- Jonah, F.E., Boateng, I., Osman, A., Shimba, M.J., Mensah, E.A., Adu-Boahen, K., Chuku, E.O., Effah, E., 2016. Shoreline Change Analysis using End Point Rate and Net Shoreline Movement Statistics: An Application to Elmina, Cape Coast and Moree Section of Ghana's Coast. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 7, 19–31.
- Leli Honesti, Alvin, Fajrin, 2023. Pemetaan Zona Bahaya Tsunami Di Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat. *J. Sci. Res. Dev.* 5, 356–366.
- McFeeters, S.K., 1996. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in The Delineation of Open Water Features. *Int. J. Remote Sens.* 17, 1425–1432.
- Nassar, K., Mahmod, W.E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., Negm, A., 2019. Shoreline Change Detection using DSAS Technique: Case of North Sinai Coast, Egypt. *Mar. Georesources Geotechnol.* 37, 81–95.
- Pararas-Carayannis, G., 2003. Near and Far-Field Effects of Tsunamis Generated by The Paroxysmal Eruptions, Explosions, Caldera Collapses and Massive Slope Failures of The Krakatau Volcano in Indonesia on August 26–27, 1883. *Sci. Tsunami Hazards* 21, 191–201.
- Rahman, Y.A., 2022. Pemanfaatan Citra Satelit Google Earth untuk Pemetaan Garis Pantai di Kota Padang. *J. Geomatika dan Ilmu Alam* 1.
- Ramdhan, M., 2021. Dampak dan Adaptasi Kerentanan Pesisir di Pantai Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. *Indones. J. Earth Sci.* 1, 1–9.
- Rasyif, T.M., Kato, S., Syamsidik, Okabe, T., 2019. Numerical Simulation of Morphological Changes due to The 2004 Tsunami Wave Around Banda Aceh, Indonesia. *Geosciences* 9, 125.
- Ruiz-Beltran, A.P., Astorga-Moar, A., Salles, P., Appendini, C.M., 2019. Short-term Shoreline Trend Detection Patterns Using SPOT-5 Image Fusion in the Northwest of Yucatan, Mexico. *Estuaries and Coasts* 42, 1761–1773.
- Sasmito, B., Amarrohman, F.J., 2016. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Anaysis System (DSAS) Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Demak. *J. Geod. Undip* 5, 78–89.
- Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., Potin, P., Rommen, B., Floury, N., Brown, M., 2012. GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sens. Environ.* 120, 9–24.

- Yulfa, A., Chandra, D., Ramadhan, R., Andreas, A., 2022. Geovisualization for Information Extraction of Shoreline Changes in Padang City 2000–2020. *Geod. Cartogr.* 48, 78–84.
- Zeinali, S., Talebbeydokhti, N., Dehghani, M., 2020. Spatiotemporal Shoreline Change in Boushehr Province Coasts, Iran. *J. Oceanol. Limnol.* 38, 707–721.