

Analisis *Hindcasting* Gelombang Terhadap Perubahan Garis Pantai di Perairan Pesisir Pantai Padang Menggunakan Data Angin Permukaan

Widi Satria Indriani*, Dwi Pujiastuti, Koko Ondara

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

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 18 April 2022
Direvisi: 25 Juni 2022
Diterima: 30 Juni 2022

Kata kunci:

abrasi
akresi
garis pantai
gelombang pecah
Pantai Padang

Keywords:

abrasion
accretion
shoreline
breaking wave
Padang Beach

Penulis Korespondensi:

Widi Satria Indriani
Email: widhyindriani18@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gelombang pecah dan mengetahui perubahan garis pantai di sepanjang Pantai Padang, Kecamatan Padang Barat, Kota Padang. Metode yang digunakan berdasarkan data angin di masa lampau (*hindcasting*) yaitu menggunakan data angin 10 tahun (2010-2019) yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang yang signifikan. Untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi digunakan metode tumpang susun (*overlay*) citra satelit Landsat 5 TM tahun 2011 dan Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2019, kemudian dianalisis menggunakan metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) untuk menghitung laju perubahan garis Pantai Padang. Hasil penelitian menunjukkan gelombang di perairan Pantai Padang didominasi oleh gelombang dari arah Barat Daya dengan tinggi gelombang 1,58 m dan periode gelombang 5,27 s. Tinggi gelombang pecah yang diperoleh adalah 1,1 m dan pecah pada kedalaman 3 m dari bibir pantai. Gelombang pecah yang terjadi secara terus menerus menyebabkan garis Pantai Padang mengalami kemunduran (*abrasi*) dengan laju abrasi 3,50 m/tahun. Abrasi terbesar terletak di daerah Muaro Lasak, Purus. Penumpukan-penumpukan sedimen yang dibawa oleh gelombang dan kembali ke pantai menyebabkan terjadinya akresi (*penumpukan sedimen*) dengan laju akresi sebesar 3,89 m/tahun. Akresi terbesar terletak di belakang Hotel Pangeran Beach, Rimbo Kaluang.

*This research aims to analyze the breaking waves and determine changes in the coastline along Padang Beach, West Padang District, Padang City. The method used is based on past wind data (*hindcasting*) using 10-year wind data (2010-2019) obtained from the Teluk Bayur Maritime Meteorological Station to get significant wave heights and periods. To find out the changes in the coastline that occurred, used satellite image overlay method the Landsat 5 TM in 2011 and Landsat 8 OLI/TIRS in 2019, and then analyzed using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) method to calculate shoreline change rate of the Padang Beach. The results showed that the waves on Padang Beach were dominated by waves from the Southwest with a wave height of 1.58 m and a wave period of 5.27 s. The breaking wave height obtained is 1.1 m and breaks at a depth of 3 m from the shoreline. Breaking waves that occur continuously cause the Padang coastline to decline (*abrasion*) with an abrasion rate of 3.50 m/year. The largest abrasion occurred in the Muaro Lasak area, Purus. The accumulation of sediment carried by the waves and returned to the beach causes accretion (*sediment buildup*) with an accretion rate of 3.89 m/year. The largest accretion is located behind Prince Beach Hotel, Rimbo Kaluang.*

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pantai merupakan daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi dinamis antara air, angin dan material penyusun di dalamnya. Hal ini menyebabkan pantai rentan terhadap perubahan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada daerah pesisir pantai (Dauhan *et al.*, 2013). Kerusakan pada daerah pantai dapat disebabkan oleh beberapa faktor alami seperti arus, angin, sedimentasi, pasang surut, topografi pesisir dan gelombang laut (Rahmawati, 2018). Gelombang laut merupakan salah satu parameter laut yang dominan terhadap laju mundurnya garis pantai (Mulyabakti *et al.*, 2016). Serangan gelombang laut menyebabkan kemunduran garis pantai yang berkelanjutan setiap tahun (Umpel *et al.*, 2015). Ketika gelombang datang menghantam pantai, gelombang akan mengalami perubahan bentuk yang menyebabkan tinggi gelombang tidak menentu yang akhirnya pecah dan melepaskan energi yang mengakibatkan daerah pesisir rentan terhadap perubahan bentuk (Tawoeda *et al.*, 2016). Pecahnya gelombang ketika sampai ke pantai dipengaruhi oleh gesekan dasar laut perairan dangkal dengan partikel paling bawah dari gelombang (Jasmani, 2017). Salah satu daerah pantai yang rentan terjadi kerusakan adalah Pantai Padang, Kota Padang, Sumatera Barat. Pantai Padang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia sehingga berpotensi mengalami kemunduran garis Pantai (abrasi) (Haryani, 2018).

Penelitian tentang perubahan garis pantai di Pantai Padang telah dilakukan sebelumnya. Dalam penelitian Fajri *et al.* (2012) perubahan garis pantai di Pantai Padang disebabkan oleh arus dan gelombang yang besar. Penelitian tentang karakteristik gelombang pecah pernah dilakukan oleh Dauhan *et al.* (2013) tentang analisis karakteristik gelombang pecah terhadap perubahan garis pantai di Atep Oki menggunakan data angin dari tahun 2001-2011. Hasil yang didapatkan gelombang pecah dapat merusak Pantai Atep Oki dan mengakibatkan terjadinya erosi dan abrasi karena pelepasan energi dari gelombang pecah dan bangkitan arus. Penelitian tentang perubahan garis pantai juga dilakukan oleh Halim *et al.* (2016) menggunakan Citra Landsat dan mendapatkan hasil bahwa selama kurun dalam kurun waktu 2012 – 2014 terjadi proses akresi dan abrasi di Pesisir kecamatan Soropia, Penelitian lain dilakukan oleh Haryani *et al.* (2019) tentang kajian perubahan garis pantai provinsi Sumatera Barat periode 2003 – 2016 dan mendapatkan hasil bahwa selama 13 tahun pengamatan terjadi bencana abrasi di Pesisir Provinsi Sumatera Barat seluas 732,69 Ha dan akresi seluas 55,42 Ha.

Penelitian ini adalah kelanjutan dari riset tentang perubahan garis pantai di Kota Padang. Pada penelitian ini digunakan metode yang sama dengan Dauhan *et al.* (2013) dan Halim *et al.* (2016) tetapi data angin yang digunakan lebih baru yaitu data angin tahun 2010-2019 dan data Citra Landsat tahun 2011 dan tahun 2019. Selain itu daerah penelitian juga berbeda, dimana kami meneliti daerah Pantai Padang, Sumatera Barat. Pada penelitian Fajri *et al.* (2012) sebelumnya di Pantai Padang hanya dilakukan analisa secara kualitatif dimana hanya disebutkan abrasi terjadi karena arus dan gelombang yang besar, sedangkan pada penelitian ini diperoleh hasil berapa tinggi gelombang pecah yang menyebabkan abrasi tersebut dan berapa m perubahan garis pantai yang terjadi dari tahun 2010 – tahun 2019.

II. METODE

Data yang digunakan ada 2 yaitu data angin 10 tahun penelitian (2010-2019) yang diperoleh dari <http://dataonline.bmkg.go.id> Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur. Penelitian ini juga menggunakan data Citra Landsat 5 TM hasil perekaman tanggal 21 Februari 2011 dan Citra Landsat 8 OLI/TIRS hasil perekaman tanggal 29 Agustus 2019 yang diperoleh dari <http://earthexplorer.usgs.gov> untuk mengetahui nilai perubahan garis pantai.

2.1 Penentuan Nilai Gelombang Pecah

Data angin yang diperoleh kemudian dipetakan melalui diagram *windrose* (distribusi arah dan kecepatan angin) untuk menentukan arah dan kecepatan angin dominan yang akan digunakan dalam titik 0 pembentukan *fetch* (daerah pembentukan gelombang). Perhitungan panjang *fetch* efektif menggunakan bantuan peta lokasi penelitian dengan skala 1:200.000 sehingga terlihat pulau-pulau dan daratan yang berpengaruh dalam pembentukan gelombang.

Perhitungan tinggi dan periode gelombang yang terbentuk dilakukan untuk setiap data angin maksimum bulanan selama 10 tahun, kemudian disusun rekapitulasi dan dibuat grafik hubungan tinggi

dan periode gelombang terbesar dan dominan dari tahun 2010-2019. Untuk mendapatkan nilai gelombang pecah, diperlukan transformasi gelombang dari laut dalam ke laut dangkal. Transformasi gelombang yang diperlukan adalah koefisien refraksi dan koefisien shoaling (pendangkalan) karena melewati kedalaman yang berbeda-beda untuk sampai ke pantai, sehingga setiap perbedaan kedalaman juga menghasilkan tinggi dan periode gelombang yang berbeda.

2.2 Penentuan Perubahan Garis Pantai

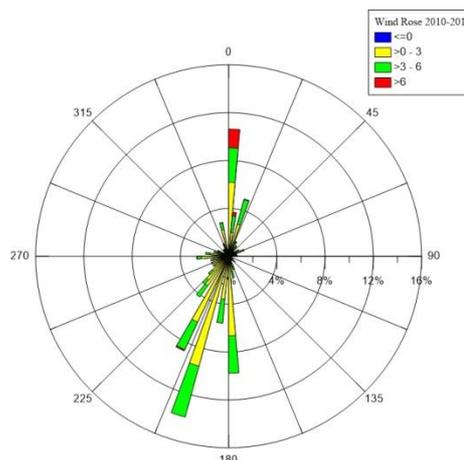
Data Citra Landsat 5 dan Landsat 8 yang telah diperoleh kemudian dilakukan *masking* (pemisahan daratan dengan lautan). Pada Landsat 5 dipilih band 5 (NIR) dan band 2 (*green*), sedangkan pada Landsat 8 dipilih band 6 (SWIR 1) dan band 3 (*green*). Penegasan batas antara daratan dan perairan menampilkan hasil yang jelas dimana badan air akan berwarna lebih terang daripada daratan (Hasan *et al.*, 2019). Selanjutnya dilakukan digitasi (proses konversi data analog ke dalam format digital). Digitasi mengubah format raster ke vektor sehingga bisa didapatkan garis pantai dalam bentuk *line* pada daerah yang diteliti.

Setelah dilakukan digitasi, selanjutnya kedua citra hasil perekaman tahun 2011 dan 2019 ditumpang susun (*overlay*) untuk mengetahui perubahan garis pantai. Dari proses *overlay* maka akan diketahui proses abrasi dan akresi pada selang waktu yang digunakan. Perhitungan laju perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan metode DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Metode DSAS yang akan digunakan yaitu *Net Shoreline Movement* (NSM) untuk mengukur jarak perubahan posisi garis pantai terlama dengan garis pantai yang terbaru dan *End Point Rate* (EPR) untuk menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terbaru dengan lamanya waktu perekaman.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Distribusi Arah Angin

Arah dan distribusi angin selama 10 tahun pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1. Pergerakan arah angin didominasi dari arah Selatan, Barat Daya dan Utara. Hal ini karena Pantai Padang berada di bagian Barat Kota Padang dan menghadap ke Samudera Hindia. Kawasan Pantai Padang dipengaruhi oleh angin muson dan curah hujan yang tinggi. Pantai Padang umumnya memiliki energi gelombang yang cukup tinggi (> 2 m) terutama pada musim angin barat (Istijono, 2013).

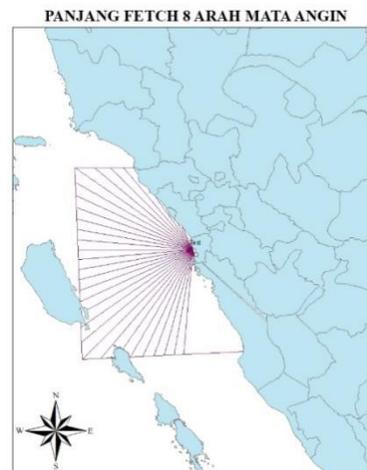


Gambar 1 Wind rose

3.2 Daerah Pembangkitan Gelombang

Gambar 2 menampilkan *fetch* (daerah pembangkitan gelombang). Perhitungan panjang *fetch* dilihat dari jarak pengaruh angin tempat mulai dibangkitkan energi gelombang. Gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin, tetapi juga dibangkitkan dalam berbagai sudut terhadap arah mata angin. Dari Gambar 2 hanya arah Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut dan Utara yang mempunyai panjang *fetch*. Pada arah Barat Daya, Barat dan Barat Laut tidak dibatasi oleh pulau-pulau atau daratan sehingga termasuk dalam perairan terbuka (*open water*) dengan $F_{eff} > 100$

km. Gelombang yang terbentuk cenderung lebih besar karena daerah pembentukan gelombang yang besar (Dauhan *et al.*, 2013). Semakin lama angin bertiup, maka semakin besar energi yang dapat dihasilkan dalam pembangkitan gelombang (Baharuddin *et al.*, 2009). Pembangkit gelombang terbesar berasal dari Barat Daya dengan *fetch* efektif 154,42 km dan dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai *fetch* efektif yang didapat digunakan untuk menghitung tinggi dan periode gelombang dalam perhitungan hindcasting gelombang.



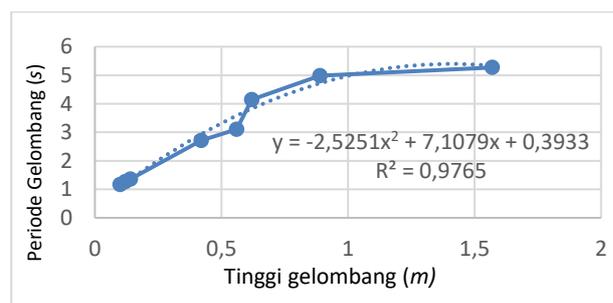
Gambar 2 Panjang *fetch*

Tabel 1 *Fetch* efektif

No	Arah Mata Angin	Fetch Efektif (km)
1	Selatan	61,15
2	Barat Daya	154,42
3	Barat	134,91
4	Barat Laut	113,15
5	Utara	1,16
6	Timur Laut	0
7	Timur	0
8	Tenggara	0

3.3 Analisis Transformasi Gelombang

Periode dan tinggi gelombang maksimum pada Pantai Padang dominan dari arah Barat Daya dengan tinggi gelombang maksimum 1,58 m dan periode gelombang maksimum 5,27 m pada bulan Mei 2011 dan bulan Juni 2015. Hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 tahun data masukan) ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan grafik diperoleh persamaan : $y = -2,5254x^2 + 7,1079x + 0,3933$. y merupakan periode gelombang, sedangkan x merupakan tinggi gelombang. Persamaan y dipakai untuk mencari perubahan periode gelombang (T) setiap perubahan kedalaman laut (d) dari laut dalam ke laut dangkal dalam penentuan koefisien refraksi (pembelokan gelombang) dan koefisien shoaling (pendangkalan). Setiap perubahan kedalaman, maka tinggi dan periode gelombang juga berubah.



Gambar 3 Grafik hubungan tinggi dan panjang gelombang

Tabel 2 Koefisien refraksi dan shoaling

α_0 (°)	d (m)	K_r	K_s	H (m)
45	25	0,96	0,93	1,40
40,52	20	0,99	0,96	1,33
39,15	15	0,98	0,94	1,22
36,48	10	0,97	0,92	1,09
31,48	5	0,96	0,96	1,00
21,25	1	0,97	1,18	1,15
7,80	0,5	0,99	1,42	1,63

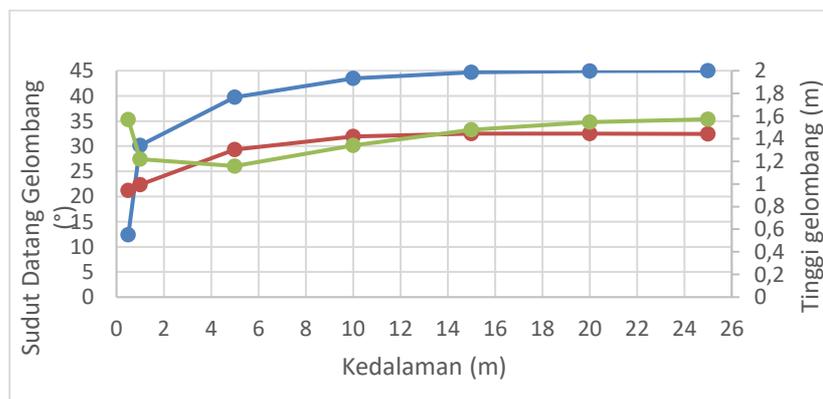
Tabel 2 merupakan hasil perhitungan dari koefisien refraksi dan koefisien shoaling) pada kedalaman 0,5 m – 25 m dari permukaan laut dengan sudut datang gelombang 7,80°-45°. Nilai koefisien refraksi (K_r) yang diperoleh adalah 0,96-0,99, sedangkan nilai koefisien shoaling (K_s) adalah 0,92-1,42 sehingga didapatkan nilai tinggi gelombang yang baru 1,00 m – 1,63 m. Gelombang yang bergerak dari laut dalam memasuki laut dangkal dan mulai mengalami gesekan dari dasar laut, kecepatan gelombang akan berkurang dan panjang gelombang akan memendek. Karena gelombang belum pecah, maka tinggi gelombang H akan semakin besar, sampai akhirnya pecah (Imbar, 2020).

3.4 Gelombang Pecah

Tabel 3 menunjukkan nilai gelombang pecah (H_b). dari Tabel 3 dibuat grafik antara tinggi gelombang (H_b), kedalaman (H) dan sudut datang gelombang (α_0) untuk mengetahui tinggi dan kedalaman gelombang pecah seperti pada Gambar 4. Berdasarkan grafik diperoleh gelombang pecah setinggi 1,1 m. Gelombang pecah pada kedalaman 3 m. Nilai gelombang pecah diperoleh dari perpotongan grafik tinggi gelombang, kedalaman dan sudut datang gelombang. Gelombang pecah yang sampai ke pantai dan terjadi berulang dapat membuat tepian pantai tergerus dan semakin lama garis pantai akan menjadi berkurang dan terjadinya kemunduran garis pantai (abrasi).

Tabel 3 Gelombang pecah

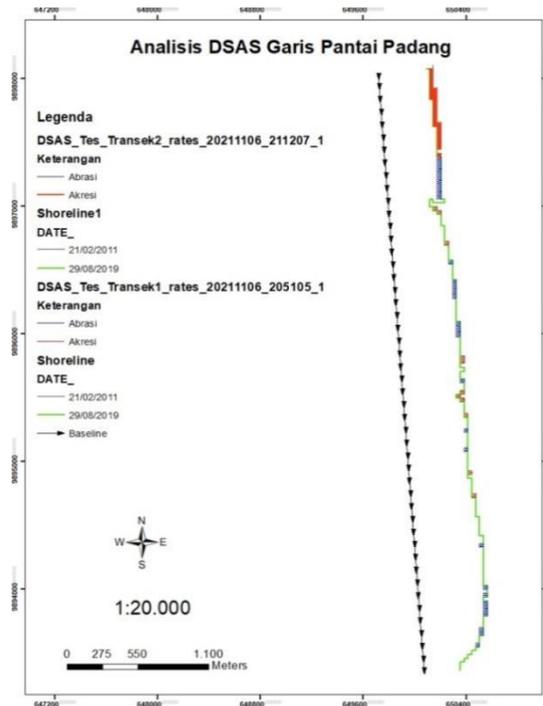
d (m)	L_0 (m)	H'_0 (m)	H_b/H'_0	H_b (m)
25	108,21	1,70	1,21	2,05
20	60,30	1,46	1,05	1,53
15	57,04	1,42	1,04	1,48
10	52,14	1,33	1,03	1,37
5	46,05	1,14	1,04	1,18
1	42,13	0,85	1,11	0,94
0,5	48,82	0,81	1,19	0,96



Gambar 4 Grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang

3.5 Analisis DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*).

Citra Landsat 5 TM 2011 dan Citra Landsat 8 OLI/TIRS 2019 ditumpang susun (*overlay*) untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi dari tahun 2011 sampai tahun 2019. Berdasarkan *overlay* Citra Landsat tahun 2011 dan 2019 diketahui bahwa lokasi penelitian (Pantai Padang) mengalami perubahan garis pantai yaitu abrasi dan akresi. Perubahan jarak garis pantai dihitung dengan menggunakan analisis DSAS sehingga menghasilkan data statistik selama tahun penelitian (Baskoro *et al.*, 2018). Hasil perubahan garis pantai setelah dianalisis dapat dilihat pada Gambar 5. Abrasi ditandai dengan warna biru dan akresi ditandai dengan warna merah.



Gambar 5 Perubahan garis pantai dari tumpang susun Citra Landsat 5 TM 2011 dan Citra Landsat 8 OLI/TIRS 2019

Tabel 4 Perubahan garis pantai

Perubahan Garis Pantai	Perubahan Terendah (m)	Perubahan Tertinggi (m)	Rata-Rata Perubahan (m)	Laju perubahan (m/tahun)
Abrasi	-4,59	-30,08	-29,82	-3,50
Akresi	6,88	60,05	33,18	3,89

Laju perubahan abrasi dan akresi dapat dilihat pada Tabel 4. Perubahan yang terjadi berupa abrasi (kemunduran garis Pantai) dan Akresi (bertambahnya garis pantai) dengan rata-rata laju abrasi sebesar 3,5 m/ tahun dan rata-rata laju akresi sebesar 3,89 m/tahun. Abrasi terbesar terjadi di Muaro Lasak dekat Monumen Merpati Perdamaian dengan perubahan sebesar 30,08 m dan akresi tertinggi terjadi di daerah Flamboyan Baru dengan perubahan sebesar 60,05 m. Penyebab Utama dari proses abrasi di Pantai Padang adalah arus dan gelombang laut yang besar. Gelombang yang besar menghasilkan arus menyusur pantai dengan kecepatan yang tinggi sehingga material pantai semakin banyak yang tergerus atau hilang (Fajri *et al.*, 2012).

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah memperlihatkan bahwa telah terjadi abrasi dan akresi di Pantai Padang yang disebabkan oleh gelombang yang tinggi. Pantai Padang didominasi oleh Gelombang dari arah Barat

Daya dengan gelombang tertinggi 1,58 m dan periode gelombang 5,27 s. Tinggi gelombang pecah pada Pantai Padang adalah 1,1 m dan pecah pada kedalaman 3 m dari bibir pantai. Abrasi terbesar terjadi di daerah Rimbo Kaluang dengan dengan laju abrasi 3,5 m/tahun dan akresi terjadi di daerah Flamboyan Baru dengan laju akresi 3,89 m/tahun. Gelombang yang besar yang menghantam pantai secara terus menerus dapat membuat garis pantai semakin berkurang. Jika ini terus terjadi maka dapat mengganggu pemukiman penduduk yang tinggal di daerah sekitar Pantai Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin., Pariwono, J.I. and Nurjaya, I.W. (2009), “Pola Transformasi Gelombang Dengan Menggunakan Model RCPWave Pada Pantai Bau-Bau, Provinsi Sulawesi Tenggara”, *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan tropis*, 1(2), pp. 60–71.
- Baskoro, N C., Joesidawati, M.I. and Sukma, R.N. (2018), “Perubahan Garis Pantai Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan, Menggunakan Citra Landsat dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS)”, in *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat III*, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban.
- Dauhan, S.K., Tawas, H., Tangkudung, H. and Mamoto, J.D. (2013), “Analisis karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai di Atep Oki”, *Jurnal Sipil Statik*, 1(12), pp. 784–796.
- Fajri, F., Rifaldi. and Tanjung, A. (2012), “Studi abrasi Pantai Padang Kota Padang Provinsi Sumatera Barat”, *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 7(3), pp. 123–134.
- Halim., Halili. and Afu, L.O.A. (2016), “Studi Perubahan Garis Pantai dengan Pendekatan Penginderaan Jauh di Wilayah Pesisir Kecamatan Soropia”, *Sapa Laut*, 1(1), pp. 24–31.
- Haryani., Irianto, A. and Syah, N. (2019), “Kajian Perubahan Garis Pantai Provinsi Sumatera Barat Periode 2003-2016”, in *Prosiding PIT k-5 Riset Kebencanaan IABI*, Universitas Bung Hatta.
- Haryani (2018), “Kajian Bencana Abrasi Pantai dan Akresi Provinsi Sumatera Barat Periode 2003-2016”, *Tata Loka*, 21(2), pp. 293–304.
- Hasan, M.Z., Citra, P.A. and Nugraha, S.A. (2019), “Monitoring Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Jembrana Tahun 1998 - 2018 menggunakan Modified Difference Water Index (MNDWI) dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS)”, *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(3), pp. 93–102.
- Imbar, S.E. (2020), “Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat”, *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), pp. 65–70.
- Istijono, B. (2013), “Tinjauan Lingkungan dan Penanggulangan Abrasi Pantai Padang - Sumatera Barat”, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2), pp. 42–49.
- Jasmani (2017), “Kajian Risiko Bencana Gelombang Ekstrim dan Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Makassar”, Tesis, Universitas Hanasanuddin.
- Mulyabakti, C., Jasin, M.I. and Mamoto, J.D. (2016), “Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara”, *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), pp. 585–594.
- Rahmawati (2018), “Analisis Abrasi Pantai Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus Pantai Marunda Kelurahan Marunda Kecamatan Cilincing Provinsi DKI Jakarta)”, Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Tawoeda, S.P., Tawas, H. and Halim, F. (2016), “Studi Transformasi Gelombang Terhadap Perubahan Garis Pantai Beo Barat Kabupaten Kepulauan Talud”, *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), pp. 155–164.
- Umpel, I.F. Mamoto, J.D. and Jasin. (2015), “Studi Karakteristik Gelombang pada Daerah Pantai Matani Satu”, *Jurnal Sipil Statik*, 3(9), pp. 651–661.