

Geomedia

Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian

Geomedia Vol. 20 No. 2 Tahun 2022 | 52– 58

<https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>

Analisis Temporal Perubahan Garis Pantai Kedung Celeng Kabupaten Malang Tahun 1995-2021 Menggunakan Metode MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*)

Ghairandi Al-Abrar^{a,1*}, Mohammad Rendra Maghandi^{a,2*}, Muhammad Hanif Hasbulloh^{a,3*}, Nina Nila Ziyana Cholidah^{a,4*}, Ferryati Masitoh^{a,5*}

^a Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

¹ghairandi.alabrar.1907226@students.um.ac.id; ²mohammad.rendra.1907226@students.um.ac.id;

³muhammad.hanif.1907226@students.um.ac.id; ⁴nina.nila.1907226@students.um.ac.id; ⁵ferryati.masitoh.fis@um.ac.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel	ABSTRAK
<p><i>Sejarah artikel</i></p> <p>Diterima : 20 Desember 2021</p> <p>Revisi : 02 Juli 2022</p> <p>Dipublikasikan : 30 November 2022</p> <p>Kata kunci:</p> <p>Pantai Kedung Celeng</p> <p>Garis Pantai</p> <p>MNDWI</p>	<p>Garis Pantai akan mengalami perubahan karena berbagai faktor , penelitian ini dilakukan di Pantai Kefung Celeng Kabupaten Malang dengan tujuan untuk untuk mengetahui perubahan garis pantai di Pantai Kedung Celeng dalam kurun waktu 30 tahun terakhir, serta untuk mengetahui faktor serta dampak yang terjadi akibat perubahan garis pantai di Pantai Kedung Celeng. Data diperoleh dengan melakukan survei lapangan secara terstris dan citra satelit Landsat pada tahun 1995, 2005, 2015, dan 2021. Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan metode MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index). Perhitungan MNDWI akan menghasilkan tiga hasil yaitu nilai positif air lebih besar daripada di NDWI karena menyerap lebih banyak cahaya SWIR daripada cahaya NIR. Hasil dari penelitian ini adalah Sekitar tahun 2000 hingga 2005 proses perubahan angin, arus laut kearah timur, membuahakan abrasi tebing bagian barat dan pengikisan karang pantai yang membuahakan garis pantainya berubah, bagian barat lebih menjorok dan bagian timur terdapat sedimentasi pasir, pada tahun 2015 telah mengalami banyak perubahan karena berbagai fenomena alam yang terjadi terus menerus, dan pada tahun 2021 garis pantai tidak terlalu jauh berbeda dari tahun 2015, namun terjadi sedimentasi pada bagian tengah pantai sehingga membuahakan kawasan pantai ini cenderung mengalami perubahan pada bagian tengah saja.</p>
<p>Keywords:</p> <p>Kedung Celeng Beach</p> <p>Coastline</p> <p>MNDWI</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>The coastline will change due to various factors, this research was conducted at Kefung Celeng Beach, Malang Regency with the aim of knowing the changes in the coastline on Kedung Celeng Beach in the last 30 years, as well as to find out the factors and impacts that occur due to changes in the coastline on the beach. Kedung Celeng. The data used in this research are primary and secondary data, primary data obtained from conducting a terrestrial survey and secondary data obtained from Landsat satellite imagery in 1995, 2005, 2015, and 2021. Image processing is carried out using the MNDWI (Modified) method. normalized). Water Index Difference). The MNDWI calculation will produce three results, namely the positive air value is greater than in NDWI because it absorbs more SWIR light than NIR light. The results of this study are that from 2000 to 2005 the process of changing winds, ocean currents to the east, causing</p>

abrasion of the western cliffs and erosion of coastal corals which causes the coastline to change, the western part is more protruding and the eastern part has sand sedimentation, in 2015 it has experiencing many changes due to various natural phenomena that occur continuously, and in 2021 the coastline is not too much different from 2015, however, sedimentation occurs in the middle of the coast so that the coastal area tends to experience changes in the middle only.

© 2022 (Ghairandi Al Abrar). All Right Reserved

Pendahuluan

Lingkungan pantai merupakan suatu wilayah yang selalu mengalami perubahan. Perubahan lingkungan pantai dapat terjadi secara lambat hingga cepat, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Perubahan garis pantai ditunjukkan oleh perubahan kedudukannya, tidak hanya ditentukan oleh suatu faktor tunggal tapi oleh sejumlah faktor beserta interaksinya yang merupakan hasil gabungan dari proses alam dan manusia. Faktor alami perubahan garis pantai berasal dari pengaruh proses-proses hidro-oseanografi yang terjadi di laut seperti dampak dari hempasan gelombang, perubahan pola arus, variasi pasang surut, serta perubahan iklim., sedangkan penyebab terjadinya kerusakan pantai akibat kegiatan manusia (antropogenik) di antaranya konversi dan alih fungsi lahan pelindung pantai untuk sarana pembangunan di kawasan pesisir yang tidak sesuai dengan kaidah yang berlaku sehingga keseimbangan transpor sedimen disepanjang pantai dapat terganggu, penambangan pasir yang memicu perubahan pola arus dan gelombang (Shuhendry, 2011).

Garis Pantai merupakan batas pertemuan antara air laut dan daratan yang letak posisinya tidak selalu tetap tergantung pada pasang surut, abrasi dan akresi yang terjadi (Triatmodjo, 2009). Pasang surut, abrasi dan akresi dapat menyebabkan perubahan garis pantai baik dalam skala detik maupun dalam jutaan tahun. Abrasi yaitu proses pengikisan lapisan tanah dan pasir yang terjadi pada daerah pesisir disebabkan oleh gelombang dan arus air laut yang sifatnya merusak. Sedangkan akresi adalah perubahan garis pantai yang terjadi karena adanya proses sedimentasi dari daratan menuju ke laut lepas, oleh karena itu garis pantainya mengalami perubahan (penambahan) menuju ke arah laut lepas.

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan panjang garis pantainya kurang lebih mencapai 81.000 km. Daerah pantai mejadi salah satu wilayah yang banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai kegiatan. Seperti untuk pemukiman, perindustrian, pertambangan, maupun pariwisata. Adanya banyak kegiatan yang ada di wilayah pantai dan sekitarnya akan membuat kebutuhan akan lahan menjadi meningkat. Peningkatan terhadap kebutuhan lahan di wilayah pesisir ini akan menimbulkan berbagai masalah yang akan merusak fungsi lahan. Selain itu juga dapat menimbulkan erosi yang dapat menyebabkan mundurnya garis pantai ke arah daratan atau majunya garis pantai ke arah laut. Mundurnya garis pantai akan semakin mengurangi luas lahan, sedangkan majunya garis pantai akan sedikit menguntungkan karena munculnya lahan baru. Namun, disisi lain akan merugikan ekosistem laut tropis seperti rusaknya ekosistem lamun dan terumbu karang yang juga berdampak terhadap habitat biota laut lainnya. Selain itu juga menimbulkan masalah drainase perkotaan di daerah pantai (Triatmodjo, 2008).

Beberapa pantai yang ada di wilayah Indonesia telah banyak mengalami perubahan garis pantai akibat terjadinya abrasi dan akresi seperti perubahan garis pantai di Kabupaten Bengkulu akibat terjadinya abrasi, perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Demak akibat terjadinya abrasi dan akresi, perubahan garis pantai di Teluk Awur Kabupaten Jepara akibat terjadinya abrasi dan perubahan garis pantai di wilayah pesisir perairan Cisadane, Provinsi Banten akibat terjadinya abrasi dan akresi (Tarigan, 2007). Salah satu pantai yang terdapat di Indonesia adalah Pantai Kedung Celeng. Pantai Kedung Celeng adalah pantai yang terletak di Kabupaten Malang bagian selatan. Seperti yang diketahui

bahwa pesisir pantai selatan dikenal dengan ombak dan arusnya yang kencang. Melihat fenomena hidrooseanografi yang tinggi di daerah pesisir Kabupaten Malang bagian selatan, oleh karena itu pada penelitian dilakukan analisis temporal mengenai perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Kedung Celeng, dengan tujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai di Pantai Kedung Celeng dalam kurun waktu 30 tahun terakhir, serta untuk mengetahui faktor serta dampak yang terjadi akibat perubahan garis pantai di Pantai Kedung Celeng.

Metode

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Pantai Kedung Celeng, Pantai Kedung Celeng berlokasi di Desa Kedungsalam, Kecamatan Donomulyo, Kabupaten Malang, secara astronomis Pantai Kedung Celeng terletak di Lintang -8.394947742255454 dan Bujur 112.44948076795067 (*Gambar 1*). Pantai Kedung Celeng adalah salah satu pantai yang terletak di wilayah Kabupaten Malang bagian selatan yang dijadikan salah destinasi wisata pantai di Kabupaten Malang.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis dan Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data skunder. Data primer pada penelitian ini adalah berupa data panjang garis pantai Kedung Celeng yang diperoleh dengan pengukuran terestris dengan menggunakan total station pada hari Selasa 30 November 2021 dalam keadaan cerah. Kemudian untuk data skunder adalah data panjang garis pantai pada tahun 1995, 2005, 2015, dan 2021 yang diperoleh dari pengolahan citra. Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra landsat dengan jenis yang berbeda pada masing masing tahunnya, untuk data tahun 1995 menggunakan citra Landsat 5 TM, data tahun 2005 menggunakan citra Landsat 7 ETM, dan pada Tahun 2015 dan 2021 menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS. Kemudian citra tersebut dilakukan pengolahan MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) untuk mengetahui perubahan garis pantainya.

MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*)

MNDWI adalah bentuk modifikasi dari NDWI. Perhitungan MNDWI akan menghasilkan tiga hasil yaitu nilai positif air lebih besar daripada di NDWI karena menyerap lebih banyak cahaya SWIR daripada cahaya NIR, lahan permukiman memiliki nilai negatif dan tanah serta vegetasi akan memiliki nilai negatif karena tanah mencerminkan cahaya SWIR lebih dari cahaya NIR (*Jensen, 2004*) dan vegetasinya memantulkan cahaya SWIR yang masih lebih dari cahaya hijau. Akibatnya, dibandingkan dengan NDWI, kontras antara air dan lahan permukiman pada MNDWI akan sangat diperbesar karena meningkatnya nilai fitur air dan penurunan nilai lahan permukiman dari positif ke negatif. Dalam pengolahan citra menggunakan metode MNDWI digunakan formula sebagai berikut:

$$MNDWI = \frac{(GREEN - SWIR)}{(GREEN + SWIR)}$$

Pengolahan citra pada penelitian adalah menggunakan ENVI 5.1, ArcMap 10.3, dan tools tambahan di ArcMap 10.8 yaitu DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Analisis perubahan garis pantai menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) dilakukan dengan cara pertama membuat shoreline, selanjutnya membuat baseline (garis acuan) (*Muryani, 2010*).

Pembuatan penampang melintang tegak lurus dengan garis acuan bertujuan untuk membagi pias-pias garis pantai dan dihitung tingkat perubahan garis pantai dengan Calculate Statistics (Dewi et al., 2017). Proses deliniasi perairan dan daratan dilakukan dengan metode MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), yang bertujuan untuk memperjelas batas antara perairan dan daratan dimana posisi garis pantai dari citra dapat terlihat lebih jelas (Xu, 2006)

Hasil dan pembahasan

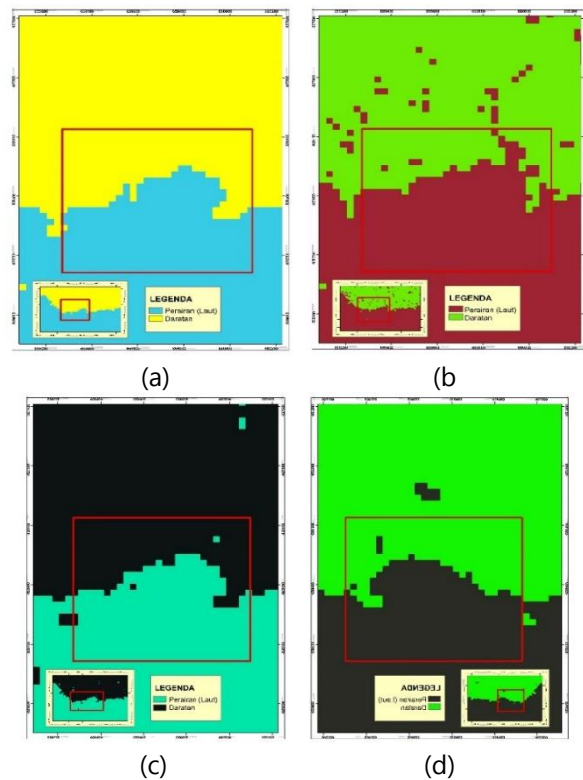
Pesisir pantai selatan dikenal dengan kawasan pantai berombak dengan arus yang kencang. Hal ini membuahakan fenomena hidrooseanografi banyak terjadi di daerah pesisir Kabupaten Malang bagian selatan, sehingga dampaknya mampu terlihat dari perubahan morfologi ataupun bentuk garis pantai secara periodik. Dengan melihat peluang ini, maka diperlukan suatu pemantauan khususnya pada wilayah pesisir, untuk memantau perubahan yang terjadi pada garis pantai selatan malang. Penelitian ini dipusatkan pada Pantai Kedung Celeng, Kecamatan Donomulyo, Kabupaten Malang yang dilakukan dengan pengukuran dengan survey, menggunakan Total Stasion.

Pengukuran bentuk pesisir pantai menggunakan Total Stasion pada tanggal 29 November sampai 30 November 2021 berkisar pukul 08.00 WIB hingga 10.00 WIB pada titik - 8.3949 S dan 112.44948 E. Pengukuran ini ditujukan untuk mengetahui kawasan pantai yang berada pada garis surut harian, Sehingga hasilnya akan mampu mengetahui rerata pasang dengan citra pada saat siang hingga sore hari dan juga masa surut dengan pengukuran secara langsung. Pemantauan perubahan garis pantai kawasan kedung celeng ini berbasis pemetaan penginderaan jauh kelautan menggunakan MNDWI dalam kurun waktu 20 tahun.

Pembutan Peta digunakan citra landsat 8 OLI yang diambil pada tanggal 21 bulan Mei 1995, 16 September 2005, 16 Juni 2015 dan juga 2 Juli 2021. Pembuatan proyeksi perubahan garis pantai ini menggunakan acuan pada garis normal pasang pantai, yakni kawasan yang terdampak oleh fenomena laut pasang harian pada kawasan pantai. Dengan menggunakan perbandingan citra kita mampu melihat adanya perbedaan panjang serta bentuk kawasan garis pantai dari beberapa tahun sekali. Karena adanya dinamika ini

cenderung terjadi secara temporal dan memakan waktu yang relatif lama.

Pengolahan citra pada masing masing tahun menggunakan formula yang sama, yaitu dengan menggunakan metode MNDWI, karena metode MNDWI memiliki keunggulan dalam ekstraksi tubuh air pada penutup lahan sekitar berupa lahan non-terbangun dan perairan dengan konsentrasi sedimen rendah sebagaimana dinyatakan oleh Xu (2006). Hasil dari pengolahan data citra yang telah dilakukan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengolahan Citra (a) Tahun 1995 (b) Tahun 2005 (c) Tahun 2015 (d) Tahun 2021

Sumber: Citra Landsat 5 TM, Citra Landsat 7 ETM, dan Citra Landsat 8 OLI.TIRS

Berdasarkan hasil pengolahan metode MNDWI tersebut menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan yang signifikan terhadap area darat dan perairan dalam area ini adalah laut. Dari hasil pengolahan tersebut menunjukkan beberapa lekukan perbatasan area perairan dan daratan yang mengalami perubahan pada tahun ke tahun. Dari citra tersebut menunjukkan bahwa semakin tahun area perairan (Laut) semakin mengalami perluasan. Namun terdapat kelemahan pada penggunaan metode MNDWI ini, yaitu metode MNDWI memiliki akurasi yang cukup rendah, oleh

karena itu pada penelitian ini dilakukan kembali validasi data dengan survei lapangan secara terstruktur.

Berdasarkan interpretasi citra yang digunakan dari tahun 1995 garis pantai Kedung Celeng masih dekat dengan kawasan tebing karang yang terlihat terpisah dengan garis pantai sekarang. Kawasan ini berkisar 11 m dari garis pengukuran sebelah barat, namun untuk kawasan timur masih mendekati garis pengukuran, dengan panjang garis pantai berkisar 214 m. Garis pantai ini berkisar selisih 33 m dengan garis pantai sekarang yang diinterpretasi melalui citra. Kawasan pantai kedung celeng yang masih belum terlalu banyak sedimen pada tahun 1995, membuahkan garis pantai ini masih cenderung tidak banyak berubah selama berapa tahun kedepannya. dan hampir mendekati garis surut harian pada masa sekarang.

Sekitar tahun 2000 hingga 2005 Proses perubahan angin, arus laut kearah timur, membuahkan abrasi tebing bagian barat dan pengikisan karang pantai yang membuahkan garis pantainya berubah dimana bagian barat lebih menjorok dan bagian timur terdapat sedimentasi pasir sehingga garis pantainya berubah seperti pada gambar yang bergaris oranye. Pada tahun 2005 ini garis pantai sepanjang 211 m dengan cenderung menjorok pada sisi barat. Pada bagian barat terdapat selisih berkisar 7 m dari garis pengukuran dan untuk bagian tengah berkisar selisih 3 m dan untuk bagian timur mencapai 12 m dari garis pengukuran.

Tahun 2015 telah mengalami banyak perubahan karena berbagai fenomena alam yang terjadi terus menerus. Terlihat dengan menggunakan pendugan perbandingan dengan tahun 2005 terdapat selisih hingga 28 m lebih dalam menjorok ke daratan dengan garis pantai sepanjang 203 m. Hal ini mengsumsikan memasuki Tahun 2010 keatas sudah ada kenaikan muka air laut yang terjadi di Seluruh dunia. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh global warming yang memang sudah mulai dirasakan pada 10 tahun belakangan ini.

Data tahun 2021 garis pantai tidak terlalu jauh berbeda dari tahun 2015, namun terjadi sedimentasi pada bagian tengah pantai sehingga membuahkan kawasan pantai ini cenderung mengalami perubahan pada bagian tengah saja, dengan jarak berkisar 6 m. Dari citra terbaru Terlihat adanya sedimentasi pada bagian tengah garis pantai yang diakibatkan dari kurang

maksimalnya arus dan ombak sampai ke pantai Kedung Celeng ini. Adanya karang penghalang berperan sebagai sarana pemecah ombak dan kawasan dibelakang batuan karang ini akhirnya menjadi zona pengendapan material yang tidak mapu tersapu maksimal oleh arus deep current laut selatan. Berikut merupakan hasil dari pengolahan data citra yang telah dilakukan ([Gambar 3](#)).



Gambar 3. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 1995-2021 Sumber: Pengolahan Data dan Survei Lapangan 2021

[Gambar 3](#) menunjukkan bahwa juga terdapat titik hasil pengukuran yang telah dilakukan, pengambilan data lapangan yang dilakukan kami mendapatkan sejumlah 10 titik pengukuran dengan 1 titik pengamatan dengan menggunakan Total Stations. Dikarenakan pengukuran dilakukan pada pagi hari tepatnya 08.00 hingga 10.00 WIB dimasa surut pantai, pengambilan data yang dilakukan akhirnya didasari asumsi pada pengukuran yang dilakukan mewakili kawasan surut harian pada pantai kedung Celeng. Sedangkan untuk garis pantai yang aslinya digunakan bantuan dari citra satelit. Pada hasil pada pengukuran lapangan untuk zona surut terdapat selisih garis pantai pada tengah zona

berkisar 28 m pada bagian tengah dari garis pantai asli. dan pada bagian timur terdapat selisih 22 m. Adanya selisih ini menunjukkan bahwa zona pasang surut air laut berada pada kisaran luas 4,134.11 m² sepanjang garis pantai dan area sedimentasi diluar kawasan pasang surut seluas 1,991.2 m².

Perubahan garis pantai tersebut juga berpengaruh terhadap panjang garis pada pantai Kedung Celeng, berdasarkan analisis serta pengukuran dilapangan, mengalami perbedaan, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, untuk data yang diperoleh dari citra diperkirakan bahwa terdapat beberapa perbedaan serta selisih (Tabel 1), hal tersebut dimungkinkan karena nilai akurasi geometri garis pantai dari masing-masing indeks air bervariasi disebabkan oleh variasi kondisi citra, karakteristik saluran yang digunakan dalam formula indeks air, dan piksel campuran, oleh karena itu terdapat beberapa perbedaan dan selisih yang disebabkan karena perbedaan kondisi citra. Berikut merupakan tabel panjang pantai yang diperoleh dari hasil pengolahan dan pengukuran di lapangan.

Tabel 1. Perubahan Panjang Pantai

Tahun	Panjang (m)
1995	214
2005	211
2015	203
2021	199
Pengukuran Lapangan (2021)	210

Sumber: Olah Data dan Survei Lapangan Tahun 2021

Dari hasil pengolahan dan survei lapangan tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa perbedaan, dimana pada tahun 2021, pada hasil pengolahan citra dan survei lapangan terdapat selisih sebesar selisih 11 meter, pada tahun 2021 pada hasil pengolahan citra menunjukkan panjang garis pantai adalah 199 m, sedangkan pada tahun 2021 menunjukkan garis pantai sebesar 210 m, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain metode MNDWI memiliki akurasi yang kurang, kondisi citra, waktu pengambilan citra, serta kondisi pengambilan data lapangan saat surut, hal tersebut mengakibatkan terdapat adanya perbedaan antara pengolahan data citra dan hasil dari survei lapangan.

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa di Pantai Kedung Celeng telah terjadi perubahan garis pantai yang disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu Sekitar tahun 2000 hingga 2005 Proses perubahan angin, arus laut kearah timur, membuahakan abrasi tebing bagian barat dan pengikisan karang pantai yang membuahakan garis pantainya berubah dimana bagian barat lebih menjorok dan bagian timur terdapat sedimentasi pasir sehingga garis pantainya, selanjutnya pada tahun 2015 telah mengalami banyak perubahan karena berbagai fenomena alam yang terjadi terus menerus. Diasumsikan bahwa mengnsumsikan memasuki tahun 2010 keatas terdapat kenaikan muka air laut yang terjadi di Seluruh dunia. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh global warming yang memang sudah mulai dirasakan pada 10 tahun belakangan ini, dan pada tahun 2021 terdapat sedimentasi pada bagian tengah garis pantai yang diakibatkan dari kurang maksimalnya arus dan ombak sampai ke pantai Kedung Celeng.

Referensi

- Dewi, Dian Kharisma., Sutikno Sigit., dan Rinaldi. 2017. Analisis Laju Perubahan Garis Pantai Pulau Karimun Besar Menggunakan DSAS (Digital Shoreline Analysis System). *Jom Fteknik*. 4 (2).
- Jensen, J. R. 2005. *Introductory Digital Image Processing - A Remote Sensing Perspective*, 3rd Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Muryani C. 2010. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan SIG serta Dampaknya
- Muryani C. 2010. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan SIG serta Dampaknya terhadap Kehidupan Masyarakat di Sekitar Muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan. *Forum Geografi*, 24(2), 173-182. Pasuruan. *Forum Geografi*, 24(2), 173-182.
- Ongkosongo, O.S.R dan Suryarso. 1989. *Pasang Surut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LON LIPI. Jakarta.
- Poerbandono, dan E.Djunarsjah. 2005. *Survey Hidrografi*. PT. Refika Aditama. Bandung. Hal:116
- Satriadi, Alfi. 2004. *Analisa Pengaruh Faktor Oseanografi Terhadap Distribusi Sedimen di Muara Sungai Grindulu Kabupaten Pacitan*

- Jatim. Jurnal Oseanografi Indonesia, Semarang. Hal 2.
- Shuhendry. 2004. Tesis: Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu (Analisis Faktor Penyebab dan Konsep Penanggulangannya). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tarigan, M. Salam. 2010. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pesisir Perairan Cisadane, Provinsi Banten, MAKARA of Science Series 11.1: Banten.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai, Beta Offset: Yogyakarta.
- Xu H., 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. Remote Sens.* 27, 3025–3033.