



Monitoring Perubahan Garis Pantai Di Kabupaten Jembrana Tahun 1997 – 2018 Menggunakan *Modified Difference Water Index* (Mndwi) Dan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS)

M. Zainul Hasan^{1*}, I Putu Ananda Citra¹, A Sedyo Adi Nugraha¹

¹Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 Oktober 2019

Accepted 29 November 2019

Available online 30 November 2019

Kata Kunci:

Perubahan Garis Pantai;
MNDWI;
DSAS.

Keywords:

Coastline Change;
MNDWI;
DSAS

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Modified Difference Water Index* (MNDWI) untuk mempertegas batas antaradaratan dan perairan serta menganalisis perubahan garis pantai di Kabupaten Jembrana tahun 1997-2018 menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Metode perhitungan yang digunakan pada DSAS yaitu *Net Shoreline Movement* dan *End Point Rate*. Pengamatan perubahan garis pantai mengambil rentang waktu selama 21 tahun menggunakan citra Landsat tahun 1997, 2008 dan 2018. Hasil penelitian menyebutkan Nilai MNDWI yang lebih besar dari nol diasumsikan sebagai badan air dan jika lebih kecil dari nol akan diasumsikan sebagai daratan. Tingkat abrasi tertinggi pada tahun 1997 - 2008 terjadi di Desa Delodberawah sebesar 132,94 m dengan laju abrasi pertahunnya sebesar 12,085. Tingkat akresi tertinggi pada periode ini terjadi secara masif di Desa Pengambangan sebesar 582,87 m dan laju akresi pertahunnya 52,988 m. Pada tahun 2008 - 2018 nilai abrasi tertinggi meningkat menjadi 254,41 m dengan laju abrasi sebesar 25,441 m yang terjadi di Desa Perancak. Sedangkan nilai

akresi pada periode ini mengalami penurunan, dengan tingkat akresi tertinggi sebesar 287,08 m dan laju akresi sebesar 28,708 m yang terjadi di Desa Pengambangan.

ABSTRACT

This study aims to apply the *Modified Difference Water Index* (MNDWI) method to emphasize boundaries between waters and waters and analyze shoreline changes in Jembrana Regency in 1997-2018 using the *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Calculation methods used in DSAS are *Net Shoreline Movement* and *End Point Rate*. Observation of coastline changes took 21 years using Landsat imagery in 1997, 2008, and 2018. The results of the study stated that the Affirmation of land and water boundaries display precise results. MNDWI values greater than zero are assumed to be bodies of water, and if smaller than zero will be considered to be land. The highest abrasion rate in 1997 - 2008 occurred in Delodberawah Village at 132.94 m, with an annual abrasion rate of 12.085. The highest accretion rate in this period occurred massively in Pengambangan Village at 582.87 m, and the yearly accretion rate was 52,988 m. In the year 2008 - 2018, the highest abrasion value increased to 254.41 m, with an abrasion rate of 25.444 m, which occurred in Perancak Village. While the accretion value in this period decreased, with the highest accretion rate of 287.08 m and an accretion rate of 28,708 m which occurred in Pengambangan Village.

Copyright © Universitas Pendidikan Ganesha. All rights reserved.

* Corresponding author.

E-mail addresses: aje.geo@gmail.com

1. Pendahuluan

Bali memiliki garis pantai sepanjang 430 Km. Tercatat sepanjang 187 Km garis pantainya mengalami abrasi dan sepanjang 81,7 Km sudah mengalami abrasi yang cukup parah diantaranya beberapa pantai yang berada di wilayah Bali bagian selatan yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia seperti Pantai Candidasa di Karangasem, Pantai Tegalbesar dan Watuklotok di Klungkung, Pantai Padanggalak di Kota Denpasar, Pantai Kuta di Badung, Pantai Lebih di Gianyar dan Pantai Pengambangan yang terletak di Kabupaten Jembrana (Yakub, 2017).

Kabupaten Jembrana merupakan sebuah kabupaten yang terletak pada bagian barat Pulau Bali dengan luas wilayah sebesar 841,80 Km² atau 14,564 % dari luas wilayah Pulau Bali yang memiliki garis pantai sepanjang 76 Km yang hampir sepanjang garis pantainya mengalami abrasi maupun akresi. Secara geografis, Kabupaten Jembrana terletak berbatasan langsung dengan Selat Bali dan Samudera Hindia yang menyebabkan terjadinya peningkatan intensitas arus dan gelombang yang meningkatkan terjadinya pengaruh abrasi dan sedimentasi di kawasan pesisirnya seperti Desa Pebuahan yang baru-baru ini mengalami abrasi yang sangat parah (Ismayana, 2019).

Perubahan garis pantai di Kabupaten Jembrana pada tahun 1994 - 2012 adalah terjadinya abrasi seluas 673,600 m² dengan luasan terbesar terjadi di Desa Perancak seluas 228,500 m² dan Desa Cupel seluas 191,200 m². Perubahan garis pantai yang disebabkan oleh akresi adalah seluas 851,500 m². Tingkat akresi terluas terjadi di Desa Pengambangan dengan luas 544,100 m² (Suniada, 2015). Perubahan garis pantai pada tahun 2013 - 2016 seluas 12186,779 m², yang disebabkan oleh abrasi seluas 6017,915 m² atau 49,60% dan terjadi akresi seluas 6168,864 m² atau sebesar 50,40 % dari perubahan garis pantai. (Istiqomah, dkk, 2017). Hal ini membuktikan bahwa perubahan garis pantai di Kabupaten Jembrana sangat dinamis dan selalu mengalami peningkatan tiap tahunnya. Menurut data dari BAPEDA Bali (2010) dalam Butaru (2011), garis pantai tererosi paling tinggi dari ancaman peningkatan muka air laut terjadi di wilayah pesisir Kabupaten Buleleng yang mencapai 54.830 meter atau sekitar 45% dari panjang garis pantai Kabupaten Buleleng. Hasil penelitian Putra (2018) menemukan bahwa wilayah pesisir bagian barat Kabupaten Buleleng terancam mengalami peningkatan rata-rata muka air laut mencapai 5,1 cm per tahun.

Perubahan garis pantai berupa abrasi dan akresi menjadi perhatian utama bagi masyarakat pesisir dan pemerintah. Pemantauan perubahan garis pantai sangat penting dilakukan sebagai perencanaan pembangunan dan perlindungan lingkungan pesisir. Informasi perubahan garis pantai juga sangat penting dalam berbagai kajian pesisir, seperti perencanaan pengelolaan kawasan pesisir, pewilayahan kawasan bahaya, studi erosi-akresi, serta analisis dan pemodelan pantai (Chand, dan Acharya P, 2010). Berdasarkan permasalahan tersebut maka penting dilakukan pemantauan perubahan garis pantai di Kabupaten Jembrana menggunakan teknologi *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Pemanfaatan berbagai data penginderaan jauh memberikan manfaat yang efektif dalam mengkaji berbagai fenomena perubahan fisik suatu morfologi (Putra, dkk., 2014). Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah (1) Bagaimanakah penerapan metode *Modified Difference Water Index* (MNDWI) untuk mempertegas batas antara daratan dan perairan? (2) Bagaimanakah dinamika perubahan garis pantai yang terjadi di kawasan pesisir Kabupaten Jembrana pada tahun 1997 - 2008?

2. Metode

Penelitian ini memanfaatkan teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan menggunakan aplikasi *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Data primer yang digunakan mengenai posisi garis pantai yang akan diteliti adalah citra Landsat 5 TM Tahun 1997, citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2008 dan citra Landsat 8 OLI/TIRS Tahun 2018. Tahapan pengolahan citra satelit agar menghasilkan informasi perubahan garis pantai adalah sebagai berikut:

Koreksi Radiometrik Citra Landsat

Koreksi citra yang perlu dilakukan adalah koreksi radiometrik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra yang kurang baik akibat kerusakan satelit atau adanya gangguan yang berasal dari atmosfer seperti tutupan awan. Koreksi radiometrik pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan spesifikasi dan kriteria pengoreksian citra pada *handbook* yang dimiliki masing-masing citra. Koreksi pada Landsat 5 TM dilakukan dengan cara mengkonversi nilai DN ke radian, kemudian mengubah nilai radian ke reflektan dengan menggunakan persamaan 1:

$$L\lambda = \text{Grescale} \times Q_{cal} + \text{Brescale} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$L\lambda$ = nilai radian pada sensor W/(m.sr².µm)

Grescale = nilai greyscale
 QCAL = digital number
 Brescale = nilai breyscale

Sedangkan proses konversi nilai radian menjadi nilai reflektan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos \theta_s} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

ρ_p = nilai reflektan (tanpa unit)
 L_λ = spektral radian
 d^2 = jarak antara bumi-matahari
 $ESUN_\lambda$ = rerata penyinaran matahari (W/m².sr.µm).
 θ = Sudut zenith matahari dalam derajat

Koreksi pada Landsat 7 ETM+ dilakukan dengan cara mengkonversi nilai DN ke radian, kemudian mengubah nilai radian ke reflektan. Adapun proses konversi menjadi nilai radian menggunakan persamaan berikut :

$$L_\lambda = \frac{LMAX_\lambda - LMIN_\lambda}{QCALMAX - QCALMIN} \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN_\lambda \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

L_λ = nilai radian
 QCAL = digital number
 LMIN λ = skala spektral radian untuk QCALMIN
 LMAX λ = skala spektral radian untuk QCALMAX
 QMIN = nilai piksel minimum
 QMAX = nilai piksel maksimum

Sedangkan proses konversi menjadi nilai reflektan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_\lambda = \frac{\pi \times L_\lambda \times d^2}{ESUN_\lambda \times \cos \theta_s} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

ρ_λ = nilai reflektan (tanpa unit)
 π = konstanta matematika (~3,14159),
 L_λ = spektral radian
 d^2 = jarak antara bumi-matahari pada unit astronomi
 $ESUN_\lambda$ = rerata penyinaran matahari (W/m².sr.µm).
 θ = sudut zenith matahari dalam derajat

Koreksi radiometrik pada Landsat 8 hanya dilakukan dengan mengubah nilai digital number (DN) menjadi nilai reflektan kemudian mengoreksi nilai Top of Atmospheric (TOA). Koreksi reflektan didapatkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

Q_{cal} = Nilai piksel (DN) pada citra
 M_ρ = Nilai Radian Multiplikatif
 A_ρ = Radiance Addictive

Setelah mengubah nilai digital number (DN) menjadi nilai reflektan, tahap selanjutnya adalah melakukan koreksi nilai Top Of Atmospheric (TOA) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_\lambda = \frac{\rho_\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho_\lambda'}{\sin(\theta_{se})} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

ρ_λ' = TOA planetary reflectance (tanpa unit)
 θ_{SE} = Sudut elevasi matahari ketika perekaman (sun elevation)
 θ_{SZ} = Sudut zenit, $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

Pemotongan Citra (Cropping Image).

Tahap selanjutnya melakukan pemotongan citra (*cropping image*). Data citra Landsat di potong sesuai dengan lokasi penelitian agar proses pengolahan data terfokuskan pada lokasi yang akan diteliti. Proses pemotongan citra menggunakan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kabupaten Jembrana skala 1:25.000 sebagai acuan untuk menentukan batas wilayah administrasi yang diperlukan.

Modified Different Water Index (MNDWI)

Penegasan batas antara daratan dan lautan pada penelitian ini menggunakan *Modified Normalised Difference Water Index* (MNDWI). Metode ini merupakan salah satu metode terbaik untuk dapat memisahkan objek daratan dan lautan pada citra (Fuad, dkk, 2017). MNDWI dipilih karena dapat membedakan antara tubuh perairan dan daratan secara jelas dengan tingkat akurasi 99,85% dalam mengekstrak informasi perairan (Xu, 2006)

Proses penegasan batas daratan dan laut untuk Landsat TM dan ETM+ menggunakan rumus dari Xu, (2006), yaitu:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR} \dots\dots\dots(7)$$

Sedangkan untuk penegasan batasan daratan dan laut pada citra Landsat 8 OLI/TIRS menggunakan rumus dari Ko *et al.* (2015), yaitu:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR 1}{Green + SWIR 2} \dots\dots\dots(8)$$

Band yang digunakan pada rumus MNDWI ialah *band* dengan panjang gelombang 0,52-0,60 mikrometer dan band dengan panjang gelombang 1,55-1,75 mikrometer (Gautam, et al, 2015). Nilai panjang gelombang masing-masing band pada citra Landsat digunakan sebagai acuan dalam penentuan band yang digunakan. *Band* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1.
Band yang digunakan pada Metode MNDWI

Garis Pantai (Tahun)	Jenis Citra Satelit	Jenis Sensor	Band	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)
1997	Landsat 5	TM	2 (Green)	0,52-0,51	30
			5 (Medium IR)	1,55-1,75	30
2008	Landsat 7	ETM+	2 (Green)	0,52-0,51	30
			5 (Medium IR)	1,55-1,75	30
2018	Landsat 8	OLI	3 (Green)	0,53-0,59	30
			6 (SWIR 1)	1,57-1,65	30

Sumber : Setiani, (2017 : 4).

Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

Citra hasil MNDWI kemudian didigitasi untuk menghasilkan data garis pantai. Selanjutnya, penghitungan laju perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan DSAS. *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dari waktu ke waktu secara otomatis menggunakan titik sebagai acuan pengukuran, dimana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis-garis pantai berdasarkan waktu (Himmelstoss, E.A., et al, 2008). Parameter yang diperlukan dalam DSAS terdiri dari *baseline* yaitu garis acuan, *shorelines* yaitu garis pantai yang akan diukur perubahannya, *transects* yaitu garis tegak lurus dengan *baseline* yang membagi pias-pias pada garis pantai. Adapun gambaran parameter pada DSAS dapat dilihat pada Gambar 1.



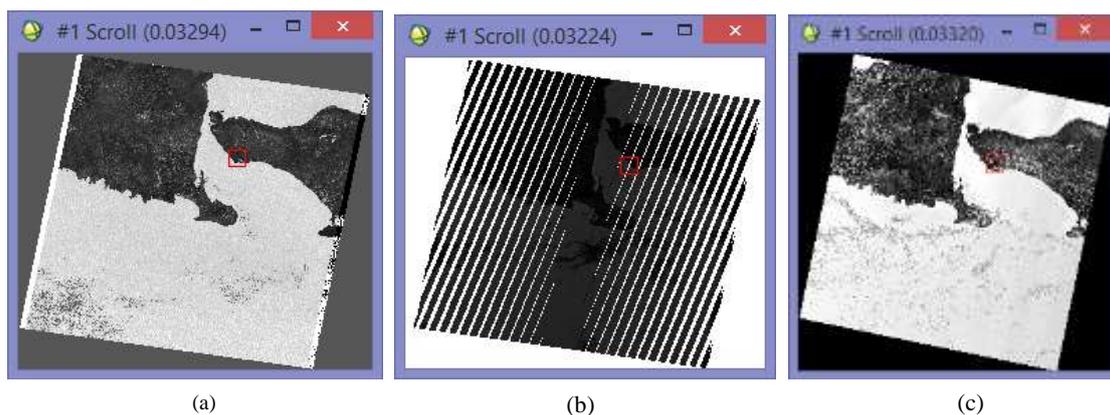
Gambar 1. Komponen Parameter DSAS

Prinsip kerja analisa perubahan garis pantai menggunakan DSAS yaitu menggunakan titik sebagai acuan pengukuran, dimana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis-garis pantai berdasarkan waktu atau *shoreline* (Himmelstoss, E.A., et al, 2008). Metode DSAS yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR). Metode NSM digunakan untuk mengukur jarak perubahan posisi garis pantai antara garis yang terlama dan garis pantai terbaru. Metode EPR digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya.

Data perubahan garis pantai yang telah diketahui melalui metode DSAS selanjutnya akan dilakukan survey lapangan untuk memvalidasi hasil perhitungan perubahan garis pantai di lapangan. Kegiatan survey lapangan pada penelitian ini dilakukan pada tahap akhir untuk mengetahui apakah hasil perubahan garis pantai yang diperoleh melalui metode DSAS sudah sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan.

3. Hasil dan pembahasan

Penegasan batas antara daratan dan perairan untuk memperoleh data garis pantai menggunakan metode *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) menampilkan hasil yang jelas dimana badan air akan berwarna lebih terang dibandingkan daratan (Gambar 2). Hal ini disebabkan karena badan air menyerap panjang gelombang sinar tampak dan infra merah, sehingga nilai MNDWI yang lebih besar dari nol diasumsikan sebagai badan air dan nilai MNDWI lebih kecil dari nol maka diasumsikan sebagai daratan. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dalam penelitian Xu (2006). Metode *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) merupakan sebuah algoritma yang mampu membedakan antara tubuh perairan dan daratan secara jelas dengan tingkat akurasi 99,85% dalam mengekstrak informasi perairan (Xu, 2006).



Gambar 2.

Hasil MNDWI pada (a) citra Landsat 5 TM, (b) citra Landsat 7 ETM+, (c) citra Landsat 8 OLI/TIRS

Sumber: Pengolahan Data, 2019

Perubahan garis pantai berupa abrasi akan ditandai sebagai nilai negatif (-) dan akresi ditandai sebagai nilai positif (+) dengan satuan meter (m). Metode *Net Shoreline Movement* (NSM) memberikan informasi jarak perubahan garis pantai yang tercantum pada setiap transek, sedangkan metode *End Point Rate* (EPR) memberikan informasi laju perubahan garis pantai pertahun. Nilai perubahan garis pantai yang termuat di dalam transek dapat memudahkan untuk mengetahui lokasi perubahan garis pantai di peta, karena masing-masing transek memiliki nomor sendiri. Penelitian ini menyajikan informasi perubahan garis pantai di 24 desa yang terletak dalam 5 kecamatan yang berlokasi di kawasan pesisir Kabupaten Jember Tahun 1997-2018. Penghitungan perubahan garis pantai di Kabupaten Jember menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) menghasilkan informasi yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2.
 Jarak Perubahan Garis Pantai Tertinggi & Rerata Jarak Perubahan Garis Pantai di Desa Pesisir Kabupaten Jember Tahun 1997-2018

No	Rentang Transek	Nama Desa	Net Shoreline Movement (NSM)							
			1997-2008		2008-2018		1997-2008		2008-2018	
			Nilai Abrasi Tertinggi (m)	Nilai Akresi Tertinggi (m)	Nilai Abrasi Tertinggi (m)	Nilai Akresi Tertinggi (m)	Rata-Rata Jarak abrasi (m)	Rata-Rata Jarak Akresi (m)	Rata-Rata Jarak abrasi (m)	Rata-Rata Jarak Akresi (m)
1	1-149	Gilimanuk	-36.91	34.63	-46.74	25.59	-8.530	12.577	-8.298	22.095
2	150-274	Melaya	-38.26	21.96	-47.16	20.61	-	4.482	-	7.725
3	275-290	Nusasari	-36.89	-	-59.52	20.21	-	-	-	13.940
4	291-330	Candikusuma	-59.04	9.5	-79.17	0.82	-	4.99	-32.18	0.82
5	331-366	Tuwed	-35.62	24.09	-26.15	22.47	-	13.580	-	6.586
6	367-413	Banyubiru	-99.9	23.43	-100.04	9.18	-	12.064	-	4.27
7	414-417	Baluk	-118.74	-	-16.56	-	-	-	-	-
8	418-484	Cupel	-96.85	8.06	-71.12	10.69	-	4.106	-	4.562
9	185-498	Tegal Badeng Barat	-8.86	435.83	-1.02	137.84	-4.255	62.09	-0.28	48.729
10	499-561	Pengambangan	-62.75	582.87	-233.94	287.08	-	194.044	-	97.678
11	562-632	Perancak	-70.91	7.58	-254.41	-	-	1.865	-	-
12	633-653	Air Kuning	-38.55	-	-83.35	-	-	-	-	-
13	654-683	Yeh kuning	-33.24	0.04	-72.38	-	-	0.233	-	-
14	684-740	Delodberawah	-132.94	-	-76.19	-	-	-	-	-
15	741-816	Penyaringan	-114.28	0.37	-79.38	-	-	1.825	-	-
16	817-864	Yehembang	-127.03	-	-64.02	1.4	-	-	-	1.4
17	865-912	Yehembang Kangin	-108.88	-	-53.82	-	-	-	-	-
18	913-942	Yeh sumbul	-116.51	6.13	-79.85	-	-	6.13	-	-
19	943-952	Medewi	-71.52	7.82	-35.81	5.82	-	5.6	-	2.836
20	953-967	Pulukan	-53.47	-	-55.11	3.7	-	-	-	3.7
21	968-1036	Pekutatan	-41.2	14.2	-66.96	16.98	-17	4.562	-	3.431
22	1037-1098	Pangyangan	-33.47	5.84	-55.14	10.89	-6.946	1.896	-	6.316
23	1099-1112	Gumbrih	-32.47	8.76	-61.84	7.98	-	3.423	-	2.04
24	1113-1167	Pangeragoan	-23.55	-	-46.38	25.23	-	-	-	7.445

Sumber : Pengolahan Data, (2019).

Sedangkan, untuk mengetahui informasi laju perubahan garis pantai pertahun pada aplikasi *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) menggunakan metode *End Point Rate* (EPR). Prinsip kerja perhitungan laju perubahan garis pantai menggunakan metode ini adalah dengan membagi hasil perubahan garis pantai yang terjadi dengan rentang tahun yang digunakan. Hasil perhitungan laju perubahan garis pantai pertahun menggunakan metode *End Point Rate* (EPR) tahun 1997-2018 di Kabupaten Jembrana menghasilkan informasi yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3.
Laju Perubahan Garis Pantai Tertinggi & Rerata Laju Perubahan Garis Pantai di Desa Pesisir Kabupaten Jembrana Tahun 1997-2018

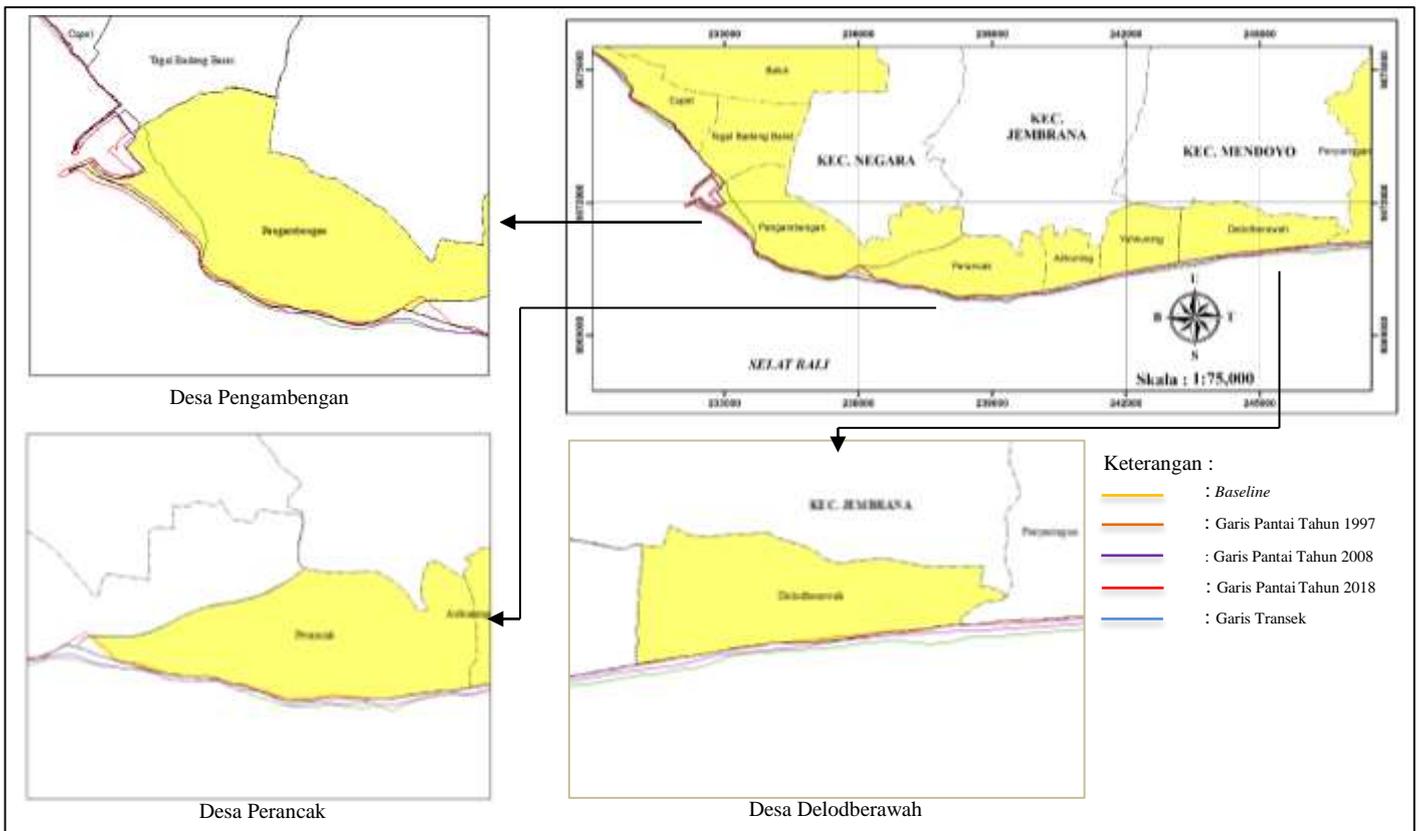
No	Rentang Transek	Nama Desa	<i>End Point Rate (EPR)</i>							
			1997-2008		2008-2018		1997-2008		2008-2018	
			Nilai Laju Abrasi Tertinggi (m)	Nilai Laju Akresi Tertinggi (m)	Nilai Laju Abrasi Tertinggi (m)	Nilai Laju Akresi Tertinggi (m)	Rata-Rata Laju Abrasi (m)	Rata-Rata Laju Akresi (m)	Rata-Rata Laju Abrasi (m)	Rata-Rata Laju Akresi (m)
1	1-149	Gilimanuk	-3.355	3.148	-4.674	2.559	-0.775	1.143	-0.829	2.209
2	150-274	Melaya	-3.478	1.996	-4.716	2.061	-1.234	0.407	-1.537	0.772
3	275-290	Nusasari	-3.353	-	-5.952	2.021	-1.644	-	-1.811	1.394
4	291-330	Candikusuma	-5.367	0.863	-7.917	0.082	-1.893	0.453	-3.218	0.082
5	331-366	Tuwed	-3.238	2.19	-2.615	2.247	-2.254	1.234	-1.534	0.658
6	367-413	Banyubiru	-9.081	2.13	-10.004	0.918	-1.273	1.096	-4.326	0.427
7	414-417	Baluk	-10.794	-	-1.656	-	-5.913	-	-1.218	-
8	418-484	Cupel	-8.804	0.732	-7.112	1.069	-4.081	0.373	-2.844	0.456
9	185-498	Tegal Badeng Barat	-0.805	39.620	-0.102	13.784	-0.386	5.644	-0.028	4.872
10	499-561	Pengambangan	-5.704	52.988	-23.394	28.708	-2.196	17.640	-5.853	9.767
11	562-632	Perancak	-6.446	0.689	-25.441	-	-3.247	0.169	-6.495	-
12	633-653	Air Kuning	-3.504	-	-8.335	-	-1.977	-	-5.454	-
13	654-683	Yeh kuning	-3.021	0.003	-7.238	-	-3.162	0.021	-5.163	-
14	684-740	Delodberawah	-12.085	-	-7.619	-	-4.668	-	-5.236	-
15	741-816	Penyaringan	-10.389	0.033	-7.938	-	-7.968	0.165	-5.030	-
16	817-864	Yehembang	-11.548	-	-6.402	0.14	-4.182	-	-3.744	0.14
17	865-912	Yehembang Kangin	-9.898	-	-5.382	-	-6.885	-	-4.997	-
18	913-942	Yeh sumbul	-10.591	0.557	-7.985	-	-6.891	0.557	-4.062	-
19	943-952	Medewi	-6.501	0.710	-3.581	0.582	-5.414	0.509	-2.524	0.283
20	953-967	Pulukan	-4.860	-	-5.511	0.37	-2.638	-	-3.337	0.37
21	968-1036	Pekutatan	-3.745	1.290	-6.696	1.698	-1.545	0.414	-2.195	0.343
22	1037-1098	Pangyangan	-3.042	0.530	-5.514	1.089	-0.631	0.172	-2.886	0.631
23	1099-1112	Gumbrih	-2.951	0.796	-6.184	0.798	-1.376	0.311	-4.828	0.204
24	1113-1167	Pangeragoan	-2.140	-	-4.638	2.523	-1.193	-	-1.781	0.744

Sumber : *Pengolahan Data, (2019).*

Perubahan garis pantai yang terjadi pada tahun 1997-2008 didominasi oleh tingkat abrasi yang lebih besar dibandingkan akresi. Adapun desa yang memiliki tingkat abrasi tertinggi pada tahun 1997-2008 adalah Desa Delodberawah, Kecamatan Mendoyo dengan nilai abrasi tertinggi sebesar -132.94 m dan laju abrasi pertahunnya sebesar -12,085 m. Abrasi yang terjadi di desa ini sangat besar dan hampir tidak dijumpai akresi. Rata-rata abrasi yang terjadi di Desa Delodberawah sebesar -51.353 m, sedangkan rata-rata laju abrasi yang terjadi sebesar -4.668 m pertahun.

Akresi yang terjadi pada tahun 1997-2008 sangat tinggi. Desa yang memiliki tingkat akresi tertinggi adalah Desa Pengambengan, Kecamatan Negara dengan tingkat akresi sebesar 582.87 m dan laju akresi pertahunnya 52.988 m. Rata-rata akresi yang terjadi di Desa Pengambengan adalah sebesar 194.044 m dengan rata-rata laju akresi sebesar 17.640 m pertahun. Tingginya akresi yang terjadi di Desa Pengambengan disebabkan karena kegiatan reklamasi dan pembangunan Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) yang mulai dibangun pada tahun 1999.

Perubahan garis pantai pada tahun 2008-2018 didominasi oleh tingkat abrasi yang lebih besar dibandingkan dengan tingkat akresi. Pada periode ini tingkat abrasi mengalami kenaikan. Hal ini dapat dilihat dari nilai abrasi yang mengalami peningkatan dibandingkan periode tahun sebelumnya. Pada tahun 1997-2008 tingkat abrasi tertinggi sebesar 132.94 dan pada tahun 2008-2018 nilai abrasi tertinggi mengalami peningkatan menjadi -254.41 m dengan rata-rata abrasi sebesar -35.723 m yang terjadi di Desa Perancak. Sedangkan nilai akresi pada periode ini mengalami penurunan daripada periode tahun sebelumnya. Tingkat akresi tertinggi pada tahun 2008-2018 terjadi di Desa Pengambengan yaitu sebesar 287.08 m dengan rata-rata terjadinya akresi yang terjadi di desa ini sebesar 97.678 m. Nilai abrasi dan akresi tertinggi tahun 1997-2018 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan Garis Pantai (Abrasi dan Akresi) Tertinggi di Kabupaten Jemberana Tahun 1997-2018.

Peningkatan intensitas abrasi di Kabupaten Jemberana disebabkan karena faktor pengaruh tekanan angin dan gelombang dari Selat Bali dan Samudera Hindia. Kecepatan angin rata-rata di Selat Bali mencapai 10-15 knot, sedangkan rata-rata kecepatan angin di Samudera Hindia mencapai 20-25 knot. Rata-rata tinggi gelombang di wilayah Selat Bali berkisar antara 1.5-2.5 meter, sedangkan rata-rata tinggi gelombang di Samudera Hindia antara 2 -2.5 meter (Pribadi, dkk, 2015). Tekanan angin dan tinggi gelombang di Kabupaten Jemberana terjadi secara fluktuatif. Pada musim-musim tertentu tinggi gelombang bisa mencapai 5 meter. Kondisi ini berdampak terhadap terjadinya peningkatan abrasi di kawasan pesisir Kabupaten Jemberana.

Sebaliknya, tingkat akresi yang terjadi pada tahun 2008-2018 di Kabupaten Jemberana mengalami penurunan dibandingkan akresi yang terjadi pada periode sebelumnya. Hal ini disebabkan karena penurunan nilai akresi yang cukup drastis yang terjadi di Desa Pengambengan. Pembangunan Pelabuhan Perikanan dan kegiatan reklamasi pantai yang berlangsung pada tahun 1999 hingga tahun 2007

menyebabkan penambahan garis pantai secara besar-besaran pada kurun waktu tersebut sehingga tingkat akresi pada tahun 1997-2008 sangat besar.

Sedangkan penurunan tingkat akresi pada tahun 2008-2018 disebabkan karena mulai rampungnya pembangunan infrastruktur di sekitar pelabuhan di Desa Pengambengan, yang menyebabkan penambahan garis pantai dalam skala besar tidak terjadi pada tahun 2008-2018. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian perubahan garis pantai di Kabupaten Jembrana tahun 1994-2012 yang diteliti oleh Suniada tahun 2015 dengan menggunakan metode tumpang susun (*Overlay*). Hasil penelitian menyebutkan bahwa desa yang memiliki tingkat abrasi tertinggi adalah Desa Perancak, sedangkan tingkat akresi tertinggi terjadi di Desa Pengambengan (Suniada, 2015).

4. Simpulan dan saran

Berdasarkan hasil temuan dalam penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan. Pertama, Penegasan batas antara daratan dan perairan menggunakan MNDWI menampilkan hasil yang jelas dimana badan air akan berwarna lebih terang dibandingkan daratan. Nilai MNDWI yang lebih besar dari nol diasumsikan sebagai badan air dan jika lebih kecil dari nol akan diasumsikan sebagai daratan. Kedua, Tingkat abrasi tertinggi pada tahun 1997-2008 terjadi di Desa Delodberawah sebesar 132,94 m dengan laju abrasi pertahunnya sebesar 12,085 m. Tingkat akresi tertinggi pada periode ini terjadi secara masif di Desa Pengambengan sebesar 582,87 m dan laju akresi pertahunnya 52,988 m. Tahun 2008-2018 nilai abrasi tertinggi meningkat menjadi 254,41 m dengan laju abrasi sebesar 25,441 m yang terjadi di Desa Perancak. Sedangkan nilai akresi pada periode ini mengalami penurunan, dengan tingkat akresi tertinggi sebesar 287,08 m dan laju akresi sebesar 28,708 m yang terjadi di Desa Pengambengan. Penelitian ini dirasa masih memiliki kekurangan, diharapkan bagi penelitian selanjutnya agar dapat mengembangkan dan memperbaiki kekurangan yang terdapat pada penelitian ini dan menggunakan data pendukung dalam penelitian seperti data pasang surut air laut tiap akuisisi citra satelit yang digunakan agar posisi garis pantai lebih jelas sehingga hasil penelitian menjadi lebih akurat.

Daftar Rujukan

- Chand, P. dan A. P. (2010). Shoreline Change and Sea Level Rise Along Coast of Bhitarkanika Wildlife Sanctuary. *International Journal Of Geomatics And Geosciences*, 1(3), 9-15.
- Gautam, Vivek Kumar., Palani Murugan., P. K. G. (2015). *Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation*. 4, 739-746.
- Himmelstoss, E.A., Thieler, E.R., Zichichi, J.L., and Ergul, A. (2008). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-An ArcGIS extension for calculating shoreline change. *.S. Geological Survey Open-File Report*.
- Putra, I Wayan Krisna Eka., Romy Fadly., S. R. A. (2014). Simulasi Fusi Citra Ikonos-2 Pankromatik Dengan Landsat-7 Multispektral Menggunakan Metode Pan-Sharpen Untuk Meningkatkan Kualitas Citra Dalam Upaya Pemantauan Kawasan Hijau (Studi Kasus Sekitar Kawasan Bandara Ngurah Rai-Badung Bali). *Media Komunikasi Geografi*, 15(1), 73-78.
- Putra, I. W. K. E. (2018). Sebaran Tingkat Kapasitas Wilayah Pesisir Bagian Barat Kabupaten Buleleng Terhadap Ancaman Peningkatan Muka Air Laut. *Media Komunikasi Geografi*, 19(2), 141-146.
- Setiani, Masaji Faiz Dani Agus. 2017. *Deteksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) di Pesisir Timur Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur*. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Dan Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.
- Suniada, Komang Iwan. 2015. *Deteksi Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Jembrana Bali dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh*. Tersedia pada laman: https://www.researchgate.net/publication/304133124_Deteksi_Perubahan_Garis_Pant

[ai di Kabupaten Jembrana Bali dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh.](#)
Diakses pada tanggal 20 Desember 2018.

- USGS. 2009. *DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide*. Tersedia di :
<http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/dsas/>.
- Xu, H. (2006). Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 10–12.
- Yakub, M Edy. 2017. "187 Km Garis Pantai Bali Terindikasi Abrasi". Antara News. Tersedia pada laman: <https://bali.antaranews.com/berita/107025/187-km-garis-pantai-bali-terindikasi-abrasi>. Diakses pada tanggal 20 Januari 2019.