

# Analisis Pergeseran Garis Pantai Di Wilayah Pesisir Kabupaten Lombok Utara Dengan Metode *Weighted Normalized Difference Water Index* (WNDWI) Dan Deteksi Tepi Canny Pada Citra *Landsat 8*

Rizqi D. C. Utomo<sup>1</sup>, Bulkis Kanata<sup>2</sup>, Abdullah Zainuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Electrical Engineering Department, Mataram University, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, NTB, Indonesia

## ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received July 28, 2022  
Revised August 10, 2022  
Accepted August 19, 2022

**Keywords:**  
Garis Pantai;  
KLU;  
*Landsat 8*;  
WNDWI;  
Deteksi tepi *Canny*

## ABSTRACT

*Coastline changes can happen at any time. The physical condition of the beach and the people that live on it may be affected by the changes. Remote sensing can quickly identify the changes to save time, space, and cost. In this study, coastline analysis was carried out using the Weighted Normalized Difference Water Index (WNDWI) classification method and edge detection Canny on Landsat 8 imagery with research locations in the coastal area of North Lombok Regency (KLU) for a period of 5 years (2016-2021). The result shows that the coastline of the KLU coastal area has shifted by 10.385 m with a shift rate of 2.077 m/year. Based on PERMEN-KP RI number 21 of 2008, the shift is not in the categorized threat level. However, there are still changes due to accretion or abrasion.*

Perubahan garis pantai dapat terjadi setiap waktu. Perubahan yang terjadi dapat memengaruhi kondisi fisik pantai sampai kondisi masyarakat di sekitarnya. Perubahan tersebut dapat dengan mudah diketahui dengan bantuan produk penginderaan jauh sehingga menekan kekurangan akibat keterbatasan waktu, ruang, dan biaya dalam penelitian. Pada penelitian ini dilakukan analisis garis pantai menggunakan metode klasifikasi *Weighted Normalized Difference Water Index* (WNDWI) dan deteksi tepi *Canny* terhadap citra *Landsat 8* dengan lokasi penelitian di wilayah pesisir Kabupaten Lombok Utara (KLU) dalam kurun waktu 5 tahun (2016-2021). Hasil yang diperoleh menunjukkan secara umum garis pantai wilayah pesisir KLU mengalami pergeseran sebesar 10,385 m dengan laju pergeseran sebesar 2,077m/tahun. Sehingga pergeseran yang terjadi tidak berada dalam level ancaman yang dikategorikan. Meskipun perubahan fisik pesisir akibat akresi maupun abrasi tetap terjadi.

## Corresponding Author:

Bulkis Kanata, Electrical Engineering Department, Mataram University, Mataram, NTB, Indonesia  
Email: uqikanata@unram.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Lombok Utara (KLU) merupakan wilayah yang berbatasan langsung dengan laut Jawa yang mengakibatkan wilayah pesisir KLU secara langsung akan mengalami dampak dari proses-proses hidro-oseanografi. Proses-proses hidro-oseanografi seperti arus laut, variasi pasang surut, dan hempasan gelombang [2], contohnya abrasi dan akresi. Perubahan garis pantai dapat mengindikasikan permasalahan yang bisa timbul di daerah pesisir seperti rusaknya lahan tambak dan rumput laut, tergenangnya pemukiman warga akibat laut yang semakin mengarah ke daratan, dan terjadinya perubahan garis pangkal yang memengaruhi batas teritorial suatu wilayah [6].

Berdasarkan harian berita [7], hampir seluruh wilayah pesisir KLU mulai dari Pemenang sampai Bayan mengalami kondisi tersebut. Bahkan pada daerah Montong Pal antara bibir pantai dengan jalan raya berjarak 50 m pada tahun 2010.

Dalam proses pengkajian perubahan garis pantai, citra *Landsat 8* sebagai salah satu produk penginderaan jauh [8] dapat dimanfaatkan menjadi data yang merepresentasikan wilayah pesisir KLU. Citra wilayah pesisir KLU kemudian diolah dengan menerapkan metode WNDWI dan deteksi tepi *Canny* yang menjadi salah satu tahapan proses guna mendapatkan data perubahan garis pantai. Selain itu untuk

mengetahui kondisi dan seberapa besar pergeseran garis pantai dalam 5 tahun (2016-2021) di wilayah pesisir KLU ditinjau berdasarkan citra *Landsat 8* [9].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Garis Pantai

Garis pantai adalah garis imajiner yang terbentuk dan merupakan batas air laut dan daratan yang berubah sesuai dengan kondisi pasang surut air laut [8]. Garis ini selalu berubah-ubah baik permanen ataupun sementara akibat adanya rekresi dan akresi.

### 2.2. Kabupaten Lombok Utara

Lombok Utara Terletak di bagian utara pulau Lombok dengan posisi antara 8°21'42" lintang selatan dan 116°09'54" bujur timur. KLU memiliki wilayah perairan seluas 594.71km<sup>2</sup> dengan panjang pantai 127 km (67.52 km untuk panjang pantai yang berada di wilayah pesisir utara pulau Lombok).

### 2.3. Citra *Landsat 8*

Karakteristik *spectral bands* citra *Landsat 8* tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik *spectral bands* citra *Landsat 8* [9]

No.	Band	Kanal	Wavelength (µm)	Spatial resolution (m)
1	1	Coastal/ Aerosol	0.435-0.451	30
2	2	Blue	0.452-0.512	30
3	3	Green	0.533-0.590	30
4	4	Red	0.636-0.673	30
5	5	NIR (Near InfraRed)	0.851-0.879	30
6	6	SWIR-1 (Short Wave InfraRed)	1.566-1.651	30
7	10	TIR-1 (Thermal InfraRed)	10.60-11.19	100
8	11	TIR-2	11.50-12.51	100
9	7	SWIR-2	2.107-2.294	30
10	8	Panchromati c	0.503-0.676	15
11	9	Cirrus	1.363-1.384	30

### 2.4. WNDWI

WNDWI menggunakan nilai rata-rata pada NIR dan SWIR untuk menggantikan *band* NIR atau SWIR setelah pengujian terhadap metode NDWI dan MNDWI kurang baik untuk kondisi-kondisi tertentu di permukaan bumi [3]. Berikut persamaan WNDWI:

$$WNDWI = \frac{\rho_{Band2} - \alpha \times \rho_{Band4} - (1-\alpha) \times \rho_{Band5}}{\rho_{Band2} + \alpha \times \rho_{Band4} + (1-\alpha) \times \rho_{Band5}} \quad (1)$$

Persamaan (1) menggunakan acuan karakteristik Landsat 5 TM, oleh karena itu nilai setiap *band* perlu disesuaikan dengan citra *band* dari Landsat 8. Pada Landsat 8, citra band 3 (green) akan menggantikan citra band 2 (green), citra band 5 (NIR) menggantikan citra band 4 (NIR), dan citra band 6 (SWIR) menggantikan citra band 5 (SWIR). Koefisien  $\alpha \in [0,1]$  atau dapat bernilai antara 0 sampai 1.

## 2.5. Deteksi Tepi *Canny*

Deteksi tepi sendiri merupakan proses pengolahan citra yang bertujuan untuk memperoleh tepi-tepi objek dalam citra. Dalam jurnal [1], tepi didefinisikan sebagai perubahan nilai intensitas derajat keabuan (gradasi warna citra) yang sangat drastis dengan jarak yang sangat dekat pada batas area/objek berbeda dalam citra. Proses pendeteksian tepi *Canny* meliputi:

1. Penghalusan citra dengan filter Gaussian (*smoothing*), Formula filter Gaussian dicantumkan dalam persamaan (2).

$$H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(i-(k+1))^2 + (j-(k+1))^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

untuk  $1 \leq i, j \leq (2k+1)$ , dengan  
 $i, j$  = koordinat piksel yang diperiksa,  
 $k$  = ukuran kernel Gaussian,  
 $\sigma$  = sigma (deviasi standar).

2. Menghitung besaran gradien citra, untuk mendapatkan arah tepi yang dapat ditelusuri citra baik secara vertikal maupun horizontal. Kemudian dihitung nilai sudut (arah) gradien. Terdapat empat kemungkinan besar sudut yang dihasilkan:  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ . Selain menghitung besar sudut, juga dihitung magnitud gradien citra.
3. Non-maximum suppression, Non-maximum suppression menghasilkan citra garis tepian yang lebih ramping dari citra hasil perhitungan gradien. Nilai piksel (antara) tidak dianggap tepi sehingga akan menghasilkan tepian berupa garis tipis pada citra keluaran.
4. *Double thresholding*, tahap ini terdapat dua nilai threshold yakni *high thresholding* dan *low thresholding*. Jika nilai piksel citra lebih besar dari nilai *high thresholding* maka piksel tersebut adalah piksel tepi yang diharapkan, sedangkan nilai piksel yang lebih rendah dari *low thresholding* adalah piksel non-tepi. Jika nilai piksel di antara nilai dua thresholding maka nilai piksel tergantung piksel di sekelilingnya.
5. *Hysteresis thresholding*, tahap ini akan menghasilkan tepian final. Jika piksel tepi memenuhi kondisi sama dengan salah satu atau semua piksel tepi yang kuat di sekelilingnya maka piksel tepi tersebut akan menjadi bagian tepian final sedangkan piksel yang tidak memenuhi kondisi tersebut akan dibuang/dihilangkan.

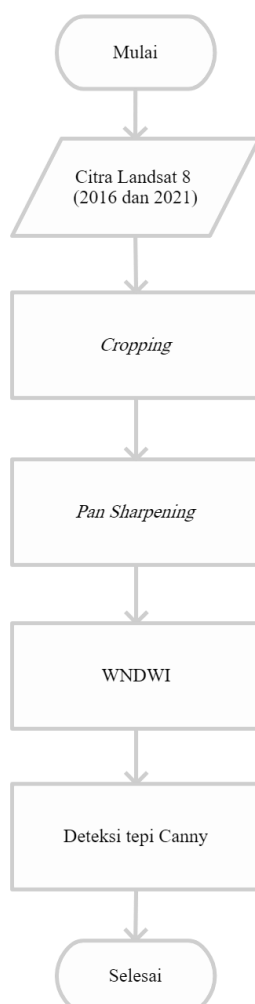
## 3. METODE

Pengolahan data citra masukan diproses dalam dua tahap yakni tahap pengolahan citra raster dan tahap pengolahan citra vektor-hasil konversi citra raster. Proses perubahan data raster menjadi data vektor berlaku pada objek-objek spasial seperti jalan raya, sawah, danau, wilayah administrasi, dan objek-objek permukaan yang terekam lainnya.

### 3.1. Pengolahan data citra raster

Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan data raster sebagai tahap awal pengolahan data citra *Landsat* 8 guna mendapatkan citra garis pantai yang diharapkan. Data yang digunakan adalah data citra *Landsat* 8 tahun 2016 dan 2021. Waktu akuisisi citra yang dipilih yakni pada 6 Juli 2016 dan 20 Juli 2021 berdasarkan metadata (mengandung informasi umum citra *Landsat* 8) bawaan dari citra. Data citra diunduh secara gratis melalui [9]. Tahapan pengolahan data citra raster ditampilkan dalam Gambar 1.

Dari Gambar 1, *cropping* bertujuan untuk memisahkan citra wilayah KLU dengan citra daerah lain, *Pan sharpening* untuk mempertajam citra dengan menggunakan citra panchromatic sehingga citra yang semula beresolusi spasial  $30 \times 30$  m berubah menjadi citra dengan resolusi spasial  $15 \times 15$  m. WNDWI dilakukan untuk mendapatkan ketampakan citra daratan dan lautan dengan perbedaan yang signifikan (nilai  $\alpha = 0$ ), hasil citra inilah yang merepresentasikan batas darat dan laut wilayah pesisir KLU sedangkan deteksi Tepi *Canny*, untuk mempertajam citra yang telah diproses dengan algoritme WNDWI, sehingga didapatkan citra garis tunggal yang selanjutnya akan didigitasi.



**Gambar 1.** Diagram alir sistem pengolahan data raster

### 3.2. Pengolahan data citra vektor

Pengolahan data vektor merupakan tahap lanjut dari pengolahan data raster guna mendapatkan nilai dari pergeseran garis pantai berdasarkan citra *Landsat 8* yang diubah menjadi data berformat *file* “.shp”. Tahapan pengolahan data citra vektor ditampilkan dalam Gambar 2.

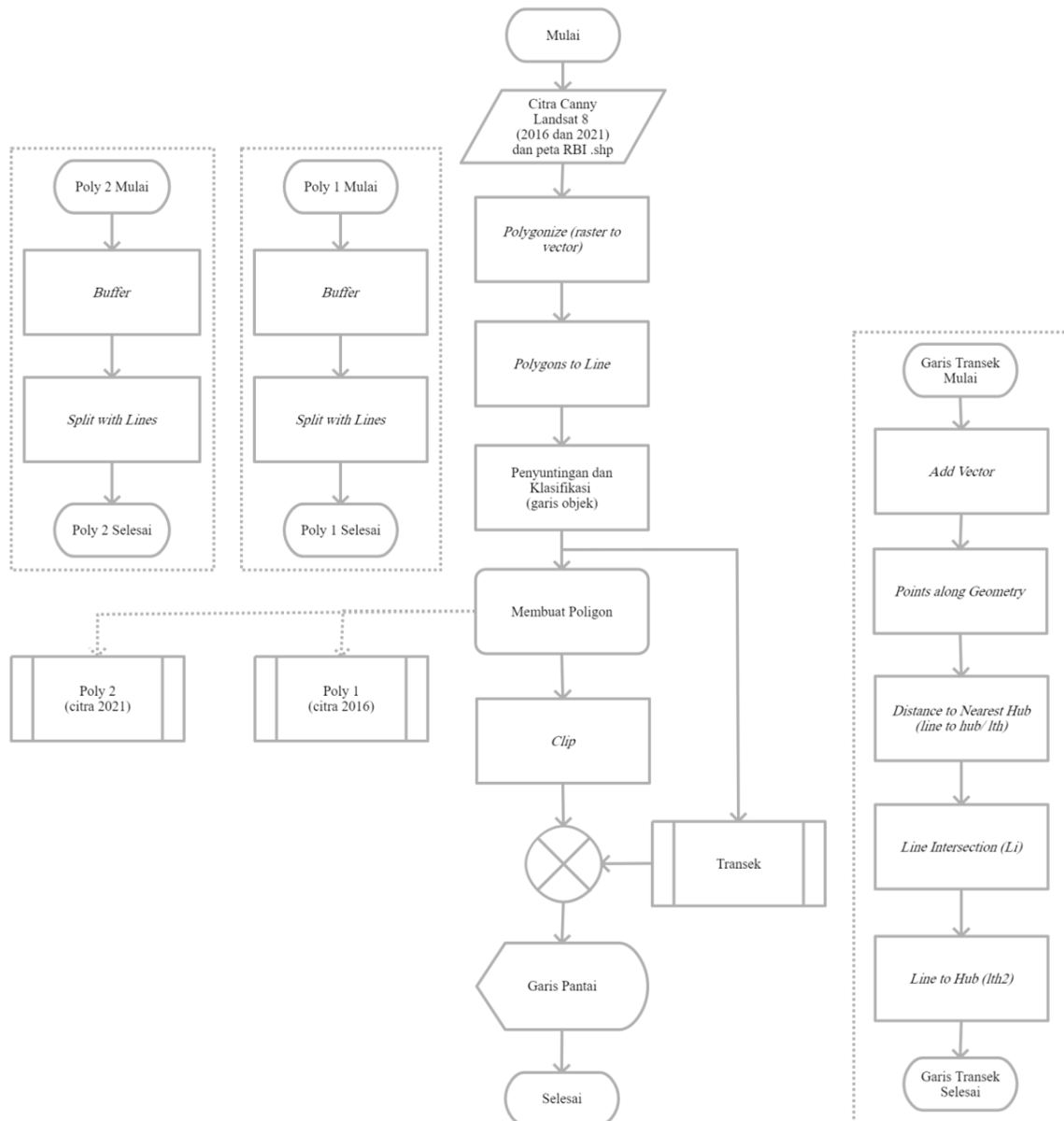
### 3.3. Perhitungan Parameter Analisis Data

Data keluaran sistem kemudian diklasifikasikan menjadi dua kondisi/proses yang dialami pantai yakni akresi dan abrasi. Selanjutnya dilakukan perhitungan rerata dan laju pergeseran garis pantai menggunakan masing-masing persamaan (3) dan persamaan (4).

$$\text{Rerata pergeseran garis pantai} = \frac{\text{Jumlah data}_{\text{setiap wilayah}}}{\text{Banyak data}_{\text{setiap wilayah}}} \quad (3)$$

dan

$$\text{Laju pergeseran garis pantai} = \frac{\text{Perpindahan}_{\text{garis pantaiterlama\&terbaru}}}{\text{Selisih waktu}_{\text{garis pantaiterlama\&terbaru}}} \quad (4)$$



**Gambar 2.** Diagram alir pengolahan data vektor

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

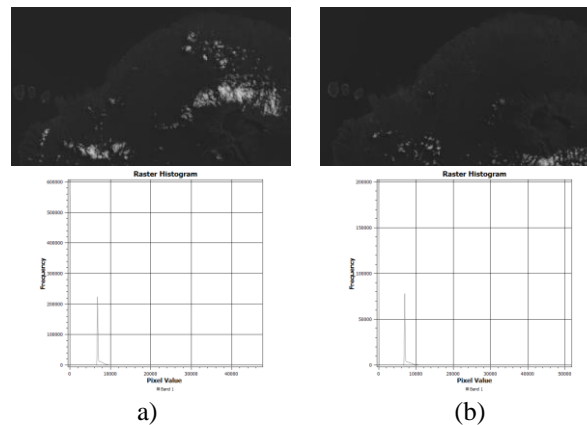
##### 4.1. Analisis Data Citra Raster

Data citra raster memiliki skala citra 1:161297 baik untuk citra sumber, citra WNDWI, maupun citra hasil deteksi tepi *Canny*. Ditampilkan juga grafik histogram frekuensi nilai posisi (koordinat y) dari citra pada tahun 2016 dan 2021. Pada penelitian ini, nilai piksel merupakan salah satu yang memengaruhi klasifikasi daerah laut maupun darat yang akan membentuk garis pantai. Sehingga frekuensi serta persebaran

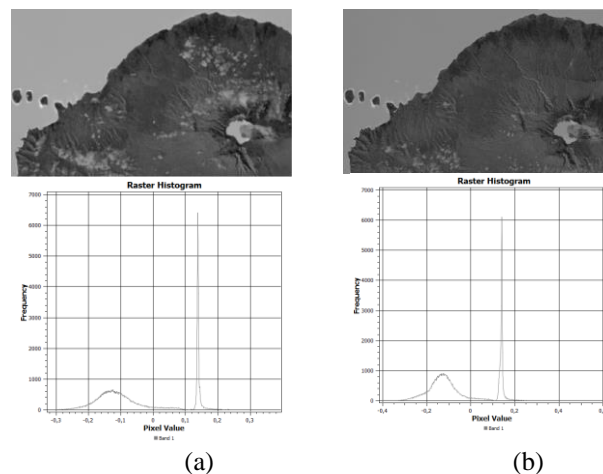
piksel dengan berbagai nilai yang dimiliki objek pada citra diharapkan mengandung nilai khas objek yang membedakan dengan objek lainnya. Citra sumber ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, grafik raster histogram (sebaran piksel citra) pada citra sumber menunjukkan persebaran nilai yang kurang beragam, dominan pada satu rentang nilai tertentu. Sehingga masih menyulitkan guna memperoleh batas/ garis pantai yang diinginkan, oleh karena itu nilai-nilai piksel tersebut perlu disebar sesuai dengan kebutuhan atau mengklasifikasikan nilai piksel berdasarkan objek penelitian (darat dan laut). Cara pengklasifikasian citra sumber menggunakan formula WNDWI. Citra terklasifikasi (WNDWI) ditampilkan pada Gambar 4.

#### 1) Citra Sumber (Raster)



**Gambar 3.** Citra sumber dan grafik: a) citra 2016 dan b) citra 2021



**Gambar 4.** Citra WNDWI: a) 2016 dan b) 2021

Pada Gambar 4 tampak jelas ditunjukkan perbedaan warna darat dengan laut, kemudian diperkuat dengan grafik raster histogram yang dihasilkan. Pada grafik raster histogram citra WNDWI, grafik sudah menunjukkan persebaran nilai piksel citra ternormalisasi yang membentuk dua kelompok sebaran nilai dengan kelompok nilai di atas nilai 0 menunjukkan wilayah laut dan kelompok nilai di bawah nilai 0 adalah wilayah darat.

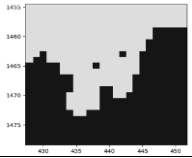
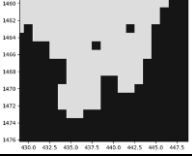
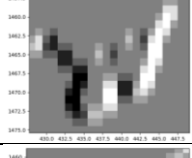
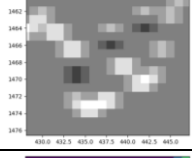
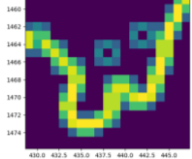
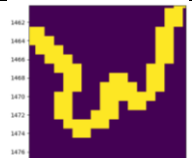
Sebelum citra *Canny* didapatkan, citra WNDWI perlu melalui beberapa proses yang termasuk dalam deteksi tepi *Canny*. Hasil proses-proses tersebut ditampilkan pada Tabel 2 secara berurutan. Setelah melewati proses *double thresholding*, kemudian dilakukan proses *hysteresis thresholding* yang akhirnya menghasilkan citra *Canny* sebagai representasi citra garis pantai yang diharapkan dengan jenis citra masih berupa citra raster. Citra hasil proses *hysteresis thresholding* atau citra *Canny* dari garis pantai, ditampilkan pada Gambar 5.

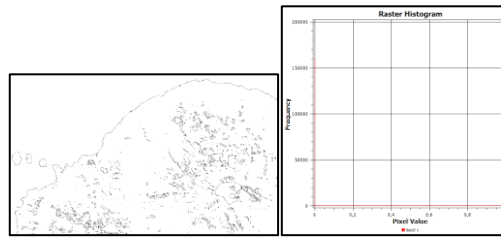
## 2) Citra Vektor

Hasil deteksi tepi Canny berupa citra garis pantai tunggal atau dengan kata lain garis pinggir dari bentuk objek yang dideteksi seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Pada citra Canny, grafik raster histogram sudah menunjukkan 2 garis tegak lurus terhadap sumbu X (pixel value) yang menandakan dua kelompok nilai yang dimiliki yakni 1 dan 0. Citra *Canny* yang telah dihasilkan, kemudian diubah menjadi citra vektor guna memudahkan mendapatkan nilai pergeseran garis pantai yang menjadi area fokus penelitian.

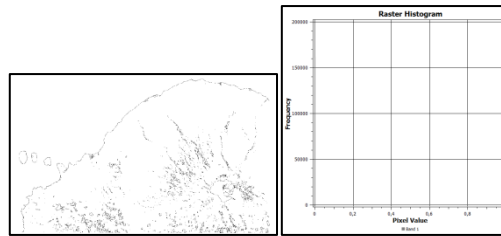
Sampel citra vektor ditampilkan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terdapat transek yang berwarna merah dan hijau. Transek berwarna merah menunjukkan wilayah pesisir yang mengalami abrasi. Sedangkan transek berwarna hijau menunjukkan wilayah pesisir yang mengalami akresi. Transek-transek tersebut memiliki nilai yang merepresentasikan besar pergeseran garis pantai yang terjadi. Nilai-nilai transek dikelompokkan berdasarkan 21 Desa yang ada di setiap wilayah pesisir KLU. Hasil pengolahan dan perhitungan data besar pergeseran garis pantai yang terjadi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil proses deteksi tepi *Canny*

No.	Gambar	Keterangan
1		Gambar nomor 1 merupakan hasil proses dari <i>thresholding</i>
2		Gambar nomor 2 merupakan hasil proses dari <i>gaussian filtering</i> (smoothing)
3		Gambar nomor 3, hasil dari seleksi nilai piksel secara horizontal
4		Gambar nomor 4 merupakan hasil dari penyaringan nilai piksel secara vertikal
5		Gambar nomor 5 merupakan hasil dari proses <i>Non-maximum suppression</i> setelah perhitungan nilai gradien antar piksel
6		Gambar nomor 6 merupakan hasil dari proses <i>double thresholding</i>

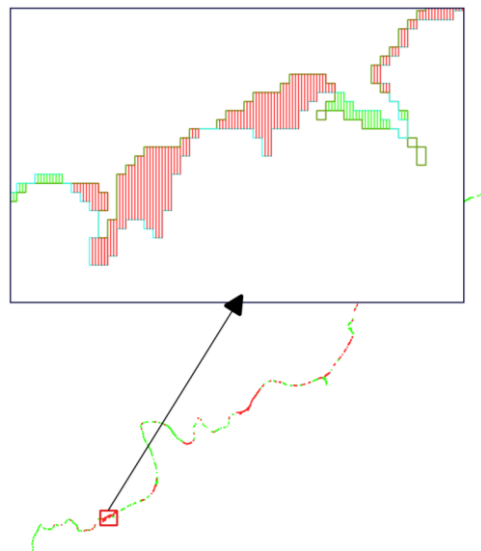


a)

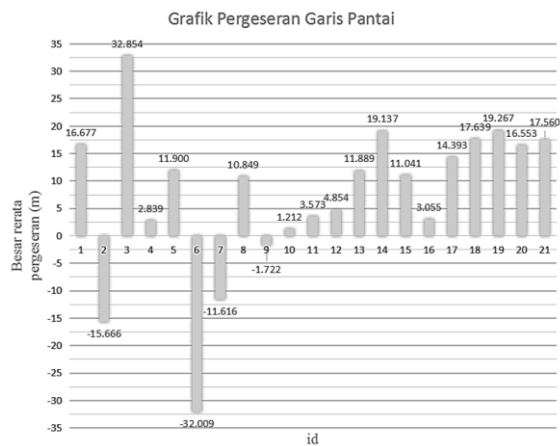


b)

**Gambar 5.** Citra garis pantai *Canny*;  
 a) tahun 2016 dan b) tahun 2021



**Gambar 6.** Citra vektor



**Gambar 7.** Grafik besar pergeseran garis pantai wilayah pesisir KLU (2016-2021)



Berdasarkan Tabel 3, terdapat empat desa di KLU (Pemenang Barat, Sokong, Tanjung, dan Gondang) yang mengalami abrasi dalam kurun waktu lima tahun. Kecamatan Tanjung merupakan daerah dengan jumlah abrasi paling banyak dibandingkan Kecamatan lainnya, sedangkan Kecamatan Kayangan dan Bayan merupakan daerah yang tidak mengalami abrasi tetapi keduanya adalah daerah yang juga mengalami pergeseran garis pantai akibat akresi yang terjadi.

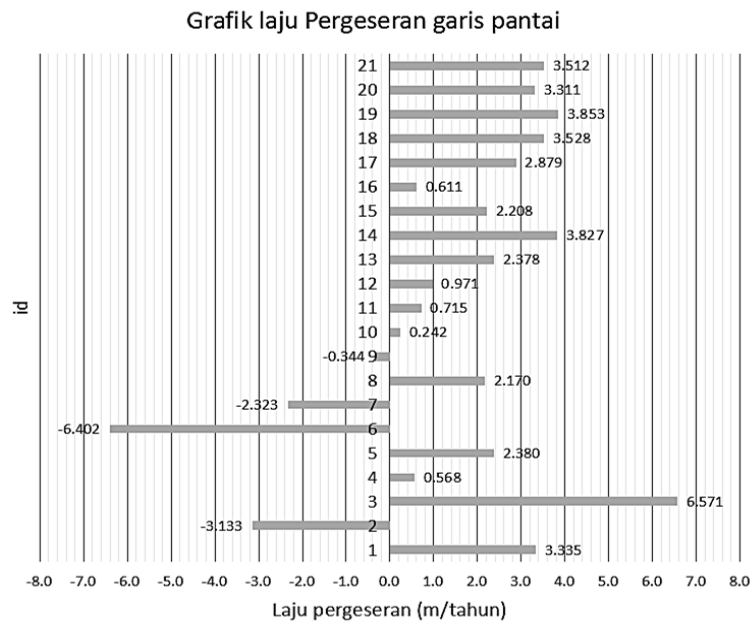
Namun jika rerata perubahan setiap desa di wilayah KLU diakumulasi, didapatkan rerata pergeseran garis pantai di KLU sebesar 10,385 meter dengan laju pergeseran garis pantai sebesar 2,077 meter/tahun. Hal tersebut menandakan secara keseluruhan wilayah pesisir KLU dalam kurun waktu lima tahun dominan terjadi pertambahan wilayah akibat akresi ditandai dengan arah/nilai positif dari besar dan laju pergeseran yang didapatkan.

Akresi bisa disebabkan oleh perpindahan endapan ke arah laut dari badan sungai, energi gelombang yang kecil (gelombang tenang) di daerah pesisir, dan daerah dengan persentase kemungkinan terjadinya badai kecil di daerah tersebut [4].

Berdasarkan Gambar 7, wilayah yang mengalami pergeseran akibat akresi paling besar adalah wilayah dengan id 3 (Pemenang Timur) dan wilayah dengan tingkat pergeseran paling rendah akibat akresi adalah wilayah dengan id 10 (Genggeling). Sedangkan untuk wilayah yang mengalami pergeseran terbesar akibat abrasi adalah wilayah ber-id 6 (Sokong) dan wilayah yang mengalami perubahan terendah akibat abrasi adalah wilayah ber-id 9 (Gondang). Kecamatan Kayangan dan Bayan (wilayah ber-id 13 sampai 21) merupakan wilayah yang secara umum tidak mengalami pergeseran akibat abrasi.

**Tabel 3.** Hasil perhitungan pergeseran garis pantai

id	Kecamatan	Wilayah (desa)	Rerata pergeseran (meter)	Laju pergeseran (meter/tahun)	Kondisi (proses dominan)	Total rerata (meter)	Laju rerata (meter/tahun)
1	Pemenang	Malaka	16,677	3,335	akresi	10,385	2,077
2		Pemenang Barat	-15,666	-3,133	abrasi		
3		Pemenang Timur	32,854	6,571	akresi		
4	Tanjung	Sigar Penjalin	2,839	0,568	akresi		
5		Medana	11,900	2,380	akresi		
6		Sokong	-32,009	-6,402	abrasi		
7		Tanjung	-11,616	-2,323	abrasi		
8	Gangga	Jenggala	10,849	2,170	akresi		
9		Gondang	-1,722	-0,344	abrasi		
10		Genggeling	1,212	0,242	akresi		
11		Rempek	3,573	0,715	akresi		
12	Kayangan	Sambik Bangkol	4,854	0,971	akresi		
13		Kayangan	11,889	2,378	akresi		
14		Gumantar	19,137	3,827	akresi		
15	Bayan	Selengan	11,041	2,208	akresi		
16		Mumbul Sari	3,055	0,611	akresi		
17		Akar Akar	14,393	2,879	akresi		
18		Sukadana	17,639	3,528	akresi		
19		Anyar	19,267	3,853	akresi		
20		Loloan	16,553	3,311	akresi		
21	Sambik Elen	17,560	3,512	akresi			



**Gambar 8.** Grafik laju pergeseran garis pantai wilayah pesisir KLU (2016-2020)

Mengacu pada [5], indeks ancaman angkutan sedimen dari laju pergeseran garis pantai di KLU yang disajikan pada Gambar 8 wilayah dengan id 2, 6, dan 7 merupakan wilayah dengan indeks ancaman tinggi karena mengalami laju kemunduran lebih dari 2 m/tahun. Sedangkan wilayah ber-id 9 merupakan wilayah dengan indeks ancaman rendah dengan laju kemunduran kurang dari 1 m/tahun.



**Gambar 9.** Perbandingan Kondisi Lapangan Dengan Hasil Pengolahan Citra

**5. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis pergeseran garis pantai di wilayah pesisir KLU, disimpulkan bahwa kondisi garis pantai di wilayah pesisir KLU secara keseluruhan mengalami akresi atau penambahan daratan dengan rerata pergeseran 10,385 m serta laju pergeseran 2,077 m/tahun dalam kurun waktu 5 tahun (2016-2021) yang masuk sebagai kategori bukan ancaman sesuai.

Hasil pengolahan citra menggunakan metode WNDWI dan deteksi tepi Canny serta perbandingan yang dilakukan berdasarkan pengamatan terhadap kondisi lapangan dengan hasil pengolahan citra, disimpulkan bahwa hasil pengolahan data citra Landsat 8 yang dilakukan mampu merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

## REFERENSI

- [1] A. Ambarwati, R. Passarella, and Sutarno, "Segmentasi Citra Digital Menggunakan Thresholding Otsu untuk Analisa Perbandingan Deteksi Tepi," *Annu. Res. Semin.* 2016, vol. 2, no. 1, pp. 216–226, 2016.
- [2] M. A. Z. Fuad, N. Yunita, R. D. Kasitowati, N. Hidayati, A. Sartimbul, "Pemantauan Perubahan Garis Pantai Jangka Panjang dengan Teknologi Geo-Spasial di Pesisir Bagian Barat Kabupaten Tuban, Jawa Timur," *J. Geogr.*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.24114/jg.v11i1.11409.
- [3] Q. Guo, R. Pu, J. Li, and J. Cheng, "A weighted normalized difference water index for water extraction using landsat imagery," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 38, no. 19, pp. 5430–5445, 2017, doi: 10.1080/01431161.2017.1341667.
- [4] F. J. A. Farrah Istiqomah, Bandi Sasmito, "Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Studi Kasus : Pesisir Kabupaten Demak," *J. Geod. Undip*, vol. 5, 2016.
- [5] Peraturan Menteri Kelautan & Perikanan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 21 Tentang Tata Cara Perhitungan Batas Sempadan Pantai, Jakarta:," 2018, [Online]. Available: <https://kkp.go.id/djprl/artikel/10950-permen-kp-nomor-21-tahun-2018-tentang-tata-cara-penghitungan-batas-sempadan-pantai>
- [6] S. H. Nugroho, "Analisa Perubahan Garis Pantai Akibat Gempa Dan Tsunami Di Pesisir Meulaboh, Nanggroe Aceh Darussalam," *Oseana*, vol. 38, no. 1, pp. 63–74, 2013.
- [7] Redaksi Lombok Post, "Abrasi Ekstrem Pesisir Lombok Utara Butuh Penanaman Mangrove." Lombok Post, 2020. [Online]. Available: <https://lombokpost.jawapos.com/tanjung/14/06/2020/abrasi-ekstrem-pesisir-lombok-utara-butuh-penanaman-mangrove/>
- [8] G. Winarso, H. Joko, and S. Arifin, "Kajian Penggunaan Data Inderaja Untuk Pemetaan," *J. Penginderaan Jauh*, vol. Vol 6, no. October 2010, pp. 65–72, 2009.
- [9] USGS, "EarthExplorer." [Online]. Available: <https://earthexplorer.usgs.gov>