

---

## Perbandingan Metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dan Filter Sobel pada Citra Landsat 8 untuk Ekstraksi Garis Pantai

### *Comparison of Normalized Difference Water Index (NDWI) and Sobel Filter Methods in Landsat 8 Imagery for Coastline Extraction*

Luhur Moekti Prayogo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia  
Jl. Grafika No. 2 Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

Corresponding author, e-mail: [luhur.moekti.prayogo@mail.ugm.ac.id](mailto:luhur.moekti.prayogo@mail.ugm.ac.id)

**Diterima : 11 April 2021 / Disetujui : 6 Mei 2021**

#### ABSTRAK

Bagi suatu negara, keberadaan garis pantai memiliki nilai yang penting karena sebagai perlindungan sumber daya kelautan dan penentu batas laut antar negara. Terdapat berbagai metode yang digunakan untuk analisis garis pantai baik manual dengan digitasi maupun otomatis dengan deteksi tepi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dengan filter Sobel untuk ekstraksi garis pantai di Pesisir Selatan Sampang, Madura menggunakan citra Landsat 8. Metode terbaik kemudian diterapkan pada citra untuk mengetahui perubahan garis pantai dari tahun 2015 hingga 2020. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara visual metode NDWI menghasilkan tepi yang lebih baik dibandingkan dengan filter Sobel karena garis yang dihasilkan mendekati kondisi asli pada citra Landsat 8 ataupun *Basemap World Imagery*. Filter Sobel, akurasi yang dihasilkan tidak terlalu baik dan tidak mendekati kondisi lapangan, namun filter ini memiliki keunggulan yaitu waktu pemrosesan yang relatif cepat karena dapat menggunakan *single* band. Kemudian nilai NDWI yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki rentang -0.497121 hingga 0.377046. Kelas pertama yang merupakan objek non badan air memiliki nilai -0.497121 hingga 0. Kemudian kelas kedua yang merupakan objek badan air memiliki nilai 0 hingga 0.377046. Hasil perhitungan perubahan garis pantai selama lima tahun menunjukkan bahwa terjadi pergeseran garis pantai dengan rentang 0.62 hingga 2.75 meter. Ukuran piksel Landsat 8 adalah 30 meter sedangkan pergeseran hanya mencapai <3 meter. Sehingga dari percobaan ini tidak menunjukkan adanya perubahan garis pantai yang signifikan. Saran penelitian selanjutnya, perlu dilakukan kajian menggunakan citra resolusi tinggi agar perubahan garis pantai dapat terkonfirmasi dengan akurat.

**Kata Kunci:** Deteksi Tepi, Pemrosesan Citra, Penginderaan Jauh, Sampang

#### ABSTRACT

*For a country, the existence of a coastline has an important value because it acts as a protection for marine resources and determines maritime boundaries between*

*countries. There are various methods used for coastline analysis, both manual by digitizing and automatic by edge detection. This study compares the Normalized Difference Water Index (NDWI) method with the Sobel filter for coastline extraction in the South Coast of Sampang, Madura using Landsat 8 imagery. The best approach is then applied to the image to determine changes in coastlines from 2015 to 2020. This research shows that visually, the NDWI method produces better edges than the Sobel filter because the resulting lines are close to the original conditions in Landsat 8 or Basemap World Imagery. Sobel filter, the resulting accuracy is not very good. It does not approach field conditions, but this filter has the advantage of a relatively fast processing time because it can use a single band. Then the NDWI value generated in this study has a range of -0.497121 to 0.377046. The first class, which is a non-water body object, has a value of -0.497121 to 0. Then the second class, which is a body of water object, has a value of 0 to 0.377046. The coastline change for five years shows a shift in the coastline with a range of 0.62 to 2.75 meters. The Landsat 8 pixel size is 30 meters, while the shift is only <3 meters. So that this experiment does not show any significant coastline changes. Suggestions for further research: It is necessary to conduct a study using high-resolution imagery to confirm changes in the coastline accurately.*

**Keywords:** *Edge Detection, Image Processing, Remote Sensing, Sampang*

## PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dan pantai merupakan salah satu tempat dengan kondisi yang dinamis dan selalu mengalami perubahan baik secara cepat atau lambat tergantung faktor-faktor yang mempengaruhi (Halim & Halili 2016). Faktor tersebut dapat berasal dari alam seperti arus dan gelombang maupun karena kegiatan manusia seperti alih fungsi lahan. Selain kondisi wilayah yang dinamis, pesisir dan pantai merupakan wilayah yang penting karena tidak sedikit industri dibangun di wilayah tersebut. Karena letak wilayah pesisir yang berbatasan dengan lautan, tidak heran wilayah ini menyediakan berbagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

Garis pantai (*Coastline*) pada wilayah pesisir merupakan batas pertemuan antara wilayah daratan dan lautan saat pasang tertinggi (Tarigan 2010). Bagi suatu negara, keberadaan garis pantai memiliki nilai yang penting karena sebagai perlindungan sumber daya kelautan dan penentu batas laut antar negara. Mengingat pentingnya keberadaan garis pantai, diperlukan suatu teknologi dan metode dalam penyedia informasi di setiap wilayah Indonesia.

Perkembangan teknologi informasi terjadi cukup pesat dalam berbagai bidang. Salah satu teknologi yang mengalami perkembangan adalah teknik deteksi tepi (*Edge Detection*) pada citra. Munir (2019) menyatakan bahwa deteksi tepi merupakan tahap

pemrosesan citra untuk menghasilkan tepi dari setiap objek pada citra. Dalam bidang penginderaan jauh, membedakan tepi suatu objek sangat diperlukan karena jika hanya menggunakan karakteristik warna maka proses klasifikasi objek pada citra tidak akan maksimal. Manfaat lain dari deteksi tepi juga dapat mengurangi jumlah data ketika dilakukan pemrosesan (Munir 2019).

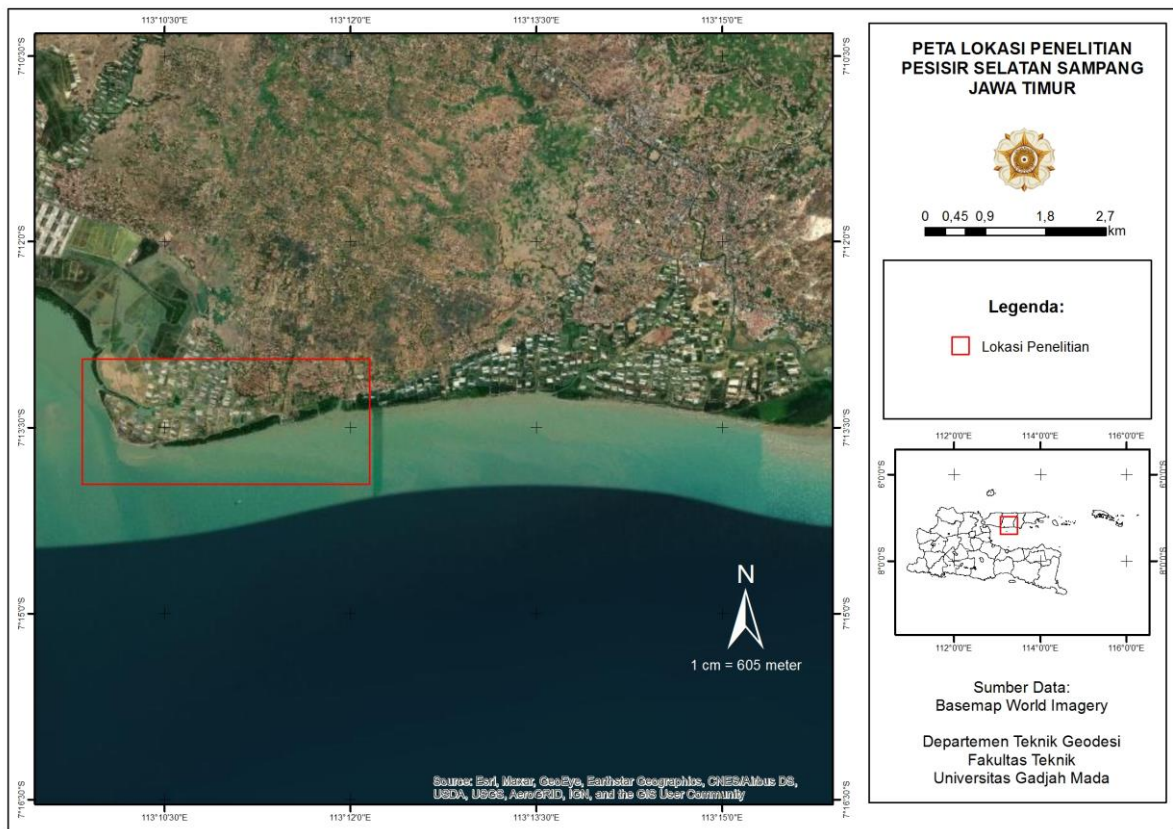
Heriati & Husrin (2017) menyatakan perubahan dan deteksi garis pantai dapat dikaji melalui citra satelit penginderaan jauh. Terdapat berbagai metode yang digunakan untuk deteksi garis pantai baik manual dengan digitasi maupun otomatis dengan deteksi tepi. Penelitian Ginting *et al.* (2020) yang dilakukan Pesisir Pulau Flores Timur dan Pulau Adonara Barat yang memiliki bentuk pantai yang berbeda yaitu tebing berbatu, berpasir, dan berbakau menyimpulkan dimana penggunaan saluran inframerah dekat (*Near-Infrared*) dan saluran hijau (*Green*) pada citra Landsat dan Sentinel menghasilkan batas tepi terbaik dari ketiga tipe pantai yang diuji. Yadnya *et al.* (2014) juga melakukan penelitian dengan menggunakan algoritma *Canny Edge Detector* di Pantai Senggigi tahun 2006 menggunakan citra Google Earth. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa Algoritma Canny menghasilkan deteksi tepi yang cukup baik sehingga dapat disimpulkan pantai Senggigi mengalami pengurangan sebesar 1,5 meter pada tahun 2009. Tidak ada metode standar karena dari beberapa referensi memiliki hasil terbaik dari metode yang berbeda. Oleh sebab itu penelitian ini menerapkan metode lainnya untuk mengetahui seberapa akurat kemampuannya dalam membedakan garis pantai serta analisis *time-series*.

Dari penjelasan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan dua metode yaitu *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dengan filter Sobel untuk ekstraksi garis pantai di Pesisir Selatan Sampang, Madura menggunakan citra Landsat 8. Pemilihan metode bertujuan untuk membandingkan performa dalam pendeteksian tepi objek agar diketahui metode mana yang memiliki kemampuan baik dalam membedakan tepi. Metode terbaik kemudian diterapkan pada citra untuk mengetahui perubahan garis pantai pada tahun 2015 hingga 2020. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat khususnya yang melakukan kajian perubahan garis pantai di lingkungan pesisir menggunakan teknik deteksi tepi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Waktu Penelitian

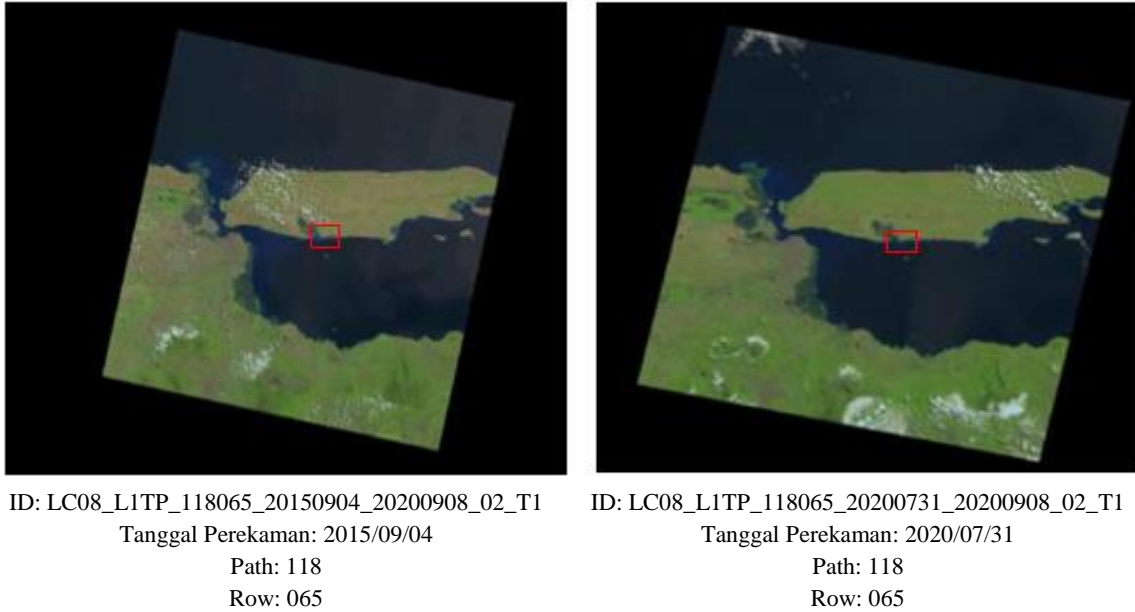
Lokasi penelitian terletak pada  $7^{\circ}13'33,223''S$  hingga  $7^{\circ}13'32,658''S$  dan  $113^{\circ}10'6,12''E$  hingga  $113^{\circ}10'47,879''E$  tepatnya di pesisir selatan Sampang, Madura. Lokasi ini dipilih atas pertimbangan kondisi garis pantai yang jelas pada citra. Gambar 1 merupakan lokasi penelitian yang ditampilkan pada *ESRI World Imagery*.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di Pesisir Selatan Kabupaten Sampang, Madura yang ditampilkan dengan *Basemap ESRI World Imagery*

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 yang membawa sensor *Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* yang diperoleh secara gratis pada laman <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan level C2 L1. Landsat 8 pertama kali diluncurkan pada 11 Februari 2013 yang memiliki 1 band *Near Infrared (NIR)* dan 7 band reflektif (USGS 2020). Analisis perubahan garis pantai dalam penelitian ini menggunakan dua citra Landsat 8 dengan perekaman yang berbeda

yaitu tahun 2015 dan 2020 dengan menggunakan metode terbaik hasil perbandingan NDWI dengan Filter Sobel. Pemrosesan citra menggunakan software *The Environment for Visualizing Images* (ENVI). Software ini merupakan salah satu software pengolahan data citra yang paling populer yang diproduksi oleh *Research System, Inc* (RSI) (Prayogo 2020). Gambar 2 merupakan informasi *Scene, Path/ Row* citra Landsat 8 yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 2.** Informasi *Scene, Path/ Row* citra Landsat 8 OLI yang digunakan dalam penelitian

Citra Landsat 8 OLI merupakan citra resolusi sedang dari *United States Geological Survey*. Resolusi yang dimiliki citra ini adalah 30 meter yang berarti bahwa setiap satu piksel pada citra mewakili 30 meter kondisi aslinya di lapangan. Citra Landsat 8 OLI memiliki berbagai jenis band diantaranya Multispektral, Pankromatik, Cirrus dan *Thermal* dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Tabel 1 merupakan spesifikasi band citra Landsat 8 OLI.

**Tabel 1.** Spesifikasi Landsat 8 OLI

Bands	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi Spasial (meter)	Radiance (W/m <sup>2</sup> sr <sup>m</sup> ), typical	Signal-to-Noise Ratio/ SNR (typical)
Band 1 - Ultra Blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30	40	130
Band 2 - Blue	0.452 - 0.512	30	40	130
Band 3 - Green	0.533 - 0.590	30	30	100

Band 4 - Red	0.636 - 0.673	30	22	90
Band 5 - NIR	0.851 - 0.879	30	14	90
Band 6 - SWIR 1	1.566 - 1.651	30	4	100
Band 7 - SWIR 2	2.107 - 2.294	30	1.7	100
Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676	15	23	80
Band 9 - Cirrus	1.363 - 1.384	30	6	130
Band 10 - Thermal 1	10.60 - 11.19	100* (30)	-	-
Band 11 - Thermal 2	11.50 - 12.51	100* (30)	-	-

Sumber: (USGS 2020)

### Filter Sobel

Operator Sobel atau dapat disebut sebagai operator Sobel-Feldman atau Filter Sobel digunakan dalam pemrosesan citra dan *computer vision* (Sobel & Feldman 1973). Operator ini menggunakan kernel 3x3, 5x5 yang dibulatkan dengan gambar asli untuk menghitung perkiraan turunan yaitu satu untuk perubahan horizontal, dan satu untuk vertikal. Persamaan 1 menunjukkan bagaimana filter Sobel bekerja (Sobel & Feldman 1973).

$$Gx = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * A \text{ and } Gy = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

Menggunakan prinsip kernel, dimana \* menunjukkan operasi jendela konvolusi pemrosesan 2 dimensi (2D).

### Normalized Difference Water Index (NDWI)

*Normalized Difference Water Index* (NDWI) merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mendeteksi objek perairan (Anggraini *et al.* 2017). Algoritma ini sering digunakan untuk memisahkan badan air dengan daratan. Anggraini *et al.* (2017); McFeeters (2013) menyatakan penggunaan band *green* (kanal tampak) dan NIR merupakan input pada algoritma NDWI (Persamaan 2).

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:



Green : Kanal 3 pada citra Landsat 8  
NIR : Kanal 5 pada citra Landsat 8

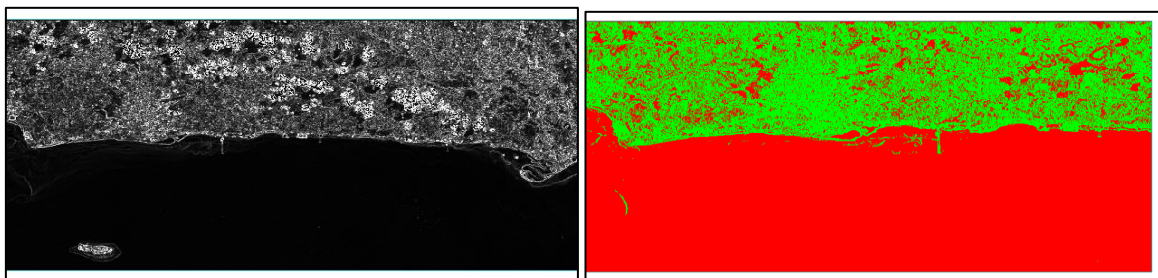
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### Filter Sobel

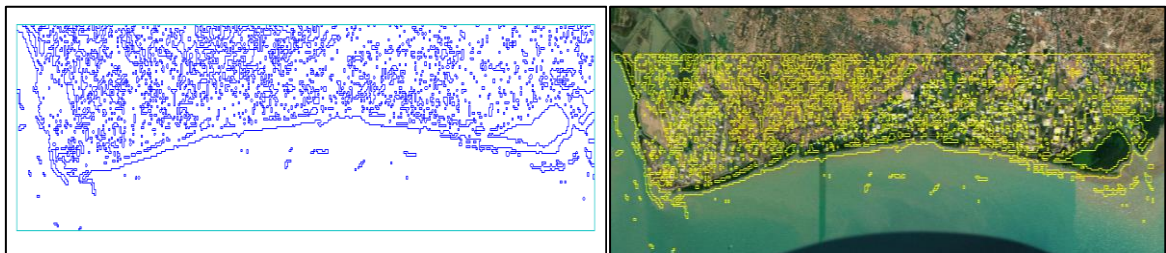
Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 OLI dengan ukuran 12 bit dengan nilai maksimum 4096. Nilai bit pada citra akan mempengaruhi dalam pemrosesan terutama pada tampilan tepi objek. Semakin besar bit pada citra, maka ukuran citra semakin lebih besar sehingga tampilan citra pun menjadi lebih halus, baik pada band multispektral maupun pankromatik. Pemrosesan diawali dengan pemilihan kernel. Kernel 3x3 dipilih karena menghasilkan tepi yang lebih tajam dibandingkan ukuran kernel yang lain ketika pemrosesan.

Setelah diperoleh citra hasil filter Sobel, maka selanjutnya dilakukan klasifikasi dua objek menggunakan *Unsupervised*. Hasil klasifikasi selanjutnya dilakukan konversi dari raster to vektor yang bertujuan untuk mengekstrak garis. Hal ini dilakukan karena garis pantai yang paling mudah terdeteksi adalah batas antara daratan dengan lautan. Terakhir dilakukan overlay untuk mengetahui kedekatan dengan objek sebenarnya pada citra. Gambar 3 merupakan tahapan pemrosesan citra menggunakan filter Sobel.



(a)

(b)



(c)

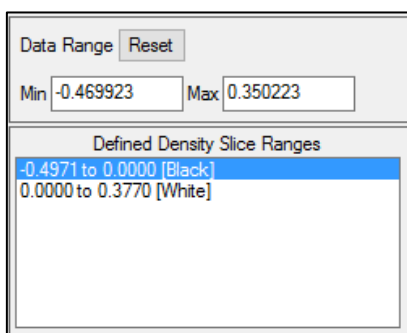
(d)

**Gambar 3.** Hasil filter Sobel pada citra Landsat 8. (a) Hasil filter Sobel kernel 3x3, (b) Hasil klasifikasi *Unsupervised* dua objek, (c) Konversi *Raster to Line (shapefile)* dan (d) Overlay vektor pada basemap

### *Normalized Difference Water Index (NDWI)*

Anggraini *et al.* (2017); Danoedoro (2012) menyatakan bahwa kanal NIR pada citra memiliki kemampuan yang baik dibandingkan dengan kanal yang lain dalam mendeteksi garis pantai dan biomassa sehingga analisis dapat menggunakan teknologi citra penginderaan jauh. Penelitian ini menggunakan kanal 3 dan 5 Landsat 8 sebagai input algoritma NDWI. Anggraini *et al.* (2017); McFeeters (2013) menyatakan bahwa jika nilainya lebih kecil atau sama dengan nol maka diasumsikan bukan air dan jika lebih besar dari nol maka diasumsikan air.

Nilai NDWI yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki rentang -0.497121 hingga 0.377046. Kemudian pemrosesan dilanjutkan dengan klasifikasi untuk membedakan objek badan air dan non badan air. Kelas pertama yang merupakan objek non badan air memiliki nilai -0.497121 hingga 0. Kemudian kelas kedua yang merupakan objek badan air memiliki nilai 0 hingga 0.377046. Gambar 4 merupakan tampilan untuk membedakan kedua objek diatas menggunakan tools *Density Slice*. Objek badan air inilah yang kemudian dihilangkan sehingga hanya menyisakan daratan tepi yang kemudian dapat diproses untuk analisis garis pantai.

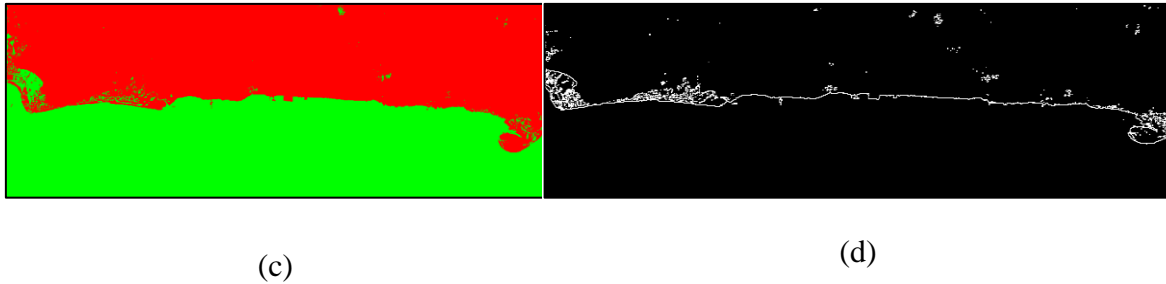


(a)



(b)



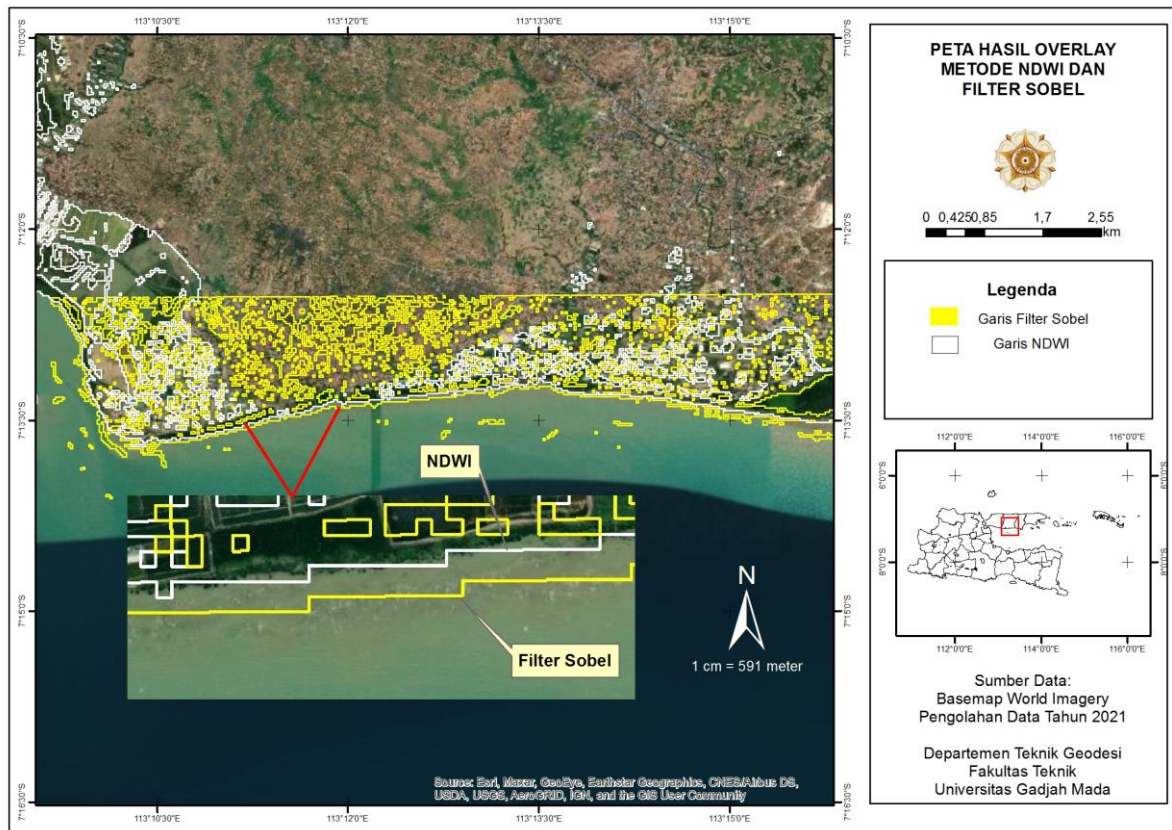


**Gambar 4.** Hasil Metode NDWI pada citra Landsat 8. (a) *Density Slice Tools* untuk menampilkan kedua objek agar lebih mudah mengkelaskan, (b) Hasil tampilan citra yang dibagi menjadi dua kelas, (c) Hasil Klasifikasi *Unsupervised* pada kedua objek (d) Konversi *Raster to Line (shapefile)*

### Overlay Hasil Garis Metode NDWI dengan Filter Sobel

Tahapan selanjutnya yaitu mengoverlay menjadi satu layer hasil ekstraksi garis pantai menggunakan metode NDWI dengan Filter Sobel. Deteksi garis pantai menggunakan metode filter Sobel dan NDWI menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda. Secara visual dapat kita lihat bahwa NDWI menghasilkan batas badan air dengan objek daratan lebih baik dibandingkan dengan filter Sobel (Gambar 5). Secara akurasi NDWI menghasilkan garis yang mendekati kondisi lapangan ketika dilakukan overlay menggunakan Basemap. Namun metode ini juga memiliki kekurangan yaitu pemrosesan hingga mendapatkan garis membutuhkan waktu yang cukup lama.

Sedangkan pada filter Sobel, akurasi yang dihasilkan tidak terlalu baik dan tidak mendekati kondisi lapangan. Namun filter ini memiliki keunggulan yaitu waktu pemrosesan yang relatif cepat karena dapat menggunakan *single band*. Sehingga analisis perubahan garis pantai di pesisir Selatan Sampang, Madura secara multitemporal dalam penelitian ini menggunakan metode NDWI yang mendekati kondisi lapangan.



**Gambar 5.** Overlay Hasil Ekstraksi Garis Pantai Metode NDWI dan Filter Sobel

## Pembahasan

Analisis selanjutnya yaitu menggunakan metode NDWI untuk analisis perubahan garis pantai. Penggunaan citra multitemporal bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai selama 5 tahun terakhir. Penerapan algoritma NDWI dilakukan pada citra tahun 2015 dan 2020 sehingga menghasilkan dua garis pantai. Selang 5 tahun dipilih agar meminimalkan kesalahan geometri pada citra. Gambar 5 merupakan hasil analisis perubahan garis pantai menggunakan algoritma NDWI yang dioverlay dengan Basemap.



Lokasi 1

Lokasi 2

Lokasi 3

**Gambar 5.** Garis Pantai Hasil NDWI Tahun 2015 dan 2020 pada Tiga Lokasi Berbeda

Gambar 5 diatas menunjukkan bahwa terdapat tiga lokasi yang diduga mengalami pergeseran garis pantai selama 5 tahun terakhir. Dari perhitungan yang telah dilakukan lokasi pertama mengalami perubahan garis pantai sebesar 2.75 meter. Selanjutnya pada lokasi kedua, dari tahun 2015 hingga 2020 mengalami perubahan garis pantai sebesar 2.54 meter. Terakhir pada lokasi tiga, selama lima tahun terakhir mengalami perubahan garis pantai sebesar 0.62 meter. Dua lokasi (Lokasi 1 dan 2) merupakan wilayah yang langsung berhadapan dengan laut dan satu lokasi (Lokasi 3) merupakan wilayah yang masih terdapat vegetasi mangrove sebagai penghalang. Sehingga lokasi 1 dan 2 memiliki perubahan yang lebih besar dibandingkan dengan lokasi 3. Tabel 2 merupakan

hasil perhitungan perubahan garis pantai selama lima tahun di pesisir selatan Sampang, Madura dengan ukuran piksel Landsat 8.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Pergeseran Garis Pantai

Lokasi	Pergeseran Garis Pantai (meter)	Ukuran Piksel Landsat 8 (meter)	Analisis Perubahan
1	2.75	30	Tidak ada perubahan yang signifikan (< 30 meter/ piksel)
2	2.54		
3	0.62		

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara visual metode NDWI menghasilkan tepi yang lebih baik dibandingkan dengan filter Sobel karena garis yang dihasilkan mendekati kondisi asli pada citra Landsat 8 ataupun *Basemap World Imagery*. Filter Sobel, akurasi yang dihasilkan tidak terlalu baik dan tidak mendekati kondisi lapangan, namun filter ini memiliki keunggulan yaitu waktu pemrosesan yang relatif cepat karena dapat menggunakan *single band*. Kemudian nilai NDWI yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki rentang -0.497121 hingga 0.377046. Kelas pertama yang merupakan objek non badan air memiliki nilai -0.497121 hingga 0. Kemudian kelas kedua yang merupakan objek badan air memiliki nilai 0 hingga 0.377046. Hasil perhitungan perubahan garis pantai selama lima tahun dari 2015 hingga 2020 di pesisir Selatan Sampang menunjukkan bahwa terjadi pergeseran garis pantai dengan rentang 0.62 hingga 2.75 meter. Ukuran piksel Landsat 8 adalah 30 meter sedangkan pergeseran hanya mencapai <3 meter. Sehingga dari percobaan ini tidak menunjukkan adanya perubahan garis pantai yang signifikan. Saran penelitian selanjutnya, perlu dilakukan kajian menggunakan citra resolusi tinggi agar perubahan garis pantai dapat terkonfirmasi dengan akurat.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada *United States Geological Survey* (USGS) yang telah menyediakan data citra Landsat 8 sehingga dapat digunakan

dalam penelitian ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membiayai penulis dalam melakukan studi pada jenjang S2.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini N, Marpaung S, & Hartuti M. 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah Dengan Menggunakan Metode Edge Detection dan Normalized Difference Water Index (Ujung Pangkah Shoreline Change Analysis Using Edge Detection Method And Normalized Difference Water Index). *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 14(2): 65–78. DOI: <https://doi.org/10.30536/j.pjpdcd.1017.v14.a2545>.
- Danoedoro P. 2012. *Pengantar Pengindraan Jauh Digital*. In Benedicta Rini W (Ed.), Yogyakarta: Penerbit ANDI. 397 hlm.
- Ginting, Natalia DB, & Faristyawan R. 2020. Deteksi Tipe dan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Analisis Digital Citra Penginderaan Jauh. *GEOMATIKA* 6(1): 17–24. DOI: <https://doi.org/10.24895/jig.2020.26-1.977>.
- Halim H, & Halili H. 2016. Studi perubahan garis pantai dengan pendekatan penginderaan jauh di wilayah Pesisir Kecamatan Soropia. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)* 1(1): 24–31.
- Heriati A, & Husrin S. 2017. Perubahan garis pantai di pesisir Cirebon berdasarkan analisis spasial. *Reka Geomatika* (2): 52–60.
- McFeeters SK. 2013. Using the normalized difference water index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: a practical approach. *Remote Sensing* 5(7): 3544–3561.
- Munir R. 2019. *Segmentasi Citra* [Bahan Ajar]. Program Studi Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektronika, Institut Teknologi Bandung. 49 hlm.
- Prayogo LM. 2020. *Tutorial Praktis ENVI Versi 5.2 [Classic]*, Sukabumi: Farha Pustaka. 132 hlm.
- Sobel I, & Feldman G. 1973. A 3x3 isotropic gradient operator for image processing. In Hart, P. E. & Duda R. O. *Pattern Classification and Scene Analysis*: 1–5. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1912.4965>.
- Tarigan MS. 2010. Perubahan garis pantai di wilayah pesisir perairan Cisadane, Provinsi Banten. *Makara Journal of Science* 11(1): 49–55.
- USGS [Internet]. 2020. *Landsat 8 Imagery*. Amerika Serikat: U.S. Department of the Interior [diakses pada tanggal 7 April 2021]. Tersedia pada: <https://www.usgs.gov/>.
- Yadnya MS, Irawan RN. 2014. Analisa Perubahan Garis Pantai Senggigi Menggunakan Pengolahan (GIS) Citra Satelit Pada Matlab. *Dielektrika* 1(2): 131–135.