

## Perbandingan Metode Roberts' Filter, Segmentasi dan Band Ratio Pada Citra Landsat 8 untuk Analisis Garis Pantai

Luhur Moekti Prayogo<sup>1\*</sup>, Abdul Basith<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Ronggolawe Tuban  
Jl. Manunggal No 61, Wire Semanding Tuban 62381 Jawa Timur

<sup>2</sup>Prodi Pasca Sarjana Geomatika Universitas Gadjah Mada  
Kampus Bulaksumur Caturtunggal Sleman 55281 Daerah Istimewa Yogyakarta

\*[luhurmoekti.prayogo@ugm.ac.id](mailto:luhurmoekti.prayogo@ugm.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.10300>

### ABSTRACT

*Computerization has an essential role in the field of remote sensing. Various methods for automatic coastline analysis continue to develop. This study aims to determine the performance of three methods, namely Roberts' Filter, Segmentation, and Band Ratio on Landsat 8 imagery, in producing land edges that are directly adjacent to the sea area (coastline). This study shows that the non-fusion image, the resulting edge, is less sharp than the fused image in the Roberts' filter method. The use of a 2x2 matrix on the Roberts' filter, the range of values from 0.52 to 0.56 in the segmentation method, and the Green Band Ratio - Near-Infrared produce various accuracy. The best method is produced by Band Ratio, where the edge detection results are close to the image's actual conditions. Meanwhile, unsatisfactory results are produced by the segmentation method.*

**Key words :** remote sensing, Landsat 8, coast line, edge detection

### PENDAHULUAN

Penginderaan jauh merupakan ilmu atau seni untuk monitoring dan akuisisi data obyek permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan obyek yang diamati (Danoedoro, 2012; Lillesand et al. 2008). Teknologi penginderaan jauh sangat bermanfaat dalam pengelolaan informasi khususnya dalam bidang pemetaan dan perencanaan wilayah. Eksistensi teknologi ini telah meningkatkan peran bagi dunia akademisi maupun praktisi dalam penyelesaian masalah pemetaan (Danoedoro, 2012). Dewasa ini, perkembangan teknologi tidak lepas dengan bidang teknologi informasi atau komputer. Kemampuannya dalam akumulasi dan menghitung membuat analisis survei penginderaan jauh menjadi lebih cepat. Salah satu teknik dalam penginderaan jauh yang mengalami perkembangan pesat adalah klasifikasi citra. Citra merupakan produk yang dihasilkan dari satelit penginderaan jauh yang terdiri dari nilai spektral (Danoedoro, 2012). Nilai spektral dalam produk ini digunakan oleh pengambil keputusan dalam

membedakan obyek di permukaan bumi melalui teknik klasifikasi citra. Perkembangan klasifikasi citra salah satunya terjadi pada teknik deteksi tepi (*Edge Detection*). Deteksi tepi merupakan tahap pemrosesan citra untuk menghasilkan tepi dari setiap obyek pada citra (Munir, 2019). Dalam bidang penginderaan jauh, membedakan dua obyek sangat diperlukan karena jika hanya menggunakan karakteristik warna maka proses klasifikasi citra tidak akan maksimal. Manfaat lain dari deteksi tepi juga dapat mengurangi jumlah data ketika dilakukan pemrosesan.

Admajaya (2018) dalam penelitiannya menggunakan algoritma Sobel dan Prewitt menghasilkan bahwa rona warna pada citra mempengaruhi hasil deteksi tepi. Penelitian ini juga menjelaskan bahwa algoritma Sobel menghasilkan klasifikasi lebih baik untuk deteksi tepi dibandingkan algoritma Prewitt. Lusiana (2013) dalam penelitiannya menggunakan empat algoritma yaitu Kirsch, Robinson, Sobel, dan Prewitt.

### Cite this as:

Prayogo, L.M & Basith, A. (2021). *Perbandingan Metode Robert's Filter, Segmentasi dan band Ratio pada Citra landsat 8 untuk Analisis Garis Pantai*. *Rekayasa* 14 (3). 353-359.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i23.10300>.

© 2021 Luhur Moekti Prayogo

### Article History:

**Received:** May, 5<sup>th</sup> 2021; **Accepted:** October, 29<sup>th</sup> 2021

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Penelitian tersebut menghasilkan bahwa algoritma Kirsch menghasilkan akurasi paling tinggi dibandingkan dengan tiga algoritma yang lainnya (Sobel, Robinso, dan Prewitt). Urutan dari keempat algoritma yang menghasilkan akurasi tertinggi yaitu Kirsch, Robinson, Sobel, dan Prewitt. Maini & Aggarwal (2009) juga melakukan studi mengenai perbandingan beberapa algoritma deteksi tepi seperti Canny, Laplacian, Gaussian, Robert, Prewit, dan Sobel. Dari keenam algoritma yang diujikan, menunjukkan bahwa algoritma Canny menghasilkan deteksi tepi lebih baik baik dibandingkan algoritma yang lain. Penelitian mengenai deteksi tepi juga pernah dilakukan oleh Nadernejad et al. (2008). Penelitian tersebut membandingkan algoritma deteksi tepi, jarak Eclidean, dan Canny detector. Dari ketiga algoritma tersebut, menghasilkan deteksi tepi menghasilkan performa yang baik yang hampir mirip dengan Canny detector. Putra (2016) membandingkan tiga algoritma deteksi tepi diantaranya Sobel, Robert, dan Canny. Dari ketiga algoritma tersebut, algoritma Canny menghasilkan akurasi terbaik dibandingkan algoritma Sobel dan Robert karena menghasilkan tepi citra lebih tajam dan jelas.

Dari penjelasan diatas, munculah suatu permasalahan bagaimana deteksi tepi berperan dalam memisahkan obyek daratan dengan lautan pada citra penginderaan jauh. Citra penginderaan jauh berbeda dengan citra non-penginderaan jauh, karena berisi informasi spasial dan nilai spectral setiap objek. Identifikasi batas daratan sangat penting untuk dilakukan karena merupakan studi pendahuluan untuk mengamati perubahan garis pantai secara lebih cepat. Deteksi tepi memiliki

kemampuan dalam menganalisis batas daratan dan lautan secara otomatis. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah menguji performa tiga algoritma yaitu Roberts' Filter, Segmentasi Citra, dan Band Ratio dalam membedakan obyek daratan dengan lautan pada citra Landsat 8 yang digunakan untuk analisis garis pantai di pesisir selatan Kabupaten Sampang, Madura.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di bagian selatan pesisir Sampang Madura. Lokasi tersebut dipilih atas pertimbangan kondisi garis pantai yang terlihat jelas pada citra dimana akan memudahkan dalam membedakan objek daratan dengan perairan. Bahan utama yang digunakan adalah citra resolusi sedang Landsat 8. Landsat merupakan salah satu satelit yang dibuat oleh Amerika Serikat pada tahun 1972. Satelit ini menghasilkan jutaan gambar/ citra hasil akuisisi yang digunakan untuk keperluan berbagai bidang diantaranya pertanian, pertambangan, dan pengelolaan sumberdaya (USGS, 2020). Citra-citra tersebut disimpan di stasiun penerimaan Landsat di seluruh dunia. Saat ini, Landsat sudah mengalami perkembangan dan yang terbaru sudah pada generasi ke-8 (USGS, 2020). Landsat 8 diluncurkan pada 11 Februari 2013 dengan membawa sensor OLI (Operational Land Imager). Sensor OLI memiliki 1 band infrared dan 7 band reflektif (USGS, 2020). Citra Landsat 8 dapat diunduh secara gratis dengan panjang dan lebar setiap scene 185 km melalui website resminya <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Tabel 1 merupakan spesifikasi band pada citra Landsat 8.

Tabel 1. Spesifikasi Landsat 8

<b>Bands</b>	<b>Wavelength mikrometer</b>	<b>Spatial Resolution (m)</b>	<b>Radiance (W/m<sup>2</sup>srnm) typical</b>	<b>SNR (typical)</b>
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)	-	-

**Image Fusion - Intensity Hue-Saturation (IHS)**

Image fusion bertujuan untuk menggabungkan citra multispektral dan pankromatik agar citra yang dihasilkan memiliki resolusi sebaik pankromatik dengan tampilan berwarna seperti multispektral (Danoedoro, 2012). Terdapat berbagai metode dalam image fusion diantaranya *Intensity Hue-Saturation (IHS) transform*, *Principal Component Analysis (PCA)* dan *Wavelet Transform (WT)*. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam image fusion adalah IHS. Berikut algoritma IHS yang ditunjukkan pada persamaan (1-3) (Carper *et al.*, 1990).

$$\begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \dots\dots(1)$$

$$H = \tan^{-1} \left( \frac{V_2}{V_1} \right) \dots\dots\dots(2)$$

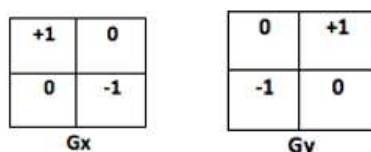
$$S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana I, H, S merupakan intensity components, hue dan saturation, dan V1 dan V2 adalah variabel tengah (Fonseca *et al.*, 2014). Pada teknik fusi dengan IHS, citra multispektral dan pankromatik yang memiliki beda resolusi spasial digabungkan dan akan membentuk citra RGB dengan resolusi sebaik pankromatik. Adapun persamaan dari proses berikut ditunjukkan pada persamaan (4):

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{2} \\ \frac{11}{\sqrt{2}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

**Metode Roberts' Filter**

Roberts' Filter merupakan filter pemrosesan citra berbasis 2 dimensi (2D). Matriks pada algoritma Roberts' berukuran 2x2 dan bekerja dengan koreksi dua arah diagonal sehingga perbedaan citra hasil filter ini pada sisi miring objek (Maini & Aggarwal, 2009). Matriks kernel Roberts'Filter ditunjukkan pada gambar (1) (Maini & Aggarwal, 2009):



Gambar 1. Matriks kernel Roberts'Filter

Matriks ini didesain agar dapat merespon dengan maksimal pada tepi yang bersudut 45° ke batas piksel. Matriks ini dapat dikombinasikan untuk mencari skala absolut dari gradien pada setiap titik dan orientasinya. Nilai mutlak gradien pada suatu titik dapat dicari dengan persamaan (5) (Maini & Aggarwal, 2009):

$$|G| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \dots\dots\dots(5)$$

Sedangkan untuk mendapatkan proses lebih cepat, perhitungan pendekatan gradien dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (6) (Maini & Aggarwal, 2009):

$$|G| = |Gx| + |Gy| \dots\dots\dots(6)$$

**Segmentasi Citra**

Segmentasi citra merupakan proses pengolahan citra digital dengan tujuan membagi citra menjadi region atau obyek-obyek dan memisahkan obyek dari latar belakangnya (rinaldi munir itb 2019). Proses ini umumnya berdasarkan pada tekstur, warna, dan kecerahan dari citra yang dilakukan segmentasi. Region-region yang telah terbagi dari proses segmentasi akan bersifat homogen dan beberapa bagiannya akan saling terhubung. Proses segmentasi merupakan salah satu tahap yang penting untuk dilakukan khususnya sebelum melakukan *image/object recognition*, *image understanding* (Munir, 2019). Umumnya terdapat dua jenis segmentasi yaitu segmentasi citra berdasarkan pemberian nama komponen dan segmentasi citra berdasarkan pendekatan wilayah dan klusterisasi. Segmentasi berdasarkan nama berupa pemberian nama dari piksel-piksel yang dihubungkan atau piksel labelling. Segmentasi berdasarkan pendekatan wilayah dan klusterisasi yaitu mengidentifikasi citra berdasarkan kesamaan corak dengan cara citra dibagi dalam zona kecil berdasarkan tingkat keabuannya.

**Band Ratio**

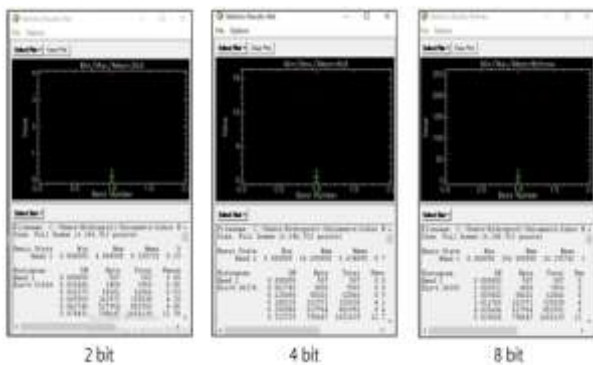
Band ratio merupakan suatu tahapan pengolahan citra yang bertujuan untuk menghasilkan gambar yang memberikan intensitas band relatif (Harris Geospatial, 2020). Teknik ini juga bertujuan untuk meningkatkan perbedaan nilai spektral setiap band untuk mengurangi efek tutupan. Band ratio sering digunakan pada

pengolahan citra dalam mereduksi gangguan nilai spektral yang mengenai obyek permukaan bumi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Teknik Pengolahan Citra

Resolusi spasial citra merupakan ukuran terkecil objek yang dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan (Danoedoro, 2012). Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 dengan resolusi spasial 30 meter. Citra ini terdiri dari band multispektral dan pankromatik yang memiliki resolusi lebih baik. Band multispektral terdiri dari band utama yaitu R, G, B dimana memiliki resolusi sedang (30 meter). Pada multispektral, setiap titik (piksel) pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar yaitu merah, hijau, dan biru yang dikenal sebagai citra RGB. Pada original band RGB, intensitas maksimum pada kisaran ukuran 8 bit atau nilai maksimum 255. Nilai bit pada citra akan mempengaruhi dalam tahap pemrosesan. Semakin besar nilai bit, maka ukuran citra juga semakin besar serta tampilannya lebih jelas dan tajam. Hal ini akan berpengaruh terhadap pemrosesan citra khususnya untuk deteksi tepi. Berikut merupakan sampling citra dengan nilai bit yang berbeda yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampling Citra Landsat 8 (8, 4, dan 2 bit)

### Image Fusion

Kondisi setiap band pada citra Landsat 8 belum tergabung dalam satu layer (terpisah setiap bandnya). Penggabungan band bertujuan agar memudahkan dalam proses analisis dan *fusion*. Kemudian dilakukan *cropping* citra yang bertujuan agar ukuran serta cangkupan citra menjadi lebih kecil dan proses analisis menjadi lebih cepat. Kedua band (multispektral dan pankromatik) dari hasil *cropping* dilakukan *fusion* untuk menghasilkan citra multispektral baru yang memiliki resolusi spasial lebih baik serta spektral yang tajam. Band

multispektral dan pankromatik merupakan masukan utama dalam teknik *fusion*. Kemudian proses *resample* pada band RGB dilakukan pemrosesan dengan algoritma IHS dengan tahapan *contrast match* dengan band pankromatik. Berikut sampel hasil sebelum dan sesudah dilakukan *fusion* pada Citra Landsat 8 yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Sebelum dan Sesudah Dilakukan Fusi pada Citra Landsat-8

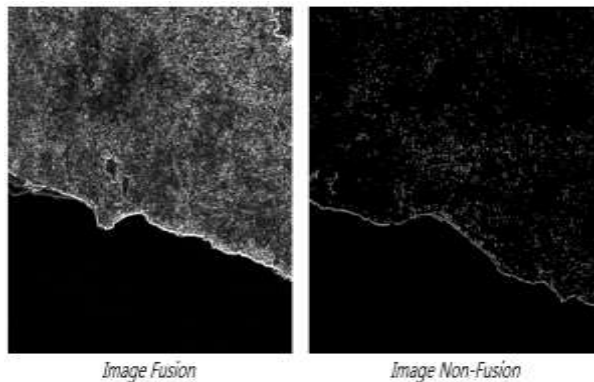
Berdasarkan hasil fusi diatas dapat diketahui bahwa citra non-fusi memiliki resolusi yang tidak sebaik citra hasil fusi. Citra non-fusi memiliki resolusi spasial 30 m, yang merupakan resolusi asli citra Landsat-8 band multispektral. Sedangkan hasil fusi memiliki resolusi yang lebih baik, karena sudah terkoreksi dengan band 8 Landsat-8 resolusi 15 m (band pankromatik).

### Roberts' Filter

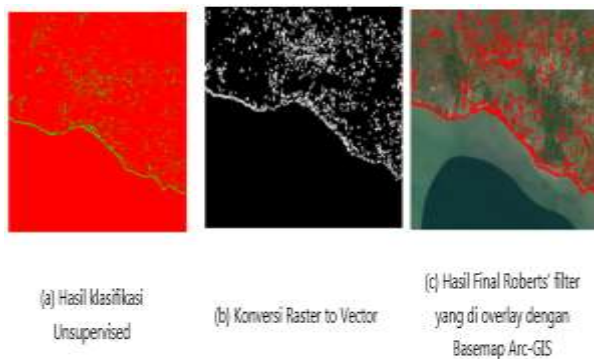
Filter ini menggunakan prinsip *image add-back*. Pada software ENVI, menu ini merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengatur seberapa banyak matrik konvolusi bergerak. Penelitian ini menggunakan *image add-back 1* yang diterapkan pada citra hasil fusi maupun non-fusion. Berikut merupakan hasil filter Roberts' pada kedua citra tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Tapi yang dihasilkan dari citra non-fusi terlihat tidak jelas pada *image add-back* = 1. *Image add-back* merupakan salah satu parameter yang terdapat pada metode Roberts' Filter. Kemudian tepi yang dihasilkan dari citra hasil fusi terlihat sangat jelas pada *image add-back* = 1. Hal ini dikarenakan resolusi spasial citra hasil fusi lebih baik daripada non-fusi. Kemudian untuk menghasilkan tepi terpisah dari latar belakangnya, dilakukan uji klasifikasi *unsupervised*. Klasifikasi ini bertujuan untuk memisahkan obyek daratan agar dapat

dilakukan ekstraksi garis yang membatasi daratan dengan lautan. Berikut merupakan gambar setiap tahapan untuk ekstraksi garis yang membatasi daratan dengan lautan pada Gambar 5.



Gambar 4. Citra hasil Roberts'Filter pada citra Fusion dan Non-Fusion

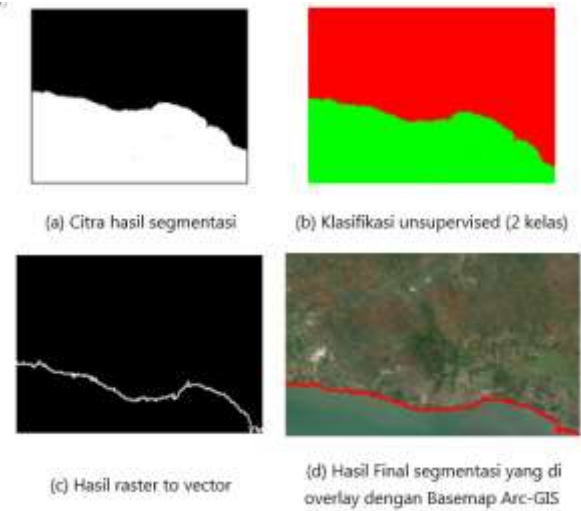


Gambar 5. Tahapan dan Hasil Analisis Tepi Roberts'Filter

### Segmentasi Citra

Segmentasi citra bertujuan untuk memisahkan objek *fore-ground* dengan *back-ground* dimana proses ini menghasilkan citra dalam bentuk biner. Bentuk ini berupa objek (*foreground*) yang dikehendaki berwarna putih (1), sedangkan background yang ingin dihilangkan berwarna hitam (0). Segmentasi digunakan dalam pengenalan pola obyek yang akan dipisah. Penelitian ini menggunakan segmentasi untuk memisahkan obyek daratan dengan lautan sebagai survei pendahuluan perubahan garis pantai. Setelah objek berhasil tersegmentasi, maka kita dapat melakukan proses ekstraksi ciri citra. Terdapat beberapa parameter segmentasi dalam software ENVI seperti *Minimum Thresh Value* dan *Maximum Thresh Value*. Nilai ini didapatkan dari nilai digital number citra pada obyek daratan. Rentang nilai pada klasifikasi ini adalah 0.52 – 0.56. Kemudian untuk

menghasilkan tepi terpisah dari latar belakangnya, dilakukan uji klasifikasi unsupervised. Klasifikasi ini bertujuan untuk memisahkan obyek daratan agar dapat dilakukan ekstraksi garis yang membatasi daratan dengan lautan. Berikut merupakan gambar setiap tahapan untuk ekstraksi garis yang membatasi daratan dengan lautan pada citra hasil segmentasi (Gambar 6).

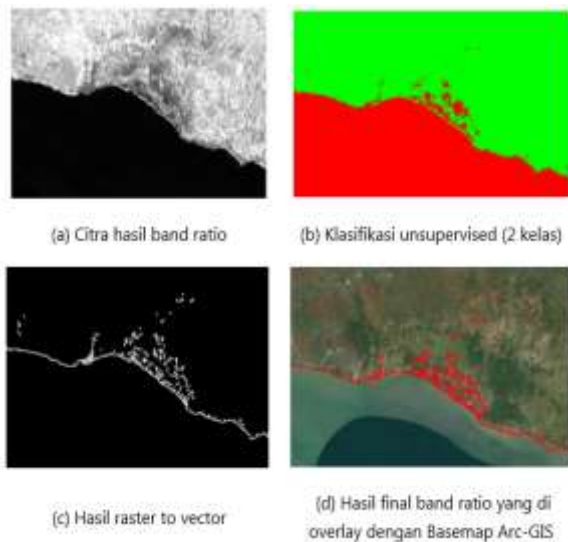


Gambar 6. Tahapan dan Hasil Analisis Tepi Metode Segmentasi

### Band Ratio

Band ratio merupakan pembagian antara band  $x$  dan  $y$ . Teknik ini bertujuan untuk untuk menonjolkan obyek vegetasi, air maupun batas antara daratan dan lautan. Penelitian ini menggunakan band green dan NIR Infrared yang dapat digunakan untuk ekstraksi tepi daratan sebagai survei pendahuluan garis pantai. Analisis band ratio menggunakan ENVI terdapat dua hal yang perlu dilakukan yaitu band yang numerator dan denominator. Penggunaan band green yang dibagi dengan band NIR Infrared menghasilkan tepi daratan yang baik. Kemudian untuk menghasilkan tepi terpisah dari latar belakangnya, dilakukan uji klasifikasi unsupervised. Klasifikasi ini bertujuan untuk memisahkan obyek daratan agar dapat dilakukan ekstraksi garis yang membatasi daratan dengan lautan. Berikut merupakan gambar setiap tahapan untuk ekstraksi garis yang membatasi daratan dengan lautan pada citra hasil band ratio pada Gambar (7).

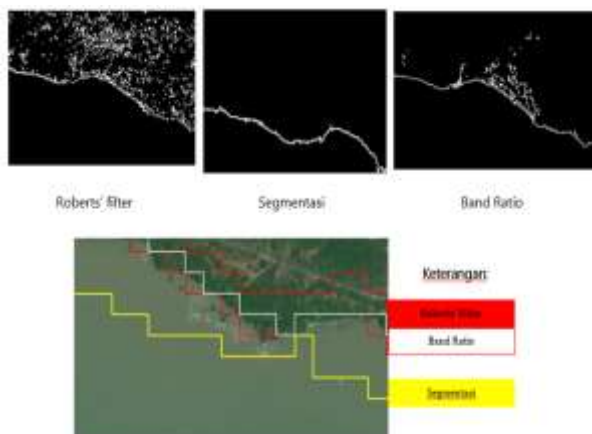




Gambar 7. Tahapan dan Hasil Analisis Tepi Metode Band Ratio

### Perbandingan Hasil Metode

Perbandingan hasil deteksi tepi bertujuan untuk mengetahui hasil setiap metode dengan melihat garis yang terbentuk setelah dilakukan overlay menggunakan basemap. Hal ini bertujuan untuk mengetahui metode terbaik yang dihasilkan dari deteksi tepi khususnya pada obyek daratan. Pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa band ratio memiliki performa terbaik dalam deteksi tepi karena menghasilkan garis yang mendekati tepi daratan. Sedangkan hasil yang kurang baik didapatkan yaitu terjadi pada metode segmentasi karena garis tepi yang dihasilkan tidak mendekati dengan bentuk daratan. Berikut merupakan gambar overlay dari tiga metode yang dihasilkan untuk deteksi tepi pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil 3 Metode Deteksi Tepi yang Dioverlay Dengan Basemap Arc-GIS

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada citra non-fusi, edge yang dihasilkan kurang tajam dan kasar. Sedangkan pada citra fusi yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi, edge yang dihasilkan lebih tajam dan halus. Band Ratio menghasilkan edge yang mendekati kondisi real citra. Sedangkan hasil yang kurang baik dihasilkan pada metode segmentasi. Metode band ratio memiliki performa yang baik untuk kajian obyek daratan yang berbatasan dengan lautan sehingga dapat digunakan untuk analisis perubahan garis pantai lebih cepat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Admajaya, A. H. D. (2018). *Perbandingan Deteksi Tepi (Edge Detection) Citra Digital Berdasarkan Pengaruh Kombinasi Warna Menggunakan Metode Sobel dan Prewitt*. Universitas Negeri Yogyakarta. 1-10.
- Carper, W. J., Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1990). The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 54(4), 459–467. <https://doi.org/ISSN0099-1112>.
- Danoedoro, P. (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. In Benedicta Rini W (Ed.), *Penerbit ANDI* (1st ed.). Penerbit ANDI. 1-397.
- Fonseca, Laercio Namikawa, E. C., & Lino Carvalho, C. P. and A. P. (2014). *Image Fusion for Remote Sensing Applications*. 153-178.
- Harris Geospatial. (2020). *Band Ratio*. <https://www.harrisgeospatial.com/docs/BandRatios.html> (Diakses 3 April 2021).
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., and Chipman, J. (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation, 6th edition* (John Willey and Sons (ed.); 6th ed.). Oxford.
- Lusiana, V. (2013). Deteksi Tepi pada Citra Digital menggunakan Metode Kirsch dan Robinson. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIKA*, 18(2), 182–189. <https://doi.org/0854-9524>.
- Maini, R., & Aggarwal, H. (2009). Study and comparison of various image edge detection techniques. *International Journal of Image*

- Processing*, 3(1), 1–12.
- Munir, R. (2019). *Segmentasi Citra*. Program Studi Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektronika. Institut Teknologi Bandung. 1-49.
- Nadernejad, E., Sharifzadeh, S., & Hassanpour, H. (2008). Edge Detection Techniques: Evaluations and Comparisons. *Applied Mathematical ...*, 2(31), 1507–1520.
- Putra, N. K. A. W. (2016). Pengolahan Citra Digital
- Deteksi Tepi Untuk Membandingkan Metode Sobel, Robert dan Canny. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 2(2).
- USGS. (2020). *Landsat & Imagery*. U.S. Department of the Interior. <https://www.usgs.gov/> (Diakses 28 Maret 2021).