

# DELINEASI OTOMATIS HUTAN MANGROVE DARI CITRA LDCM MENGUNAKAN METODE HIBRID *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) DAN NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX (NDWI)*

## Automatic Delineation of Mangrove Forest from LDCM Imagery using Hybrid Method *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Normalized Difference Water Index (NDWI)*

Syam'ani <sup>1\*</sup>, Abdi Fithria <sup>1</sup>, Leila Ariyani Sofia <sup>2</sup>, Siti Saidah <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

<sup>2</sup> Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

\*Surel korespondensi: syamani.fhut@unlam.ac.id

**Abstract.** This study aims to develop a hybrid method *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* and *Normalized Difference Water Index (NDWI)* for the automatic delineation of the mangrove forests from Landsat 8 DCM imagery. This method was developed because the visual interpretation is a method that is not very efficient in extracting spatial information of mangrove forests. This hybrid method was tested on Landsat 8 imagery path/row 117/062, where many mangrove forests in the region this coverage. The method used to separate the object of forest and non-forest on the NDVI, including for separating water and non-water at NDWI is *Otsu thresholding*. While the ability to see the accuracy of this hybrid method, mangrove forest extraction results automatically tested with mangrove forests visual interpretation of the image of Sentinel-2 on a specific area designated as a sample. Field verification was conducted to ensure the object of mangrove forests. Furthermore, the accuracy test conducted by Confusion Matrix. The results of this study indicate that hybrid method NDVI and NDWI for delineation of mangrove forests is quite accurate. This is evident from the overall accuracy of 95.5%, 8.34% omission error, and 0.76% commission error. However, the hybrid method is also experiencing an error detection on the object cloud shadow, the shadow of the hill, and non-mangrove swamp forests that have similar spectral characteristics of mangrove forests.

**Keywords:** delineation, hybrid, information, mangrove

## 1. PENDAHULUAN

Hutan mangrove (*mangrove forest*) merupakan salah satu jenis hutan yang berada pada ekosistem lahan basah, yaitu suatu lahan yang tergenang air dangkal, baik secara permanen maupun periodik. Hutan mangrove memiliki ciri khusus dibandingkan dengan hutan lahan kering atau hutan lahan basah lainnya, yaitu tempat tumbuhnya yang merupakan lahan basah di wilayah pesisir, yang merupakan ekosistem air payau. Karena memiliki ciri khusus seperti ini, maka dari citra satelit optik, secara visual kenampakan hutan mangrove dapat diidentifikasi dan didelineasi dengan mudah.

Identifikasi hutan mangrove pada citra satelit optik multispektral seperti LDCM (*Landsat 8 Data Continuity Mission*) terkadang bahkan cukup hanya berdasarkan dari rona/warnanya saja. Mengingat secara visual, rona/warna hutan mangrove merupakan percampuran antara warna vegetasi dan warna air yang berada di bawah tajuk-tajuk

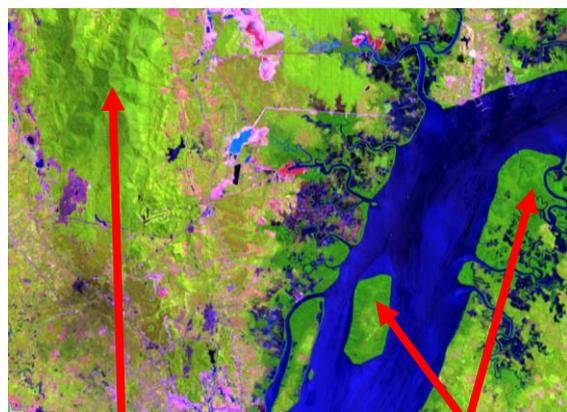
pohonnya. Pada Citra LDCM komposit 432 atau 654, biasanya hutan mangrove terlihat berwarna hijau tua, hingga hijau kebiruan atau hijau kehitaman.

Tentu saja untuk meningkatkan akurasi hasil interpretasi hutan mangrove, kita tidak cukup hanya dengan melihat rona/warnanya saja, kita juga harus mempertimbangkan unsur-unsur lainnya, seperti lokasi (*site*). Sebab hutan mangrove selalu terletak di daerah pesisir. Baik itu pesisir laut maupun tepi sungai besar di dekat muara sungai, bahkan di pulau-pulau kecil di tengah sungai besar yang dekat muara sungai, dimana ekosistem perairannya sudah merupakan ekosistem air payau.

Di Provinsi Kalimantan Selatan, mangrove, baik belukar maupun hutan, terdapat di pulau-pulau kecil di tengah-tengah Sungai Barito. Seperti Pulau Bakut, Pulau Kembang, dan Pulau Kaget. Selebihnya mangrove di Kalimantan Selatan terdapat di pesisir Selatan dan Timur. Eksistensi hutan mangrove terbesar di Kalimantan Selatan terdapat di pesisir Timur, wilayah Kabupaten



Kotabaru. Dimana di wilayah ini terdapat Cagar Alam Teluk Kelumpang, yang merupakan kawasan cagar alam mangrove.



Hutan lahan kering

Hutan mangrove

Gambar 1. Perbedaan kenampakan visual hutan lahan kering dan hutan mangrove pada Citra LDCM komposit 654

Meskipun delineasi manual terhadap hutan mangrove relatif mudah secara visual, akan tetapi sebagaimana yang kita ketahui, delineasi manual atau interpretasi visual merupakan suatu metode ekstraksi informasi dari citra satelit yang sangat tidak efisien, terlalu banyak mengkonsumsi waktu dan tenaga. Kita dapat membayangkan bagaimana mengidentifikasi secara visual sekaligus mendigitasi secara manual hutan mangrove satu Provinsi Kalimantan Selatan.

Selain tidak efisien, konsistensi hasil delineasi manual terkadang masih perlu untuk dipertanyakan. Ketidakkonsistenan interpretasi seperti ini dapat mengakibatkan kerancuan pada data spasial hasil interpretasi, khususnya jika kita melakukan analisis antar waktu (multi temporal). Misalnya deteksi perubahan atau kerusakan hutan mangrove.

Berangkat dari permasalahan ini, maka dipandang perlu untuk melakukan suatu penelitian, yang khusus mengkaji metode delineasi hutan mangrove dari citra satelit secara otomatis dan dengan teknik kuantitatif. Sehingga proses identifikasi dan delineasi hutan mangrove dapat lebih efisien dan hasilnya lebih akurat.

## 2. METODE

Sejauh ini, berbagai metode sudah dikembangkan untuk keperluan delineasi atau zonasi vegetasi. Untuk metode yang berbasis citra digital optik seperti LDCM dikenal indeks vegetasi (*vegetation indice*). Terdapat ratusan indeks vegetasi, baik yang didesain untuk citra

multispektral maupun untuk citra hiperspektral. Untuk citra multispektral seperti LDCM, salah satu indeks vegetasi yang paling legendaris adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yang pertama kali dirumuskan oleh Rouse et al. dari *Remote Sensing Center of Texas A&M University* pada tahun 1973. NDVI diformulasikan sebagai berikut (Rouse et al., 1973):

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

Dalam hal ini:

$\rho_{red}$  : saluran merah citra multispektral (ekivalen dengan saluran 4 Landsat 8)

$\rho_{nir}$  : saluran inframerah dekat citra multispektral (ekivalen dengan saluran 5 Landsat 8)

Pada NDVI (1), kenampakan objek vegetasi dan objek tanah akan ditonjolkan (tinggi) nilai spektralnya, sementara objek air akan ditekan (rendah) nilai spektralnya. Hal ini karena pada saluran inframerah dekat (Near Infrared/NIR), yang memiliki panjang gelombang sekitar 0,7 – 0,9  $\mu$ m, objek vegetasi dan tanah memiliki nilai spektral yang tinggi, sedangkan objek air memiliki nilai spektral yang sangat rendah (kurang dari 0). Artinya objek air pada saluran ini hampir tidak terlihat.

Transformasi NDVI akan menghasilkan sebuah citra digital yang memiliki rentang nilai pixel dari -1 hingga 1. Nilai pixel negatif diasosiasikan sebagai fitur air, nilai pixel 0 (nol) diasosiasikan sebagai fitur lahan terbuka atau bangunan atau yang sejenisnya, sementara nilai pixel positif diasosiasikan sebagai fitur vegetasi. Akan tetapi, Cheng et al. (2008) menggunakan nilai ambang (*threshold*) 0,22 untuk membatasi nilai pixel objek vegetasi pada citra resolusi tinggi IKONOS. Sehingga nilai pixel NDVI 0 sampai kurang dari 0,22 menurut Cheng merupakan objek lahan terbuka, bangunan, atau objek lainnya.

NDVI pada nilai pixel positif menggambarkan tingkat kerapatan (densitas) vegetasi secara relatif. Artinya, semakin tinggi nilai NDVI, maka penutupan vegetasi dapat diartikan semakin rapat. Sehingga nilai NDVI yang tinggi dapat diinterpretasi sebagai vegetasi dengan tajuk rapat atau hutan. Menurut DoI USGS (2015), nilai pixel NDVI 0,6 ke atas dapat diasosiasikan sebagai hutan. Sementara menurut Arulbalaji and Gurugnanam (2014), nilai NDVI 0,45 - 0,7 ke atas dapat dikategorikan sebagai *dense forests* (hutan rapat). Sehingga untuk mendelineasi hutan, kita dapat langsung membatasi nilai NDVI dengan batasan (*threshold*) nilai tertentu.

Tentu saja, data spasial hutan yang dapat diekstrak dari NDVI adalah hutan secara umum. Baik hutan lahan kering maupun hutan lahan basah



seperti hutan mangrove. Untuk dapat membedakan hutan mangrove dari hutan lahan kering tentu saja NDVI belum cukup.

Sebagaimana sudah dijelaskan di muka, bahwa hutan mangrove memiliki ciri khusus bahwa lahannya tergenang air. Ciri khusus inilah yang membedakan hutan mangrove dengan hutan lahan kering. Dalam hal ini, kita memerlukan suatu metode transformasi citra digital lainnya yang dapat membedakan antara lahan basah (rawa) dan lahan kering. Dan salah satu metode transformasi yang paling populer untuk ekstraksi data spasial lahan basah adalah *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Singkatnya, di dalam penelitian ini kami menggunakan metode hibrid (kombinasi) antara NDVI dan NDWI untuk ekstraksi data spasial hutan rawa.

Metode transformasi NDWI sendiri sesungguhnya memiliki kemiripan dengan NDVI, yaitu menggunakan perbandingan antar saluran (*band rationing*). Secara sederhana, NDWI diformulasikan oleh McFeeters (1996) sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{nir}}{\rho_{green} + \rho_{nir}}$$

Dalam hal ini,

$\rho_{green}$  : saluran hijau citra multispektral (ekivalen dengan saluran 3 Landsat 8)

Sama seperti NDVI, citra hasil transformasi NDWI (2) juga memiliki rentang nilai pixel -1 sampai 1. Menurut McFeeters (1996), nilai pixel positif (lebih dari 0) berarti fitur air, sedangkan nilai pixel -1 sampai 0 berarti fitur selain air (vegetasi, tanah, dan sebagainya). Sehingga nilai 0 oleh McFeeters (1996) ditetapkan sebagai nilai ambang (*threshold*) untuk objek air pada citra hasil transformasi NDWI.

Akan tetapi, menurut Xu (2006), NDWI ternyata memiliki satu kelemahan utama, yaitu belum efisien untuk menekan nilai spektral dari lahan-lahan terbangun. Sehingga fitur air yang sudah ditonjolkan ternyata masih tercampur (*mixed*) dengan *noise* dari objek bangunan. Dengan kata lain, dalam beberapa kasus, fitur bangunan pada hasil transformasi NDWI dapat bernilai positif, sehingga teridentifikasi sebagai air.

Berdasarkan pada permasalahan di atas, Xu (2006) menggeser/mengganti saluran pengurang menjadi saluran yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, yaitu saluran inframerah tengah (*Middle Infrared/MIR*), atau kadang disebut juga saluran inframerah gelombang pendek (*Shortwave Infrared/SWIR*). Sehingga formulasi NDWI dimodifikasi oleh Xu (2006) sebagai berikut:

$$NDWI_m = \frac{\rho_{green} - \rho_{swir}}{\rho_{green} + \rho_{swir}}$$

Dalam hal ini,

NDWI<sub>m</sub> : NDWI modified

$\rho_{swir}$  : saluran inframerah gelombang pendek citra multispektral (ekivalen dengan saluran 6 atau 7 Landsat 8)

Pada penelitian Xu (2006) dengan menggunakan Citra Landsat 7 ETM+, akurasi NDWI (2) dibandingkan dengan NDWI<sub>m</sub> (3), dengan cara menguji kedua metode transformasi ini pada tiga objek perairan berbeda, yaitu danau, laut, dan sungai. Hasilnya ternyata sesuai asumsi awal, bahwa NDWI<sub>m</sub> lebih akurat dari pada NDWI. Ketika digunakan nilai *threshold* 0 (nol) sebagai pemisah antara fitur air dan fitur bukan air, NDWI memiliki akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) berkisar antara 77,25% hingga 94,81%. Sedangkan NDWI<sub>m</sub> memiliki akurasi keseluruhan di atas 99% untuk ketiga objek perairan. Hal ini menjadikan NDWI<sub>m</sub> lebih efektif dari pada NDWI.

Meskipun sudah ada hasil penelitian untuk memberikan rekomendasi nilai *threshold* objek hutan pada citra NDVI, demikian juga dengan nilai *threshold* objek air pada citra NDWI, akan tetapi nilai *threshold* ini sering menjadi tidak efektif. Sebab baik nilai *threshold* NDVI maupun NDWI yang didapatkan dari hasil penelitian di suatu wilayah menggunakan citra satelit tertentu, belum tentu sesuai diterapkan di wilayah lainnya, apalagi dengan citra satelit yang berbeda. Sehingga dalam hal ini, kita memerlukan suatu metode objektif-kuantitatif untuk menentukan sendiri nilai *threshold* yang paling akurat untuk membedakan objek hutan dan non-hutan dan objek air dan non-air.

Salah satu metode *automatic thresholding* yang paling mudah diterapkan adalah Otsu Threshold, yang diformulasikan oleh Professor Nobuyuki Otsu dari Electro-Technical Laboratory, Tokyo University pada tahun 1979. Secara praktis, dalam memisahkan objek *water* dan *non-water* pada citra NDWI, algoritma *Otsu Thresholding* dijelaskan melalui persamaan-persamaan berikut (Otsu, 1979):

$$\begin{cases} \sigma^2 = P_{nw} \cdot (M_{nw} - M)^2 + P_w \cdot (M_w - M)^2 \\ M = P_{nw} \cdot M_{nw} + P_w \cdot M_w \\ P_{nw} + P_w = 1 \end{cases}$$

$$t^* = \underset{a \leq t \leq b}{\text{Arg Max}} \{ P_{nw} \cdot (M_{nw} - M)^2 + P_w \cdot (M_w - M)^2 \}$$

Dalam hal ini:

$\sigma^2$  : varian di dalam kelas water maupun non-water

$P_{nw}$  : probabilitas nilai pixel untuk masuk kelas non-water



Pw : probabilitas nilai pixel untuk masuk kelas water  
 Mnw : rata-rata nilai pixel kelas non-water  
 Mw : rata-rata nilai pixel kelas water  
 M : rata-rata nilai pixel citra NDWI  
 t\* : nilai threshold

$\rho\lambda$  : Top of Atmosphere (TOA) reflectance  
 LA : radiance  
 d : jarak bumi ke matahari dalam Astronomical Unit (AU)  
 ESUN $\lambda$  : rata-rata irradiance exoatmospheric matahari  
 $\theta_s$  : sudut zenith (ketinggian matahari dari horizon) matahari

Komputasi nilai threshold (t\*) pada persamaan (5) merupakan proses iteratif, dengan menguji coba sejumlah nilai *threshold*, sampai ditemukan nilai variasi yang maksimum untuk masing-masing kelas air dan non-air. Biasanya nilai *threshold* inisial dipilih nilai rata-rata. Tentu saja proses ini sangat memakan waktu, mengingat nilai pixel jumlahnya jutaan dan kita harus mengambil beberapa nilai *threshold* dari seluruh nilai pixel citra NDWI yang ada. Akan tetapi dalam praktiknya, implementasi *Otsu Thresholding* pada citra satelit dapat dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat lunak pengolah citra digital. Misalnya yang kami gunakan dalam penelitian ini adalah Exelis ENVI 5.3.1.

Lebih jauh, bukan hanya *thresholding* air dan non-air pada citra NDWI, *thresholding* hutan dan non-hutan pada citra NDVI di dalam penelitian ini juga menggunakan metode *Otsu Thresholding* (4) (5).

Saluran multispektral dan pankromatik Landsat 8 DCM memiliki resolusi radiometrik 12-bit. Itu artinya, nilai pixel (*Digital Number/DN*)-nya memiliki rentang 0 sampai 4.096. Untuk keperluan analisis kuantitatif, seperti transformasi citra, kita tidak direkomendasikan menggunakan nilai pixel. Sekurang-kurangnya menggunakan *radiance*, dan sebaiknya menggunakan *Top of Atmosphere (TOA) Reflectance* atau *Top of Canopy (TOC) Reflectance* (Liang, 2004). Oleh sebab itu, Citra Landsat 8 DCM asli yang sudah kita download, terlebih dahulu harus dikalibrasi menjadi TOA atau TOC, sebelum transformasi.

Untuk mengkonversi nilai DN ke radiance formulanya adalah sebagai berikut (Dol USGS, 2016):

$$L_{\lambda} = gain * DN + bias$$

Dalam hal ini,  
 LA : radiance  
 DN : Digital Number gain dan bias didapatkan dari metadata Citra Landsat 8 DCM

Untuk mengkalibrasi radiance menjadi TOA formulanya adalah sebagai berikut (Chander et al., 2009):

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * d^2 / ESUN_{\lambda} * \cos \theta_z$$

Dalam hal ini,

Sementara untuk mengkonversi TOA menjadi TOC, kita harus melakukan koreksi atmosferik. Saat ini, keseluruhan proses kalibrasi seperti ini, baik dari DN ke radiance, dari radiance ke TOA, hingga dari TOA ke TOC, sepenuhnya dapat dilakukan secara otomatis dengan perangkat lunak pengolah citra digital, seperti Exelis ENVI 5.3.1 atau yang lainnya.

Untuk mengetahui kualitas hasil delineasi hutan mangrove menggunakan metode hibrid NDVI dan NDWI, akan dilakukan uji akurasi menggunakan metode matriks kesalahan atau *Confusion Matrix* yang dikembangkan oleh Short (1982) (Stehman and Czaplewski, 1997; Rossiter, 2004). Tentu saja uji akurasi di sini memerlukan data pembanding, berupa data spasial batas-batas hutan mangrove yang memiliki akurasi yang lebih tinggi.

Di dalam penelitian ini uji akurasi dilakukan dengan membandingkan antara hasil delineasi hutan mangrove pada Citra LDCM (menggunakan metode hibrid NDVI dan NDWI), dengan hasil interpretasi visual hutan mangrove pada Citra Sentinel-2 dari *European Space Agency (ESA)*. Citra Sentinel-2 memiliki resolusi spasial 10 meter, lebih tinggi dari pada LDCM yang memiliki resolusi spasial 30 meter. Lebih jauh, verifikasi lapangan juga dilakukan pada beberapa titik untuk menguji kebenaran hasil klasifikasi hutan mangrove.

Pada Citra Sentinel-2, kenampakan hutan dapat terlihat lebih jelas. Sebab tekstur yang dibentuk dari tajuk-tajuk pohon dapat terlihat langsung secara visual. Bahkan pada kasus tertentu, ketika pohon-pohon tumbuh jarang, tajuk-tajuk pohon per individu pun dapat terlihat secara visual. Demikian juga halnya dengan warna dari tubuh perairan yang dapat terlihat lebih jelas pada Citra Sentinel-2. Sehingga batas-batas hutan mangrove dapat diidentifikasi lebih akurat pada Citra Sentinel-2. Dalam penelitian ini, sejumlah lokasi pada Citra Sentinel-2 akan dipilih secara purposif sebagai sampel uji akurasi.





Gambar 2. Kenampakan Mangrove pada Citra Sentinel-2 True Color Composite



Gambar 3. Citra Landsat 8 DCM path/row 117/062

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Wilayah Pengujian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian metode analisis citra satelit digital, yaitu metode delineasi otomatis hutan mangrove pada Citra LDCM menggunakan metode kombinasi NDVI dan NDWI. Karena penelitian berfokus pada uji metodologi, maka pemilihan dan pembatasan wilayah menjadi tidak terlalu penting. Kita dapat mengambil sembarang wilayah, dimana di sana diduga terdapat hutan mangrove.

Di dalam penelitian ini, kami mengambil satu scene (wilayah liputan) Citra Landsat 8 DCM path/row 117/062, perekaman tanggal 22 April 2015. Citra Landsat 8 DCM path/row 117/062 meliputi lebih dari 60% wilayah daratan Provinsi Kalimantan Selatan. Pada wilayah liputan ini, terdapat pesisir Timur dan Tenggara Kalimantan Selatan yang banyak terdapat hutan mangrove. Pada pesisir Timur terdapat Cagar Alam teluk Kelumpang yang hampir seluruhnya merupakan hutan mangrove.

#### 3.2 Pengolahan Citra LDCM

##### 3.2.1 Preprocessing

Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam tahap *preprocessing* atau pra-pemrosesan Citra LDCM. Langkah pertama adalah kalibrasi nilai pixel atau *Digital Number (DN)* menjadi *Top Of Atmospheric (TOA) Reflectance*. Kemudian dilanjutkan dengan koreksi atmosferik untuk mengkonversi TOA menjadi *Top Of Canopy (TOC)* atau *Surface Reflectance*. Keseluruhan proses ini, baik kalibrasi DN menjadi TOA, hingga konversi TOA menjadi TOC, dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Exelis ENVI 5.3.1.

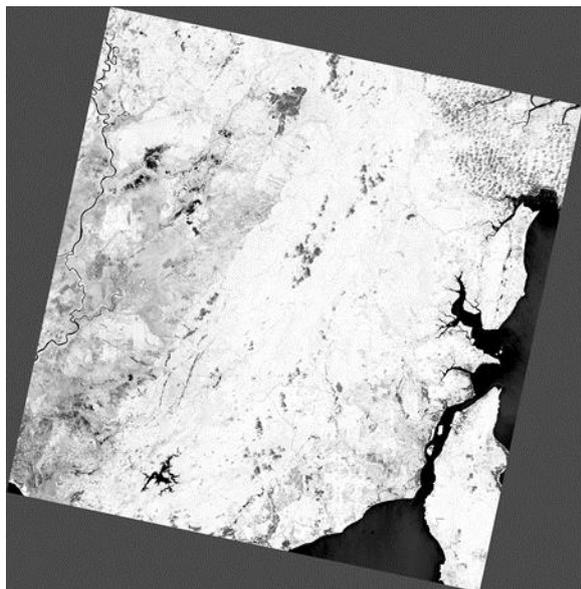
Secara teoritis, proses konversi DN menjadi TOA sebenarnya didahului oleh proses konversi DN menjadi *radiance*, dengan menggunakan algoritma persamaan (6). Selanjutnya baru konversi *radiance* menjadi TOA menggunakan algoritma pada persamaan (7). Akan tetapi secara teknis, di dalam perangkat lunak Exelis ENVI 5.3.1 kedua proses tersebut dijalankan sekaligus secara otomatis. Jadi kita tinggal mengkonversi TOA menjadi TOC.

Untuk mengkonversi TOA menjadi TOC metodenya adalah dengan koreksi atmosferik. Maksudnya menghilangkan pengaruh keberadaan partikel-partikel udara (*aerosol particles*) di atmosfer yang dapat menghalangi pantulan sinar matahari dari objek (*surface*) ke sensor satelit. Ada beberapa metode koreksi atmosferik, metode yang paling mudah untuk diimplementasikan adalah *Dark Objects Substraction (DOS)*. Secara teknis, metode DOS dilakukan dengan mengurangi nilai TOA setiap saluran dengan nilai TOA minimumnya. Di dalam penelitian ini, proses ini juga dilakukan secara otomatis di dalam perangkat lunak Exelis ENVI 5.3.1.

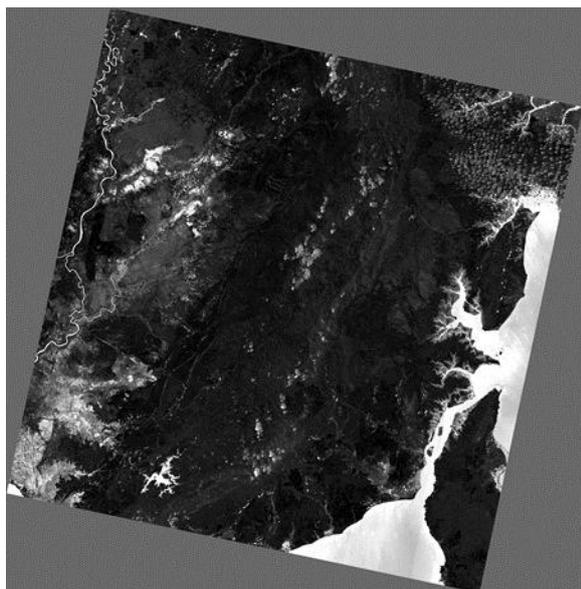
##### 3.2.2 Transformasi NDVI dan NDWI<sub>m</sub>

Sesudah citra TOC didapatkan, khususnya untuk LDCM saluran 3 (hijau), 4 (merah), 5 (inframerah dekat), dan 6 (inframerah gelombang pendek), selanjutnya dapat dilakukan proses transformasi citra menjadi NDVI menggunakan persamaan (1), dan transformasi citra menjadi NDWI<sub>m</sub> menggunakan persamaan (3). Proses ini

juga dilakukan di dalam perangkat lunak Exelis ENVI 5.3.1.



Gambar 4. Citra hasil transformasi NDVI



Gambar 5. Citra hasil transformasi NDWI<sub>m</sub>

Perhatikan perbandingan antara citra hasil transformasi NDVI (Gambar 5) dan NDWI<sub>m</sub> (Gambar 4) secara visual. Pada Citra NDVI, objek daratan yang kaya akan fitur vegetasi terlihat lebih cerah, sedangkan tubuh perairan seperti laut atau danau/waduk justru terlihat gelap. Hal ini dikarenakan NDVI merupakan indeks vegetasi (*vegetation indice*), yang akan mengurutkan kerapatan vegetasi secara relatif. Semakin padat vegetasinya maka rona Citra NDVI akan semakin cerah. Sementara fitur-fitur non-vegetasi, seperti

lahan terbuka, bangunan, atau air, akan terlihat gelap.

Lain halnya pada NDWI<sub>m</sub> (Gambar 5) objek daratan justru terlihat lebih gelap, sementara lautan dan danau/waduk justru lebih cerah. Lebih jauh, lahan basah yang terdapat di bagian Barat dari Citra LDCM path/row 117/063 juga terlihat cukup cerah, meskipun tidak secara lautan atau waduk. Hal ini dikarenakan NDWI<sub>m</sub> merupakan indeks air (*water indice*) yang akan mengurutkan tingkat kecerahan fitur air secara relatif. Tingkat kecerahan ini dapat diasumsikan berbanding lurus dengan kedalaman air. Semakin dalam air, nilai pixel NDWI<sub>m</sub> semakin tinggi, dan kenampakannya visualnya semakin cerah.

### 3.2.3 Otsu Thresholding dan ekstraksi data spasial hutan mangrove

Sebagaimana sudah dijelaskan pada bagian metode, bahwa sudah ada beberapa penelitian yang menemukan *threshold* (nilai ambang) untuk membedakan antara vegetasi dan non-vegetasi, termasuk antara vegetasi hutan dan vegetasi non-hutan pada NDVI. Demikian juga halnya *threshold* untuk membedakan antara air dan non-air pada NDWI<sub>m</sub>. Akan tetapi, menurut rekomendasi dari beberapa penelitian, salah satunya dari Li et al. (2013), bahwa penyesuaian *threshold* pada satu situasi tertentu dapat meningkatkan akurasi delineasi tubuh air pada NDWI. Tentu saja rekomendasi ini juga berlaku untuk vegetasi. Sehingga metode yang paling efektif dan objektif adalah dengan menemukan sendiri nilai *threshold* tersebut.

Metode untuk menemukan nilai *threshold* yang digunakan dalam penelitian ini, baik pada NDVI maupun NDWI<sub>m</sub> adalah *Otsu Thresholding* (4) (5). *Otsu Thresholding* memiliki asumsi dasar bahwa nilai pixel citra digital memiliki histogram *gaussian* bimodal, yaitu kurva distribusi normal yang memiliki 2 puncak. Secara garis besar, *Otsu Thresholding* merupakan proses iteratif untuk menemukan nilai *threshold* yang paling optimal. Dimana suatu nilai akan ditetapkan sebagai *threshold* jika nilai tersebut berhasil memisahkan 2 kelompok nilai pixel dengan variasi maksimum di dalam kelas. Di dalam penelitian ini, proses *Otsu Thresholding* dilakukan dengan bantuan bahasa skrip *Interactive Data Language* (IDL) yang masih satu paket dengan perangkat lunak Exelis ENVI 5.3.1.

Khusus untuk NDVI, *thresholding* dilakukan 2 kali. *Thresholding* pertama adalah untuk memisahkan antara fitur vegetasi dan non-vegetasi,



*thresholding* kedua adalah untuk memisahkan antara vegetasi hutan dan vegetasi non-hutan. Dari hasil *Otsu Thresholding*, masing-masing didapatkan nilai *threshold* untuk vegetasi adalah 0,345098, dan nilai *threshold* untuk hutan adalah 0,737255. Dari sini sudah terlihat bahwa, nilai *threshold* 0 atau pun 0,22 menurut Cheng et al. (2008), tidak selalu efektif dalam semua kasus untuk membedakan objek vegetasi dan non-vegetasi pada NDVI. Demikian juga dengan nilai *threshold* 0,45 – 0,7 untuk hutan rapat menurut Arulbalaji and Gurugnanam (2014), ternyata di dalam penelitian ini justru ditemukan nilai *threshold* hutan yang paling optimal pada NDVI adalah 0,737255.

Kejadian yang sama juga terjadi pada NDWI<sub>m</sub>, dimana di dalam penelitian ini, dengan metode *Otsu Thresholding* ditemukan nilai *threshold* paling optimal untuk fitur air adalah -0,125984. Sehingga pada Citra NDWI<sub>m</sub>, nilai pixel yang lebih besar dari atau sama dengan -0,125984 sudah dapat diyakini sebagai objek air. Kedua nilai *threshold*, yaitu 0,737255 dari NDVI dan -0,125984 dari NDWI<sub>m</sub>, akan digunakan untuk memprediksi batas-batas hutan mangrove secara otomatis. Dimana secara teknis prosesnya dilakukan menggunakan Band Math pada perangkat lunak Exelis ENVI 5.3.1.

Hasil *thresholding* akan menghasilkan sebuah citra biner (*binary image*), yaitu suatu citra digital yang hanya memiliki 2 nilai pixel, 0 dan 1. Nilai pixel 1 berarti *true image* untuk pixel-pixel hutan mangrove. Sementara nilai pixel 0 berarti objek selain hutan mangrove.

Gambar 6 di bawah menunjukkan perbesaran salah satu lokasi hasil delineasi otomatis hutan mangrove di daerah Cagar Alam Teluk Kelumpang, Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. Sementara hasil delineasi hutan mangrove secara keseluruhan di wilayah penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

Untuk membandingkan dengan kenampakan visual hutan mangrove, hasil delineasi otomatis ini ditumpangtindihkan (*overlap*) dengan Citra LDCM komposit 654 (Gambar 6).

Secara visual, hasil *overlapping* pada Gambar 6 menunjukkan bahwa, hutan mangrove yang terdelineasi otomatis (dengan metode yang dikembangkan dalam penelitian ini) adalah hutan mangrove yang memang benar-benar sudah dewasa, atau sudah berwujud pohon. Sementara hutan mangrove yang merupakan tegakan muda tidak terdelineasi secara otomatis.

**Tanaman muda di hutan mangrove (tidak terdelineasi)**



**Tanaman dewasa/pohon di hutan mangrove yang terdelineasi otomatis**

Gambar 6. Hasil *overlap* antara hasil delineasi hutan mangrove otomatis dengan kenampakan visual hutan mangrove pada Citra LDCM komposit 654



Gambar 7. Hasil delineasi otomatis hutan mangrove pada Citra LDCM path/row 117/062

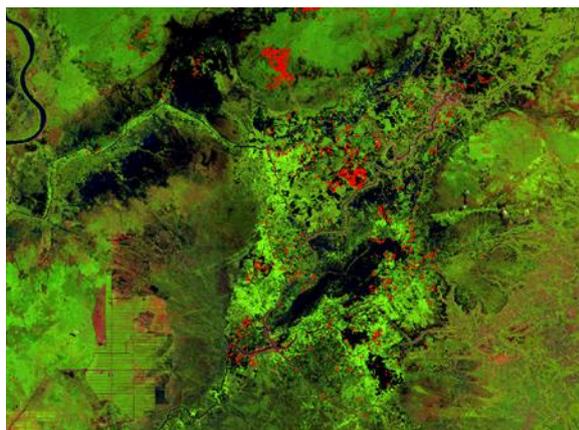
Fakta di atas menunjukkan bahwa nilai *threshold* 0,737255 pada NDVI benar-benar hanya mendeteksi vegetasi yang memiliki tajuk masif, yaitu pohon yang sudah dewasa. Dari sini dapat disimpulkan bahwa metode yang dikembangkan dalam penelitian ini hanya dapat untuk mendeteksi hutan mangrove dewasa. Sementara untuk mendeteksi mangrove secara umum, nilai *threshold* NDVI harus diturunkan. Agar belukar maupun semak di wilayah hutan mangrove juga terdeteksi otomatis.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan mengalami kesalahan deteksi pada hutan rawa non-mangrove (lihat Gambar 8). Hal ini terjadi jika terdapat hutan rawa non-mangrove yang secara spektral memiliki ciri khas mirip dengan hutan mangrove. Namun, kejadiannya cukup sedikit dan lebih bersifat



insidental. Mengingat hutan rawa non-mangrove, secara umum memiliki karakter spektral yang berbeda dengan hutan mangrove.

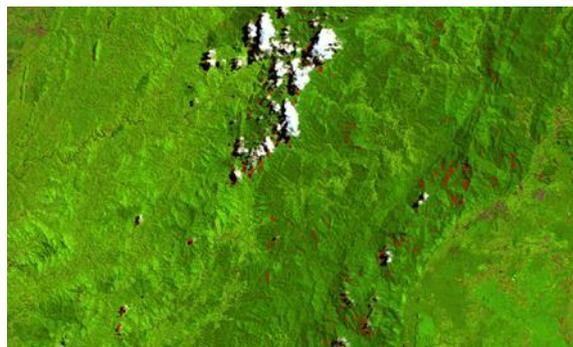
Hutan rawa (rawa air tawar atau rawa gambut) biasanya memiliki ciri spektral lebih menyerupai hutan lahan kering, kecuali lokasi yang seluruhnya terletak di wilayah yang datar. Tentu saja, jika pada wilayah penelitian terdapat hutan rawa yang memiliki ciri spektral mirip hutan mangrove, dan terdeteksi sebagai hutan mangrove, maka koreksi manual harus dilakukan untuk menghasilkan delineasi hutan mangrove seperti pada Gambar 7.



Gambar 8. Hutan rawa non-mangrove yang memiliki nilai spektral mirip hutan mangrove juga ikut terdelineasi otomatis

Lebih jauh, algoritma yang dikembangkan juga tidak sengaja mendeteksi seluruh bayangan yang ada pada citra sebagai hutan mangrove (Gambar 9). Memang menjadi semacam pengetahuan umum di dunia penginderaan jauh, bahwa fitur bayangan rentan terdeteksi sebagai fitur air, hal ini karena nilai spektralnya mirip. Dalam konteks penelitian ini, masalah serius muncul ketika ada bayangan awan atau bayangan bukit tepat jatuh di atas hutan. Sehingga terdeteksi sebagai hutan mangrove.

Tentu saja, kesalahan seperti hal tersebut dapat diminimalisir bahkan dihilangkan sama sekali, jika sebelum transformasi NDVI dan  $NDWI_m$  kita melakukan koreksi awan (termasuk bayangannya) dan koreksi topografik untuk menghilangkan efek bayangan bukit. Dimana kedua koreksi ini tidak dilakukan dalam penelitian ini.



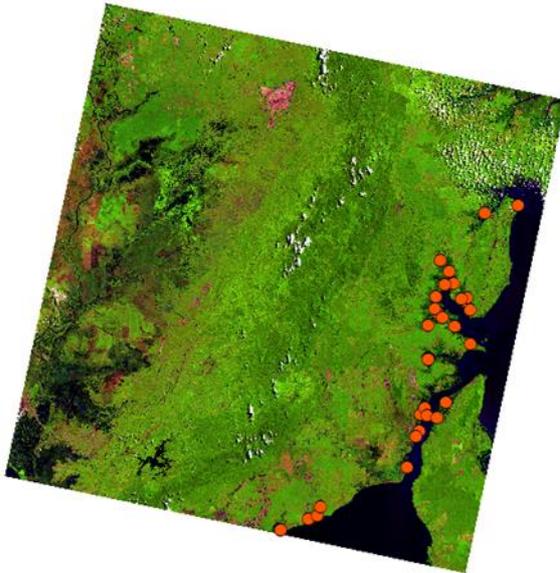
Gambar 9. Bayangan awan dan bayangan bukit yang terdeteksi sebagai hutan mangrove

Kesalahan delineasi hutan mangrove pada bayangan awan dan bayangan bukit, tidak dapat dianggap sebagai kekurangan dalam algoritma yang dikembangkan dalam penelitian ini. Sebab awan, bayangan awan, dan bayangan bukit, merupakan permasalahan umum “yang mengganggu” seluruh proses analisis citra satelit. Sehingga kesalahan deteksi hutan mangrove pada bayangan awan dan bayangan bukit dapat dianggap tidak ada, jika diasumsikan sebelum proses transformasi NDVI dan  $NDWI_m$  dilakukan koreksi awan dan koreksi topografik terlebih dahulu. Tentu saja, jika pada suatu saat kita menggunakan algoritma yang dikembangkan dalam penelitian ini untuk delineasi hutan mangrove, dengan tanpa koreksi awan dan koreksi topografik, maka kesalahan delineasi pada bayangan awan dan bayangan bukit harus dikoreksi secara manual pada hasil *thresholding*.

### 3.3 Uji Akurasi

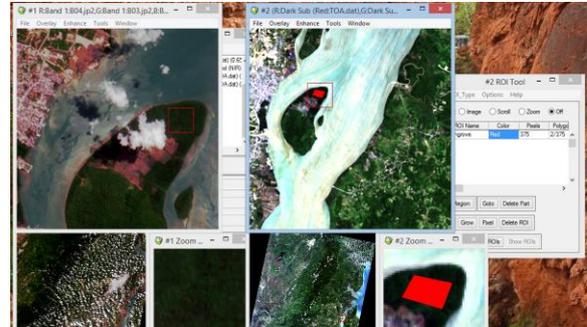
Untuk mengetahui kemampuan metode hibrid yang dikembangkan dalam penelitian ini, maka dilakukan uji akurasi terhadap hutan mangrove hasil delineasi otomatis. Uji akurasi dilakukan dengan metode Confusion Matrix, menggunakan sejumlah titik sampel yang ditunjuk secara purposif.

Tiga puluh satu titik sampel uji akurasi diambil dalam penelitian dan diletakkan tersebar secara purposif pada berbagai lokasi di sekitar hutan mangrove (Gambar 10). Pada 31 lokasi titik sampel tersebut kemudian didelineasi *Region Of Interest* (ROI), yang secara visual dibantu dengan Citra Sentinel-2 yang memiliki resolusi spasial 10 meter. Sebagian dari 31 lokasi tersebut juga dicek langsung di lapangan (*ground check*) untuk memastikan objek hutan mangrove. Foto-foto dokumentasi verifikasi lapangan ini disajikan pada Gambar 11.



Gambar 10. Distribusi titik sampel uji akurasi

Di atas Citra LDCM sendiri, dari keseluruhan 31 lokasi sampel tersebut, total diambil sampel untuk kelas hutan mangrove 2.249 pixel, dan untuk kelas non-hutan mangrove 2.680 pixel. Gambaran proses pembuatan ROI disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Pembuatan ROI dengan bantuan Citra Sentinel-2



Gambar 11. Dokumentasi verifikasi lapangan

Hasil deliniasi otomatis hutan mangrove diuji dengan ROI sampel menggunakan metode Confusion Matrix. Hasil uji akurasi menggunakan Confusion matrix dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji akurasi deliniasi otomatis Hutan Mangrove menggunakan *Confusion Matrix*

Kls	HM	NM	Σ	PA	UA	CE	OE
HM	2232	17	2249	91,66	99,24	0,76	8,34
NM	203	2477	2680	99,32	92,43	7,57	0,68
Σ	2435	2494	4929				

Sumber: Data Primer (2016)

Overall Accuracy =  $((2232+2477)/4929) = 95,5366\%$

Kappa Coefficient = 0,9106

Keterangan:

HM : Hutan Mangrove; NM : Non-Hutan Mangrove; Kls :Kelas hasil deliniasi; Σ : Total pixel; PA : Producer's Accuracy (dalam %); UA : User Accuracy (dalam %); CE :Comission Error (dalam %); OE : Omission Error (dalam %)

Cukup mengejutkan, uji akurasi mendapatkan akurasi keseluruhan metode yang kami kembangkan 95,5% (dan koefisien Kappa 0,91). Secara umum, kesalahan deliniasi kurang dari 5%. Lebih detail pada Confusion Matrix (Tabel 1) hutan mangrove memiliki OE 8,34% dan CE hanya 0,76%. OE (kesalahan omisi) adalah kesalahan klasifikasi. Artinya hutan mangrove di lapangan (8,34%) tidak terklasifikasi sebagai hutan mangrove, melainkan terklasifikasi sebagai objek lain. Sementara CE (kesalahan komisi) 0,76% merupakan kesalahan pemetaan. Artinya 0,76% hutan mangrove di atas



peta, di lapangan bukan hutan mangrove, tetapi oleh algoritma terpetakan sebagai hutan mangrove.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, metode deliniasi otomatis hutan mangrove menggunakan metode hibrid NDVI dan NDWI cukup akurat. Hal ini dapat dilihat dari akurasi keseluruhannya yang 95,5% (dan koefisien Kappa 0,91), dan kesalahan omisi 8,34% serta kesalahan komisi 0,76%. Akan tetapi, algoritma yang dikembangkan dalam penelitian ini juga mengalami kesalahan deteksi pada objek bayangan awan dan bayangan bukit. Sehingga kami merekomendasikan sebelum transformasi NDVI dan NDWI, terlebih dahulu dilakukan koreksi awan dan koreksi topografik. Sementara kesalahan deteksi hutan mangrove lainnya terjadi pada hutan rawa air tawar atau hutan rawa gambut yang memiliki ciri spektral mirip hutan mangrove. Untuk kesalahan seperti ini, proses koreksi dapat dilakukan secara manual pada output hasil deliniasi otomatis.

Nilai *threshold* (khususnya NDVI) yang dihasilkan hanya mendeteksi hutan mangrove yang sudah dewasa (pohon). Jika ingin mendeteksi hutan mangrove masih muda (atau semak dan belukar mangrove), nilai *threshold* NDVI perlu diturunkan.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan pada Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat, yang sudah memfasilitasi dalam pengolahan citra digital dalam penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

Arulbalaji, P. and Gurugnanam, B. (2014). Evaluating the Normalized Difference Vegetation Index using Landsat Data by ENVI in Salem district, Tamilnadu, India. *International Journal of Development Research*. 4(9): 1844-1846.

Chander, G., Markham, B.L., Helde, and D.L. (2009). Summary of current radiometric calibration

coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing Environment*. 2009, 113, 893–903.

Cheng, WC., Chang, JC., Chang, CP., Su, Y., Tu, TM. (2008). A Fixed-Threshold Approach to Generate High-Resolution Vegetation Maps for IKONOS Imagery. *Sensors*. 8: 4308-4317.

Department of the Interior United States Geological Survey (DoI USGS). (2015). *NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology*. Diakses dari <http://phenology.cr.usgs.gov>.

Department of the Interior United States Geological Survey (DoI USGS). (2016). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook L8DS-1574 Version 2.0*. Department of the Interior U.S. Geological Survey, South Dakota.

Li, W., Du, Z., Ling, F., Zhou, D., Wang, H., Gui, Y., Sun, B., Zhang, X. (2013). A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from TM, ETM+ and ALI. *Remote Sensing*. 2013(5): 5530-5549.

Liang, S. (2004). *Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

McFeeters, S.K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. 17(7):1425-1432.

Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 9: 62–69.

Rossiter, D.G. (2004). *Technical Note: Statistical Methods for Accuracy Assessment of Classified Thematic Maps*. Department of Earth Systems Analysis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede.

Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium*, NASA SP-351 I, 309-317.

Stehman, S.V. and Czaplewski, R.L. (1997). Design and Analysis for Thematic Map Accuracy Assessment: Fundamental Principles. *Remote Sensing of Environment*. 1998(64): 331-344.

Xu, H. (2006). Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 27(14): 3025–3033.

-----

