

Analisis Spektral Reflektan Mangrove di Segara Anakan Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh

Nanin Anggraini¹, Syifa W. Adawiah¹, Anang D. Purwanto¹, dan Ety Parwati¹

¹Bidang Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Laut Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, email: nanin_rain@yahoo.com

Abstrak-Mangrove memiliki peranan penting bagi kelestarian wilayah pesisir. Oleh karena itu, diperlukan adanya kepedulian untuk mempertahankan keberadaan mangrove. Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik spektral reflektan dari spesies vegetasi di Segara Anakan, Cilacap Jawa Tengah sehingga dapat digunakan untuk membedakan spesies mangrove dari pola spektral reflektan tersebut. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data hasil survei lapangan serta data Landsat-8. Hasil pengukuran spektral di lapangan menunjukkan bahwa *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Avicenia* memiliki pola yang sama, yaitu diantara panjang gelombang 400 -700 nm. Pada puncak kurva, *Avicenia* memiliki pantulan spektral reflektan yang paling tinggi yaitu 20% dan paling rendah adalah *Rhizophora* sebesar 15%. Hasil ekstraksi spektral reflektan dari Landsat-8, panjang gelombang mangrove berada pada kisaran 636–1.651 nm dengan spesies *Rhizophora* yang memiliki pantulan paling tinggi 0,270. Berdasarkan ekstraksi data Landsat 8, ketiga spesies tersebut memiliki pola kurva dengan satu puncak pada kanal 5 (Near Infra Red: 850–880 nm). Pola kurva mulai terbentuk dari kanal 4 (Red: 636–673 nm), puncak pada kanal 5, dan menurun kembali pada kanal 6 (Shortwave Infra Red-1: 1566–1651 nm). Spesies tertinggi adalah *Rhizophora* dengan nilai reflektan 0,270 kemudian *Bruguiera* 0,164 dan *Avicenia* 0,091 pada kanal 5. Spektral mangrove ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tutupan awan, kondisi atmosfer, struktur internal daun, dan kadar klorofil.

Kata kunci: Landsat-8, mangrove, spektrometer

PENDAHULUAN

Mangrove berperan penting pada keberlangsungan suatu wilayah pesisir. Mangrove melindungi keberadaan pesisir dari ancaman gelombang laut. Selain itu, mangrove juga memiliki peranan penting dari segi ekologi karena menjadi tempat berpijah bagi fauna. Fungsi ekosistem mangrove juga semakin penting terkait dengan isu perubahan iklim dan perdagangan karbon dimana mangrove memiliki cadangan karbon yang cukup besar. Walaupun memiliki peranan yang sangat penting, keberadaan mangrove saat ini semakin terancam dengan adanya konversi baik menjadi areal pemukiman ataupun kawasan industri. Oleh sebab itu diperlukan adanya upaya untuk menjaga kelestarian mangrove salah satunya dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh.

Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk aplikasi hutan mangrove telah berkembang dengan baik seperti yang dilakukan oleh Khomsin (2005), Sulong *et al.* (2002), Kamal *et al.* (2014), Kuenzer *et al.* (2011), dan Heumann (2011). Selain berguna untuk pengelolaan dan pelestarian, informasi spasial jenis mangrove juga berguna dalam penelitian estimasi biomassa dan kandungan karbon karena biomassa dan kandungan karbon terkait dengan perbedaan jenis spesies mangrove. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan ekstraksi informasi untuk mengidentifikasi spesies atau minimal zonasi (spesies dominan) sangat diperlukan. Setiap objek di permukaan bumi memiliki nilai spektral yang unik, begitu juga dengan tanaman mangrove. Spektral tanaman mangrove berbeda dengan jenis vegetasi yang lain karena dipengaruhi oleh lokasi tempat tumbuh mangrove yang cenderung tergenang dengan air sehingga mempengaruhi nilai spektral.

Spektral reflektan daun merupakan faktor utama dalam memahami pemantulan tajuk tanaman penuh. Reflektan spektral adalah rasio insiden fluks bercahaya tercermin diukur dari suatu objek atau daerah atas panjang gelombang tertentu. Kebanyakan vegetasi memiliki ciri unik dari sifat spektral yang memungkinkan mereka untuk dengan mudah diidentifikasi dan diskriminasi dengan data penginderaan jauh. Efek atmosfer seperti kelembaban, asap, debu, awan, dan karbon dioksida berkontribusi sebagai degradasi utama dari respon sensor (Kamaruzaman dan Kasawani, 2007).

Reflektan daun serta transmisi memiliki peran penting untuk memahami reflektan dari suatu vegetasi. Setiap vegetasi memiliki respon yang berbeda-beda tergantung dari tingkat klorofil dari daun terutama pada pantulan rentang cahaya tampak dan inframerah dekat. Pengetahuan tentang perbedaan pada karakter reflektan dapat digunakan untuk mengetahui spesies suatu vegetasi. Perbedaan respon spektral daun dan kanopi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti struktur daun internal, kadar klorofil, umur daun, dan tahap fonologi (Kamaruzaman dan Kasawani, 2007). Pengetahuan tentang perbedaan-perbedaan ini dari panjang gelombang berguna untuk identifikasi spesies individu dan pemetaan.

Penelitian terkait dengan spektral mangrove telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu: Vaipasha (2006), Andayani dan Sanjaya (2010), Kamaruzaman dan Kasawani (2007), serta Chakravorty (2013). Vaipasha mengukur spektral mangrove 16 jenis di Thailand dan menemukan bahwa spektral mangrove dari masing-masing jenis berbeda kecuali famili *Rhizophoraceae* sedangkan Andayani dan Sanjaya (2010) melakukan penelitian di Perancak Bali pada 9 jenis mangrove. Begitu halnya dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kamaruzaman dan Kasawani di Malaysia yaitu wilayah Tok Bali, Kelantan, dan Setiu serta Terengganu. Penelitian tersebut dilakukan pada lima spesies mangrove yaitu *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera cylindrica*, *Avicennia alba*, *Heritiera littoralis*, *Hibiscus tiliaceus*. Chakravorty (2013) melakukan penelitian terkait dengan spektral reflektan mangrove di daerah delta Sunderban untuk tujuh spesies dominan di daerah tersebut dengan menggunakan data Hyperion. Ketujuh spesies tersebut adalah *Excoecaria Agallocha*, *Avicennia Officinalis*, *Ceriops Decandra*, *Avicennia Marina* dan *Phoenix Paludosa*, *Brugueira Cylindrica*, *Aegialitis*. Dari keempat penelitian tersebut diperoleh karakteristik dari beberapa jenis mangrove dan dapat dipelajari untuk membuat metode diskriminasi jenis mangrove dengan data inderaja yang diinginkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik spektral reflektan dari spesies vegetasi di Segara Anakan, Cilacap Jawa Tengah sehingga dapat digunakan untuk membedakan spesies mangrove dari pola spektral reflektan tersebut. Vegetasi yang menjadi prioritas pada penelitian ini adalah mangrove dan non mangrove.

METODE

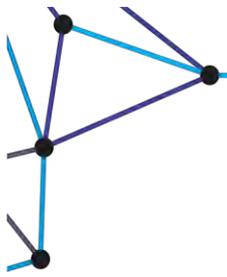
Penelitian difokuskan pada kawasan estuari Segara Anakan, Cilacap, Propinsi Jawa Tengah memiliki luas sekitar 45.340 Ha. Secara geografis terletak pada koordinat $7^{\circ} 30' - 7^{\circ} 35' \text{ LS}$ dan $108^{\circ} 53' - 109^{\circ} 3' \text{ BT}$. Kawasan tersebut berada di tiga wilayah desa, yaitu desa Ujung Alang, Ujung Gagak, dan Panikel. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Landsat-8 tanggal 1 Mei 2014 yang diperoleh dari katalog BDPJN Landsat LAPAN. Data lapangan diperoleh dari hasil survei yang telah dilakukan pada 27–31 Mei dan 19–24 November 2013 serta satu kali di tahun 2014, yaitu tanggal 11-19 September 2014. Spesies mangrove yang menjadi fokus penelitian ini adalah *Avicennia*, *Rhizophora*, dan *Bruguiera*. Bentuk daun dari ketiga spesies dapat dilihat pada Gambar 1.



Avicennia



Bruguiera



Rhizophora

Gambar 1. Spesies mangrove yang menjadi fokus penelitian

Pengukuran spektral reflektan di lapangan dilakukan dengan menggunakan spektrometer dengan luasan lokasi tiap spesies adalah 30 x 30 m², 20 x 20 m² atau 10 x 10 m². Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 66 titik. Kegiatan survei ini difokuskan pada pengukuran reflektan tiap jenis spesies pada 4 titik pojok (mewakili 1 *pixel* citra) untuk menganalisis korelasi reflektan di lapangan dan reflektan di citra; serta kaitannya dengan kandungan biomassa. Pengambilan sampel di lapangan tersebar sehingga dapat mewakili spesies mangrove yang terdapat di Segara Anakan. Distribusi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



- Hari ke-1** *Rhizophora Apiculata, Rhizophora Mucronata, Agiceras Comiculatum, Avicenia Marina, Bruguiera Ghymnorhiza dan Bruguiera Syindrica*
- Hari ke-2** *Rhizophora Apiculata, Rhizophora Mucronata dan Avicenia Marina.*
- Hari ke-3** *Rhizophora Apiculata, Rhizophora Mucronata, Nipah dan Avicenia Marina*
- Hari ke-4** *Bruguiera Ghymnorhiza, Acrosticum dan Ceriops Decandra*
- Hari ke-5** *Agiceras Comiculatum, Nipah dan Ceriops Tagal.*

Gambar 2. Distribusi lokasi survei lapangan

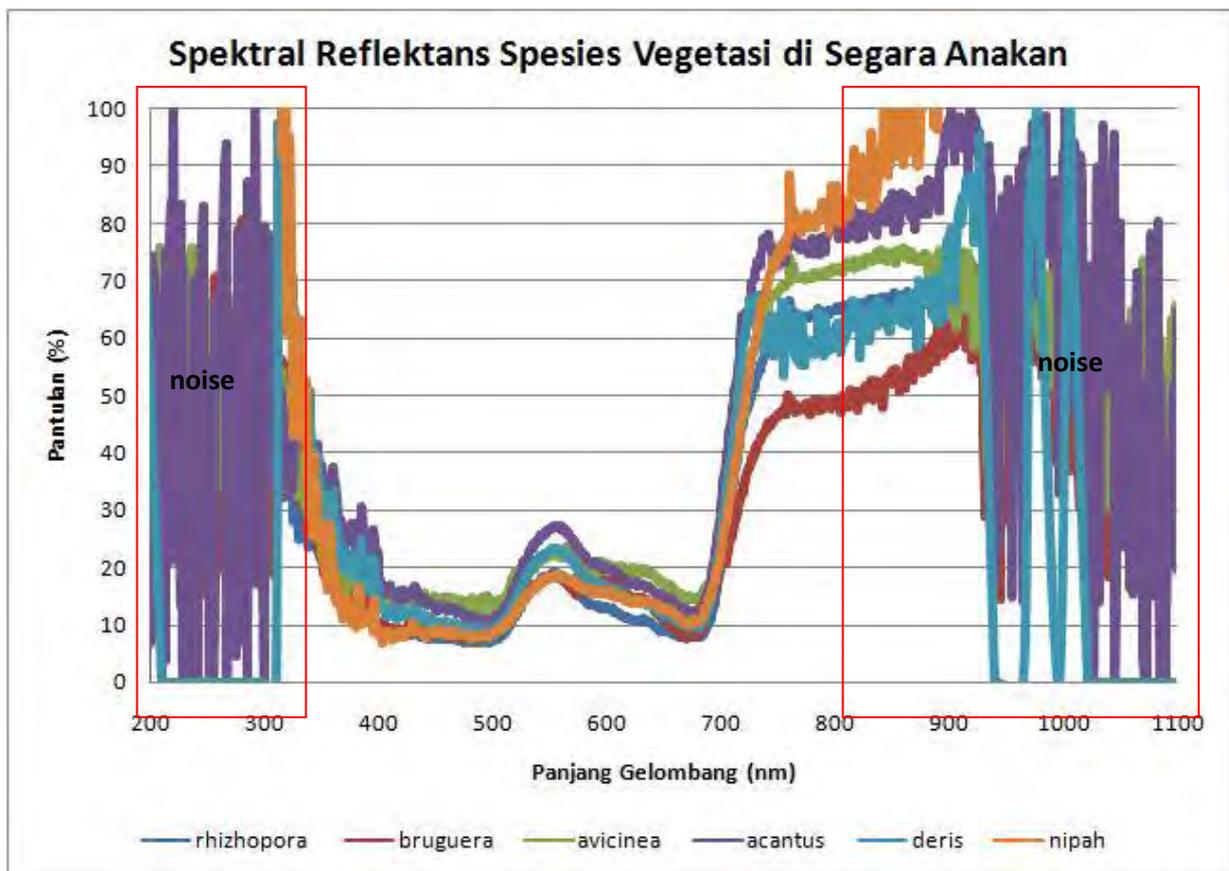
HASIL PENELITIAN

Tanaman mangrove memiliki sifat yang unik dibandingkan dengan jenis vegetasi yang lainnya karena dipengaruhi oleh tempat tumbuhnya yang selalu tergenang dengan air. Berdasarkan hasil pengamatan data Landsat-8 di Segara Anakan dengan menggunakan kombinasi *Red Green Blue* (RGB): *Near Infra Red* (NIR: kanal 5), *Shortwave Infrared* (SWIR-1: kanal 6), dan *Red* (kanal 4) terlihat masih banyak tanaman mangrove yang terdapat di wilayah tersebut yang terdeteksi dengan warna kerah kecoklatan pada Gambar 2.

Berdasarkan kombinasi RGB tersebut maka dilakukan pemilihan lokasi untuk survei lapangan sehingga dapat mewakili beberapa jenis spesies. Hasil survei lapangan menunjukkan beberapa spesies yang terdapat di Segara

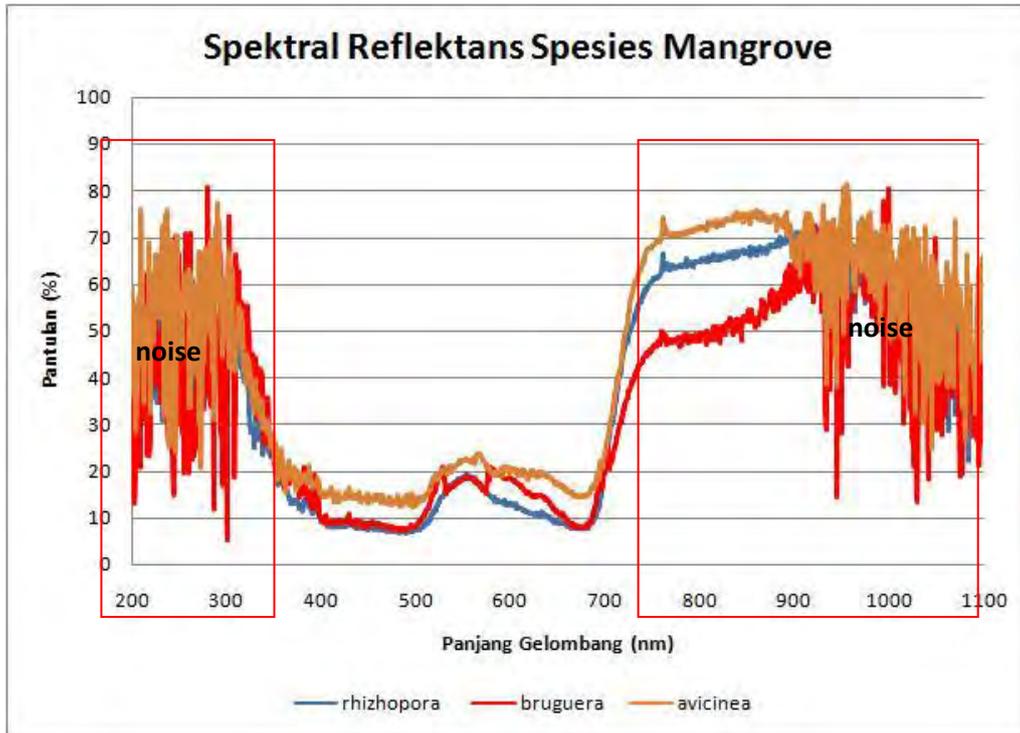
Anakan, yaitu *Rhizophora*, *Avicennia*, dan *Bruguiera*. Ekosistem mangrove tidak hanya ditumbuhi oleh mangrove sejati seperti halnya ketiga spesies yang dipilih akan tetapi spesies yang merupakan asosiasi dari ekosistem mangrove. Tiga spesies yang dipilih dari asosiasi mangrove adalah *Acantus*, *Deris*, dan nipah. Terdapat perbedaan terkait pengelompokkan mangrove, dimana *Acantus*, dan *Deris* dikenal sebagai tanaman non mangrove. Tanaman tersebut menjadi indikator adanya kerusakan mangrove. Sementara itu, Nipah ada yang menganggap termasuk spesies mangrove, ada pula yang menyatakan sebagai non mangrove.

Hasil pengukuran spektrometer di lapangan menunjukkan bahwa spektral reflektan vegetasi terukur pada panjang gelombang 200–1200 nm. Pola spektral reflektan pada kisaran panjang gelombang 200–400 nm dan lebih dari 800 nm adalah grafik dengan pola yang tidak teratur. Pola yang tidak teratur ini adalah akibat adanya gangguan yang terjadi karena adanya variabel tutupan awan, fluktuasi sumber cahaya, serta kondisi cuaca pada saat pengambilan sampel di lapangan. Gangguan ini dikenal dengan “noise”. Noise tersebut tidak dapat digunakan untuk analisis karakteristik spektral reflektan vegetasi sehingga data dari noise tersebut diabaikan pada penelitian ini. Adapun panjang gelombang dengan kisaran panjang gelombang 400–700 nm diidentifikasi sebagai vegetasi karena memiliki pola kurva yang jelas dengan puncak pada panjang gelombang tertentu. Pola spektral vegetasi di Segara Anakan dapat dilihat pada Gambar 3.

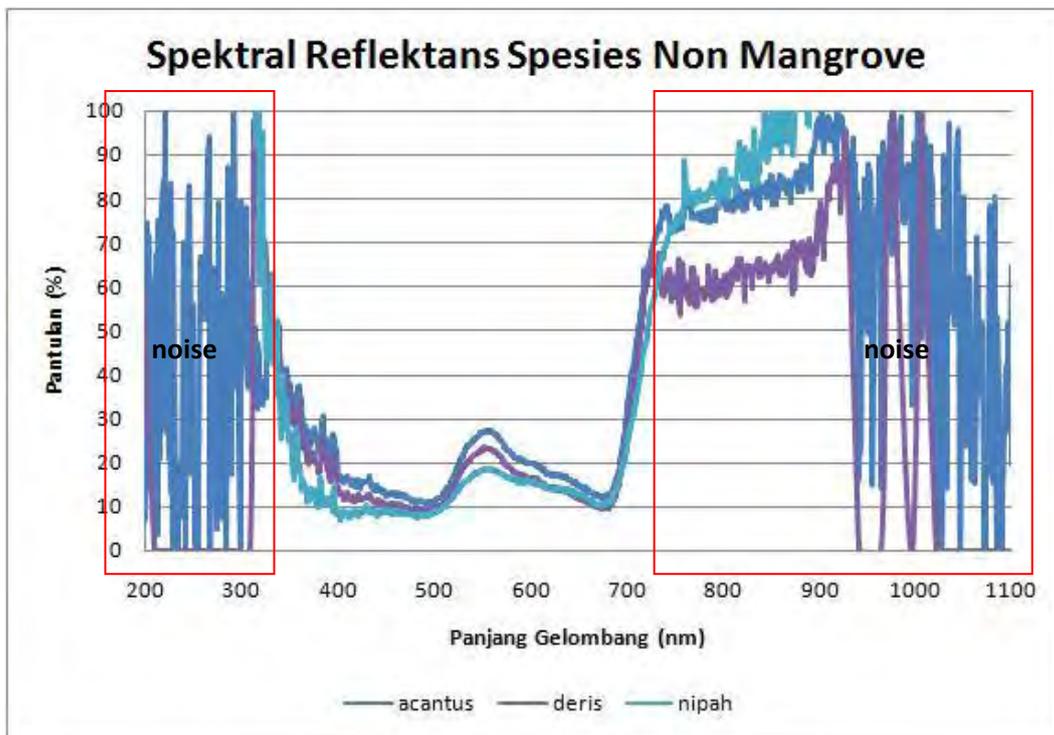


Gambar 3. Spektral reflektan vegetasi di Segara Anakan

Gambar 3 menunjukkan pola spektral reflektan dari enam spesies vegetasi yang menjadi objek penelitian, yaitu *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Avicenia*, *Acantus*, *Deris*, dan *Nipah*. Grafik tersebut adalah data rata-rata reflektan dari beberapa pengambilan sampel di lapangan. Ke enam spesies tersebut memiliki pola spektral yang hampir sama, yaitu berbentuk kurva dengan satu puncak pada panjang gelombang tertentu. Ke enam spesies tersebut berada pada kisaran panjang gelombang 400 – 700 nm dengan puncak kurva pada kisaran 560 – 570 nm atau pada spektrum hijau. Untuk mempermudah analisis antara vegetasi mangrove dan non mangrove maka dipisahkan antara mangrove (*Rhizophora*, *Bruguiera*, *Avicenia*) dengan non mangrove (*Acantus*, *Deris*, *Nipah*) seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Spektral reflektan spesies mangrove



Gambar 5. Spektral reflektan spesies non mangrove

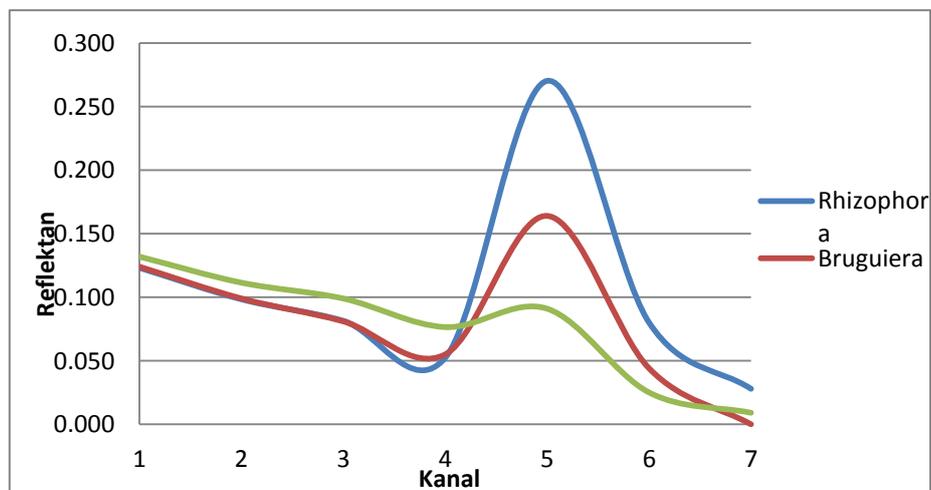
Berdasarkan grafik pada Gambar 4, diketahui bahwa spesies *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Avicenia* memiliki pola yang sama, yaitu berada pada spektral sinar tampak 400–700 nm. Pada kisaran panjang gelombang biru (400–500 nm), kurva menunjukkan bahwa *Avicenia* memiliki pantulan paling tinggi sebesar 14% dan paling rendah adalah *Rhizophora* sebesar 8%. Pada panjang gelombang hijau (500–600 nm), terjadi peningkatan pantulan reflektan yang signifikan dengan puncak tertinggi pada spesies *Avicenia* sebesar 20%, sedangkan spesies *Rhizophora* dan *Bruguiera* berhimpit pada pantulan 15% dan 17%. Reflektan pada panjang gelombang merah (600–700 nm) menunjukkan pola penurunan kurva dengan pantulan tertinggi adalah *Avicenia* sebesar 18%

sedangkan pantulan terendah adalah *Rhizophora* sebesar 10%. Kisaran nilai spektral reflektan *Bruguiera* berada antara spektral *Rhizophora* dan *Avicenia* yaitu 10–50%, dengan puncak kurva normal dengan nilai reflektan sebesar 20%. Berdasarkan kurva spektral reflektan spesies mangrove, puncak pantulan terjadi pada kisaran panjang gelombang 500–600 nm yang lebih dikenal dengan spektrum cahaya tampak hijau. Terjadi peningkatan kembali pada panjang gelombang lebih dari 700 nm atau NIR. Pada kisaran panjang gelombang ini, ketiga spesies memiliki pantulan yang sangat tinggi, yaitu 50–80% nm. Noise yang terjadi pada panjang gelombang kurang dari 400 nm dan lebih dari 800 nm terpantul pada nilai 80%.

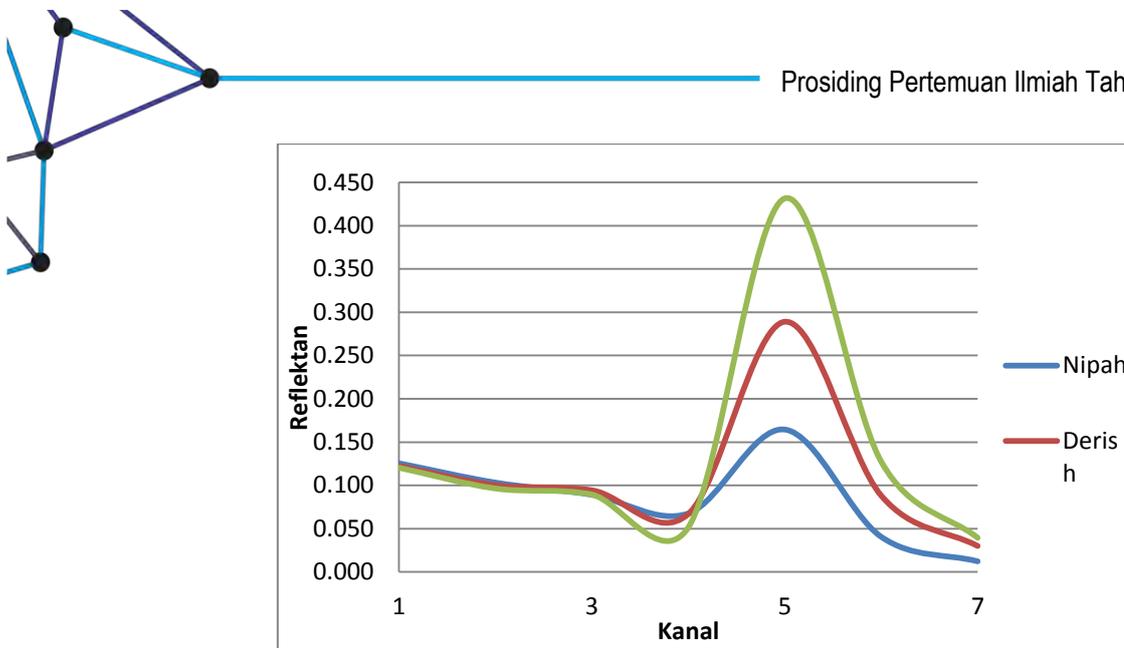
Spesies non mangrove yaitu *Acantus*, *Deris*, dan *Nipah* juga memiliki pola spektral reflektan yang sama dengan vegetasi mangrove yaitu berada pada kisaran panjang gelombang 400–700 nm. Pada kisaran spektrum biru (400–500 nm), grafik pantulan spektral reflektan *Acantus* lebih tinggi dibandingkan dengan *Deris* dan *Nipah*, yaitu 13%. Begitu juga pada panjang gelombang hijau (500–600 nm) dan merah (600–700 nm), spektral reflektan *Acantus* paling tinggi yaitu 21% dan 16%. Spektral reflektan yang paling rendah pantulannya adalah *Nipah*, dimana pada panjang gelombang 400–500 nm memiliki pantulan 8%, untuk 500–600 nm sebesar 15%, dan 600–700 nm adalah 14%. Puncak kurva untuk ketiga spesies non mangrove ini adalah pada panjang gelombang 560–562 nm yaitu pada spektral hijau. Persamaan pola antara ke enam spesies ini disebabkan oleh kemiripan antara vegetasi tersebut dan juga disebabkan oleh asosiasi antara vegetasi mangrove dan non mangrove. Ekosistem mangrove di Segara Anakan tidak hanya dihuni oleh mangrove sejati tetapi juga terdapat mangrove non sejati yaitu mangrove yang berasosiasi dengan vegetasi yang lain. Noise yang terjadi memiliki pantulan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pantulan dari vegetasi *Acantus*, *Deris*, dan *Nipah* yaitu lebih dari 80%. Pantulan ini juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan noise yang terjadi pada vegetasi mangrove.

Hasil pengambilan data lapangan digunakan sebagai data pembandingan terhadap data citra yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data Landsat-8. Data koordinat dari lokasi spesies mangrove di lapangan dimanfaatkan untuk memperoleh nilai spektral reflektan masing-masing spesies yang diamati dari data citra. Ekstraksi data citra dilakukan dengan membuat *training area* pada titik koordinat seluas dengan lokasi pengambilan sampel di lapangan sehingga dapat mewakili dari spesies yang dikehendaki. Berdasarkan hasil ekstraksi data Landsat-8 tanggal 1 Mei 2014 diperoleh nilai reflektan dengan pola yang sama antara spesies *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Avicenia*. Ketiga spesies tersebut memiliki pola kurva dengan satu puncak pada kanal 5 (*Near Infra Red*: 850–880 nm). Pola kurva mulai terbentuk dari kanal 4 (*Red*: 636–673 nm), puncak pada kanal 5, dan menurun kembali pada kanal 6 (*Shortwave Infra Red-1*: 1566–1651 nm). Spesies tertinggi adalah *Rhizophora* dengan nilai reflektan 0,270 kemudian *Bruguiera* 0,164 dan *Avicenia* 0,091 pada kanal 5.

Pola yang sama juga terlihat dari spesies non mangrove *Acantus*, *Deris*, dan *Nipah*. Spektral reflektan berbentuk kurva dengan satu puncak, yaitu pada kanal 5. Pada kanal 4, *Nipah* memiliki nilai spektral reflektan paling tinggi dibandingkan dengan *Acantus* dan *Deris*. *Acantus* memiliki nilai spektral reflektan paling rendah pada kanal 4. Puncak kurva pada kanal 5 paling tinggi adalah *Acantus* sebesar 0,432 diikuti kemudian oleh *Deris* sebesar 0,289 dan paling rendah adalah *Nipah* sebesar 0,165. Penurunan kurva juga terjadi pada kanal 6 seperti yang terjadi pada spesies mangrove. Grafik spektral reflektan dari data Landsat 8 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Kurva reflektan spesies mangrove



Gambar 7. Kurva reflektan spesies non mangrove

Hasil pengolahan data lapangan serta ekstraksi data dari Landsat-8 menunjukkan pola kurva yang sama yaitu kurva satu puncak walaupun berbeda pada panjang gelombang. Nilai spektral reflektan hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan spektrometer berada pada kisaran 400–700 nm dengan puncak pada kisaran 500–600 nm (spektrum hijau) sedangkan spektral reflektan hasil ekstraksi berada pada kisaran 636–1651 nm. Puncak spektral reflektan hasil ekstraksi data Landsat 8 terjadi pada kanal 5 yaitu NIR berkisar 850–880 nm. Namun, bila diamati kurva hasil pengukuran spektrometer dengan reflektan dari Landsat 8 memiliki perbedaan. Jika pada hasil pengukuran spektrometer puncak tertinggi hingga terendah berturut-turut adalah *Avicenia*, *Bruguiera*, dan *Rhizophora* sedangkan reflektan dari Landsat 8 dari tinggi ke rendah adalah *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Avicenia*. Perbedaan ini diduga adanya pengaruh dari waktu perekaman data. Data Landsat 8 yang digunakan pada analisis ini adalah data perekaman tanggal 1 Mei 2014 pukul 11:57:26 dimana jika dilihat pada waktu tersebut maka sinar matahari berada pada maksimum sedangkan waktu pengukuran di lapangan dapat dipengaruhi oleh kapasitas sinar matahari yang masuk ke sensor, waktu pengukuran, titik pengambilan sampel daun, vegetasi lain di sekitar plot *sampling*, dan lain-lain. Perbedaan tanggal antara data lapangan dengan data citra juga mempengaruhi pola pantulan dari spesies tersebut karena nilai pantulan tersebut dipengaruhi oleh tingkat kesehatan daun serta kondisi cuaca pada saat pengukuran atau perekaman data citra.

Analisis lebih detail adalah mencoba melihat keterkaitan antara nilai spektral reflektan hasil pengukuran di lapangan dengan nilai spektral reflektan hasil ekstraksi informasi menggunakan data inderaja yang digunakan. Pola-pola hubungan antara nilai spektral reflektan spesies mangrove dan non mangrove hasil pengukuran di lapangan dengan nilai spektral reflektan yang diekstrak dari data inderaja merupakan kunci apakah spesies mangrove dan non mangrove dapat dibedakan menggunakan data inderaja terkait dengan kelebihan dan kekurangan yang dimiliki masing-masing data yang dianalisis.

Seperti diketahui, spektrometer yang digunakan di lapangan memiliki sensitivitas hanya sampai 800 nm, sementara data inderaja Landsat sensitif sampai 2300 nm, itupun jika hanya digunakan sampai kanal 7. Dari Gambar 6 dan Gambar 7, terlihat adanya: 1). pola kurva normal yang sangat jelas berada pada kanal 4 sampai 6 (636 - 1651 nm), 2). Jika perhatian difokuskan pada kurva kecil yang juga ditemui (500–650) nm hasil pengukuran lapang dan kanal 3–4 (525–680) nm. Kedua komponen tadi menunjukkan secara kualitatif adanya hubungan antara data spektral reflektan yang diukur di lapangan dengan data spektral reflektan yang diekstrak dari Landsat 8. Jika melihat besaran nilai reflektan yang dihasilkan memang terdapat perbedaan, hasil ukur di lapangan adalah 10–70%, sementara menggunakan data Landsat-8 diperoleh maksimal hanya mendekati 30%.

KESIMPULAN

Spesies mangrove dapat dibedakan melalui spektral reflektan dari masing-masing jenis pada kanal tampak dan NIR. Hasil analisis data menunjukkan bahwa reflektan spesies mangrove dapat dilihat pada tiga kanal tampak dan satu kanal NIR, yaitu kanal biru (400-500 nm), hijau (500-600 nm), merah (600-700 nm), dan NIR (700-800 nm). Berdasarkan hasil analisis, terdapat perbedaan dari waktu pengukuran di lapangan dengan hasil pengolahan citra Landsat 8 terhadap nilai reflektan spesies mangrove. Hal ini diduga dikarenakan waktu

perekaman menjadi faktor utama yang berpengaruh terhadap perbedaan spesies yang berada pada puncak kurva. Metode pengukuran sampel di lapangan seperti letak bagaian daun yang diukur dan kondisi lapangan seperti kerapatan antar tiap pohon mangrove menjadi salah satu faktor yang mungkin saja berperan terhadap intensitas sinar matahari yang dapat diterima oleh sensor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan terima kasih kepada Dr. Muchlisin Arief dan Dr. Wikanti Asriningrum yang telah memberikan bimbingan kepada penulis. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada PUSTEKDATA LAPAN yang telah memberikan data citra Landsat 8.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, A., dan H. Sanjaya. 2010. Karakteristik Spektral Tanaman Mangrove Di Estuari Perancak, Jembrana, Bali. *Jurnal Kelautan Nasional* Vol. 5, No. 3 Desember 2010, hal. 157
- Chakravortty, S. 2013. Application of Hyperspectral Data for Development of Spectral Library of Mangrove Species in The Sunderban Delta. *International Journal of Geomatics and Geosciences* Volume 4, No 2, 2013
- Kamal, M., Stuart Phinn, dan Kasper Johansen. 2014. Characterizing the Spatial Structure of Mangrove Features for Optimizing Image-Based Mangrove Mapping. *Remote Sens.* 2014, 6, 984-1006; doi:10.3390/rs6020984.
- Kamaruzaman, J., dan Kasawani, I. 2007. Imaging Spectrometry on Mangrove Species Identification and Mapping in Malaysia. *Wseas Transactions on Biology and Biomedicine*. Issue 8, Volume 4. ISSN: 1109-9518.
- Khomsin. 2005. Studi Perencanaan Konservasi Kawasan Mangrove Di Pesisir Selatan Kabupaten Sampang Dengan Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis. *Prosiding Mapin XIV*, Surabaya.
- Kuenzer, C., Andrea Bluemel, Steffen Gebhardt, Tuan Vo Quoc, dan Stefan Dech. 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sens.* 2011, 3, 878-928; doi:10.3390/rs3050878.
- Heumann, B.W. *Satellite Remote Sensing of Mangrove Forests: Recent Advances and Future Opportunities*. Progress in Physical Geography. University of North Carolina at Chape hill, USA.
- Sulong, I., H. Mohd-Lokman, K. Mohd-Tarmiz, dan A. Ismail, 2002. Mangrove Mapping Using Landsat Imagery And Aerial Photographs: Kemaman District, Terengganu, Malaysi. *Environment, Development and Sustainability* 4: 135–152, 2002.
- Vaipasha, 2006. Discriminating spectral responses of Different tropical mangroves at the Spesies level is possible in The Laboratory.