



Original Article

Penggunaan Data Citra Satelit Landsat Multitemporal Untuk Monitoring Kondisi Ekosistem Mangrove di Teluk Kulisusu Kabupaten Buton Utara

Received 23rd July 2019
Accepted 3rd August 2019
Published 00th March 20xx

DOI: 10.35472/x0xx0000

Open Access

Mohammad Ashari Dwiputra,^{*a} Rahmat Kunia^b and Etty Riani^b

^a Program Studi Sains Lingkungan Kelautan, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

^b Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

*Corresponding E-mail: mohammad.dwiputra@staff.itera.ac.id



Copyright © 2019 by author(s) and Journal of Science and Applicative Technology.

Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International Licence](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. Published under licence by Journal of Science and Applicative Technology (JSAT).

Abstract: Scientific information mangrove ecosystem at Kulisusu bay was limited. This study aims to identify mangrove ecosystems area change at Kulisusu bay within 20 years periods (1995-2015) using satellite imagery Landsat 5 TM (1995), Landsat 7 ETM (2005) and Landsat 8 OLI (2015). Analysis of the mangrove ecosystem changes was used NDVI algorithm then carried classification canopy density by three classes, high, medium, and low density. The changes in mangrove ecosystems were based on the area changes of each ten years. The NDVI results shown that on 1995 to 2005, high and medium classes were reduced respectively by 340 ha and 36 ha, the low-class area was 172 ha. The period within 2005 to 2015 shows that high areas were reduced by 756 hectares, then medium and low-density class 22 Ha and 680 ha respectively. Conditions mangrove ecosystem during 30 years was from 1995 to 2015 show that had been a massive reduction in the high-density class about 1096 hectares, a reduction of medium density class was 14 hectares, and the low-density class was 852 Ha. The amount of reduction in high-density class was caused by the mangrove logging activities for charcoal used as raw materials, and fisherman activities like boat lines for crab fishing ground in the mangrove ecosystem.

Keywords: GIS, Landsat, mangrove, NDVI

Abstrak: Informasi ilmiah terkait perubahan luasan ekosistem mangrove di Teluk Kulisusu sangat terbatas bahkan belum ada hingga saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan luasan ekosistem mangrove di Teluk Kulisusu dalam kurun waktu 20 tahun (1995-2015) dengan menggunakan citra satelit Landsat 5 TM (1995), Landsat 7 ETM (2005) dan Landsat 8 OLI (2015). Analisis perubahan ekosistem mangrove menggunakan algoritma NDVI kemudian dilakukan pengkelasan kerapatan vegetasi sebanyak 3 kelas yaitu kelas vegetasi lebat, kelas vegetasi sedang dan kelas vegetasi jarang. Perubahan kondisi ekosistem mangrove hanya didasarkan pada perbedaan luasan antar waktu masing-masing 10 tahun. Hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 1995-2005, luas kelas vegetasi lebat dan kelas vegetasi sedang berkurang masing-masing sebesar 340 ha dan 36 ha dan diikuti dengan penambahan luasan kelas vegetasi jarang sebesar 172 Ha. Tahun 2005-2015 luas kelas vegetasi lebat berkurang sebesar 756 Ha dan diikuti oleh penambahan luas vegetasi sedang dan vegetasi jarang masing-masing 22 Ha dan 680 Ha. Kondisi ekosistem mangrove selama 20 tahun dimulai 1995-2015 memperlihatkan bahwa telah terjadi pengurangan vegetasi lebat sangat besar yaitu 1096 Ha, pengurangan kelas vegetasi sedang sebesar 14 Ha dan penambahan kelas vegetasi jarang sebesar 852 Ha. Besarnya pengurangan kelas lebat disebabkan oleh penebangan kayu mangrove untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku arang, selain itu karena aktifitas para nelayan penangkap kepiting yang membuka jalur perahu mereka di ekosistem mangrove.

Kata Kunci : GIS, Landsat, mangrove, NDVI

Pendahuluan

Ekosistem mangrove secara umum merupakan vegetasi pantai tropis yang didominasi oleh beberapa pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang-surut pantai berlumpur [1]. Menurut Purwanto [2] fungsi fisik hutan mangrove adalah sebagai pengendali naiknya batas

antara permukaan air tanah dengan permukaan air laut ke arah daratan, sebagai kawasan penyangga, memacu perluasan lahan dan melindungi garis pantai agar terhindar dari abrasi.

Kawasan ekosistem mangrove yang berada di Teluk Kulisusu saat ini belum memiliki data terkait tingkat kerapatan vegetasi dan perubahan luasan ekosistem mangrove secara temporal.

Untuk saat ini hanya terdapat data dari Pemerintah Daerah Kabupaten Buton Utara yang memuat informasi sebaran ekosistem mangrove secara umum tanpa ada data yang memuat tingkat kerapatan vegetasi dan perubahan luasan ekosistem mangrove secara temporal di lokasi kajian. Pengamatan perubahan secara temporal yang dimaksud adalah mengamati perubahan tingkat kerapatan vegetasi dan luasan ekosistem mangrove yang dimulai dari tahun 1995, 2005 dan 2015.

Informasi terkait perubahan ini sangat diperlukan untuk memonitoring perubahan ekosistem mangrove yang saat ini berkaitan dengan kegiatan ekstraktif terhadap ekosistem mangrove seperti penebangan pohon mangrove untuk dijadikan arang, penangkapan kepiting yang tidak ramah lingkungan hingga pembukaan lahan pertanian. Data time series sangat bermanfaat untuk melacak bagaimana kondisi ekosistem mangrove dimasa lampau dan kondisi terkini.

Pendekatan yang diperlukan dalam pemenuhan data kondisi perubahan luasan ekosistem mangrove dimasa lampau dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh dapat memberikan alternatif dalam mendukung penyediaan data kondisi ekosistem secara cepat. Selain itu, menurut Muhsoni [3] bila dibandingkan dengan metode pengukuran secara langsung dilapangan, penggunaan teknologi penginderaan jauh mempunyai beberapa keunggulan, antara lain memudahkan dalam peroleh data pada cakupan daerah yang luas dengan waktu pengerjaan relatif singkat.

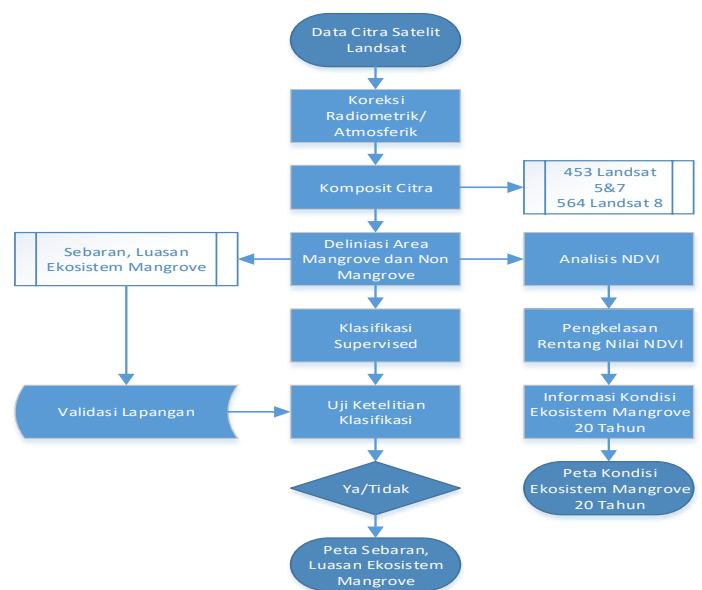
Letak geografi ekosistem mangrove pada daerah peralihan darat dan lautan memberikan hasil perekaman yang khas jika dibandingkan dengan objek vegetasi darat lainnya [4]. Ekosistem mangrove dapat terlihat dengan jelas dari citra yang telah dikomposit RGB 453 untuk citra satelit landsat 5 dan 7 ETM, sedangkan citra satelit 8 OLI dikomposit RGB 564 dimana ketiga band tersebut termasuk dalam kisaran spektrum tampak dan inframerah dekat [2]. Hasil komposit citra dengan kombinasi band disajikan pada gambar 3. Citra hasil komposit tersebut memperlihatkan ciri khas hutan mangrove merah kegelapan. Menurut Dewanti [5] dalam Suwargama [6] menyatakan warna merah merupakan reflektansi vegetasi yang terlihat jelas pada band inframerah, sedangkan kegelapan merupakan reflektansi tanah berair yang terlihat jelas pada citra band merah. Penggunaan indeks NDVI merupakan salah satu metode yang paling banyak

digunakan pada teknologi penginderaan jauh untuk memperoleh informasi mengenai kondisi vegetasi mangrove dari citra satelit yang digunakan [7]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tingkat kerapatan vegetasi dan luasan ekosistem mangrove secara temporal di Teluk Kulisusu Kabupaten Buton Utara. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data terkait kondisi ekosistem mangrove di lokasi kajian yang hingga saat ini belum ada.

Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini mengambil tempat di wilayah pesisir dari tiga kecamatan di Kabupaten Buton Utara Propinsi Sulawesi Tenggara, yakni Kecamatan Bonegunu, Kecamatan Kulisusu, dan Kecamatan Kulisusu Barat. Pemilihan ketiga lokasi ini dikarenakan ketiga lokasi tersebut berada pada satu kesatuan wilayah ekologis, yakni wilayah ekologis Teluk Kulisusu. Selain itu, kedua kecamatan tersebut merupakan daerah yang memiliki potensi pengembangan wilayah pesisir yang sangat besar. Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan, mulai dari bulan Maret sampai dengan Agustus. Secara umum diagram alir penelitian dan lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Lokasi penelitian

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang diperlukan adalah citra Landsat 5 TM akuisisi tahun 1995, citra Landsat 7 ETM akuisisi tahun 2005 dan citra Landsat 8 OLI/TIRS akuisisi 2015. Alat yang dipergunakan untuk validasi data hasil analisis citra satelit (ground truth) di lapangan adalah: perahu, GPS Garmin E-Trex, kamera dan alat tulis.

Pra Pengolahan Citra

Data citra satelit yang telah diperoleh kemudian dilakukan pengolahan koreksi radiometrik/atmosferik. Koreksi citra satelit bertujuan dalam perolehan informasi kuantitatif dari citra satelit multispektral. Metode koreksi yang digunakan adalah metode linear contrast stretching yang digunakan untuk meregangkan nilai digital number pada band citra satelit sehingga detail pada citra yang sudah diregangkan mulai terlihat dan sesuai nilai digital number sebenarnya [8].

Komposit Citra

Hasil pra pengolahan citra satelit selanjutnya dilakukan proses komposit citra satelit. Fungsi dari proses komposit ini adalah untuk mengetahui batas area mangrove dan non mangrove.

Untuk data Landsat 5 dan Landsat 7 digunakan komposit RGB 453 dan untuk data Landsat 8 digunakan komposit RGB 564 [2]. Dari hasil komposit ini akan diperoleh kenampakan area mangrove berupa warna merah kehitaman [5].

Delineasi Area Mangrove dan Non Mangrove

Setelah diperoleh gambaran mengenai kenampakan ekosistem mangrove yang ditandai dengan warna merah kehitaman, langkah selanjutnya adalah melakukan delineasi atau pemisahan area mangrove dan non mangrove dengan proses digitasi. Hasil dari proses digitasi ini juga selanjutnya digunakan untuk proses clipping raster.

Klasifikasi Supervised

Setelah konsentrasi area mangrove diperoleh dari hasil clipping raster, langkah selanjutnya adalah melakukan proses klasifikasi. Dalam proses klasifikasi ini diperlukan data yang berasal dari sampling lapangan yang akan divalidasi dengan training area yang telah dibuat sebelumnya. Proses klasifikasi supervised menggunakan metode Maximum Likelihood Classification yang pada prinsipnya menetapkan piksel dalam satu kelas berdasarkan jarak yang dibobotkan

pada matriks kovarian dan peluang suatu piksel masuk dalam kelas tersebut [9] dalam [8].

Uji Ketelitian Klasifikasi

Tahapan pengujian ketelitian hasil klasifikasi citra satelit dimulai dengan mengunjungi tiap titik ground truth yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahapan ini hanya dilakukan pada hasil klasifikasi citra satelit tahun perekaman 2015 sebagai gambaran aktual kondisi ekosistem mangrove. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Waas [10] terhadap validasi dan akurasi pemetaan diperoleh hasil ketelitian sebesar 78% untuk klasifikasi mangrove yang mengindikasikan bahwa peta tematik vegetasi bakau yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi yang cukup memadai dan dapat dipercaya tingkat kebenarannya. Jika hasil ketelitian klasifikasi pada penelitian ini diatas 70% maka dapat dijadikan acuan untuk memvalidasi hasil klasifikasi citra satelit pada perekaman tahun sebelumnya, yaitu tahun 1995 dan 2005.

Setelah titik ground truth ditemukan dilapangan, maka tahapan selanjutnya adalah pengambilan gambar untuk memperoleh kenampakan vegetasinya. Dari kenampakan vegetasi ini akan diperoleh area mangrove dan non mangrove yang selanjutnya akan divalidasi dengan data hasil klasifikasi citra satelit.

Ketelitian hasil klasifikasi pengolahan citra yang diperoleh dengan data ground truth lapangan menggunakan rumus Short dalam [11] sebagai berikut :

$$MA = \frac{(Xcr \text{ pixel})}{(Xcr \text{ pixel} + Xo \text{ pixel} + Xco \text{ pixel})} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana MA adalah ketelitian pemetaan sebaran mangrove (*mapping accuracy*), Xcr adalah jumlah kelas X yang terkoreksi, Xo adalah jumlah kelas X yang masuk kelas lain (omisi) dan Xco adalah jumlah kelas X tambahan dari kelas lain (komisi).

Analisis NDVI

Analisis NDVI digunakan untuk mengetahui nilai indeks vegetasi di lokasi kajian. Menurut Tablaseray [8], nilai indeks vegetasi dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band infra-merah (NIR). Formulasi yang digunakan untuk memperoleh nilai kerapatan vegetasi mangrove [12] dalam [8] yaitu :

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2)$$

Dimana :

ρ_2 = Band Inframerah Dekat

ρ_1 = Band Merah

Pada setiap jenis citra satelit Landsat memiliki perbedaan dalam nilai band yang digunakan dalam melakukan analisis NDVI. Berikut jenis band yang digunakan untuk ketiga jenis citra satelit Landsat.

Algoritma NDVI untuk Landsat 5 dan 7:

$$NDVI = \frac{\text{Band 4 (Band Inframerah Dekat)} - \text{Band 3 (Band Merah)}}{\text{Band 4 (Band Inframerah Dekat)} + \text{Band 3 (Band Merah)}}$$

Algoritma NDVI untuk Landsat 8:

$$NDVI = \frac{\text{Band 5 (Band Inframerah Dekat)} - \text{Band 4 (Band Merah)}}{\text{Band 5 (Band Inframerah Dekat)} + \text{Band 4 (Band Merah)}}$$

Setelah dilakukan analisis NDVI maka selanjutnya dilakukan pengkelasan berdasarkan rentang nilai NDVI yang diperoleh. Selanjutnya, menurut Setiawan [13] perhitungan interval kelas kerapatan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$KL = \frac{xt - xr}{k} \quad (3)$$

Dimana KL adalah kelas interval, xt adalah nilai tertinggi, xr adalah nilai terendah dan k adalah kelas yang diinginkan. Pengkelasan sebanyak tiga kelas kerapatan vegetasi umumnya dilakukan untuk kawasan atau area study yang cukup luas. Pada area study dengan coveran area yang lebih kecil dibutuhkan pengkelasan lebih detail sebanyak enam kelas. Pada penelitian ini digunakan tiga kelas kerapatan vegetasi karena kawasan yang dianalisa cukup luas. Proses pengkelasan terhadap nilai indeks vegetasi didasarkan pada [14] dalam [3] sebagai berikut:

NDVI - 1.00 - 0.32 = vegetasi jarang

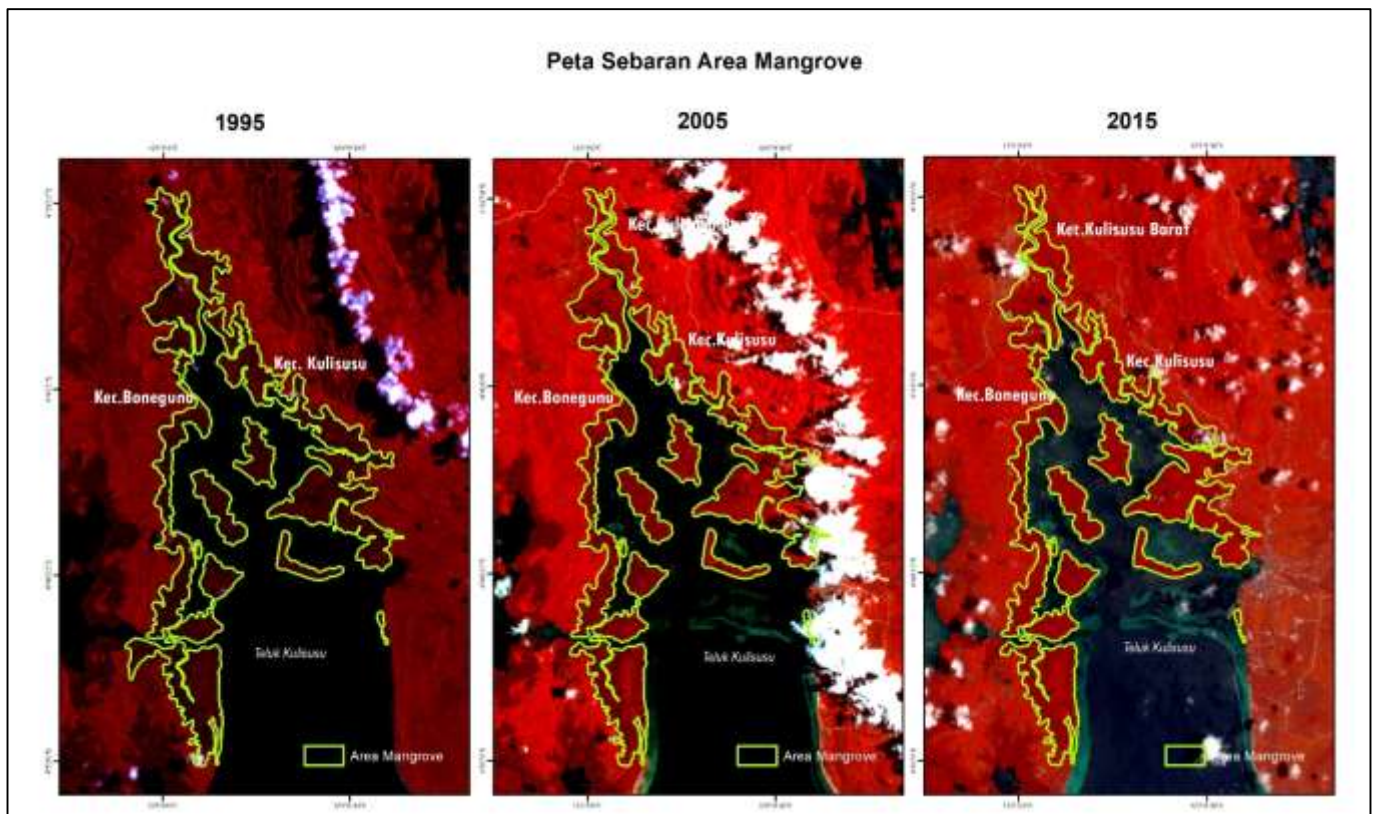
NDVI 0.33 - 0.4 = vegetasi sedang

NDVI 0.43 - 1.00 = vegetasi lebat

Hasil dan Pembahasan

Sebaran Mangrove dan NDVI

Sebaran ekosistem mangrove berdasarkan hasil komposit citra terlihat merata pada ketiga kecamatan. Ekosistem mangrove ditandai dengan warna merah kehitaman yang terdapat delineasi garis yang berwarna hijau (Gambar 3).

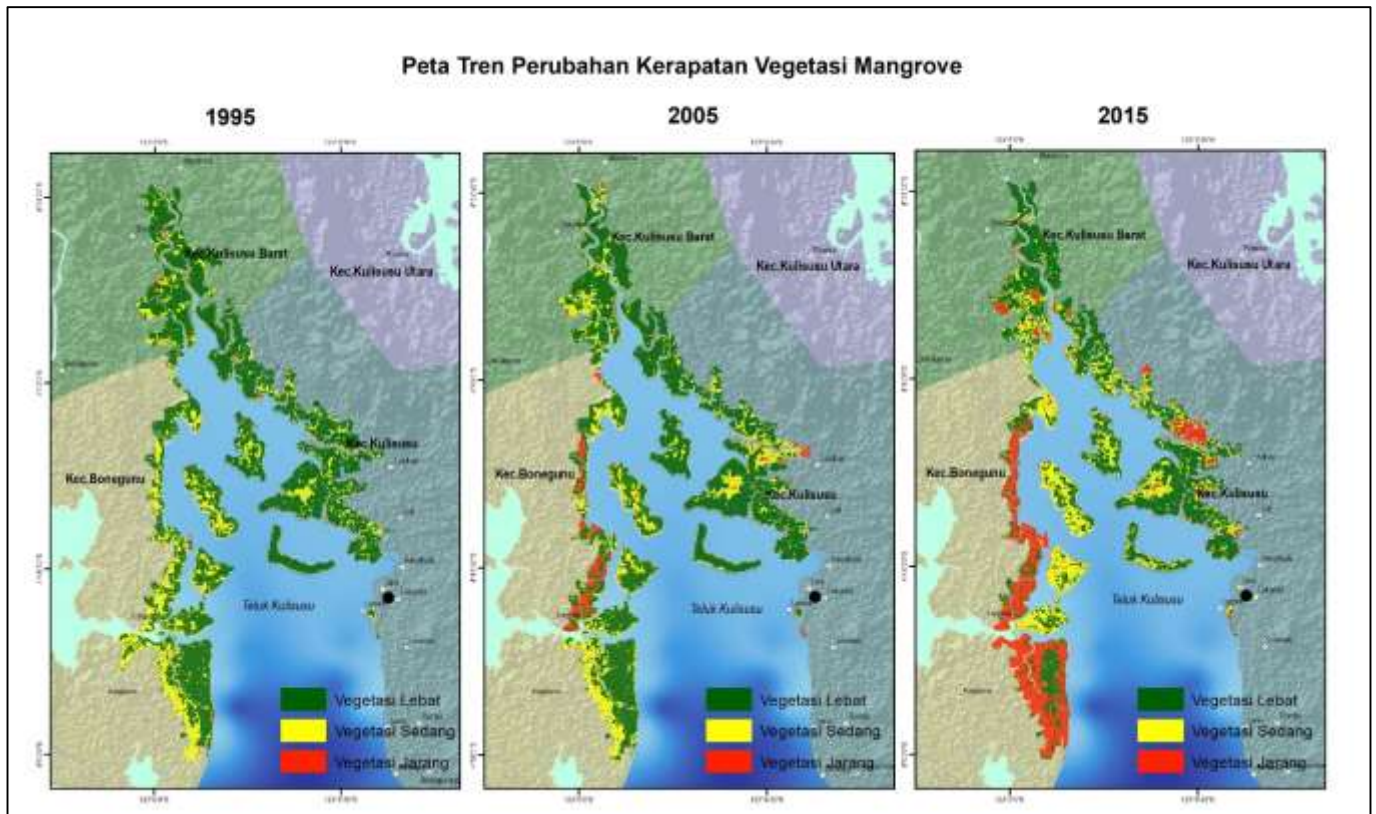


Gambar 3. Peta sebaran mangrove di Teluk Kulisusu tahun 1995, 2005, dan 2015

Berdasarkan hasil analisis NDVI yang diperoleh pada ketiga Kecamatan yaitu, Kecamatan Kulisusu, Kulisusu Barat dan Bonegunu memperlihatkan bahwa Kecamatan Bonegunu merupakan daerah yang paling signifikan mengalami perubahan luasan. Perubahan kerapatan luasan ini terbagi atas tiga kelas yaitu, vegetasi lebat, vegetasi sedang dan vegetasi jarang. Kecamatan Bonegunu dari Tahun 1995-2015 secara signifikan mengalami pertambahan luasan vegetasi jarang sebesar 696 Ha. Kemudian diikuti oleh Kecamatan Kulisusu sebesar 113 Ha dan dan Kecamatan Kulisusu Barat sebesar 43 Ha. Pertambahan kelas vegetasi jarang selalu diikuti oleh pengurangan kelas vegetasi lebat. Pada Kecamatan Bonegunu diperoleh pengurangan kelas vegetasi lebat dari tahun 1995-2015 sebesar 582 Ha, Kecamatan Kulisusu sebesar 320 Ha dan Kecamatan Kulisusu Barat sebesar 195 Ha. Berikut disajikan pada Gambar 4 hasil analisis NDVI yang menunjukkan perubahan kelas kerapatan vegetasi mangrove dari tahun 1995-2015.

Hasil analisis NDVI diketiga Kecamatan menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 1995-2005, luas kelas vegetasi lebat dan kelas vegetasi sedang berkurang masing-masing sebesar 340 ha dan 36 ha dan diikuti dengan penambahan luasan kelas vegetasi jarang sebesar 172 Ha. Tahun 2005-2015 luas kelas vegetasi lebat berkurang sebesar 756 Ha dan diikuti oleh penambahan luas vegetasi sedang dan vegetasi jarang masing-masing 22 Ha dan 680 Ha.

Kondisi ekosistem mangrove selama 20 tahun dimulai 1995-2015 memperlihatkan bahwa telah terjadi pengurangan kerapatan vegetasi lebat sangat besar yaitu 1096 Ha, pengurangan kelas vegetasi sedang sebesar 14 Ha dan penambahan kelas vegetasi jarang sebesar 852 Ha. Tren pengurangan luas kelas vegetasi lebat yang selalu diikuti oleh penambahan luas kelas vegetasi jarang disebabkan oleh penebangan kayu mangrove untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku arang, selain itu karena aktifitas para nelayan penangkap kepiting yang membuka jalur perahu mereka di ekosistem mangrove. Berikut disajikan tabel perubahan luasan ekosistem mangrove pada ketiga kecamatan (Tabel 1).



Gambar 4. Perubahan luas kerapatan ekosistem mangrove

Tabel 1. Perubahan luasan ekosistem mangrove pada ketiga kecamatan.

No	Kelas	1995-2005	2005-2015	1995-2015
1	Lebat	-340	-756	-1096
2	Sedang	-36	+22	-14
3	Jarang	+172	+680	+852

(-) Pengurangan luasan kelas X

(+) Penambahan luasan kelas X

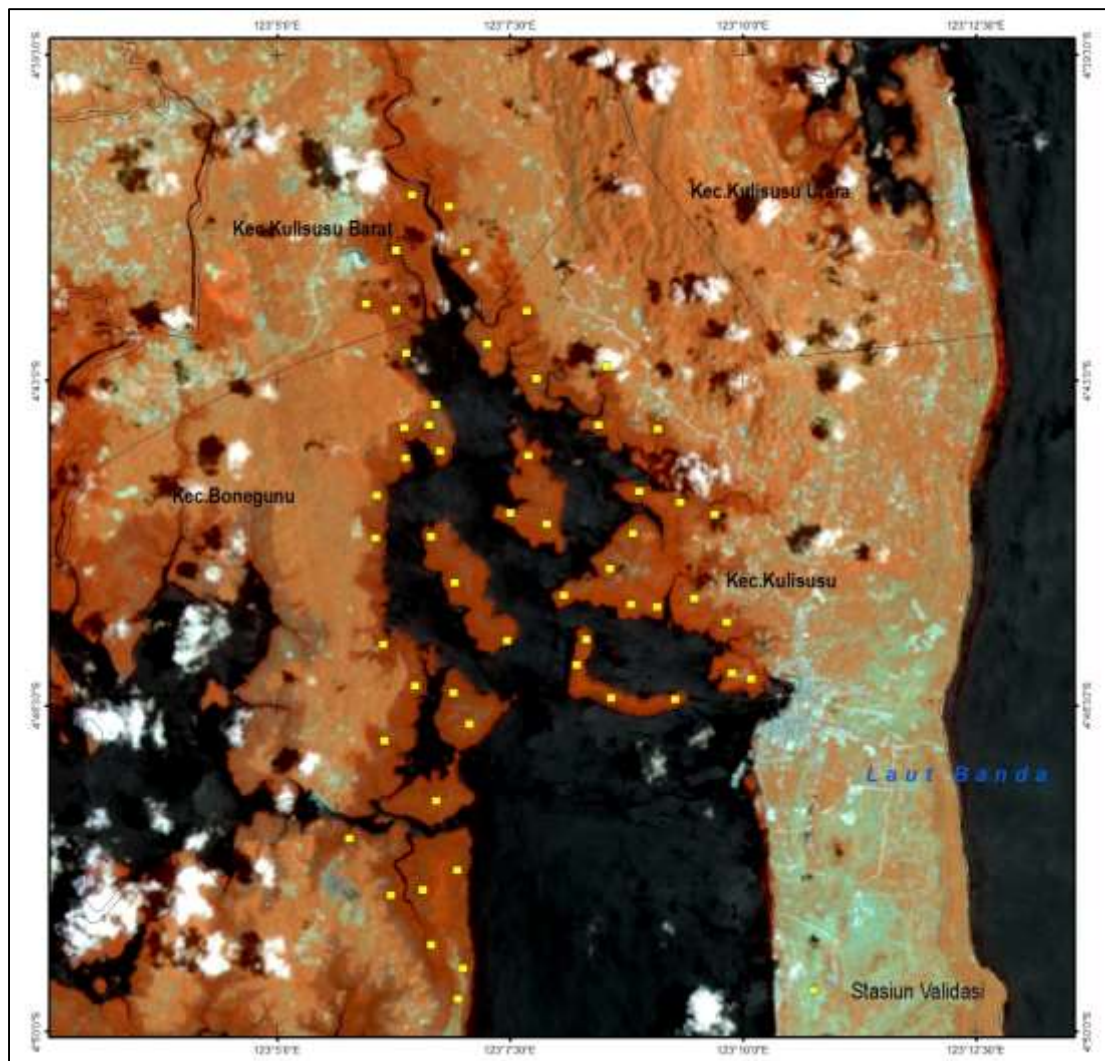
Sumber : Hasil pengolahan data NDVI

Uji Ketelitian Klasifikasi

Pengujian hasil klasifikasi dibutuhkan untuk melihat seberapa besar tingkat ketelitian terhadap peta yang dihasilkan. Tolak ukur tingkatan validitas data tidak sepenuhnya bergantung pada seberapa besar resolusi spasial citra satelit tersebut melainkan jumlah titik validasi di lapangan. Semakin banyak titik validasi di lapangan maka hasil yang diperoleh juga akan semakin baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Waas [10] bahwa telah dilakukan perbandingan tingkat akurasi beberapa sensor satelit seperti ETM+, MSS, XS dan CASI. Hasil yang diperoleh terhadap citra CASI yang memiliki resolusi spasial paling tinggi ternyata memiliki nilai akurasi yang sama dengan citra ETM+.

Sebanyak 55 titik validasi yang digunakan dalam penelitian ini, jumlah tersebut dianggap cukup untuk menguji ketelitian terhadap luasan mangrove di area penelitian. Validasi dilakukan terhadap hasil klasifikasi citra satelit perekaman tahun 2015 sebagai kondisi terkini. Hasil uji ketelitian sebaran mangrove dengan menggunakan matrix kesalahan diperoleh tingkat ketelitian sebesar 85,2 %. (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa informasi terkait sebaran mangrove memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat dipercaya tingkat kebenarannya.

Data hasil klasifikasi citra satelit perekaman tahun 2005 dan 1995 tidak dilakukan kegiatan validasi lapangan, namun hasil ketelitian sebesar 85,2% pada citra satelit perekaman tahun 2015 digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan bahwa secara umum hasil klasifikasi data citra satelit perekaman 2005 dan 1995 juga memiliki tingkat validasi yang dapat dipercaya. Berikut disajikan Gambar 5 peta stasiun validasi vegetasi mangrove.



Gambar 5. Peta stasiun validasi vegetasi mangrove.

Tabel 2. Hasil uji ketelitian klasifikasi citra satelit.

Data Lapangan						
Data Hasil Klasifikasi		Mangrove	Non Mangrove	Total	Omisi Pixel	MA (%)
	Mangrove	43	3	46	3	85,2
	Non Mangrove	5	20	25	5	75,8
	Total	48	23	71	8	81,6
	Komisi Pixel	5	3	8		

Kesimpulan

Penggunaan algoritma NDVI untuk monitoring kondisi ekosistem mangrove dinilai sangat membantu dalam penyediaan data masa lampau dan masa sekarang. Kerapatan vegetasi lebat dalam kurun waktu 20 tahun berkurang sebanyak 1096 Ha atau sekitar 36%. Kerapatan vegetasi sedang berkurang sebanyak 14 Ha atau sekitar 1% dan kelas kerapatan vegetasi jarang bertambah sebanyak 852 ha atau sekitar 94%. Tren perubahan kerapatan ini menunjukkan jika terjadi pengurangan kerapatan lebat dan kerapatan sedang

pasti akan diikuti oleh peningkatan kerapatan vegetasi jarang dan selanjutnya akan terjadi kondisi dimana vegetasi tersebut benar-benar hilang. Kondisi vegetasi yang hilang dalam kurun waktu 20 tahun sebanyak 258 Ha atau sekitar 6,25% dari total luasan di tahun 1995.

Penurunan luas kerapatan vegetasi yang menyebabkan menurunnya fungsi dan kualitas ekosistem mangrove dari tahun ke tahun yang diakibatkan oleh ekstraksi kayu mangrove menjadi arang dan penangkapan kepiting yang tidak ramah lingkungan akan terus terjadi jika tidak ada aksi nyata berupa kegiatan rehabilitasi dan penyadaran ke

masyarakat. Untuk itu diperlukan dukungan dari berbagai stakeholder seperti PEMDA, Lembaga Swadaya Masyarakat setempat melakukan pengawalan terhadap pengelolaan ekosistem mangrove yang lestari dan berkelanjutan.

Konflik Kepentingan

Dengan ini penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan pada penelitian ini.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih saya ucapkan kepada bapak Dr. Ir Rahmat Kurnia., M.Si dan ibu Dr. Etty Riani., MS sebagai pembimbing yang memberikan arahan hingga penelitian ini dapat selesai. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PEMDA Buton Utara yang banyak membantu dalam penyediaan data dukung hingga teknis pengambilan data dilapangan.

Referensi

- [1] D. G. Bengen, Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir, Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2009.
- [2] A. D. Purwanto, "Analisis Sebaran Dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Segara Anakan, Cilacap," in *Prosiding Sinas Inderaja*, Bogor, 2014.
- [3] F. F. Muhsoni, "Pemetaan Kerapatan Mangrove di Kepulauan Kangean Menggunakan Algoritma NDVI," *Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo*, vol. 10, pp. 23-31, 2009.
- [4] A. Faizal and M. A. Amran, "Model Transformasi Index Vegetasi Yang Efektif Untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizophora Mucronata," in *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, Surabaya, 2005.
- [5] R. Dewanti, M. Arief and T. Maulana, "Degradasi Tingkat Kerapatan Kanopi Mangrove di Delta Brantas Menggunakan Analisis NDVI Data Landsat Multitemporal," *Warta Inderaja*, vol. XI, 2 Desember 1998.
- [6] N. Suwargama, "Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi," *Jurnal Penginderaan Jauh*, vol. 5, pp. 64-74, 2008.
- [7] X. F. Song and Z. H. Guo, "Remote Sensing of Mangrove Wetlands Identification," *Elsevier*, vol. 10, pp. 2287-2293, 2011.
- [8] V. E. Tablaseray, M. A. Pairin and N. Fakdawer, "Pemetaan sebaran dan Kerapatan Mangrove di Pesisir Timur Pulau Biak, Papua Menggunakan Citra Satelit Landsat 8," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 8, pp. 31-39, 2018.
- [9] E. H. Putra, Penginderaan Jauh dengan ErMapper, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [10] H. J. D. Waas and B. Nababan, "Pemetaan Dan Analisis Index Vegetasi Mangrove Di Pulau Saparua, Maluku Tengah," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, vol. 2, no. 1, pp. 50-58, 2010.
- [11] F. H. Purwadi, Interpretasi Citra Digital, Jakarta: PT. Grasindo, 2001.
- [12] E. P. Green, A. J. Edwards and C. D. Clark, Remote Sensing Hand Book for Tropical Coastal Management, Paris: UNESCO Publishing, 2000.
- [13] H. Setiawan, B. Sudarsono and M. Awaluddin, "Identifikasi Daerah Prioritas Rehabilitasi Lahan Kritis Kawasan Hutan Dengan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kabupaten Pati)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 2, no. 3, 2013.
- [14] D. Kehutanan, Inventarisasi dan Identifikasi Mangrove Wilayah Balai Pengelolaan DAS Pemali Jratun Propinsi Jawa Tengah, Jakarta: Departemen Kehutanan Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, 2006.