

PERUBAHAN HUTAN MANGROVE TAHUN 2000-2015 DI SEGARA ANAKAN KAB. CILACAP JAWA TENGAH MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 7 ETM+ DAN 8 OLI

Aglis Cahya Dwininta
dwinintaaglis@gmail.com

Hartono
hartonoharjo@yahoo.com

Abstract

Segara Anakan is one of the areas that has extensive mangrove forests in Indonesia. This research aims to know the ability of Landsat 7 ETM+ image and Landsat 8 OLI image in charting the mangrove forests at the Segara Anakan in 2000 – 2015, as well as examines alteration of mangrove forests in Segara Anakan in 2000-2015. Land cover can be classified using maximum likelihood multispectral classification, vegetation index transformation NDVI used for identifying mangrove canopy density. The land cover has an accuracy of 88.57%, while the density is 81.86%. The non mangrove land cover turned into 1058 ha. Mangrove also turned into another land use reached 1821 ha. Mangrove density decreased to low into moderate density as high as 5010 ha and 1404 ha, while the high density increased as high as 904 ha.

Keywords: Mangroves, Land Cover, Density, maximum likelihood classification, NDVI.

Abstrak

Segara Anakan adalah satu wilayah yang memiliki hutan mangrove yang luas di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI dalam memetakan hutan mangrove di Segara Anakan pada tahun 2000 – 2015, serta mengkaji perubahan hutan mangrove di Segara Anakan pada tahun 2000 - 2015. Penutup lahan dapat diklasifikasikan dengan menggunakan klasifikasi multispektral maksimum likelihood, transformasi indeks vegetasi NDVI digunakan untuk mengidentifikasi kerapatan kanopi mangrove. Penutup lahan memiliki akurasi 88,57 % sedangkan kerapatan memiliki maksimal akurasi 81,86%. Penutup lahan mangrove juga berubah menjadi penggunaan lahan lainnya mencapai 1821 ha. Kerapatan mangrove mengalami penurunan pada kerapatan rendah hingga sedang sebesar 510 ha dan 1404 ha, sedangkan kerapatan tinggi mengalami kenaikan sebesar 904 ha.

Kata kunci: Mangrove, Penutup lahan, Kerapatan, Klasifikasi maximum likelihood, NDVI

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan mangrove yang luas. Hutan mangrove tumbuh di sepanjang pesisir Indonesia. Hutan mangrove yang ada di Indonesia ini mewakili 23% dari keseluruhan ekosistem mangrove dunia (Giri *et al.*, 2011). Luas hutan mangrove di Indonesia saat ini ialah 7,7 juta ha. Luas hutan mangrove dalam kondisi baik 2,3 juta ha, kondisi sedang 2,1 juta ha, sedangkan 3,25 juta ha mengalami kerusakan. Kerusakan hutan mangrove tersebut penyebabnya sangat beragam, baik yang disebabkan oleh kegiatan manusia mulai dari kegiatan yang disengaja maupun tidak sengaja telah dan menimbulkan dampak terhadap ekosistem mangrove (Kementrian Kehutanan, 2012).

Segara Anakan merupakan sebuah teluk di bagian selatan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Bagian depan dari Segara Anakan ialah Pulau Nusakambangan yang membentang sepanjang kurang lebih 30 kilometer arah timur – barat, Pulau Nusa Kambangan melindungi teluk tersebut dari gelombang Samudera Hindia (Purwanto *et al.*, 2014). Hutan Mangrove di wilayah Segara Anakan mengalami perubahan pada tiap tahunnya. Penurunan luas hutan mangrove yang terdapat di Kawasan Segara Anakan mencapai 7.056 hektar, tahun 1974 luas hutan mangrove sebesar 15.551 hektar, tahun 1978 menyusut menjadi 10.975 hektar, tahun 1994 kembali menyusut menjadi 8.975 hektar, dan tahun 2003 hanya sekitar 8.359 hektar (BPKSA Kab. Cilacap, 2009). Perubahan ini

dikarenakan karena alih fungsi lahan menjadi pemukiman, industri, pertanian, dan lainnya yang dilakukan oleh masyarakat setempat. Pembalakan liar juga sering dilakukan oleh warga setempat maupun orang luar. Kayu yang dihasilkan digunakan untuk pembuatan arang dan kayu bakar. Perubahan luas ini juga menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan juga kerapatan hutan mangrove (Sukardi, 2010).

Penginderaan jauh dapat digunakan untuk monitoring perubahan hutan mangrove. Monitoring perubahan hutan mangrove di Segara Anakan dalam kurun waktu 15 tahun memanfaatkan citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. Monitoring tersebut dimulai dari tahun 2000 dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM+ dan tahun 2015 menggunakan citra Landsat 8 OLI.

Perubahan yang dapat diidentifikasi pada citra ini ialah tutupan lahan dan kerapatan hutan mangrove. Citra Landsat juga dapat dimanfaatkan untuk identifikasi zona, sedimentasi, maupun proses-proses dinamis pada ekosistem mangrove. Citra Landsat dapat digunakan untuk monitoring perubahan mangrove karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan data lainnya seperti data statistik. Kelebihan ini dapat diketahui dari segi aspek resolusi citra, baik spasial, spektral, radiometrik dan temporal. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui kemampuan citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI dalam memetakan hutan mangrove di Segara Anakan pada tahun 2000 – 2015 dan mengkaji

perubahan hutan mangrove di Segara Anakan pada tahun 2000 - 2015.

Penginderaan jauh ialah suatu ilmu dan seni untuk memperoleh informasi dari suatu objek dipermukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak berhubungan langsung dengan objek yang dikajinya (Lillesand et al., 2004). Data penginderaan jauh diperoleh dari perekaman tenaga elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan objek berdasarkan sistem penginderaan jauh. Data penginderaan jauh biasanya berupa data visual dan data citra. Data tersebut tidak dapat memberikan arti dan manfaat penting sehingga membutuhkan teknik analisis data penginderaan jauh. Analisis citra dalam penginderaan jauh merupakan langkah untuk interpretasi citra. Interpretasi citra merupakan kegiatan untuk mengkaji foto maupun citra non foto dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek yang tergambar pada citra tersebut (Lillesand et al., 2004).

Citra penginderaan jauh merupakan salah satu input penting yang sering digunakan dalam analisis spasial. Perkembangan teknologi penginderaan jauh dewasa ini telah mengakibatkan berlimpahnya data yang bisa diperoleh dari berbagai sensor yang berbeda dengan karakteristik resolusi spasial, spektral dan temporal yang bervariasi pula (Danoedoro, 2012). Satelit Landsat merupakan satelit milik Amerika Serikat yang diluncurkan pertama kali pada 1972 dan diberi nama ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite

– 1). Seri kedua dari Landsat ini diberi nama Landsat-1 (Danoedoro, 2012). Seri Landsat hingga kini telah sampai pada Landsat-8.

Hutan mangrove terdiri dari kata “hutan” dan “mangrove”. Menurut Undang-Undang No.41 tahun 1999 dan Undang-Undang No.19 tahun 2004 hutan ialah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan. Mangrove adalah vegetasi hutan yang tumbuh pada tanah alluvial di daerah pantai dan sekitar muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove juga tumbuh pada pantai karang atau daratan terumbu karang yang berpasir tipis atau pada tanah berlumpur.

Penginderaan jauh dapat digunakan untuk monitoring perubahan hutan mangrove. Citra yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian mengenai hutan mangrove salah satunya adalah citra Landsat. Purwanto, et al. (2014) memetakan kerapatan tajuk hutan mangrove dan sebaran mangrove menggunakan citra Landsat 8 komposit 564. Kerapatan tajuk hutan mangrove dilakukan dengan melakukan transformasi indeks vegetasi NDVI, sedangkan sebaran mangrove dilakukan pada saat survei lapangan. Tingkat keakuratan dari penelitian ini adalah 82,05%. Haryani (2013) melakukan pemetaan perubahan hutan mangrove di Kabupaten Probolinggo Jawa Timur dengan menggunakan citra multitemporal, yakni citra Landsat 7

ETM+ tahun 2001 dan 2011. Hidayah dan Wiyanto (2013) melakukan pemetaan perubahan luas hutan mangrove di Kabupaten Sidoarjo menggunakan Citra Landsat 7 ETM+ perekaman tahun 2002 dan Citra ALOS AVNIR-2 perekaman tahun 2010. Perubahan luas hutan mangrove pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kerapatan mangrove yang diperoleh dari transformasi indeks vegetasi NDVI. Tingkat akurasi dalam penelitian ini adalah 73% untuk citra Landsat 7 ETM+ dan 80% untuk citra ALOS.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Segara Anakan Kabupaten Cilacap. Segara Anakan dipilih sebagai lokasi penelitian karena di Segara Anakan memiliki permasalahan mengenai hutan mangrove yang cukup kompleks, awal tahun 2000-an terjadi alih fungsi lahan mangrove menjadi tambak dan terjadi pula pembalakan liar. Hal ini menyebabkan adanya perubahan penutup lahan dan kerapatan hutan mangrove.

Sumber data dari penelitian ini ialah citra Landsat 7 ETM+ untuk pemetaan tahun 2000 dan Landsat 8 OLI untuk pemetaan tahun 2015. Klasifikasi multispektral dilakukan untuk mengetahui penutup lahan hutan mangrove. Transformasi indeks vegetasi digunakan untuk mengetahui kerapatan hutan mangrove. Tahap akhir penelitian ini adalah memberikan informasi perubahan dari hutan mangrove.

Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah seperangkat laptop, Envi 4.5 untuk mengolah citra,

ArcGIS 10.2 untuk visualisasi dan pembuatan peta, Microsoft Office 2013 untuk pembuatan laporan hasil penelitian, GPS Garmin untuk pengeplotan objek di lapangan, kamera untuk merekam kenampakan objek di lapangan, dan pita ukur. Bahan yang digunakan ialah citra satelit Landsat 7 dengan resolusi 30 m, *Path/ Raw* 121/065, tanggal akuisisi 12-2-2000, citra satelit Landsat 8 dengan resolusi 30 m, *Path/ Raw* 121/065, tanggal akuisisi 24-8-2015, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 1999 dengan skala 1 : 25.000 yang diproduksi oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL), lembar 1308-241 Kalipucang, 1308-242 Pengolahan, 1308-243 Gandrungmangu dan lembar 1308-244 Kawunganten.

Tahapan pra-lapangan

Tahap pra-lapangan merupakan tahapan penelitian yang dilakukan sebelum melakukan penelitian. Kegiatan yang perlu dilakukan pada tahap ini ialah tahap pengumpulan data dan studi pustaka. Data yang dikumpulkan ialah data primer dan sekunder.

Tahapan selanjutnya yang dilakukan ialah pre-processing citra. Tahap ini diantaranya mengoreksi citra yang sebelumnya telah diunduh. Koreksi yang dilakukan ialah koreksi radiometrik, atmosferik, dan geometrik. Kemudian dilanjutkan melakukan tahap pemrosesan citra seperti melakukan klasifikasi multispektral maximum likelihood untuk mengelakan penutuplahan yang ada di daerah segara anakan, dan

transformasi indeks vegetasi NDVI, dimana rumus NDVI ialah:

$$NDVI = \frac{\text{Saluran inframerah dekat} - \text{Saluran merah}}{\text{Saluran inframerah deka} + \text{Saluran merah}}$$

Tahap selanjutnya ialah menentukan titik sampel yang digunakan di lapangan. Penentuan titik sampel menggunakan metode stratified random sampling. Jumlah sampel yang akan diambil untuk reinterpretasi klasifikasi dan uji ketelitian penutup lahan ialah 30 sampel. Jumlah sampel kerapatan kanopi diambil 30 sampel sebagai sampel validasi model. Jumlah sampel yang diambil untuk uji akurasi kerapatan kanopi ialah 15 sampel.

Tahap Lapangan

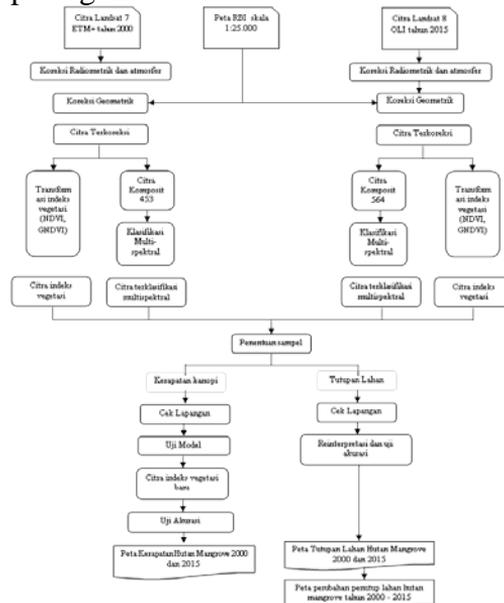
Tahap lapangan dilakukan bila alat dan bahan yang diperlukan telah tersedia, dan telah menentukan titik sampel yang digunakan untuk survei dan pengumpulan data. Tahap ini melakukan cek/survei dari citra yang telah diolah sebelumnya. Survei yang dilakukan di lapangan adalah mengetahui penutup lahan dan kerapatan kanopi dari hutan mangrove.

Pengumpulan data kerapatan kanopi dapat dilakukan dengan mengambil sampel menggunakan petak/kuadrat pengamatan 30x30 m, yang merupakan ukuran piksel pada citra Landsat. Estimasi kerapatan kanopi dilakukan dengan mengambil foto vertikal dengan menggunakan lensa fish eye. Pengambilan foto ini dilakukan pada tiap 10 m pada kuadrat pengamatan, sehingga dalam satu kuadrat pengamatan diambil beberapa foto.

Tahap Pasca Lapangan

Tahap pasca lapangan merupakan tahap akhir dari penelitian. Tahap ini dilakukan bila pengambilan data dan cek lapangan telah dilakukan, sehingga data yang diperoleh dapat digunakan untuk hasil akhir dari penelitian ini. Tahap ini meliputi analisis statistik, uji akurasi, serta pembuatan peta akhir.

Analisis statistik untuk menguji validitas model dari indeks vegetasi. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari peta yang telah dibuat sebelumnya. Uji akurasi juga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan citra Landsat dalam memetakan perubahan hutan mangrove. Peta akhir dibuat sesuai dengan hasil yang telah diperoleh dari uji akurasi citra dengan lapangan. Metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Segara Anakan ialah suatu laguna yang dikelilingi dataran yang berlumpur. Laguna ini dikelilingi oleh

saluran-saluran air dan parit yang mengalir dari hutan mangrove dan persawahan-persawahan di sekitarnya. Segara Anakan merupakan kawasan yang terdiri dari dataran tinggi di Pulau Nusakambangan dan dataran rendah. Kawasan Segara Anakan merupakan perpaduan antara ekosistem hutan mangrove, ekosistem hutan hujan tropis Nusakambangan, ekosistem perairan dan sekaligus manusia.

Penutup lahan di daerah ini diklasifikasikan menjadi 7 kelas yakni hutan lahan primer, hutan mangrove, kebun, sawah, tambak, permukiman, lahan kosong, dan perairan. Hasil dari klasifikasi multispektral kemudian diuji akurasi. Besar akurasi klasifikasi penutup lahan ialah 86,67%. Luas dari penutup lahan sendiri dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

No	Penutup Lahan	Luas (ha)		S	B
		2000	2015		
1	Hutan Lahan Kering	7653	5533	-	-
2	Hutan Mangrove	9716	8910	-	-
3	Kebun/Kebun Campuran	3605	4613	1007	02
4	Lahan Kosong	187	61	-	-
5	Lahan Terbangun	2129	2705	5	5
6	Perairan	6015	5771	-	-
7	Sawah	3240	5849	1	1
8	Tambak	1705	1996	3	3

Berdasarkan tabel tersebut luasan penutup lahan di kawasan Segara Anakan mengalami perubahan, baik bertambah luas maupun

berkurang. Penutup lahan yang mengalami penurunan diantaranya hutan lahan kering, mangrove, lahan kosong, dan perairan. Hutan lahan kering mengalami penurunan sampai dengan 2120 ha dikarenakan terjadi alih fungsi lahan menjadi kebun atau kebun campuran. Hutan yang berubah menjadi kebun ini berada di selatan daerah Klaces, perubahan ini disebabkan para penduduk sekitar menanami pohon albi dan lainnya untuk menambah penghasilan penduduk setempat. Hutan mangrove mengalami penurunan mencapai 806 ha, sedangkan perairan menurun mencapai 244 ha, dan lahan kosong berkurang 126 ha



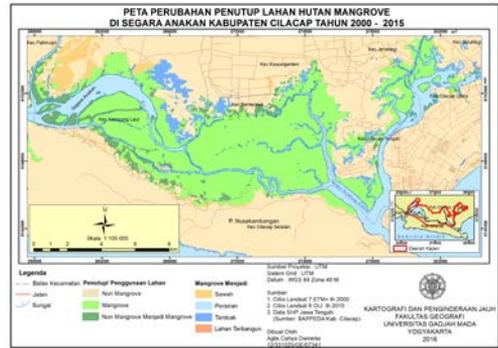
Gambar 3.1. Peta penutup lahan tahun 2000



Gambar 3.2. Peta penutup lahan tahun 2015

Penutup lahan hutan mangrove di Segara Anakan pada kurun waktu

2000 hingga 2015 mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi diantaranya hutan mangrove berubah menjadi beberapa penggunaan lahan. Hutan mangrove banyak berubah menjadi sawah, lahan terbangun, maupun tambak, ada pula mangrove yang berubah menjadi perairan (sungai). Perubahan penutup lahan dan luas hutan mangrove dapat diketahui dari tabel berikut ini.



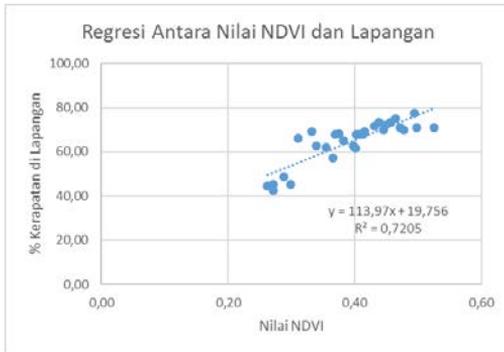
Gambar 3.3. Peta Perubahan Hutan Mangrove Tahun 2000-2015

Perubahan Mangrove Tahun 2000 - 2015	(+)	Non Mangrove menjadi Mangrove	
	1058 ha	13 ha	menjadi Lahan terbangun
	(-)	777 ha	menjadi Sawah
		273 ha	menjadi perairan (Sungai)
		771 ha	menjadi Tambak
7875 ha	Tetap Mangrove		

Luas hutan mangrove yang berubah menjadi penggunaan lahan lainnya mencapai 1821 ha. Penutup lahan non mangrove yang berubah menjadi mangrove mencapai 1058 ha. Hutan mangrove pada tahun 2000 yang tetap menjadi hutan mangrove di tahun 2015 mencapai 7875 ha. Perubahan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor baik faktor alam maupun manusia.

Nilai kerapatan pada citra dapat diketahui dari analisis statistik sehingga mendapatkan persamaan regresi. Regresi ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel kerapatan lapangan dengan hasil indeks vegetasi. Hubungan tersebut dinyatakan dengan koefisien determinasi (R^2).

NDVI diperoleh dari formula yang menggunakan saluran merah dan inframerah dekat. Hasil regresi dari NDVI memiliki nilai R^2 ialah 0,7205. Hasil tersebut menunjukkan hubungan antara NDVI dan kerapatan kanopi memiliki hubungan yang kuat. Persamaan yang dihasilkan $y = 113,97x + 19,756$, dimana x merupakan nilai NDVI dan y merupakan kerapatan kanopi dilapangan.



Gambar 3.4. Regresi NDVI dan Lapangan

Uji akurasi kerapatan diperoleh dengan menggunakan metode Standar Error of Estimate (SE). Pengolahan SE dilakukan dengan menghitung selisih antara nilai kerapatan kanopi lapangan dengan kerapatan dari hasil model yang telah dibangun sebelumnya, yang kemudian selisih tersebut dibagi dengan sampel uji akurasi. Sampel yang digunakan untuk uji akurasi ialah 15 sampel. Sampel tersebut dimungkinkan dapat mewakili seluruh kelas pada kerapatan, sampel tersebut juga merupakan sampel yang berbeda dengan sampel analisis statistik.

Berdasarkan tabel uji akurasi kerapatan nilai SE yang didapatkan ialah 13,35. Akurasi maksimal dari hasil ini ialah 81,68%. Hasil tersebut menunjukkan akurasi yang diperoleh cukup tinggi.

Kerapatan mangrove dengan kelas rendah pada tahun 2000 mencapai 814,77 ha sedangkan pada tahun 2015 hanya mencapai 305,19 ha. Kerapatan mangrove kelas rendah mengalami penurunan mencapai 509,58 ha. Kerapatan mangrove kelas sedang mengalami penurunan cukup drastis, tahun 2000 kerapatan mangrove mencapai 6791,94 ha dan

pada tahun 2015 mencapai 5387,76. Penurunan kelas sedang dari tahun 2000 hingga tahun 2015 ialah 1404,18 ha. Berbeda dengan kelas sebelumnya yang mengalami penurunan, kerapatan mangrove kelas tinggi mengalami kenaikan. Tahun 2000 kerapatan mangrove hanya 1951,02 ha, sedangkan pada tahun 2015 mencapai 2854,62 ha. Luas peningkatan kerapatan mencapai 903,60 ha.

Penurunan kerapatan mangrove sebagian besar dikarenakan adanya pohon-pohon besar yang ditebang. Penebangan tersebut dilakukan karena kayu mangrove sangat bagus digunakan sebagai kayu bakar. Meskipun telah di larang oleh pemerintah untuk menebangi pohon mangrove, akan tetapi tetap saja ada masyarakat yang melakukan hal tersebut.

Kerapatan mangrove yang meningkat dapat dikarenakan banyaknya mangrove berjenis *Derris trifoliata* dan *Acanthus ilicifolius* yang dapat diidentifikasi berada di sisi barat Segara Anakan. Kerapatan mangrove meningkat dikarenakan kedua spesies ini ialah semak.



Gambar 3.4. Peta Kerapatan Mangrove tahun 2000



Gambar 3.5. Peta Kerapatan Mangrove tahun 2015

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini ialah Kemampuan citra Landsat dalam mengidentifikasi perubahan hutan mangrove dapat diketahui melalui uji akurasi penutup lahan dan kerapatan. Klasifikasi penutup lahan memiliki akurasi 86,67 % sedangkan kerapatan memiliki Standard Error sebesar 13,35 dengan akurasi 81,86%. Hutan mangrove mengalami perubahan baik kerapatan maupun penutup lahannya dari tahun 2000 hingga 2015. Penutup lahan non mangrove berubah menjadi mangrove sebanyak 1058 ha, tetapi mangrove juga berubah menjadi penggunaan lahan lainnya mencapai 1821 ha. Perubahan penutup lahan banyak terjadi di Desa Ujungalang, Ujunggak, Panikel, Tritih, dan Kutawaru. Perubahan penutup lahan

memiliki pola tertentu, seperti pola perubahan mangrove dan perairan. Penutup lahan yang awalnya mangrove kemudian berubah menjadi permukiman, tambak, dan sawah dikarenakan adanya sedimentasi maupun penebangan. Kerapatan mangrove mengalami penurunan pada kerapatan rendah hingga sedang sebesar 510 ha dan 1404 ha, sedangkan kerapatan tinggi mengalami kenaikan sebesar 904 ha. Mangrove dengan kerapatan tinggi ditemukan di bagian barat dari Segara Anakan di Desa Ujungalang, sedangkan kerapatan rendah dan sedang berada di Desa Ujunggak, Panikel, Ujungalang, Kutawaru, dan Tritih.

DAFTAR PUSTAKA

- BPKSA Kabupaten Cilacap. 2009. *Laporan Monitoring dan Evaluasi Kawasan Segara Anakan*. Cilacap: BPKSA Kabupaten Cilacap.
- Danoedoro, Projo, 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Duke, N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and*

- Biogeography*, 20(1), 154-159.
- Haryani, Nanik Suryo. 2013. Analisis Perubahan Mangrove Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Ilmiah WIDYA Vol 1*. Hal 72-77.
- Hidayah, Zainun dan Dwi Budi Wijayanto. 2013. Analisis Temporal Perubahan Luas Hutan Mangrove di Kabupaten Sidoarjo dengan Memanfaatkan Data Citra Satelit. *Jurnal Bumi Lestari Vol.13*. Hal 318-326.
- Kementrian Kehutanan. 2012. *Statistik Kehutanan Indonesia 2011*. Jakarta: Kementrian Kehutanan.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R.W., and Chipman, J. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley & Son.
- Purwanto, Anang Dwi, Wikanti Asriningrum, Gathot Winarso, dan Ety Parwati. 2014. Analisis Sebaran Dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 Di Segara Anakan, Cilacap. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*. Hal. 232-241.
- Sukardi, Yulianto. 2010. Permasalahan Kawasan Segara Anakan. *Perencanaan Pembangunan Edisi 2 Tahun 2010*. Hal 2-10.