

Inventarisasi Hutan Mangrove Menggunakan Data Landsat di Pantai Utara Bekasi Jawa Barat

Kuncoro Teguh Setiawan¹, Anang Dwi Purwanto¹, Bagus Dwi Kurniawan N²

¹ Peneliti Pertama Bidang SDWPL Pusfatja LAPAN, E-mail : kunteguhs@gmail.com

² Out Sourcing Bidang SDWPL Pusfatja LAPAN

Abstrak –Mangrove merupakan ekosistem yang kompleks terdiri atas flora dan fauna di daerah pantai yang hidup sekaligus pada habitat daratan dan air laut. Ekosistem mangrove berperan dalam melindungi garis pantai dari erosi, gelombang laut dan angin topan, serta berperan juga sebagai buffer (perisai alam) dan menstabilkan tanah dengan menangkap dan memerangkap endapan material dari darat yang terbawa air sungai dan yang kemudian terbawa ke tengah laut oleh arus. Teknologi penginderaan jauh memberikan peluang untuk pemetaan kawasan mangrove secara efektif dan efisien. Citra Landsat merupakan citra satelit resolusi menengah yang dapat dimanfaatkan untuk pemetaan kawasan mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hutan mangrove menggunakan dua buah data citra Landsat guna menentukan perubahan hutan mangrove pada wilayah Delta Bekasi Provinsi Jawa Barat. Hasil analisis data multitemporal menunjukkan bahwa terjadi perubahan hutan mangrove selama 10 tahun terakhir (2002 - 2013) dan hasil tumpang susun citra terklasifikasi tahun 2013 dengan citra terklasifikasi tahun 2002 ditemukan perubahan daerah sebaran yang terjadi karena abrasi dan akresi, kondisi keberadaan hutan mangrove di kawasan Delta Bekasi sangat berpengaruh terhadap kehidupan sosial masyarakat sekitarnya.

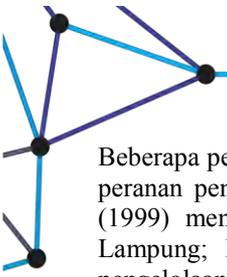
Kata Kunci: Citra Landsat, Mangrove, Teknologi Penginderaan Jauh

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan tumbuhan yang hidup antara laut dan darat, ada yang berbentuk pohon ada pula yang berbentuk semak, pada waktu pasang akar-akarnya tergenang oleh air garam tetapi pada waktu air surut akar-akar itu tampak (Lear dan Turner, 1977). Mangrove juga merupakan sekelompok tumbuhan yang berbeda satu dengan lainnya, tetapi mempunyai persamaan terhadap adaptasi morfologi dan fisiologi terhadap habitat yang dipengaruhi pasang surut. Hutan mangrove pada umumnya tumbuh pada daerah berupa lumpur atau lumpur berpasir. Banyak faktor yang mempengaruhi perbedaan jenis pohon mangrove yang ada di setiap daerah seperti jenis tanah, intensitas genangan air, kadar garam, daya tahan terhadap ombak serta arus (Soeroyo, 1993).

Hutan mangrove merupakan ekosistem utama pendukung aktivitas kehidupan di wilayah pantai dan memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan siklus biologis di lingkungannya karena memiliki keanekaragaman hayati (*biodiversity*) serta menjadi sumber plasma nutfah (*genetic pool*). Di samping itu, hutan mangrove mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Indonesia memiliki sumberdaya hutan mangrove yang sangat luas yang tersebar di wilayah pesisir di berbagai provinsi. Menurut Bengen (2004) tumbuhan mangrove merupakan sumber makanan potensial, dalam berbagai bentuk, bagi semua biota yang hidup di ekosistem mangrove. Banyak fauna khususnya bentos yang berada di hutan mangrove memiliki nilai ekonomi yang tinggi, seperti kepiting bakau, beberapa jenis krustasea, kerang-kerangan, dan gastropoda. Potensi kekayaan alam tersebut perlu dikelola dan dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk mendukung pelaksanaan pembangunan nasional dan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Untuk memperoleh informasi keberadaan hutan mangrove terkini secara cepat dapat diperoleh melalui data penginderaan jauh.

Teknologi penginderaan jauh memberikan peluang untuk pemetaan kawasan mangrove secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah yang memiliki tingkat perubahan tutupan lahan secara cepat. Selain harganya yang relatif murah serta datanya mudah didapat keuntungan penginderaan jauh lainnya adalah memiliki resolusi temporal disertai cakupannya yang luas dan mampu menjangkau daerah yang terpencil sehingga dapat digunakan untuk keperluan monitoring. Citra satelit yang bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi hutan mangrove adalah citra satelit Landsat



Beberapa penelitian terkait pemanfaatan data citra Landsat di antaranya adalah Ratnasermpong (1996) mengkaji peranan penginderaan jauh untuk pemantauan hutan mangrove dan tambak udang di Thailand, Niendyawati (1999) memanfaatkan data penginderaan jauh dan SIG untuk penentuan lokasi tambak udang di pantai Lampung; Riqqi dan Nganro (2002) memanfaatkan SIG untuk menentukan prototipe pemanfaatan dan pengelolaan kawasan Tambak di Serang (Banten); Winarso et al. (1999) melakukan analisis geomorfologi untuk studi kesesuaian lahan tambak udang di Ketapang, Sulawesi Selatan.

Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah citra LANDSAT 8 dan LANDSAT 7 ETM. Kedua satelit ini memiliki karakteristiknya yang mirip baik resolusinya (spasial, temporal, spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa karena Landsat 8 melanjutkan misi satelit Landsat 7 (ETM+) sebelumnya (Purwanto, 2014). Nilai spektral kedua citra yang digunakan untuk diekstraksi menjadi informasi obyek mangrove pada kisaran spektrum tampak dan inframerah - dekat (Suwargana, 2008). Analisis data citra untuk penentuan vegetasi mangrove menggunakan citra Landsat 7 ETM+ mengacu pada hasil eksplorasi citra komposit RGB 453. (Waas, (2010), sedangkan bila menggunakan citra landsat 8 menggunakan RGB 564 (Purwanto, 2014). Tabel 1 adalah perbandingan spesifikasi band pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8.

Tabel 1. Perbandingan Spesifikasi Band Landsat 7 dan Landsat 8 (Sumber : NASA, 2008)

L7 ETM+ Bands		LDCM OLI/TIRS Band	
Band	Spesifikasi	Band	Spesifikasi
		Band1	Coastal/Aerosol, (0.433 – 0.453 μm), 30 m
Band1	Blue, (0.450 – 0.515 μm), 30 m	Band2	Blue, (0.450 – 0.515 μm), 30 m
Band2	Green, (0.525 – 0.605 μm), 30 m	Band3	Green, (0.525 – 0.600 μm), 30 m
Band3	Red, (0.630 – 0.690 μm), 30 m	Band4	Red, (0.630 – 0.680 μm), 30 m
Band4	Near-Infrared, (0.775 – 0.900 μm), 30 m	Band5	Near-Infrared, (0.845 – 0.885 μm), 30 m
Band5	SWIR 1, (1.550 – 1.750 μm), 30 m	Band6	SWIR 1, (1.560 – 1.660 μm), 30 m
Band7	SWIR 2, (2.090 – 2.350 μm), 30 m	Band7	SWIR 2, (2.100 – 2.300 μm), 30 m
Band8	Pan, (0.520 – 0.900 μm), 15 m	Band8	Pan, (0.500 – 0.680 μm), 15 m
		Band9	Cirrus, (1.360 – 1.390 μm), 30 m
Band6	LWIR, (10.00– 12.50 μm), 15 m	Band10	LWIR 1, (10.3 – 11.3 μm), 100 m
		Band11	LWIR 2, (11.5 – 12.5 μm), 100 m

Penelitian ini dilakukan di wilayah Delta Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bekasi. Wilayah tersebut merupakan bagian utara dari Kabupaten Bekasi yang memiliki jenis tanahnya alluvial, material lahannya dominan lumpur serta bentuk lahan seperti paruh burung yang menghadap arah Teluk Jakarta dan merupakan muara Sungai Citarum. Tutupan lahannya didominasi oleh lahan pertambakan sedangkan permukiman menempati sepanjang pinggir sungai Citarum berbaur dengan lahan pohon campuran (tegalan/ladang). Daerah pesisir ini merupakan daerah yang sangat rentan terhadap perubahan fisik lahan, di antaranya mudah dipengaruhi oleh pergerakan dinamika aliran Sungai Citarum dan gelombang pasang sehingga sering terjadi perubahan lahan. Sebagian besar penduduknya bermata-pencaharian sebagai nelayan, menangkap ikan, kepiting dan juga udang. (Suwargana, 2008)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi hutan mangrove menggunakan dua buah data citra Landsat guna menentukan perubahan hutan mangrove pada wilayah Delta Bekasi Provinsi Jawa Barat selama 10 tahun terakhir (2002 – 2013).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Pesisir Pantai Utara Bekasi Kabupaten Bekasi Provinsi Jawa dan secara geografis berada pada koordinat 5° 54' 25,83" – 6° 2' 30" LS dan 106° 58' 52,45" – 107° 02' 59,72" BT (Gambar 1). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat-7 path/row:122/064 akuisisi tanggal 09 Desember 2002 dan citra Landsat 8 path/ row: 122/064 akuisisi tanggal 25 Agustus 2013. Perangkat lunak yang digunakan sebagai sarana pengolahan, perhitungan dan interpretasi data diantaranya: Er Mapper 6.4, Arcview 3.3, Global Mapper 11 dan Microsoft Excell 2007.

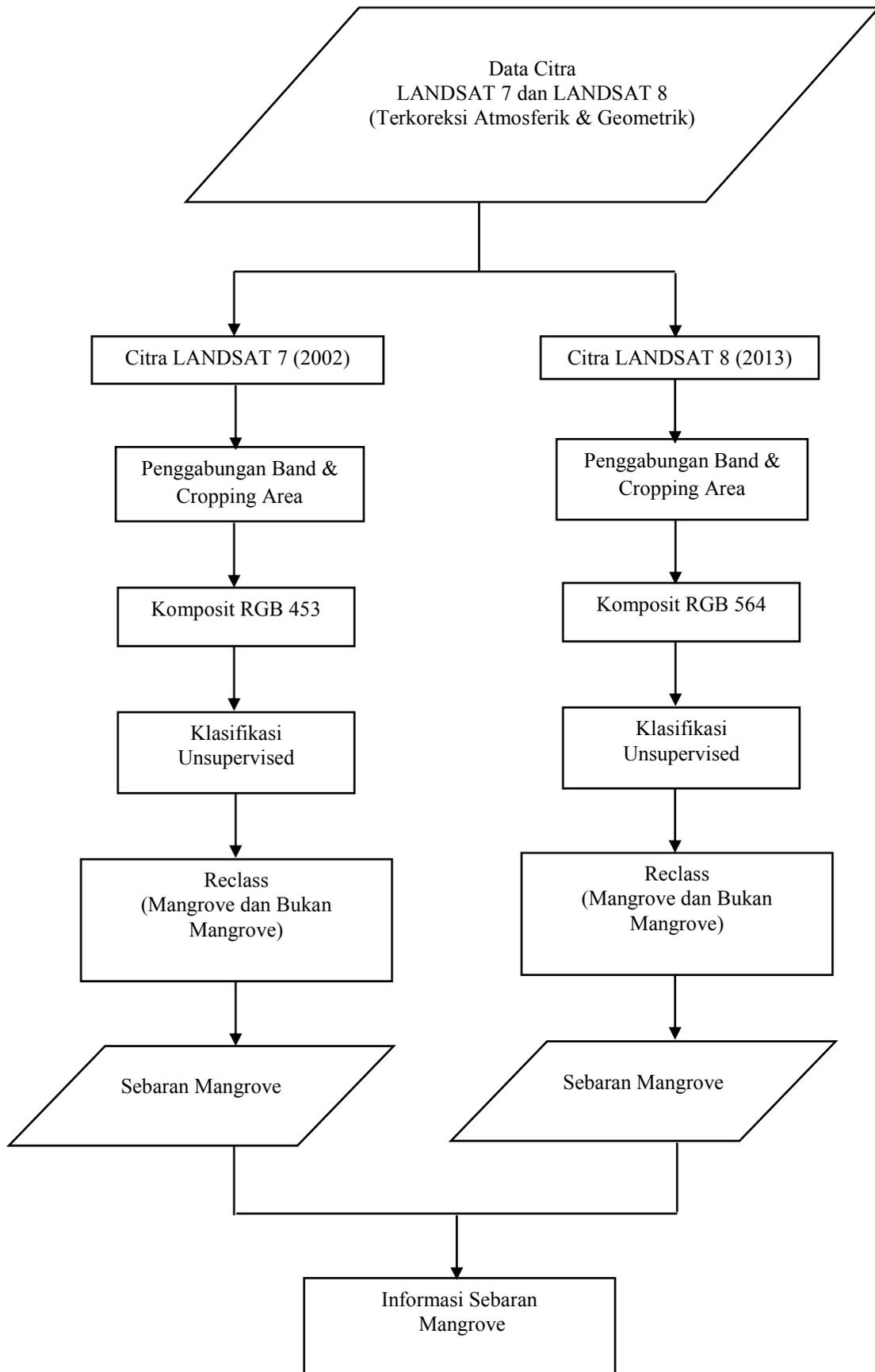


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menganalisis secara visual nilai spektral berdasarkan citra komposit RGB 453 yang digunakan pada Landsat-7 serta citra komposit RGB 564 untuk Landsat-8. Pengolahan digital untuk setiap data set meliputi seleksi *fusi multispektral*, penajaman, dan pemfilteran. Penentuan citra *subset (cropping)* dilakukan untuk mengakomodasikan ukuran citra sesuai dengan ukuran lokasi penelitian untuk menentukan sebaran, luasan dan perubahannya.

Gabungan (komposit) kanal dilakukan untuk mendapatkan ketajaman objek dan menghasilkan warna komposit yang optimum. Fusi multispektral digunakan untuk memperoleh informasi citra yang optimal. Proses fusi multispektral diawali dengan memilih 3 (tiga) kanal yang digunakan untuk membuat citra warna komposit dengan memasukkan setiap kanal ke dalam filter merah, hijau, dan biru (RGB) sehingga diperoleh citra warna komposit RGB 453 untuk citra Landsat-7 dan RGB 564 untuk citra Landsat-8. Penajaman dilakukan menggunakan *software ER MAPPER 6.4*, yaitu *histogram equalize*. Pemfilteran adalah proses modifikasi nilai piksel berupa pengurangan atau penambahan nilai spektral. Proses tersebut menghasilkan citra yang lebih tajam.

Klasifikasi citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah klasifikasi secara digital. Klasifikasi ini merupakan suatu proses mendapatkan nilai digital spektral tiap-tiap objek. Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi dengan metode klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*). Di sini analisis memerintahkan komputer untuk mencari rata-rata kelas dan matrik ragam-peragamnya yang akan digunakan dalam klasifikasi.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini menggunakan 3 band dari citra LANDSAT 7 yaitu band 3, band 4 dan band 5 serta 3 band dari citra LANDSAT 8 yaitu band 4, band 5 dan band 6 yang masing-masing memiliki resolusi spasial 30 meter. Data yang digunakan berasal dari USGS yang sudah terkoreksi geometrik dan atmosferik. Pengolahan data diawali dengan melakukan penggabungan band dilanjutkan dengan pembatasan (cropping) citra pada daerah penelitian dan diteruskan dengan melakukan komposit RGB. Untuk mengidentifikasi hutan mangrove dengan data citra satelit Landsat 7 mengacu pada eskplorasi citra komposit RGB 453, sedangkan pada citra satelit Landsat 8 digunakan komposit RGB 564 .

Hasil pengolahan data penginderaan jauh terdiri dari citra warna komposit RGB 453 Landsat 7 tahun 2002, RGB 564 Landsat 8 tahun 2013, citra hasil klasifikasi Landsat 7 tahun 2002, citra hasil klasifikasi Landsat 8 tahun 2013, dan citra hasil *overlay* dari citra hasil klasifikasi tahun 2002 dengan citra klasifikasi tahun 2013. Pembuatan citra warna komposit dengan memasukkan kanal-kanal tertentu ke dalam komposit RGB 453 Landsat 7 dan komposit RGB 564 Landsat 8 merupakan komposit dengan nilai kontras tinggi. Dari citra komposit tersebut kemudian dilakukan penajaman untuk memperjelas kenampakan pada citra, terutama pada objek hutan mangrove.

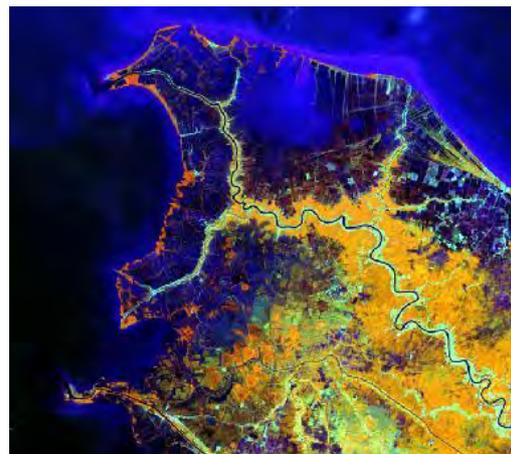
Hasil dari penajaman citra memperlihatkan bahwa jenis tutupan lahan di pinggiran pantai adalah jenis vegetasi (warna merah kegelapan) yang menunjukkan lahan tersebut adalah objek mangrove, hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 3. Identifikasi objek lain seperti lahan tambak menggambarkan bentuk pematang dan berkotak-kotak dengan warna hitam hingga biru tua. Objek warna tersebut menunjukkan bahwa lahan tersebut digenangi air dan berlumpur (tanah basah) atau lahannya tidak tergenangi air (kering) yang nampak seperti lahan tanah terbuka.

Dengan pemisahan kelas mangrove dari kelas kelompok lahan lainnya akan memberikan kenampakan secara individu yang lebih jelas, ditampilkan pada Gambar 3. Pada kedua gambar nampak tumbuhan mangrove tumbuh berdekatan memanjang dan saling berjauhan, nampak terdistribusi di sekitar pinggiran garis pantai (tumbuh lebat) dan sungai serta tumbuh di sekitar lahan tambak yang terdistribusi dengan kerapatan jarang-jarang.

Hasil pengolahan klasifikasi dengan cara digital memberikan gambaran distribusi hutan mangrove di sekitar objek penelitian yang lebih jelas. Informasi objek yang dihasilkan juga lebih detail dan rinci, dimana nilai spektral dari citra mampu membedakan objek lahan mangrove dan lahan bukan mangrove. Selain itu mampu membedakan gambaran objek lahan basah dengan lahan kering, dimana spektral pantulannya dapat membedakan antara lahan tambak dalam fase berair dan fase kering. Oleh karena itu, klasifikasi dengan cara digital dapat menghasilkan klasifikasi yang lebih baik dan mampu menentukan lebih banyak kelas-kelas untuk meng-ekstraks objek yang diinginkan. Untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam klasifikasi *unsupervised*, pengelasan proses awal dibuat 200 kelas. Hasil klasifikasi tersebut selanjutnya dilakukan proses editing dalam rangka reklasifikasi yang hasilnya dikelaskan menjadi 3 kelas tutupan/penggunaan lahan yaitu mangrove, non mangrove dan air (Gambar 4).



RGB 453 Landsat 7 (9 Desember 2002)



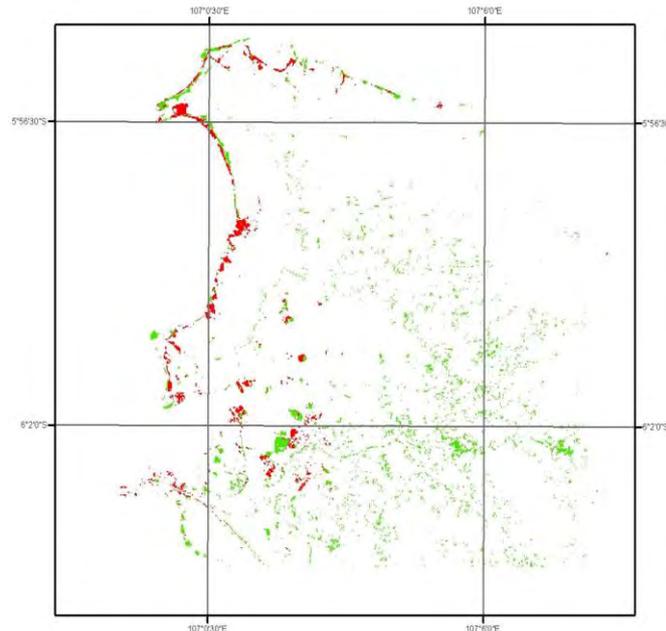
RGB 564 Landsat 8 (25 Agustus 2013)

Gambar 3. Komposit Citra Landsat

Citra hasil klasifikasi pada Gambar 4 menunjukkan perbedaan dari kenampakan dari dua data citra yang digunakan, hal tersebut disebabkan karena perbedaan resolusi temporalnya. Area mangrove hasil klasifikasi citra Landsat 7 yang diliput pada tanggal 9 Desember 2002 terlihat memiliki yang lebih sedikit terutama di wilayah sekitar garis pantai bila dibandingkan dengan area mangrove citra hasil klasifikasi Landsat 8 yang diliput pada tanggal 25 Agustus 2013.

terjadi jika terjadi dari berkurangnya penebalan area mangrove dari kedua citra Landsat tersebut. Perubahan pengurangan wilayah mangrove selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5 dalam lingkaran merah.

Hasil tumpang tindih (*superimposition*) antara hasil klasifikasi tahun 2002 dengan tahun 2013 dapat memperlihatkan perubahan-perubahan yang terjadi pada kondisi mangrove dan garis pantainya, ditampilkan pada Gambar 6. Perubahan yang terjadi dijumpai adanya pengikisan (abrasi) dan penambahan daratan (akresi), dari fenomena ini dapat diamati pertumbuhan dari pada hutan mangrove selama kurun waktu 11 tahun. Di wilayah yang terjadi abrasi pohon mangrove nampak sebagian banyak yang hilang, namun sebaliknya di wilayah yang terjadi akresi tumbuhan mangrove tumbuh dengan subur. Sehingga populasi hutan mangrove nampaknya sedikit berubah.



 Sebaran Mangrove Landsat 7 ETM (9 Desember 2002)

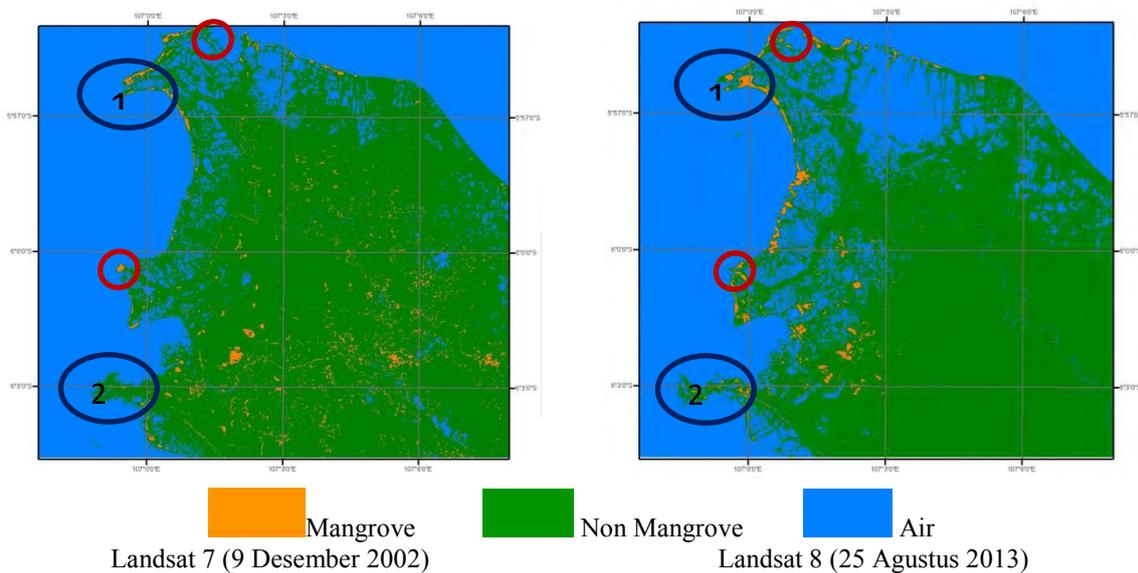
 Sebaran Mangrove Landsat 8 (25 Agustus 2013)

Gambar 6. Klasifikasi Citra Landsat

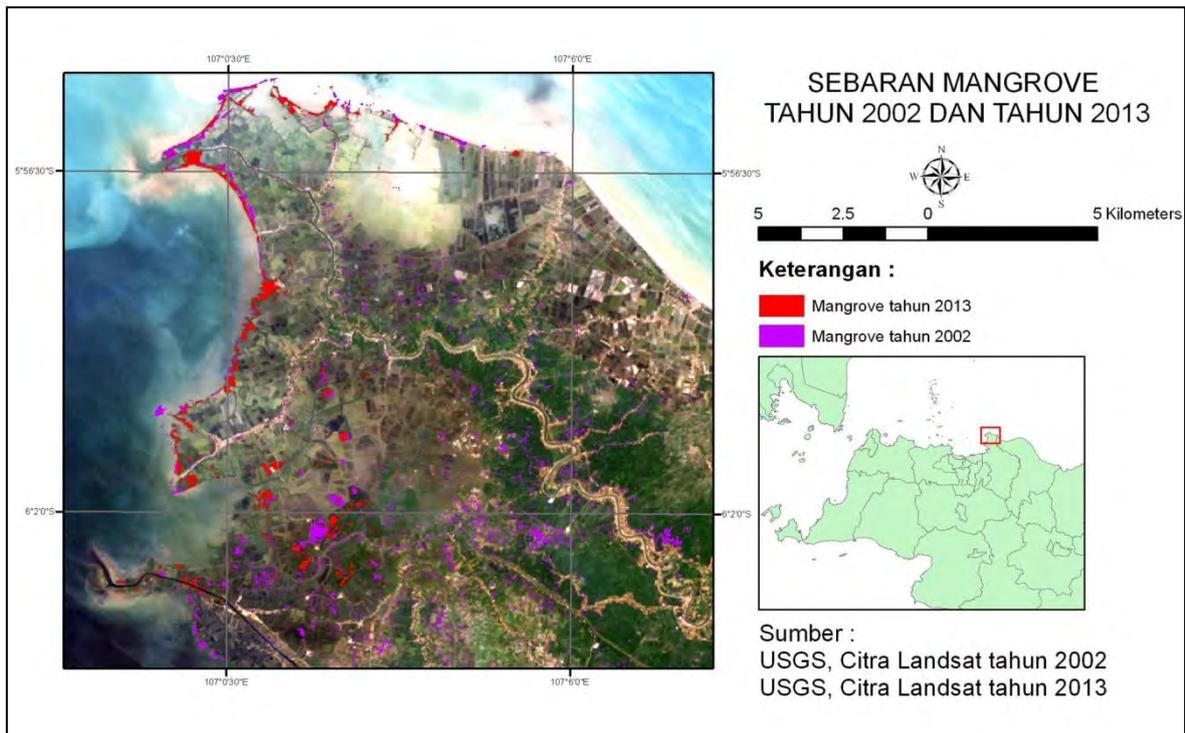
Abrasi ataupun akresi mengakibatkan terjadi pergeseran garis pantai. Proses pengikisan pantai di lokasi penelitian, karena disebabkan oleh arus laut yang cukup deras, dan gelombang pasang surut yang tinggi. Di samping itu karena kurangnya keberadaan hutan mangrove di lokasi tersebut. Perubahan garis pantai nampak terjadi di lokasi pada lingkaran biru (akresi), dan lokasi pada lingkaran merah (abrasi) diperlihatkan pada Gambar 7. Pengendapan terjadi di mulut muara sungai Citarum pada lokasi 1, disebabkan karena lumpur-lumpur yang dibawa dari hulu Sungai Citarum tidak mampu terbuang ke laut lepas, karena dipengaruhi oleh arus air laut yang datang dari tengah laut. Akresi pada lokasi 2 disebabkan juga oleh pengendapan terjadi di mulut muara sungai Bekasi karena lumpur-lumpur yang dibawa dari hulu Sungai Bekasi. Fenomena tersebut berjalan bertahun-tahun hingga daratan bertambah maju ke arah laut dan menjadi tanah timbul. Sedangkan pada lokasi terjadi abrasi karena pengaruh arus air dan gelombang yang cukup kuat datang dari arah utara dalam posisi tegak lurus dengan pantai menyebabkan terjadi penggerusan tanah, akibatnya tanah garis pantai menjadi rusak/hancur tergerus. Proses tersebut berjalan bertahun-tahun sehingga daratan bertambah mundur ke arah daratan tersebut menjadi laut.

Sungai Citarum yang bermuara ke arah Laut Teluk Jakarta secara tidak langsung sangat berpengaruh terhadap lingkungan di sekitarnya. Sungai tersebut banyak ragam fungsinya yang dapat dimanfaatkan untuk menyokong kehidupan manusia di sekitarnya. Salah satu fungsinya adalah sebagai penyuplai air tawar dan sebagai pengatur mutu air (*salinitas*) bagi kehidupan ikan bandeng dan udang di lahan pertambakan. Namun kondisi di di sekitarnya tidak lepas dari keberadaan hutan mangrove yang berfungsi sebagai penyangga pesisir pantai. Dilihat dari citra komposit warna baik citra Landsat 7 tahun 2002 maupun Landsat 8 tahun 2013 menunjukkan bahwa jenis tutupan lahan yang tumbuh di pinggiran pantai dominan adalah hutan mangrove. Data lapangan menunjukkan bentuk lahan tanahnya datar, elevasinya antara 0-2 mdpl dan jenis tanahnya alluvial dominan berlumpur. Bentuk lahan yang datar menunjukkan bahwa lahan tersebut merupakan tempat yang berpotensi untuk pertumbuhan hutan mangrove, sehingga hasil penajaman citra komposit warna nampak jelas bahwa obyek

vegetasi digaris pantai dengan warna merah kegelapan dan bentuk rona halus, bergerombol dan banyak tumbuh lebat di sekitar pinggiran sungai-sungai kecil (Suwargana, 2008). Dengan demikian kondisi penggunaan lahan di kawasan Delta Bekasi menunjukkan bahwa mangrove sudah mulai terlindungi. Kesadaran masyarakat sudah mulai tumbuh untuk melestarikan dan menjaga ekosistem mangrove agar tetap dipertahankan keberadaannya bahkan terus di tingkatkan yang terlihat dari citra Landsat 7 tahun 2002 dan citra Landsat 8 2013 yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Analisa Akresi dan Abrasi Citra Landsat



Gambar 8. Sebaran Mangrove dari Citra Landsat

Laju perkembangan perekonomian nasional dalam sektor perikanan khususnya dengan meningkatnya laju pertumbuhan hutan mangrove menimbulkan pengaruh nyata terhadap kualitas lingkungan secara umum dan berkelanjutan. Secara tidak langsung pengaruh nyata adalah laju pendapatan para nelayan tangkap. Semakin bertambahnya hutan mangrove menyebabkan ikan-ikan yang berkembang biak di sekitar hutan mangrove Muara Gembong akan semakin meningkat. Karena fungsi hutan mangrove sebagai tempat berkembangbiakan sekaligus perlindungan hewanyang didiami oleh berbagai jenis hewan seperti ikan kecil, udang dan kepiting dari

pemangsa-pemangsanya sudah berdaya kembali. Hal tersebut akan menyebabkan pendapatan para nelayan di sekitar kawasan Delta Bekasi akan meningkat.

Hasil penelitian menunjukkan sebaran mangrove di kawasan Delta Bekasi dari data Citra Landsat 2013 terjadi peningkatan sebaran areanya dibandingkan Citra Landsat tahun 2002. Peningkatan daerah sebaran mangrove disebabkan oleh faktor alam dan aktivitas manusia. Kondisi tingginya sedimentasi hingga terbentuk daratan-daratan baru merupakan muara dari sungai yang cukup besar yaitu Sungai Citarum dan Sungai Bekasi yang membuat hutan mangrove di daerah Delta Bekasi dapat tumbuh subur. Oleh karena itu, pertemuan air tawar yang berasal dari sungai tersebut dan air asin yang berasal dari Laut Jawa menyebabkan kawasan tersebut sebagai suatu kawasan air payau. Dengan keadaan yang seperti di atas memungkinkan vegetasi mangrove tumbuh dengan subur yang menyebabkan terbentuknya hutan mangrove.

KESIMPULAN

Untuk mengetahui sebaran obyek hutan mangrove di wilayah Delta Bekasi dilakukan proses penajaman komposit warna RGB 453 pada citra Landsat 7 tahun 2002 dan komposit warna RGB 564 pada citra Landsat 8 tahun 2013. Hasil klasifikasi citra Landsat 7 dan Landsat 8 memberikan gambaran bahwa pola pertumbuhan hutan mangrove nampak terdistribusi di sekitar pinggiran garis pantai dan sedikit menyebar ke arah daratan dengan populasi jarang-jarang. Distribusi hutan mangrove mengalami perubahan baik berupa penambahan maupun penurunan pada masing-masing area yang berbeda selama 11 tahun. Hasil tumpang tindih antara citra terklasifikasi tahun 2002 dengan citra terklasifikasi tahun 2013 dapat memperlihatkan perubahan-perubahan yang terjadi pada kondisi hutan mangrove dan kondisi garis pantainya, dimana dijumpai adanya pengikisan (abrasi) dan pendangkalan yang menyebabkan terjadi penambahan daratan (akresi) yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mangrove. Potensi hutan mangrove di Delta Bekasi sebagai kawasan perkebangan biakan dan perlindungan hewan seperti seperti ikan kecil, udang, kepiting dan lain-lain perlu di lestarikan yang akan berakibat kepada peningkatan kesejahteraan masyarakatnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada Samsul Arifin, S. Si., M. Si. yang telah memberikan bimbingan, ide dan gagasan kepada kami sehingga tulisan ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bengen, D.G. 2004. *Menuju Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu Berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS)*, dalam *Interaksi daratan dan Lautan : Pengaruhnya terhadap Sumber Daya dan Lingkungan*, Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan. Diedit oleh W.B. Setyawan, dkk. Jakarta : Kedepuitan Ilmu Pengetahuan Kebumihan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Lear, R. and T. Turner. 1977. *Mangrove of Australia*. Univ. of Queensland Press.
- NASA. 2010. *Landsat Data Continuity Mission Brochure*. <http://www Landsat.gsfc.nasa.gov> [November 2013].
- Niendyawati, 1999. Aplikasi Inderaja/ SIG Untuk Penentuan Lokasi Tambak Udang (Studi Kasus di Pantai Timur Lampung). Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-8 MAPIN, Jakarta 6-7 April 1999. Jakarta.
- Purwanto, A.D, Asriningrum, W, Winarso, G, Parwati, E., 2014. *Analisis Sebaran dan Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 Di Segara Anakan, Cilacap*. Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh LAPAN 2014.
- Ratanasermpong, S., 1996. *The Role of Remote Sensing in the Monitoring and Planning of Thailand's Mangrove Forests and Shrimp Farms*. Proceedings of the Regional Remote Sensing Seminar on Tropical Ecosystem Management, Fiji, 26-31 August 1996.
- Riqqi, A., dan Nganro, N.R., 2002. *Prototipe Pemanfaatan SIG Untuk Pengelolaan Kawasan Tambak* (Studi Kasus: Kabupaten Serang). ITB. Bandung (makalah).
- Suwargana, N. 2008. *Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi*. Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital. Vol 5.
- Soeroyo. 1993. Pertumbuhan Mangrove dan Permasalahannya. Buletin Ilmiah Instiper Duta Rimba Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Waas, H.J.D., Nababan. B. 2005. *Pemetaan dan Analisis Index Vegetasi Mangrove di Pulau Saparua, Maluku Tengah*. E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 2, No. 1, Hal. 50-58, Juni 2010.

Winarso, G., Carolita, I., Asriningrum, W., dan Sariwulan, B., 1999. *Analisis Geomorfologi untuk Studi Kesesuaian Lahan Tambak Udang di Ketapang dan Sekitarnya Menggunakan Data Landsat-TM*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-8 MAPIN, Jakarta 6-7 April 1999. Jakarta.