

APLIKASI CITRA LANDSAT TM (THEMATIC MAPPER) DAN OLI (OPERATIONAL LAND IMAGER) UNTUK PEMETAAN PERUBAHAN TUTUPAN DAN KERAPATAN MANGROVE TAHUN 1990-2015 DI PULAU BATAM DAN SEKITARNYA

Bernadetta Alnybera Febriannaningsih
bernadetta.alnybera@gmail.com

Nurul Khakhim
nurulkhakhim7@gmail.com

Abstract

Mangrove ecosystem is very important for ecology and economy function in coastal area. In other side, mangrove ecosystem became degrades was caused by land cover change. Mangrove changes into other land cover can be detected with multitemporal imagery Landsat TM and OLI. The aim of this research are to determine the ability of Landsat TM and OLI for the identification of mangrove cover, changes in mangrove cover and its density with multitemporal data, and the cause of changes in mangrove. This research used Landsat TM data, path 125 row 59 with acquisition dated August 31, 1990, 16 September 1990, 19 March 2000, and Landsat OLI data with acquisition dated February 25, 2015, and 13 March 2015. Image interpretation and NDVI transformation were used to obtain mangrove change. Qualitatif descriptive method was used as well to determine the cause of mangrove change. As many as 75 samples were used. Field observation was being conducted during 1-29 June 2015. The results show that the Landsat TM and OLI can be used to identify mangrove cover with accuracy for mangrove cover and mangrove density are 95% and 90.8%, respectively. From 1990 to 2000 and 2000-2015, mangrove area has been decreasing as much as 18.45 km² and 21.78 km² respectively. The degradation of mangrove density in the year of 1990, 2000, and 2015 was 78.89%, 78.36% and 75.77%, respectively. The factor that caused mangrove change is city development (human factor).

Keyword: *Mangrove changes, mangrove density changes, Landsat TM imagery, Landsat OLI imagery*

Abstrak

Ekosistem mangrove sangat penting dalam fungsi ekologis dan ekonomi di wilayah pesisir. Pada sisi lain, ekosistem mangrove mengalami kerusakan akibat perubahan tutupan lahan. Perubahan mangrove menjadi lahan non-mangrove yang terjadi dapat dideteksi dengan citra Landsat TM dan OLI secara multitemporal. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan citra Landsat TM dan OLI untuk identifikasi tutupan mangrove, mengetahui perubahan tutupan mangrove dan kerapatannya secara multitemporal, dan mengetahui penyebab terjadinya perubahan mangrove. Penelitian ini menggunakan citra Landsat TM path 125 row 59 perekaman tanggal 31 Agustus tahun 1990, 16 September tahun 1990, 19 Maret tahun 2000, citra Landsat OLI perekaman tanggal 25 Februari tahun 2015, dan 13 Maret tahun 2015. Metode yang digunakan dalam mendapatkan data perubahan mangrove adalah interpretasi citra dan transformasi NDVI. Penentuan penyebab terjadinya perubahan mangrove dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Sampel yang digunakan seluruhnya berjumlah 75. Kegiatan lapangan dilakukan pada tanggal 1-29 juni 2015. Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra Landsat TM dan OLI mampu digunakan untuk mengidentifikasi tutupan mangrove dengan akurasi yang dihasilkan pada peta tutupan lahan sebesar 95% dan pada peta kerapatan mangrove sebesar 90,8%. Mangrove di wilayah kajian mengalami perubahan yang cenderung menurun. Tahun 1990-2000 terjadi pengurangan seluas 18,45 km², sedangkan pada tahun 2000-2015 terjadi pengurangan seluas 21,78 km². Berdasarkan data yang diperoleh rata-rata kerapatan mangrove secara berturut-turut pada tahun 1990, 2000, dan 2015 adalah 78,89%, 78,36%, dan 75,77%. Penyebab dominan terjadinya perubahan mangrove di wilayah kajian adalah faktor manusia.

Kata Kunci: Perubahan tutupan mangrove, perubahan kerapatan mangrove, citra Landsat TM, citra Landsat OLI

PENDAHULUAN

Mangrove memiliki tiga fungsi utama dalam ekosistem mangrove, yaitu: (1) fungsi fisis, meliputi: pencegah abrasi, perlindungan terhadap angin, pencegah intrusi garam, dan sebagai penghasil energi serta hara; (2) fungsi biologis, meliputi: sebagai tempat bertelur dan sebagai asuhan berbagai biota, tempat bersarang burung dan sebagai habitat alami berbagai biota; (3) fungsi ekonomis, meliputi: sebagai sumber bahan bakar (kayu bakar dan arang), bahan bangunan (balok, atap, dan sebagainya), perikanan, pertanian, makanan, minuman, bahan baku kertas, keperluan rumah tangga, tekstil, serat sintesis, penyamakan kulit, obat-obatan, dan lain-lain (Nontji, 1992). Selain itu ekosistem mangrove juga memainkan peranan penting terhadap keseimbangan dan menjaga kepelepasiran (Lee et al, 2014). Ekosistem mangrove memiliki sifat yang kompleks dan dinamis namun labil (Setiawan dan Harianto, 1991). Banyaknya manfaat dari ekosistem mangrove tidak diimbangi dengan pengelolaan yang terjadi sehingga luas ekosistem mangrove Indonesia terus mengalami penurunan.

Penurunan luasan ekosistem mangrove menjadi permasalahan yang pada akhirnya akan menimbulkan bencana apabila diabaikan. Pengelolaan mangrove perlu diupayakan untuk melestarikan ekosistem tersebut. Salah satu upaya dalam mendukung kegiatan perlindungan dan rehabilitasi dari keberadaan ekosistem mangrove adalah dengan cara melakukan penelitian mengenai ekosistem mangrove. Berdasarkan adanya penurunan luasan ekosistem mangrove yang dikarenakan alih fungsi maka diperlukan data yang dapat menjelaskan secara spasial perubahan fungsi lahan mangrove

tersebut. Penelitian T.T. Van, et all (2014) menunjukkan bahwa penginderaan jauh cukup baik untuk monitoring persebaran mangrove.

Kota Batam dianugerahi Sumber Daya Alam (SDA) pesisir yang luar biasa. Daerah kepulauan memberikan potensi pesisir yang dapat dikembangkan dan salah satunya adalah ekosistem mangrove. Namun desakan pembangunan menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan sehingga terjadi penurunan kualitas dan kuantitas dari ekosistem mangrove yang ada di Kota Batam. Kerusakan mangrove dapat menimbulkan permasalahan lingkungan yang dapat menjadi bencana karena hilangnya wilayah penyangga untuk menjaga kestabilan ekosistem pesisir di Kota Batam. Kestabilan ekosistem pesisir, pantai, dan daratan merupakan hal yang jarang diperhatikan oleh hampir semua stakeholder Batam (Efendi, 2012), sehingga tidak adanya informasi lengkap terhadap perubahan mangrove menjadi permasalahan lain di Kota Batam. Kerusakan ekosistem mangrove yang telah terjadi memerlukan pengelolaan yang baik. Salah satu bentuk pengelolaan dari sumberdaya hutan adalah pemetaan, maka dalam hal ini sangat penting untuk monitoring perubahan tutupan mangrove dan kerapatannya, serta mengetahui penyebab perubahan mangrove di Pulau Batam dan sekitarnya. Monitoring tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan data citra penginderaan jauh secara multitemporal.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui kemampuan citra Landsat TM dan OLI untuk identifikasi tutupan mangrove, mengetahui perubahan tutupan mangrove dan kerapatannya secara multitemporal, dan mengetahui

penyebab terjadinya perubahan mangrove di Pulau Batam dan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam mendapatkan data perubahan mangrove adalah interpretasi citra dan transformasi NDVI. Interpretasi citra digunakan untuk mengetahui jenis tutupan lahan sedangkan transformasi NDVI digunakan untuk mengetahui kerapatan mangrove. Hasil interpretasi yang berupa informasi mangrove dan non mangrove (bangunan industri, hutan lahan kering, kebun campuran, lahan kosong, laut, permukiman, tambak ikan, dan waduk/danau) digunakan sebagai acuan letak keberadaan mangrove dan dilanjutkan dengan transformasi NDVI. Berdasarkan hasil interpretasi dan transformasi diambil sampel yang nantinya digunakan untuk uji akurasi peta penutup lahan, validasi nilai kerapatan mangrove, dan uji akurasi peta kerapatan mangrove sehingga dapat menjawab tujuan pertama. Peta tutupan lahan dan kerapatan mangrove tahun 1990, 2000, dan 2015 digunakan untuk menghasilkan informasi mengenai perubahan tutupan mangrove beserta perubahan kerapatannya sehingga dapat menjawab tujuan kedua dan ketiga.

Pengolahan Citra

Terdapat 5 citra yang digunakan dalam penelitian, yaitu Citra Landsat TM perekaman tanggal 31 Agustus 1990, 16 September 1990, 19 Maret 2000, Citra Landsat OLI perekaman 25 Februari 2015, dan 13 Maret 2015. Citra tersebut telah terkoreksi pada level 1 terrain corrected (U. S. Geological Survey, 2013), dengan sistem koordinat yang digunakan yakni Universal Transverse Mercator (UTM) datum World Geodetic System (WGS) 1984. Koreksi

radiometrik dilakukan untuk mengubah nilai Digital Number (DN) menjadi nilai reflectance. Selain koreksi radiometrik, kalibrasi sangat penting dilakukan guna menyamakan nilai pantulan objek sama yang terekam pada citra dengan berbeda waktu perekaman.

Klasifikasi Penutup Lahan

Metode klasifikasi citra yang digunakan adalah dengan interpretasi citra. Klasifikais penutup lahan digunakan untuk mengetahui kondisi tutupan lahan dan juga nantinya dapat digunakan untuk mengetahui perubahan mangrove yang terjadi di Pulau Batam dan sekitarnya. Kenampakan pada citra diklasifikasi menjadi 9 penutup lahan dengan mengacu SNI: (1) Bangunan industri, (2) Hutan lahan basah (mangrove), (3) hutan lahan kering, (4) kebun/tanaman campuran, (5) lahan kosong, (6) permukiman, (7) tambak ikan, (8) laut, dan (9) waduk/danau. Metode *pan-sharpening* juga diterapkan untuk memudahkan dalam mendapatkan visualisasi citra yang baik.

Transformasi NDVI

Transformasi NDVI digunakan sebagai transformasi tunggal dalam penelitian ini dikarenakan dalam penelitian sebelumnya (Faizal, A. et al. 2005) menyebutkan bahwa transformasi NDVI merupakan transformasi yang paling efektif digunakan untuk monitoring kondisi dan kerapatan mangrove *Rhizophora mucronata*. Mangrove di Kota Batam didominasi oleh mangrove genus *Rhizophora* baik itu *Rhizophora mucronata* maupun *Rhizophora apiculata*, sehingga peneliti menggunakan hasil penelitian tersebut untuk digunakan sebagai penentuan transformasi yang digunakan.

Citra saluran merah dan inframerah dekat yang telah terkalibrasi, kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai

indeks vegetasi menggunakan transformasi NDVI. Objek yang dilakukan proses transformasi NDVI hanyalah objek mangrove, sehingga diperlukan pemotongan citra berdasarkan sebaran mangrove disetiap tahun pengamatan. Indeks vegetasi digunakan sebagai pendekatan persentase kerapatan mangrove di lapangan. Besar persentase kerapatan mangrove tidak sama dengan nilai indeks vegetasi, melainkan didapatkan dari pengukuran lapangan yang nantinya dikorelasikan dengan nilai indeks vegetasi.

Tahap Lapangan dan Pasca Lapangan

Tahap lapangan merupakan tahap dimana dilakukannya pengambilan sampel untuk uji akurasi penutup lahan, pengukuran untuk validasi dan uji akurasi kerapatan mangrove. Pengukuran kerapatan mangrove dilakukan dengan metode pemotretan untuk mendapatkan persentase tutupan kanopi dalam 1 sampel.

Tahap pasca lapangan merupakan tahap dimana dilakukannya penilaian akurasi penutup lahan dan kerapatan mangrove. Teknik uji akurasi penutup lahan yang digunakan adalah tabel confusion matrix, sedangkan untuk uji kerapatan mangrove dilakukan dengan menghitung rerata selisih antara nilai kerapatan kanopi di lapangan dengan kerapatan yang direpresntasikan oleh indeks vegetasi.

Penentuan Penyebab Terjadinya Perubahan Mangrove

Penentuan penyebab terjadinya perubahan mangrove dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Tahapan ini sebenarnya hanya ingin mengetahui besar persentase peranan dari faktor manusia dan alam, sehingga dapat

diketahui peranan faktor yang dominan dari kedua faktor tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akurasi Penutup Lahan dan Kerapatan Mangrove

Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan, nilai akurasi penutup lahan tergolong tinggi sebesar 95%, sedangkan nilai akurasi kerapatan mangrove sebesar 90,8%.

Kondisi Tutupan Lahan di Pulau Batam dan Sekitarnya

Batasan kajian penelitian ini adalah wilayah kajian (Pulau Batam, Rempang, Galang, dan sekitarnya) sehingga nilai luasan tutupan lahan merupakan hasil penjumlahan berdasarkan wilayah kajian bukan batas administrasi. Berdasarkan hasil reklasifikasi tutupan lahan maka diperoleh kondisi penutup lahan setiap tahun liputan citra Landsat yaitu 1990, 2000, dan 2015 dengan luasan yang berubah disetiap kelas tutupan lahan.

Tabel 1. Tabel Luasan Tutupan Lahan

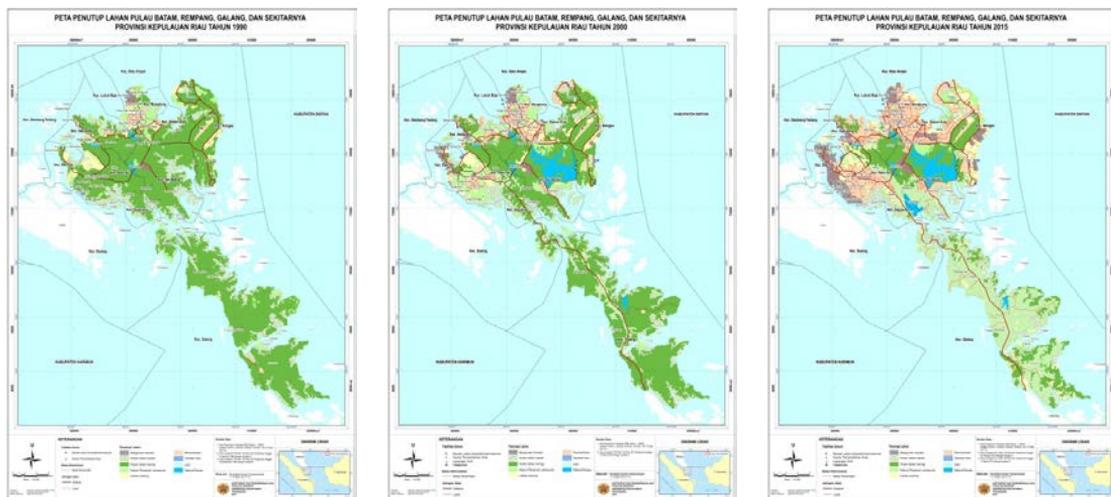
Sesuai keputusan Presiden nomor 41 tahun 1973, Pulau Batam ditetapkan

Penutup lahan	Luasan (km ²)		
	1990	2000	2015
Bangunan industri	5,02	17,38	45,11
Hutan lahan basah	121,29	102,84	81,06
Hutan lahan kering	455,37	354,33	134,32
Kebun campuran	40,79	88,32	211,88
Lahan kosong	30,72	33,50	61,26
Permukiman	15,12	56,16	126,89
Tambak ikan	0,48	0,12	0,46
Waduk/Danau	3,69	26,84	32,03

sebagai lingkungan kerja daerah industri dengan didukung oleh Badan Otorita Batam (BOB) sebagai penggerak pembangunan Batam. Perkembangan dari kegiatan industri dapat dilihat dengan jelas dari perubahan luasan yang terjadi. Luasan bangunan industri dari data citra Landsat terhitung sebesar 5,02

km², luasan tersebut bertambah menjadi 17,38 km² pada tahun 2000 dan bertambah kembali pada tahun 2015 menjadi 45,11 km². Berdasarkan wilayah kajian, secara umum penurunan luasan mangrove yang paling besar berada di Pulau Batam. Pulau Rempang, Pulau Galang, Pulau Setoko, dan pulau – pulau kecil lainnya hanya mengalami sedikit perubahan. Hal tersebut didukung karena letak dari pusat pertumbuhan Kota Batam yang berada di Pulau Batam, sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa pesisir Pulau Batam banyak mengalami perubahan. Pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi disebabkan oleh karena Kota Batam merupakan sebuah pulau yang terletak sangat strategis di sebelah utara Indonesia dan terletak di jalur pelayaran internasional. Hal tersebut secara tidak langsung akan memberikan dampak pertumbuhan pembangunan

yang sangat besar. Oleh karena itu kebutuhan akan pemenuhan tempat tinggal beserta pelayanannya akan terus meningkat dengan dibuktikannya penambahan luas permukiman dari tahun 1990 hingga 2015. Perubahan lahan yang terjadi di Pulau Rempang, Pulau Galang, dan Pulau Galang Baru secara umum adalah bertambahnya jumlah tambak ikan/pemancingan dan kebun campuran. Perubahan tersebut dapat dilihat pada Peta Penutup Lahan Tahun 1990, 2000, dan 2015 tampak pada kedua pulau besar tersebut terjadi penambahan luasan kebun campuran. Kebun campuran tersebut digunakan sebagai lahan pertanian Kota Batam guna memenuhi kebutuhan pangan. Peta penutup lahan tahun 1990-2015 diharapkan dapat memberi gambaran dari sebaran perubahan tutupan lahan yang terjadi.



Gambar 1. Peta penutup lahan tahun 1990-2015

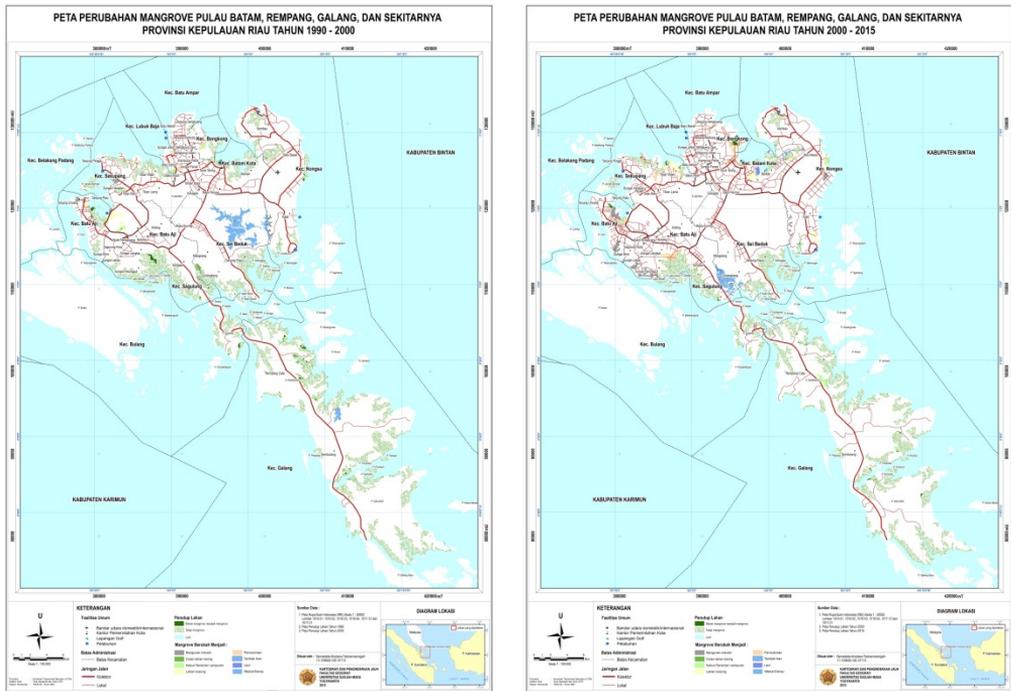
Perubahan Mangrove

Mangrove di daerah kajian menyebar di sepanjang pesisir di seluruh pulau wilayah kajian. Pulau Batam pada tahun 2015 masih memiliki mangrove yang cukup luas di bagian selatan dari

Pulau Batam tepatnya di daerah Sagulung dan Sei Beduk. Pulau Setoko, Rempang, dan Galang memiliki lokasi yang agak jauh dari pusat pertumbuhan Kota Batam sehingga persebaran mangrove tiap tahunnya relatif

sama/tidak mengalami perubahan. Berdasarkan wilayah yang dikaji, mangrove di Pulau Rempang dan Galang memiliki distribusi yang lebih banyak daripada distribusi mangrove di Pulau Batam. Hal tersebut dikarenakan masih sedikitnya perubahan lahan mangrove menjadi non mangrove di Pulau Rempang dan Galang. Luasan mangrove pada tahun 1990, 2000, dan 2015 secara

berturut turut adalah sebesar 121,29 km, 102,84 km, 81,06 km. Penurunan luas mangrove tersebut, apabila mengacu pada luasan mangrove pada tahun 1990, telah terjadi penurunan sebesar 15,2% di tahun 2000 dan menurun kembali sebesar 17,96% di tahun 2015, sehingga secara keseluruhan dari tahun 1990 hingga 2015 telah terjadi penurunan luas mangrove sebesar 33,17%.



Gambar 2. Peta Perubahan Mangrove tahun 1990-2000 dan 2000-2015

Luasan mangrove yang berkurang dari tahun 1990 hingga 2000 adalah seluas 18,45 km². Luasan mangrove yang berubah tersebut terdiri dari 5,81% mangrove yang berubah menjadi bangunan industri, 6,43% menjadi hutan lahan kering, 7,17% menjadi kebun campuran, 12,56% menjadi lahan kosong, 9,86% menjadi perairan laut, 11,11% menjadi permukiman, 0,38% menjadi tambak ikan, 6,49%, dan 55,77% menjadi waduk. Berdasarkan

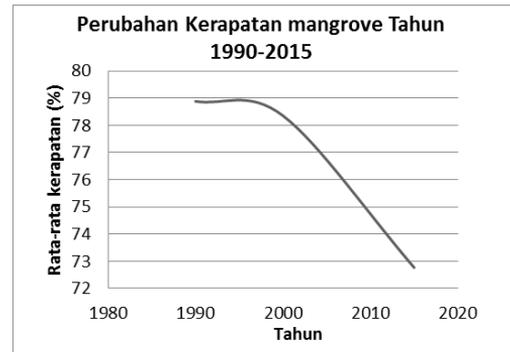
data tersebut pembangunan waduk sangat mempengaruhi keberadaan mangrove yang terletak di daerah Muka Kuning dan bernama Waduk Duriangkang. Pembangunan waduk tersebut dilakukan di wilayah sempadan pantai yang merupakan habitat mangrove. Pembangunan waduk dilakukan dengan membendung sempadan pantai sehingga tidak terdapat lagi akses air laut menuju sempadan di daerah Muka Kuning. Perlahan – lahan

mangrove akan mengering kemudian mati karena kandungan air dalam bendungan menjadi tawar. Pembangunan waduk tersebut sangat diperlukan guna memenuhi kebutuhan air bersih di Kota Batam.

Berbeda dengan perubahan mangrove tahun 1990 – 2000, luasan lahan mangrove yang berubah menjadi lahan non mangrove pada tahun 2000 hingga 2015 adalah sebesar 21,78 km². Luasan tersebut terdiri dari 21,8% mangrove yang berubah menjadi bangunan industri, 0,27% menjadi hutan lahan kering, 6,79% menjadi kebun campuran, 22,13% menjadi lahan kosong, 4,18% menjadi perairan laut, 27,69% menjadi permukiman, 0,73% menjadi tambak ikan, 2,66%, dan 16,41% menjadi waduk. Berdasarkan data tersebut pembangunan rumah hunian beserta tempat kegiatan yang mendukung kehidupan paling berperan dalam perubahan mangrove yang terjadi pada jenjang tahun 2000 hingga 2015. Meningkatnya lahan permukiman memperlihatkan bahwa jumlah penduduk di Kota Batam mengalami kenaikan. Berdasarkan data badan statistik Kepulauan Riau jumlah penduduk tahun 2014 adalah 1.141.816 jiwa sedangkan tahun 2008 berjumlah 824.964. Penambahan penduduk sebanyak 316.852 jiwa dalam kurun waktu 6 tahun merupakan penambahan yang sangat tinggi mengingat Kota Batam merupakan pulau strategis.

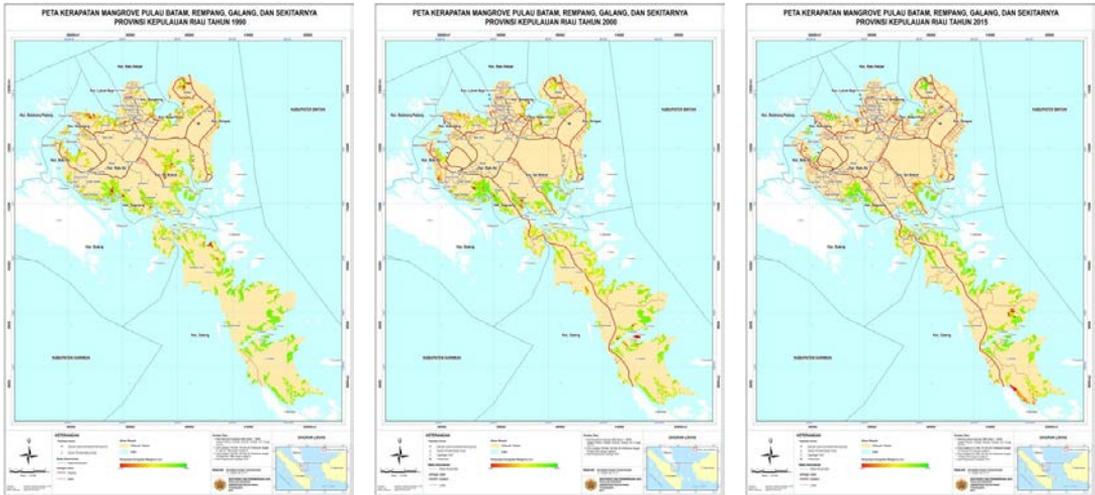
Perubahan mangrove yang terjadi di Pulau Batam, Rempang, dan Pulau Galang dapat dijelaskan dengan data

luasan yang telah dijelaskan sebelumnya, akan tetapi diperlukan data pendukung untuk memperkuat pokok bahasan penelitian ini. Data tersebut adalah data kerapatan mangrove disetiap tahunnya. Berdasarkan data yang diperoleh rata-rata kerapatan mangrove secara berturut-turut pada tahun 1990, 2000, dan 2015 adalah 78,89%, 78,36%, dan 75,77%.



Gambar 3 Grafik perubahan kerapatan mangrove pada tahun 1990 hingga 2015

Kerapatan mangrove merupakan salah satu parameter dalam menentukan zona rehabilitasi mangrove. Keterlibatan kerapatan mangrove dalam penentuan zonasi tersebut dikarenakan kerapatan mangrove dapat digunakan untuk menentukan zonasi kerusakan mangrove. Merujuk pada gambar 4 wilayah yang sangat tampak telah mengalami penurunan kerapatan dari tahun 1990 hingga 2015 adalah pesisir Tanjung Piayu dan pesisir bagian selatan Pulau Galang. Berdasarkan penurunan kerapatan tersebut maka pesisir di Tanjung Piayu dan bagian selatan Pulau Galang merupakan wilayah yang perlu dilakukan konservasi.



Gambar 4. Peta kerapatan mangrove tahun 1990-2015

Penyebab Terjadinya Perubahan Mangrove

Berubahnya lahan mangrove sangat dipengaruhi dengan adanya pembangunan yang selalu terjadi di sebuah kota. Selain pembangunan, mangrove juga mengalami perubahan dikarenakan oleh faktor alam yang meliputi pasang surut air laut, frekuensi genangan, salinitas, gelombang dan angin. Hutan lahan kering dan perairan laut dalam penelitian ini dianggap sebagai faktor alam yang menyebabkan perubahan mangrove, sedangkan bangunan industri, kebun campuran, lahan kosong, permukiman, tambak ikan, dan waduk adalah penyebab perubahan mangrove yang diikuti oleh campur tangan manusia, sehingga disebut sebagai faktor manusia. Berdasarkan tabel 4.8 perubahan mangrove yang terjadi di wilayah kajian cenderung dikarenakan oleh faktor manusia. Faktor alam pada tahun 1990 – 2000 hanya 7,2% sedangkan faktor manusia sebesar 92,8%. Pada tahun 2000 – 2015 faktor alam berperan sebesar 4,45% dan faktor manusia sebesar 95,55%.

Tabel 2. Persentase faktor yang mengubah lahan mangrove

Faktor pengubah	1990-2000	2000-2015
Alam	7,2%	4,45%
Manusia	92,8%	95,55%

Peranan manusia yang sangat besar terhadap perubahan mangrove yang terjadi di Pulau Batam, Rempang, dan Galang menunjukkan bahwa di wilayah tersebut sedang mengalami pembangunan secara besar – besaran pada tahun pengamatan. Kota Batam memiliki potensi dan kemampuan untuk memberi kontribusi terhadap kemajuan ekonomi Nasional maupun daerah. Selain itu posisinya yang sangat dekat dengan Singapura sebagai negara maju, membuat Batam berpotensi untuk menampung luapan ekonomi dari negara tersebut. Kota Batam maka pembangunan akan terjadi terus menerus. Oleh karena itu untuk mewujudkan pembangunan yang sustainable maka perlu diimbangi dengan kegiatan pelestarian mangrove. Pelestarian tersebut dapat dilakukan dengan merencanakan wilayah yang

digunakan sebagai kawasan habitat mangrove secara tetap

KESIMPULAN

Citra Landsat TM dan OLI mampu digunakan untuk mengidentifikasi tutupan mangrove. Akurasi yang dihasilkan pada peta tutupan lahan sebesar 95% dan pada peta kerapatan mangrove sebesar 90,8%.

Mangrove di Pulau Batam, Rempang, Galang, dan sekitarnya mengalami perubahan yang cenderung menurun. Tahun pengamatan 1990 hingga 2000 terjadi penurunan mangrove seluas 18,45 km², sedangkan tahun pengamatan 2000 hingga 2015 seluas 21,78 km². Selain mengalami perubahan luas, Pulau Batam, Rempang, dan galang mengalami perubahan kerapatan mangrove. Berdasarkan data yang diperoleh rata-rata kerapatan mangrove secara berturut-turut pada tahun 1990, 2000, dan 2015 adalah 78,89%, 78,36%, dan 75,77%.

Terjadinya perubahan mangrove di Pulau Batam, Rempang, Galang, dan sekitarnya disebabkan oleh faktor alam dan manusia. Faktor manusia lebih berperan atau lebih dominan daripada faktor alam. Hal tersebut ditunjukkan dengan besarnya persentase faktor manusia yang mempengaruhi perubahan lahan mangrove daripada persentase faktor alam. Faktor manusia memiliki persentase dalam mempengaruhi perubahan lahan mangrove sebesar 92,8% pada tahun 1990 hingga 2000 dan bertambah menjadi 95,55% pada tahun pengamatan 2000 hingga 2015.

DAFTAR PUSTAKA

BSN, SNI-7645-2010. *Klasifikasi Penutup Lahan*. BSN: Jakarta
Chander, G., L. B. & Barsi, J. A., 2007. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE*

Geoscience and Remote Sensing Letters, 4(3), pp. 490-494.
Chander, G., Markham, B. L. & Helder, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, Volume 113, pp. 893-903.
Danoedoro, 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. C.V. Andi Offset: Yogyakarta
Dinas KP2K. 2013. *Data Dinas Kelautan Perikanan, Pertanian, dan Kehutanan*
Efendi, Yarsi. 2012. *Mangrove Kian Tergerus Pembangunan*. Kepulauan Riau: Haluan Kepri
Faizal, A., & Amran, M.A. 2005. Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif untuk Prediksi Kerapatan Mangrove Rhizophora Mucronata. *MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa"*, 34-40
Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M. dan Stenberg, P. (2006). Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica* 40(4), 577-588.
Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quock, T. V., & Dech, S. 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sensing*, Volume 3, pp. 878-928.
Lee, S.Y., Primavera, J.H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J.O., Cannicci, S., Diele, K., Fromard, F., Koedam, N., Marchand, C., Mendelssohn, I., Mukherjee, N., Record, S., 2014. Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 23 (7), 726-743.
Lillesand, T. M, Kiefer, R. W., and J. W. Chipmans. 2007. *Remote Sensing in*

- Civil Engineering*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.
- Nontji, A.. 1992. Laut Sebagai Sumber Flora dan Fauna untuk Menunjang Kehidupan Bangsa. Jakarta: *Majalah Ilmu dan Budaya*, No. 6, Maret 1992, Universitas Nasional.
- Sabins, F. F. 2007. *Remote Sensing, Principles and Application*. New York: W. H. Freeman & Company.
- USGS, 2013. *Using the USGS Landsat 8 Product*.
[Online]Available
at:http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php.
- Van, T.T., Wilson, N., Thanh-Tung, H., Quisthoudt, K., Quang-Minh, V., Xuang-Tuan, L., Dahdouh-Guebas, F., Koedam, N., 2014. Changes in mangrove vegetation area and character in a war and land use change affected region of Vietnam (Mui Ca Mau) over six decades. *Acta Oecologica* 1-11.