

Analisis Perubahan Luasan Hutan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 OLI di Desa Lubuk Kertang Langkat

M.Taufik Rahmadi, Ayu Suciani, Nia Auliani

Masuk: 22 03 2020 / Diterima: 05 10 2020 / Dipublikasi: 31 12 2020
© 2020 Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial UNDIKSHA dan IGI

Abstract *The mangrove forest is an ecosystem living in coastal areas that has a muddy substrate. Mangroves play an important role in maintaining water productivity as well as supporting the life of coastal areas. Mangrove forest in Lubuk Kertang Langkat Village is one of the largest mangrove forests in North Sumatra. In 2005, the mangrove forests were severely damaged because they were converted into ponds and oil palm plantations. This study aims to test the accuracy imagery of mangrove forest mapping, find out changes in the extent of mangrove forests, and to analyze factors contribute to changes in the area. This study uses a multispectral classification method with a maximum likelihood algorithm. The results of the study are the accuracy level of Landsat 8 OLI imagery in mapping the extent of mangrove forests in the Village of Lubuk Kertang Langkat which is 95%, mangrove forests have increased by 41.4 hectares in 2014-2016 and 27.9 Ha in 2016-2018. The changes (extension) of the mangrove forest area is influenced by several factors: neutral water, soil pH and the role of individuals in replanting mangrove forests in the village.*

Key words: *Lubuk Kertang Langkat; OLI Landsat 8; Mangrove Forests; Sustainability Factors*

Abstrak Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang hidup di daerah pesisir pantai dan memiliki substrat yang berlumpur. Mangrove memiliki peranan penting dalam pemeliharaan produktivitas perairan dan menunjang kehidupan wilayah pesisir. Hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat merupakan salah satu hutan mangrove terluas di Sumatera Utara. Pada tahun 2005 hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat mengalami kerusakan yang cukup parah karena hutan mangrove dikonversi menjadi lahan tambak dan perkebunan kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi citra dalam pemetaan hutan mangrove, mengetahui perubahan luasan hutan mangrove, dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan luasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi multispektral algoritma maximum likelihood. Hasil penelitian adalah tingkat akurasi citra Landsat 8 OLI dalam pemetaan luasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat yaitu sebesar 95%, hutan mangrove mengalami penambahan luasan sebesar 41,4 Ha pada tahun 2014-2016 dan 27,9 Ha pada tahun 2016-2018. Perubahan (penambahan) luasan hutan mangrove dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH air dan tanah yang netral serta peran manusia dalam penanaman kembali hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat.

Kata Kunci: Lubuk Kertang Langkat; Landsat 8 OLI; Hutan Mangrove; Faktor Kelestarian

1. Pendahuluan

Saat ini Indonesia merupakan salah satu wilayah yang memiliki hutan

mangrove terbesar di dunia yaitu sekitar 3.489.140, 68 Hektare atau 23% dari keseluruhan ekosistem mangrove di dunia. Kondisi hutan mangrove Indonesia diketahui 1.671.140,75 Hektar (47,89%) dalam kondisi baik dan

M.Taufik Rahmadi, Ayu Suciani, Nia Auliani
Universitas Negeri Medan, Indonesia

taufikrahmadi@unimed.ac.id

1.817.999,93 Hektar (52,10%) dalam kondisi rusak (Kemetrian LHK, 2015).

Hutan mangrove merupakan suatu ekosistem yang hidup di daerah pesisir pantai dan memiliki substrat berlumpur, muara sungai yang dipengaruhi oleh air laut serta dapat hidup di daerah dengan rentang salinitas yang tinggi. Hutan mangrove akan sukar hidup di daerah yang terjal dan memiliki ombak besar serta arus yang deras karena tidak memungkinkan untuk terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan untuk hidup dan pertumbuhannya. Mangrove sebagai salah satu komponen ekosistem wilayah pesisir yang memegang peranan cukup penting baik di dalam memelihara produktivitas perairan maupun menunjang kehidupan penduduk wilayah pesisir tersebut (Raharjo, *et al.*, 2015).

Mangrove merupakan ekosistem yang memiliki produktivitas yang tinggi untuk makhluk hidup lainnya antara lain sebagai tempat pemijahan ikan, suplai dan regenerasi nutrisi, siklus air, dan penyimpan karbon. Ekosistem mangrove ini merupakan ekosistem yang rentan terhadap proses perubahan baik itu kondisi fisiknya maupun jumlah luasannya. Ekosistem tersebut dapat mengalami perubahan luasan akibat dari semakin bertambahnya kegiatan manusia dan tingginya pertumbuhan penduduk. Menurut Rahmadi (2018) kelestarian hutan mangrove dapat mengalami perubahan yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti suhu, salinitas, pH, bencana alam, dan kegiatan manusia. Faktor-faktor tersebut menjadikan hutan mangrove mengalami degradasi hingga mencapai kondisi yang tidak memungkinkan bagi

hutan mangrove untuk memulihkan kondisinya secara alami.

Wilayah pesisir Indonesia memiliki karakteristik yang berbeda-beda antara daerah yang satu dengan yang lainnya. Dewasa ini kerusakan ekosistem mangrove di beberapa daerah Indonesia terus meningkat, salah satunya yaitu daerah provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan hasil review peta sebaran potensi mangrove tahun 2011 oleh BPHM wilayah II (2011) menunjukkan bahwa dari hutan mangrove seluas 151.409,73 Ha di Sumatera Utara sebagian besar (85,5%) sudah tidak berhutan lagi. Hal ini dikarenakan terjadi konversi area hutan mangrove. Hanya seluas 21.952,12 Ha (14,5%) saja yang masih berupa hutan mangrove baik dengan kondisi tutupan vegetasi yang rapat maupun kurang rapat (jarang).

Hutan mangrove terluas di Sumatera Utara terdapat di Kabupaten Langkat dengan luas 11.709,16 Ha pada tahun 2010 dan terjadi perubahan luasan hutan mangrove pada tahun 1980-2010 seluas 25.816,01 Ha (Restu, 2012). Salah satu penyebab terjadinya perubahan luasan hutan mangrove di Kabupaten Langkat adalah konversi hutan mangrove menjadi lahan pertambakan. Berdasarkan hasil inventarisasi Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Wampu Sei Ular (2006) menunjukkan area tambak di Kabupaten Langkat meningkat menjadi 7.397,47 Ha.

Perubahan luasan hutan mangrove ini terjadi di setiap kecamatan yang ada di Kabupaten Langkat. Dengan luas perubahan yang berbeda-beda di setiap kecamatannya. Salah satu Kecamatan yang mengalami

perubahan luasan yang signifikan yaitu Kecamatan Brandan Barat tepatnya di Desa Lubuk Kertang.

Hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang pada tahun 2005 mengalami kerusakan yang cukup parah dan menyebabkan terjadinya banjir Rob di Desa Lubuk kertang. Hal ini disebabkan oleh penebangan hutan secara illegal dan konversi hutan mangrove menjadi lahan tambak dan perkebunan sawit. Prihatin akan hal ini, masyarakat setempat yang tergabung dalam kelompok tani mekar sepakat melakukan upaya penanaman kembali dan memelihara hutan mangrove. Seluas 60 Ha dari total luasan hutan mangrove Desa Lubuk Kertang dimanfaatkan sebagai objek ekowisata hutan mangrove.

Terjadinya perubahan luasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang maka perlu dilakukan pemantauan yang berkesinambungan agar ekosistem hutan mangrove dapat terjaga dan bermanfaat untuk masyarakat. Salah satu teknik yang banyak digunakan dalam pemantauan hutan mangrove adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh.

Penginderaan jauh untuk vegetasi mangrove didasarkan pada dua sifat penting yaitu mangrove mempunyai zat hijau daun (klorofil) dan tumbuh di pesisir Sifat optik klorofil yang menyerap spektrum sinar merah dengan memantulkan kuat spektrum inframerah. Klorofil fitoplankton yang berada di air laut dengan dibedakan dari klorofil mangrove, karena sifat air yang sangat kuat menyerap spektrum inframerah dengan ini vegetasi mangrove dapat dibedakan dengan

area sekitarnya (Yuliasamaya, *et al.*, 2014).

Berdasarkan hal ini peneliti ingin menganalisis perubahan luasan hutan mangrove dengan memanfaatkan citra Landsat 8 OLI di Desa Lubuk Kertang. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui akurasi citra dalam memetakan perubahan luasan hutan mangrove; (2) mengetahui perubahan luasan hutan mangrove; (3) menganalisis faktor yang berpengaruh terhadap perubahan luasan hutan mangrove.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Mei sampai Oktober 2019, di Desa Lubuk Kertang, Kecamatan Brandan Barat Kabupaten Langkat. Bahan yang digunakan adalah citra Landsat 8 OLI perekaman tahun 2014, 2016 dan 2018, peta administrasi Kabupaten Langkat, Peta administrasi Desa Lubuk Kertang, dan titik sampel hutan mangrove untuk survei lapangan.

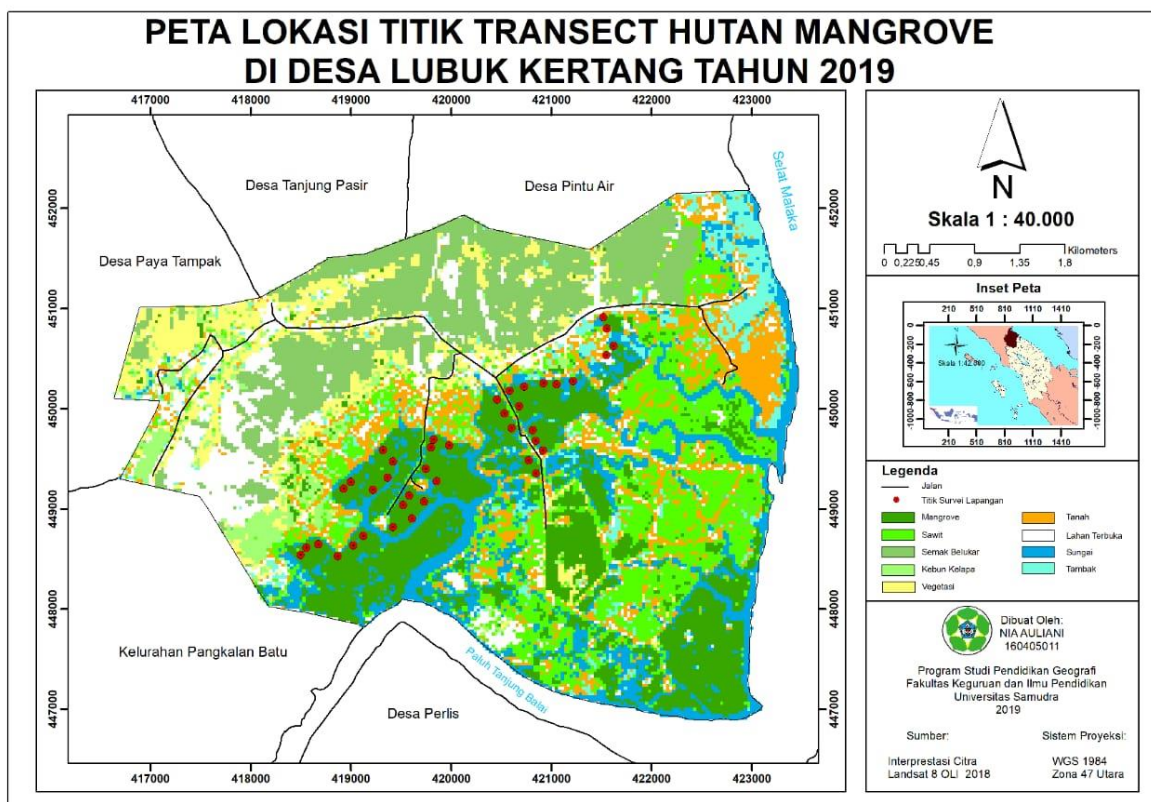
Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan dua sumber data yaitu (1) data primer yang terdiri atas data yang didapatkan dari citra Landsat 8 OLI berdasarkan hasil interpretasi yang selanjutnya dilakukan uji akurasi untuk mendapatkan tingkat akurasi data citra dan variabel fisik lahan berupa tingkat pH tanah, pH air, dan suhu air (2) data sekunder yang terdiri atas peta administrasi Desa Lubuk Kertang, peta administrasi Kabupaten Langkat, dan wawancara terhadap pihak-pihak yang berkaitan dengan penelitian.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh luasan hutan mangrove yang ada di Desa Lubuk Kertang dan teknik pengambilan sampel penelitian ini

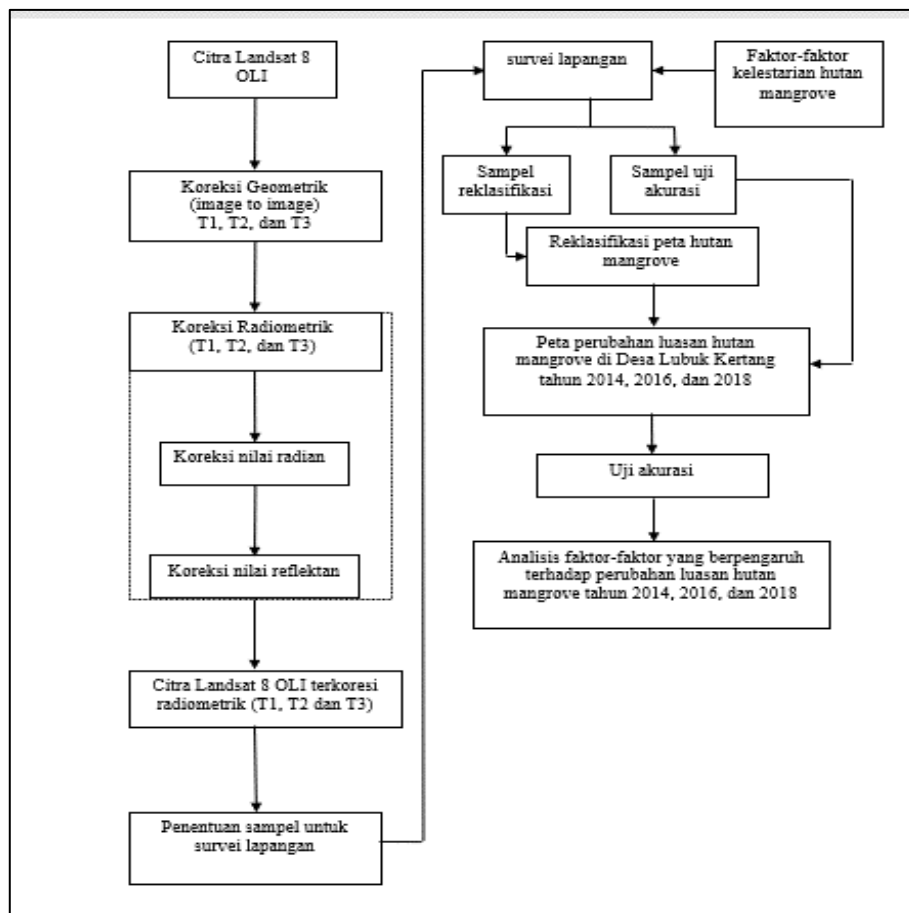
yaitu *cluster sampling* (sampel areal) dikarenakan daerah penelitian terlalu luas. Titik sampel pada penelitian ini terdiri atas 40 titik sampel yang tersebar di 5 plot yaitu daerah ekowisata hutan mangrove, jalan menuju ekowisata, hutan mangrove yang berada disebelah kebun sawit, hutan mangrove yang berada di sebelah tambak, dan jalan menuju tambak. Dalam pengambilan titik sampel menggunakan teknik *simple random sampling*, yaitu dalam pengambilan titik sampelnya dilakukan secara acak.

Teknik analisis data terdiri dari (1) uji akurasi data yaitu dengan

membandingkan jumlah keseluruhan piksel (titik sampel) yang terklasifikasi secara benar dengan jumlah keseluruhan piksel dilapangan (2) perubahan luasan hutan mangrove didapatkan berdasarkan peta hasil klasifikasi citra, dan (3) faktor perubahan yaitu perbandingan hasil pengukuran dilapangan dan kriteria persyaratan tumbuh hutan mangrove berdasarkan ahli dan ketentuan hukum. Untuk lebih jelasnya titik pengambilan sampel, dan kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan penelitian dan pengambilan titik sampel



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

Desa Lubuk Kertang merupakan salah satu desa pada Kecamatan Brandan Barat Kabupaten Langkat. Secara geografis Desa Lubuk Kertang terletak pada $0^{\circ} 4' 45.12''$ LU - $98^{\circ} 15' 47.82''$ BT. Secara administratif Desa Lubuk Kertang berbatasan dengan Desa Pintu Air pada sebelah utara, Desa Paya Tampak pada sebelah barat, Desa Perlis pada sebelah selatan, dan Selat Malaka pada sebelah timur.

Desa Lubuk Kertang merupakan salah satu desa yang berbatasan langsung dengan Selat Malaka sehingga membuat desa banya dilalui oleh sungai-sungai dan ditumbuhi beragam jenis mangrove. Desa Lubuk Kertang memiliki luas wilayah sebesar $30,26 \text{ km}^2$ atau $33,70\%$ dari total

luasan Kecamatan Brandan Barat (Branda Barat dalam Angka, 2017).

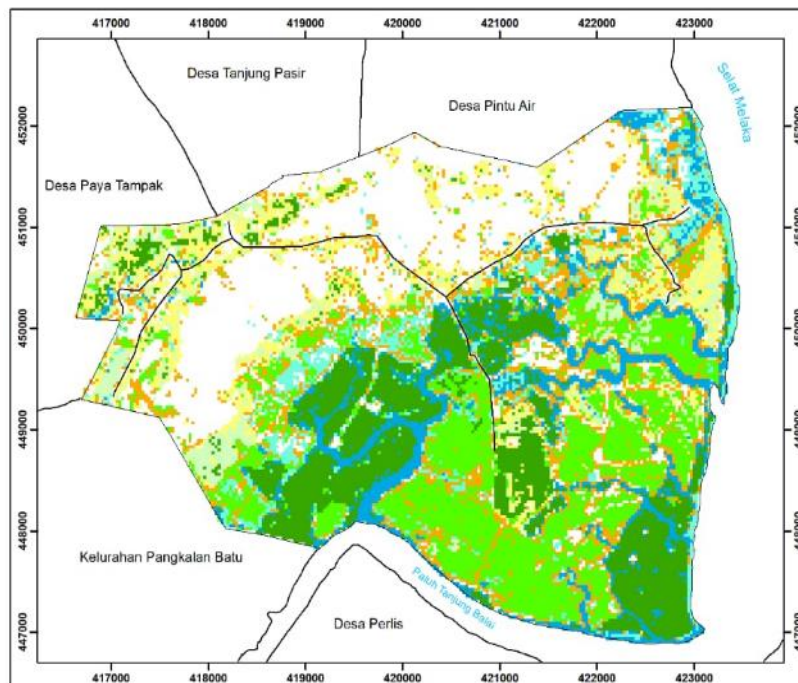
Uji Akurasi Peta

Uji akurasi peta pada penelitian ini menggunakan tabel *confusion matrix*. Berdasarkan hasil uji akurasi pada peta distribusi hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat tahun 2018 menghasilkan tingkat akurasi sebesar 95% berdasarkan total sampel lapangan sebanyak 40 titik. Menurut Green *et al* (2000) nilai akurasi pemetaan antara $60\%-80\%$ dapat digunakan bagi kegiatan inventarisasi untuk pemantauan sumber daya dalam penelitian ini sumber daya hutan mangrove.

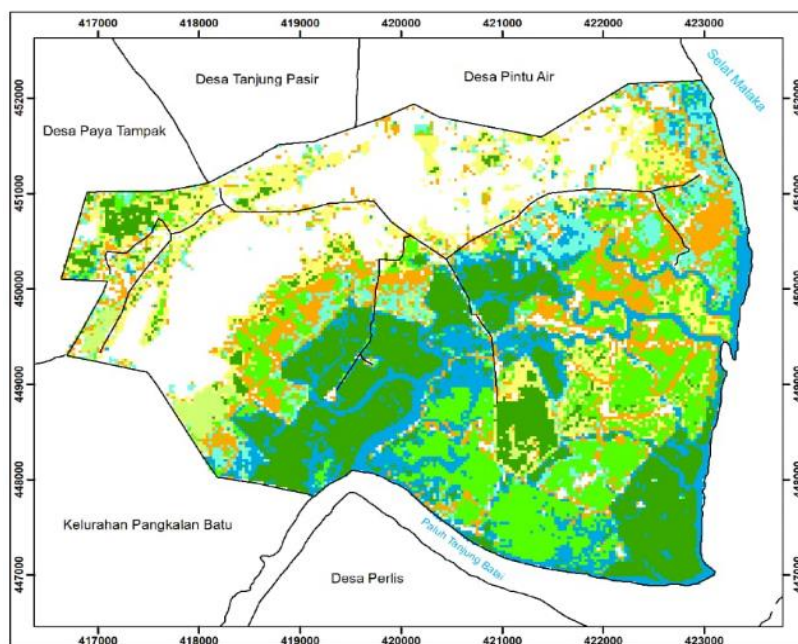
Pemetaan Perubahan Luasan

Pemetaan luasan hutan mangrove didapatkan berdasarkan hasil klasifikasi multispektral algoritma *maximum likelihood* dengan pengambilan sampel ROI sebanyak 500 pada masing-masing kelas objek. Saluran/band yang digunakan dalam klasifikasi multispektral algoritma *maximum likelihood* adalah saluran/band

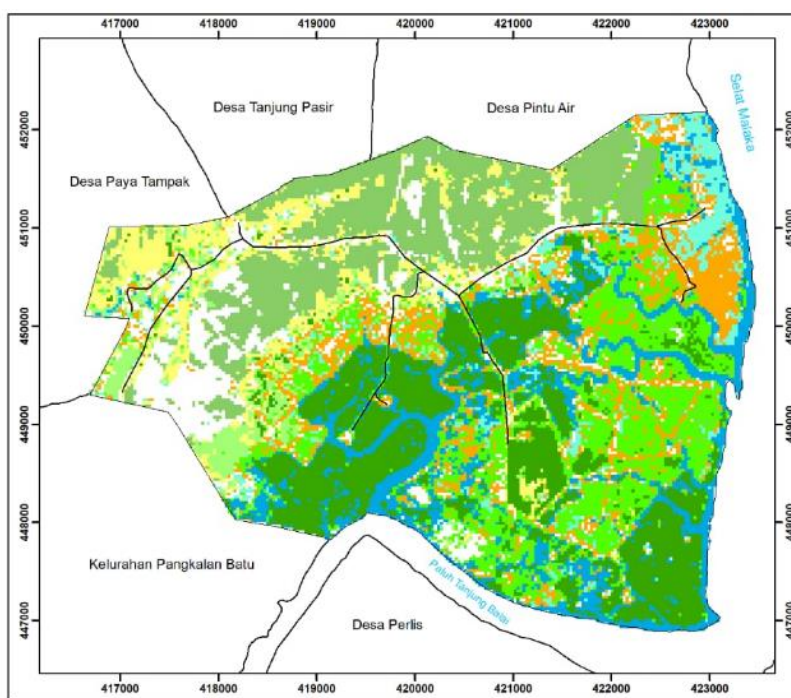
5,6,3. Pemilihan saluran/band tersebut dikarenakan saluran/band tersebut memberikan kenampakan yang jelas pada objek mangrove. Untuk lebih jelasnya luasan hutan mangrove hasil klasifikasi algoritma *maximum likelihood* dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) 2014



(b) 2016



(c) 2016

Gambar 3. Peta perubahan luasan hutan mangrove tahun 2014, 2016, dan 2018

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Desa Lubuk Kertang Langkat pada tahun 2014-2018 telah terjadi perubahan luasan hutan mangrove yaitu pertambahan luasan sebesar 69,3 Ha. Hutan mangrove tahun 2014-2016

mengalami pertambahan luasan sebesar 41,4 Ha dan tahun 2016-2018 mengalami pertambahan luasan sebesar 27,9 Ha. Untuk lebih jelasnya perubahan luasan hutan mangrove dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Luasan dan perubahan Luasan Hutan Mangrove Desa Lubuk Kertang Langkat

No	Tahun	Luas Mangrove (Ha)	Perubahan Luasan (Ha)
1	2014	380,16	0
2	2016	421,56	+ 41,4
3	2018	449,46	+ 27,9

Sumber: Pengolahan Data (2019)

Perubahan luasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang sebelumnya sudah dilakukan penelitian oleh Sari (2011) dengan hasil penelitian terjadi kerusakan hutan mangrove seluas 740 Ha dari luas total hutan mangrove sebesar 1200 Ha.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dan penelitian saat ini hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang Langkat telah terjadi perubahan yaitu adanya pengurangan pada tahun 2011 dan terjadi penambahan karena adanya kegiatan penanaman oleh masyarakat sekitar dan petani binaan dari instansi terkait.

Faktor Perubahan Hutan Mangrove

Tingkat kualitas perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mempengaruhi perubahan luasan hutan mangrove. Hal ini dikarenakan hutan mangrove hidup di daerah yang mendapatkan pengaruh dari darat dan laut. Hutan mangrove memiliki batas toleransi

yang berbeda-beda setiap jenis vegetasi dan daerah untuk mempertahankan hidupnya. Adapaun tingkat kualitas perairan yang diukur pada penelitian ini yaitu pH tanah, pH air, suhu, dan faktor manusia.

1. pH tanah

Menurut Pardosi E *et al.*, (2013) tanah merupakan faktor yang bertanggung jawab terhadap pengangkutan udara, panas, air, dan bahan terlarut lainnya. Berdasarkan hasil pengukuran kadar pH tanah hutan mangrove pada lokasi titik sampel, nilai rata-rata pH tanah yaitu 6.27. Menurut Hardjowigeno (dalam Wibowo, 2004), menyatakan bahwa kisaran pH antara 6.0-7.0 merupakan pH yang cukup netral. Berdasarkan pernyataan tersebut maka pH tanah dilokasi penelitian termasuk kategori netral.

Nilai pH tanah di kawasan mangrove berbeda-beda, tergantung pada tingkat kerapatan vegetasi yang tumbuh di kawasan tersebut. Jika kerapatan rendah, tanah akan mempunyai nilai pH yang tinggi. Nilai pH tidak banyak berbeda, yaitu antara 4.6-5.6 dibawah tegakan jenis *Rhizophora spp* (Arief dalam Hendarto, 2009)

2. pH air

Nilai pH suatu perairan menunjukkan nilai algoritma negatif dari aktivitas ion-ion hidrogen yang terdapat dalam suatu cairan dan merupakan indikator baik buruknya lingkungan perairan. Pada umumnya kematian organisme perairan disebabkan oleh rendahnya nilai pH dari total kematian yang disebabkan tingginya nilai pH

Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH air yang diperoleh rata-rata yaitu 6,80. Menurut Kepmen LH (200) tingkat pH air yang baik untuk pertumbuhan mangrove yaitu 7 – 8,5. Berdasarkan pernyataan tersebut pH air di lokasi penelitian sesuai

dengan keadaan hidup mangrove dan tergolong perairan yang produktif.

3. Suhu air

Suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses fisiologi tumbuhan yaitu proses fotosintesis dan respirasi. Suhu rata-rata di daerah tropis cukup baik untuk pertumbuhan mangrove. Menurut Hutching dan Saenger dalam Kusuma (2003) kisaran temperatur beberapa spesies mangrove seperti *Avicennia Marina* tumbuh baik pada suhu 10-20°C, *Rhizophora Stylosa*, *Ceriops spp*, *Excoecaria Agallocha* dan *Lumnitsera spp* dapat tumbuh optimal pada suhu antara 26-28°C.

Suhu air pada lokasi titik sampel di lapangan berkisar 29°C - 32°C dengan suhu rata-rata 30.62°C. Tinggi rendahnya suhu di suatu daerah perairan dapat disebabkan oleh waktu pengukuran, penyinaran matahari, dan kerapatan pohon yang cukup tinggi, sehingga menghalangi intensitas cahaya matahari kedalam perairan ekosistem mangrove. Suhu memiliki peranan yang sangat penting dalam proses fisiologi, yaitu fotosintesis dan respirasi. Menurut Gilman *et al.* (2008) bahwa kisaran suhu optimal bagi fotosintesis mangrove yaitu 28°C-32°C sedangkan suhu >38°C mengakibatkan terhentinya proses fotosintesis pada daun.

4. Faktor Manusia

Perubahan luasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas perairan yang baik, tetapi peran masyarakat dan instansi-instansi juga ikut berpartisipasi. Kelompok Tani Mekar merupakan sebuah organisasi yang didirikan untuk mengelola serta melestarikan hutan mangrove seluas 60 Ha. Selain itu kelompok tani juga dibantu oleh masyarakat sekitar hutan mangrove

dan Pertamina EP, dalam melestarikan dan menjaga hutan mangrove.

Upaya pemulihan hutan mangrove dimulai dengan pemulihan paluh-paluh untuk merehabilitas agar air laut dapat secara alami masuk ke ekosistem mangrove. Sejak tahun 2010-2014 masyarakat berhasil memulihkan ratusan hektar areal mangrove yang dikonversi menjadi perkebunan sawit. Kawasan hutan mangrove Desa Lubuk Kertang telah kembali lestari setelah dilakukan upaya pengelolaan, perawatan, dan perbaikan dengan bekerja keras seperti menanam mangrove oleh berbagai instansi-instansi beserta dukungan dari Kelompok Tani dan masyarakat sekitar.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Hadiyan ketua Kelompok Mekar menjelaskan keberadaan ekowisata mangrove yang mereka kelola merupakan komitmen semua anggota kelompok. Kelompok Mekar sudah sepakat bahwa menjaga hutan akan memberikan banyak manfaat di antaranya pelestarian lingkungan, mengembalikan ekosistem kawasan pesisir serta memberikan dampak ekonomi terhadap masyarakat. Kelompok ini melibatkan masyarakat sekitar dalam melakukan pengelolaan dalam melestarikan hutan mangrove. Kawasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang yang dulunya rusak parah kini berubah menjadi kawasan wisata hutan mangrove. Menurut Hadiyan, konsep awal pengembangan hutan mangrove lebih memfokuskan untuk menghijaukan kembali kawasan hutan mangrove yang telah rusak akibat penebangan secara liar oleh oknum-oknum yang tidak bertanggungjawab. Dari ratusan hektar luasan hutan mangrove yang dikelola menjadi objek wisata adalah seluas 60 hektar dengan mengikutsertakan berbagai pihak seperti masyarakat sekitar, Pemerintah Provinsi Sumatera Utara,

Pemerintah Kabupaten Langkat, Pertamina EP dan instansi-instansi lainnya. Upaya pemulihan hutan mangrove dimulai dengan pemulihan paluh-paluh untuk merehabilitas agar air laut bisa secara alami masuk ke ekosistem mangrove. Sejak tahun 2010-2014 masyarakat berhasil memulihkan ratusan hektar areal mangrove yang dikonversi menjadi perkebunan sawit. Kawasan hutan mangrove Desa Lubuk Kertang telah kembali lestari setelah dilakukan upaya pengelolaan, perawatan, dan perbaikan dengan bekerja keras seperti menanam mangrove oleh pemerintah beserta dukungan dari kelompok tani dan masyarakat sekitar.

4. Penutup

Berdasarkan analisis data dan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa Citra Landsat 8 OLI dapat digunakan untuk pemetaan perubahan luasan hutan mangrove. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi multispektral algoritma *maximum likelihood* dengan nilai akurasi 95%. Terjadi perubahan luasan hutan mangrove selama tahun 2014, 2016, dan 2018. Adapun ada tahun 2014-2016 terjadi penambahan seluas 411,4 Ha dan pada tahun 2016-2018 juga terjadi penambahan seluas 27,9 Ha. Pertambahan luasan hutan mangrove di Desa Lubuk Kertang dipengaruhi oleh nilai kualitas perairan yang baik dan peran masyarakat serta berbagai instansi dalam melakukan pengelolaan untuk melestarikan hutan mangrove yang telah rusak dengan cara penanaman kembali.

Daftar Pustaka

Badan Pengelolaan Hutan Mangrove Wilayah 2 (2011). *Review Peta Potensi Mangrove Sumatera Utara*. Medan.

- Badan Pusat Statistik (2015). Kabupaten Langkat Dalam Angka 2015. *Medan: BPS*.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Wampu Sei Ular (2006). Inventarisasi Dan Identifikasi Mangrove Swp DAS Wampu Sei Ular Tahun Anggaran 2006.
- Danoedoro, P. (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. *Yogyakarta: Andi*.
- Darmawan, A., & Hilmanto, R. (2014). Perubahan Tutupan Hutan Mangrove Di Pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(3), 111-124.
- Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. (2008). Threats to Mangroves from Climate Change and Adaptation Options: A Review. *Aquatic Botany*, 89(2), 237-250.
- Green, E., Mumby, P., Edwards, A., & Clark, C. (2000). *Remote Sensing: Handbook for Tropical Coastal Management*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco).
- Hidup, K. M. N. L. (2004). Baku mutu air laut untuk biota laut. *Kep Men LH*.
- Kusmana, C., & Onrizal, S. (2003). Jenis-Jenis Pohon Mangrove di Teluk Bentuni Papua. *Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor dan PT. Bintuni Utama Murni Wood Industries, Bogor*.
- Pardosi, E. Jamilah dan Sari, K.L. 2013. Kandungan Bahan Organik dan Beberapa Sifat Fisik Tanah Sawah Pada Pola Tanam Padi padian dan Padi Semangka. *Jurnal Online Agroteknologi*. Vol. 1. No. 3.
- Raharjo, P., Setiady, D., Zallesa, S., & Putri, E. (2016). Identifikasi Kerusakan Pesisir Akibat Konversi Hutan Bakau (Mangrove) Menjadi Lahan Tambak Di Kawasan Pesisir Kabupaten Cirebon. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(1).
- Rahmadi, M. T. (2017). *Pemanfaatan Citra Worldview-2 Untuk Analisis Perubahan Komposisi Habitat Bentik Di Sebagian Pulau Weh* (Doctoral Dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Restu, R., & Damanik, M. R. S. Kajian Perubahan Tutupan Mangrove Menggunakan Citra Landsat TM Di Kabupaten Langkat Propinsi Sumatera Utara. *Jurnal Geografi*, 4(2), 69-78.
- Sadat, A. (2004). Kondisi Ekosistem Mangrove Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan Dan Pengukuran Morfometrik Daun Di Way Penet, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. *Skripsi. Departemen Ilmu Dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor*.
- Schaduw, J. N. (2018). Distribusi dan karakteristik kualitas perairan ekosistem mangrove pulau kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1), 40-49.
- Wibowo K, E. D. I. (2004). *Beberapa Aspek Bio-Fisik-Kimia Tanah Di Daerah Liman Mangrove Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang* (Doctoral Dissertation, Program Pendidikan Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).