

DINAMIKA PERUBAHAN TUTUPAN HUTAN MANGROVE SEBAGAI KAWASAN LINDUNG MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DI PULAU PELENG SULAWESI TENGAH

*Dynamics of Change in Mangrove Forest Cover as a Protected Area Using
Satellite Image on Peleng Island, Central Sulawesi*

Mohammad Malik^{1*}, Budi Kuncahyo², dan Nining Puspaningsih²

(Diterima 30 Juli 2023 /Disetujui 27 September 2023)

ABSTRACT

Mangrove forest is an important ecosystem supporting the life activities of coastal communities because it has various functions so it is very vulnerable to various disturbances. This problem is an important factor in the decline in the ability of mangroves to maintain the stability of the coastal ecosystem. Therefore, it is necessary to monitor and evaluate the dynamics of mangrove cover change in a spatio-temporal manner using remote sensing methods. Landsat imagery with a spatial resolution of 30 m was chosen as a data source to analyze the dynamics of mangrove forest cover. The purpose of the study was to measure, map and estimate the area of mangrove cover in 2019 and build a guided classification of mangrove cover changes in 2029 to estimate changes in mangrove forest cover, vegetation analysis to calculate diversity values and the Markov chain method using software. Stella. The results showed that the value of mangrove vegetation diversity in the belta strata was higher than the tree strata. Based on the significance value according to the criteria of ecosystem stability, it shows that the mangrove vegetation on Peleng Island is in the medium category and quite stable. Mangrove forests have continued to decline by 10.21% from 1999 to 2019, and in 2029 it is predicted that the area will continue to decline if this condition is left without any government policies that regulate it.

Keywords: Dynamics, diversity, Landsat, mangroves, Peleng Island

ABSTRAK

Hutan mangrove merupakan ekosistem penting penunjang aktivitas kehidupan masyarakat pesisir karena memiliki berbagai fungsi sehingga sangat rentan terhadap bermacam gangguan. Permasalahan ini menjadi faktor penting menurunnya kemampuan mangrove dalam menjaga kestabilan ekosistem pantai. Oleh karena itu monitoring dan evaluasi dinamika perubahan tutupan mangrove secara spasio temporal menggunakan metode penginderaan jauh (*remote sensing*) perlu dilakukan. Citra Landsat dengan resolusi spasial 30 m dipilih sebagai sumber data untuk menganalisis dinamika tutupan hutan mangrove. Tujuan penelitian adalah untuk mengukur, memetakan dan mengestimasi luas tutupan mangrove tahun 2019 serta membangun model dinamika perubahan tutupan mangrove pada tahun 2029 terbimbing (*supervised classification*) untuk mengestimasi perubahan tutupan hutan mangrove, analisis vegetasi untuk menghitung nilai keanekaragaman serta metode rantai markov (Markov chain) menggunakan software Stella. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keanekaragaman vegetasi mangrove pada strata belta lebih tinggi daripada strata pohon. Berdasarkan nilai penting menurut kriteria kemantapan ekosistem menunjukkan bahwa vegetasi mangrove di Pulau Peleng masuk dalam kategori sedang dan cukup stabil. Hutan mangrove terus mengalami penurunan sebesar 10,21% sejak tahun 1999 hingga tahun 2019, dan pada tahun 2029 diprediksi akan terus mengalami penurunan luasan jika kondisi ini dibiarkan tanpa ada kebijakan pemerintah yang mengatur.

Kata kunci: Dinamika, keanekaragaman, Landsat, mangrove, Pulau Peleng

¹ Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan Sekolah Pascasarjana IPB University
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

² Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University
Jl. Ulin Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

* Penulis korespondensi:
e-mail: moh.malik24@gmail.com

PENDAHULUAN

Hutan mangrove terletak di negara tropis dan sub tropis, (Giri *et al.* 2008) terutama terletak di antara 30° LU dan 30° LS (Giri *et al.* 2011). Tumbuh di area tergenang dengan pantai berpasir, liat, atau lanau, laguna pantai, pasang surut, delta sungai, atau tanah rawa (Walters *et al.* 2008; Giri *et al.* 2011; Moity and Leon 2019). Ekosistem mangrove memiliki fungsi fisik, ekologi, ekonomi, dan berperan sebagai penyerap CO₂ (Kusmana *et al.* 2003; Kustanti 2011).

Hutan mangrove Indonesia adalah yang terluas di dunia, mencakup sekitar 21-29% dari total ekosistem mangrove global, dengan 45 dari 75 spesies mangrove dunia (Spalding *et al.* 2010; Giri *et al.* 2011; Hamilton & Casey 2016). Meskipun demikian, menurut FAO (2007) menyebutkan Indonesia telah mengalami penurunan luasan hutan mangrove pada kurun waktu 1980-1990 dari total luas 4.2 juta ha menjadi 3.5 juta ha atau rata-rata 70 ribu ha per tahun. Pada tahun 2000 tersisa 3.15 juta ha atau terjadi pengurangan rata-rata 35 ribu ha per tahun.

Keberadaan serta kerusakan yang terjadi pada ekosistem mangrove tidak terlepas dari peranan antropogenik yang memanfaatkan ekosistem mangrove. Menurut Yanuartanti, (2015); Rakotomavo dan Fromard, (2010); Sakho *et al.* (2011), umumnya kerusakan mangrove disebabkan antara lain karena faktor tekanan populasi manusia, kebutuhan ekonomi yang meningkat, eksploitasi produk kayu dan konversi lahan menjadi tambak. Oleh karena itu monitoring dan evaluasi dinamika perubahan tutupan hutan mangrove sebagai kawasan lindung perlu dilakukan.

Hutan mangrove terletak pada areal yang sulit dijangkau dan diamati secara langsung, sehingga memerlukan metode yang tepat untuk mengambil dan mengolah informasi tanpa bersentuhan dengan objek tersebut. Oleh karena itu diperlukan metode Penginderaan Jauh (*remote sensing*) yang sangat baik digunakan dalam melakukan monitoring hutan mangrove.

Penerapan metode penginderaan jauh dalam memantau hutan mangrove diantaranya Mondal *et al.* pada tahun 2017 di pesisir Sierra Leone, Afrika Barat selama rentang 1990 hingga 2016. Lu *et al.* (2018) di Teluk Quanzhou, China menggunakan metode analisis temporal untuk membandingkan dan menganalisis nilai spektral antara hutan bakau dan lumpur menggunakan citra Landsat *time-series* dari tahun 1990, 1997, 2005, 2010, dan 2017. Adapun Islam *et al.* (2018) di garis pantai Bangladesh dari tahun 1976 hingga 2015 menggunakan citra landast. Giri *et al.* (2019) di wilayah Asia yang terkena dampak tsunami.

Hutan mangrove di Pesisir Pulau Peleng dimanfaatkan sebagai ekosistem utama penunjang aktivitas kehidupan masyarakat karena secara tradisional, dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, misalnya untuk mencari kayu bakar, tiang bangunan dan kerang untuk dikonsumsi. Namun pertambahan penduduk yang terus meningkat maka kebutuhan akan lahan, baik sebagai lahan pertanian maupun perkebunan juga terus meningkat. Hal tersebut

mengakibatkan meningkatnya intensitas eksploitasi hutan mangrove.

Oleh karena itu diperlukan upaya-upaya pencegahan untuk menekan laju konversi hutan mangrove khususnya di kawasan lindung ekosistem mangrove. Namun penting untuk diketahui sejauh mana laju perubahan hutan mangrove tersebut terjadi. Perubahan ini dapat diketahui dengan melakukan analisis secara spasio-temporal dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh pada rentang waktu tahun 1999 hingga tahun 2019.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kondisi hutan mangrove di Pulau Peleng, memetakan dan mengestimasi luas serta dinamika perubahan tutupan hutan mangrove secara spasio temporal pada rentang waktu tahun 1999 hingga 2019 dan membangun model dinamik prediksi tutupan hutan mangrove pada tahun 2029.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2019 sampai dengan bulan Oktober tahun 2019 di Pulau Peleng Kabupaten Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah (Gambar 1). Lokasi ini dipilih karena merupakan kepulauan terluar di Pulau Sulawesi dengan tingkat abrasi yang cukup tinggi karena berhadapan dengan laut lepas.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah GPS, peta kerja, meteran roll, *phi-band*, tali, patok, *tally sheet*, kompas, alat tulis dan kamera. Sedangkan untuk keperluan pengolahan data, alat yang digunakan adalah komputer, *software Arcgis 10.8* dan *TerrSet*.

Jenis dan Sumber Data

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini mencakup citra Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI, peta penutupan lahan, peta fungsi kawasan hutan, data pasang surut air laut bulanan, serta data lapangan berupa koordinat sampel plot dan data vegetasi. Selain itu, data sekunder diperoleh dari studi literatur, peta administrasi,



Gambar 1 Lokasi penelitian

peta jalan, peta lereng, dan data pendukung lainnya. Dengan mempertimbangkan ketersediaan data, kemampuan analisis spektral, dan distribusi hutan mangrove, citra *Landsat Thematic Mapper (TM)* dan *Operational Land Imager (OLI)* (dengan resolusi spasial 30 m) dipilih sebagai sumber data utama untuk mengevaluasi perubahan spasial dan temporal hutan mangrove pada tahun 1999, 2009, dan 2019.

Tahapan Penelitian

Pra Pengolahan Citra

Penggunaan data satelit multi-temporal contohnya citra landsat memiliki sejumlah permasalahan antara lain kesalahan geometrik, kebisingan yang timbul dari efek atmosfer, kesalahan oleh perubahan geometri iluminasi dan kesalahan instrumen (Homer *et al.* 2004). Langkah pra pengolahan citra meliputi import data, perubahan format, penggabungan citra (*layer stacking*), koreksi geometrik dan pemotongan citra (*cropping*).

Survei Lapangan

Survei dilakukan untuk memperoleh keseuaian data serta informasi dengan cara mengambil sampel dari suatu populasi. Dalam penelitian ini, kegiatan survey lapangan meliputi: analisis vegetasi, pengambilan titik koordinat, pengamatan tutupan lahan dan wawancara. Lokasi pengambilan contoh pengukuran di lapangan dilakukan didasarkan pada hasil klasifikasi tidak terbimbing dan nilai NDVI.

Klasifikasi (*Unsupervised classification*)

Klasifikasi tutupan lahan tidak terbimbing dilakukan untuk menentukan lokasi plot penentuan pengambilan data lapangan (survei mangrove) dan untuk *ground check* kelas tutupan lahan di lapangan

Transformasi NDVI

Nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) diperoleh dari hasil persamaan matematika antara band merah (*visible*) dan inframerah dekat (*near infrared*) dari data penginderaan jauh, (As-syukur dan Adnyana 2009). Untuk menghitung nilai kerapatan hutan

Tabel 1 Data satelit penginderaan jauh

Satelit	Resolusi	Path/Row	Akuisisi
Landsat 5 TM	30 Meter	112 dan 61	24 Oktober 1999
Landsat 7 ETM+	30 Meter	112 dan 61	06 Desember 2009
Landsat 8 OLI	30 Meter	112 dan 61	24 November 2019

Tabel 2 Kelas kerapatan vegetasi mangrove

Kelas	Kisaran nilai NDVI	Kerapatan
1	0 – 0,32	Jarang
2	0,32 – 0,42	Sedang
3	>0,42 – 1	Tinggi

Sumber: Departemen Kehutanan 2003

mangrove digunakan metode rasio band inframerah dekat (NIR) dan band merah dengan formula di bawah ini, (Green *et al.* 2000 dalam Waas dan Nababan 2010):

$$NDVI = \frac{Near\ Infra\ Red - red}{Near\ Infra\ Red + red}$$

Citra baru yang dihasilkan dari transformasi NDVI tersebut akan memiliki rentang nilai -1 sampai +1. Namun menurut Prahasta, (2008) dalam Hendarto *et al.* (2018) Indeks vegetasi pada tumbuhan hijau umumnya bernilai antara 0,1 hingga 0,7. Kelas kerapatan vegetasi mangrove menurut Departemen Kehutanan (2003) tersaji pada Tabel 2.

Pengecekan lapangan (*ground check*)

Lokasi *ground check* kelas tutupan lahan berdasarkan hasil analisis klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*). Jumlah sampel yang diambil dilakukan secara *purposive* pada setiap kelas tutupan lahan yang mewakili. Lokasi pengambilan plot sampel pengukuran hutan mangrove berdasarkan hasil analisis klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*) yang ditumpang susunkan (*overlay*) dengan nilai hasil kerapatan NDVI.

Analisis Vegetasi

Pengukuran data lapangan dilakukan untuk kebutuhan analisis vegetasi yang bertujuan untuk mengamati serta mempelajari komposisi dan struktur vegetasi penyusun komunitas tumbuhan (Zamroni dan Rohyani 2008). Data lapangan tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kerapatan (*density*), frekuensi (*frequency*), dominansi (*dominance*), dan indeks nilai penting (INP). INP merupakan besaran nilai yang menunjukkan kedudukan suatu jenis terhadap jenis lain di dalam suatu komunitas.

Metode yang digunakan dalam pengukuran dan pengambilan data vegetasi adalah dengan metode transek garis (*line transek plot*). Yakni di sepanjang garis tersebut diletakkan plot berukuran 10 x 10 m secara sengaja dari titik 0 m, 50 m dan 100 m ke arah darat sebagai stasiun pengamatan.

Keanekaragaman

Keanekaragaman jenis merupakan data tentang banyaknya jenis yang ditemukan dalam suatu petak ukur. Keanekaragaman jenis pada beberapa petak ukur menggambarkan keanekaragaman jenis suatu populasi dalam hal ini vegetasi mangrove. Keanekaragaman jenis dihitung dengan menggunakan persamaan Keanekaragaman *Shannon-Wiener*.

Klasifikasi (*Supervised classification*)

Citra Landsat tahun 1999, 2009, dan 2019 diklasifikasi secara terbimbing (*supervised classification*) dengan metode klasifikasi kemungkinan maksimum (*maximum likelihood classifier*). Klasifikasi ini adalah cara untuk mengelompokkan piksel ke dalam beberapa kelas sesuai dengan statistik *taining sample* yang ditentukan oleh pengguna sebagai acuan dalam melakukan klasifikasi.

Analisis Dinamika Penutupan Mangrove

Pada tahap ini dilakukan identifikasi data perubahan tutupan hutan mangrove dengan cara membandingkan antara beberapa citra digital yang direkam pada waktu yang berbeda secara langsung. Cara yang dilakukan adalah tumpang-susun (*overlay*) antara kelas tutupan lahan hasil klasifikasi terbimbing pada tahun 1999, 2009 dan 2019. Informasi perubahan penutupan lahan ini kemudian ditampilkan dalam bentuk peta.

Model Dinamik Prediksi Perubahan Tutupan Hutan Mangrove

Model dinamik perubahan hutan mangrove yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi, memodelkan, dan memprediksi perubahan tutupan hutan mangrove 10 hingga 20 tahun ke depan. Analisis ini menggunakan metode rantai markov (*Markov chain*) dengan menggunakan *software* Stella. Model yang dibangun menggunakan peta hasil klasifikasi tahun 1999 – 2019 untuk memprediksi tutupan lahan pada tahun 2029.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batas Area Penelitian (*Buffer Zone*)

Batas area penelitian (*area of interest*) yang digunakan sesuai dengan Keppres No. 32 Tahun 1990 mengenai Pengelolaan Kawasan Lindung. Jalur hijau mangrove adalah minimal 130 kali dari rata-rata pasang, diukur dari titik terendah pada saat surut ke arah darat. Hasil *buffering* menunjukkan bahwa lebar jalur hijau mangrove di pesisir Pulau Peleng adalah 103 m (Gambar 2). Angka ini didapatkan dari konstanta 130 dikali dengan 0,79 m (pasang surut rata-rata).

Indeks Vegetasi (NDVI)

Total kelas pada citra hasil transformasi NDVI (Gambar 3) sebanyak empat kelas, yaitu tubuh air, bukan vegetasi, vegetasi bukan mangrove dan vegetasi mangrove. Vegetasi mangrove kemudian dikelaskan kembali menjadi 3 kelas kerapatan, yaitu kerapatan jarang, kerapatan sedang, dan kerapatan lebat (Tabel 3).

Klasifikasi Penutupan Lahan

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classifications*) dan klasifikasi secara terbimbing (*supervised*



Gambar 2 *Buffer zone* batas area penelitian

classifications) (Gambar 4). Hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 1999, 2009, dan 2019 di kawasan Hutan Lindung Mangrove pesisir Pulau Peleng Kabupaten Banggai Kepulauan, Sulawesi Tengah terdapat 7 kelas penutupan lahan yaitu: belukar, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove sekunder, pemukiman, perkebunan, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur.

Analisis Vegetasi

Kondisi Ekosistem Mangrove

Hasil analisis vegetasi mangrove di kawasan Hutan Lindung Mangrove di wilayah pesisir Pulau Peleng Kabupaten Banggai Kepulauan ditemukan 10 jenis vegetasi mangrove dari 4 family, yaitu *Avicennia lanata*, *A. officinalis*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *B. parviflora*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Sonneratia alba* dan *Nypa fruticans*.

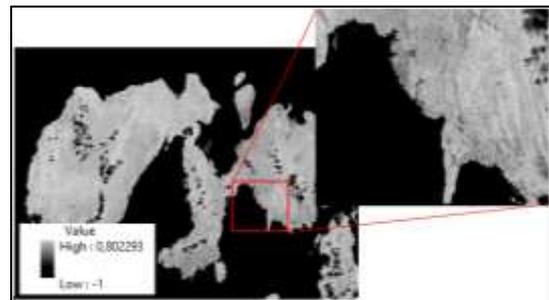
Kerapatan Relatif

Perbandingan nilai (KR) pada delapan titik stasiun penelitian, jenis *Rhizophora apiculata*, memiliki KR lebih tinggi pada strata beta dengan nilai masing-masing (46,66%). Sedangkan KR terendah adalah jenis *Avicennia lanata* dengan nilai (0,63%) (Tabel 4). Besar

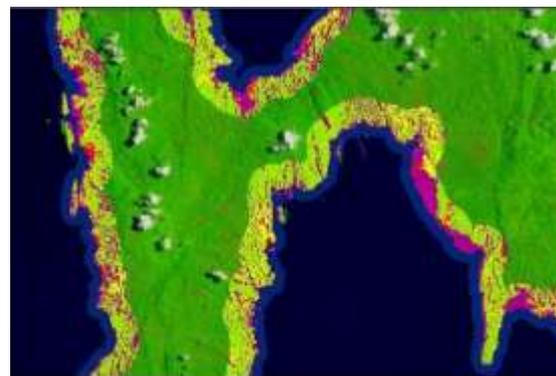
Tabel 3 Rentang nilai NDVI di Pulau Peleng

Kelas	Landsat 8 OLI Tahun 2019
Mangrove jarang	0.2 – 0.32
Mangrove sedang	0.32 – 0.42
Mangrove lebat	0.42 – 0.8

Sumber: Analisis data primer (2019)



Gambar 3 Hasil transformasi NDVI



Gambar 4 Hasil klasifikasi Citra Landsat 8 OLI Tahun 2019

kecilnya kerapatan relatif (KR) dipengaruhi oleh jumlah ditemukannya spesies dalam suatu lokasi. Akan semakin tinggi nilai KR jika semakin banyak pula jumlah suatu spesies. Kondisi ini menunjukkan bahwa jenis *Rhizophora apiculata* memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan jenis yang lain pada stasiun pengamatan yang ada.

Nilai kerapatan relatif (KR) tertinggi spesies mangrove pada strata pohon di stasiun pengamatan adalah *Rhizophora apiculata* dengan nilai KR sebesar 44,58%, sedangkan nilai terendah adalah *Rhizophora mucronata* dengan nilai KR 4,43% (Tabel 5). Kerapatan vegetasi ekosistem mangrove dapat mempengaruhi berbagai biota yang hidup dan berasosiasi dengan vegetasi mangrove tersebut karena berperan dalam memberikan perlindungan terhadap biota yang hidup di dalamnya dari predator maupun gangguan alami lainnya. Sehingga ekosistem mangrove digunakan sebagai tempat memijah dan mengasuh bagi anakan organisme laut yang berasosiasi didalamnya.

Frekuensi Relatif

Nilai frekuensi relatif (FR) menggambarkan sebaran spesies pada suatu ekosistem. Nilai FR tertinggi strata belta adalah jenis *Rhizophora apiculata* dengan nilai sebesar 46,66%, sedangkan nilai frekuensi relatif terendah adalah *Avicennia lanata* (0,63%) (Tabel 5). Nilai FR *Rhizophora apiculata* lebih tinggi disebabkan karena jenis ini lebih banyak ditemukan pada setiap stasiun pengamatan dibandingkan dengan jenis lain. Jenis dengan nilai FR tertinggi pada strata pohon adalah *Rhizophora apiculata* sebesar 44,58%, sedangkan nilai FR terendah adalah jenis *Rhizophora mucronata* 4,43% (Tabel 4).

Dominansi Relatif

Dominansi relatif (DR) spesies mangrove strata pohon dengan nilai tertinggi adalah *Rhizophora apiculata* sebesar 48,33%, sedangkan nilai DR terendah adalah *Nypa fruticans* (2,62%) (Tabel 4). Spesies dominan memiliki produktivitas yang tinggi sehingga untuk menentukan dominansi harus dilakukan

pengukuran diameter batang terlebih dahulu. Besarnya diameter batang yang mempengaruhi dominansi relatif ditentukan oleh jenis dan umur pohon, meskipun faktor alam serta ketersediaan nutrisi juga merupakan faktor pendukung. Dominansi relatif kecil yang terlihat pada beberapa jenis di lokasi penelitian disebabkan oleh masyarakat yang sering menggunakan jenis-jenis tersebut dalam keperluan sehari-hari.

Nilai Penting (INP)

Spesies mangrove pada strata pohon yang memiliki INP tertinggi adalah *Rhizophora apiculata* (131,66%). Spesies dengan INP sedang *Bruguiera parviflora* (65,48%), sedangkan jenis dengan INP rendah *Nypa fruticans* (6,07%) (Tabel 4). Pada strata belta indeks nilai penting (INP) tertinggi adalah *Rhizophora apiculata* (93,32%) dan jenis dengan INP terendah adalah *Avicennia lanata* (1,25%). Rendahnya indeks nilai penting suatu jenis tertentu menggambarkan ketidakmampuan suatu spesies untuk bersaing dengan spesies lain di habitatnya, sebaliknya jika semakin kuat suatu spesies bertahan terhadap lingkungannya mengindikasikan tingginya INP yang dimiliki spesies tersebut. Namun rendahnya daya tahan suatu spesies terhadap perubahan lingkungan diikuti semakin maraknya eksploitasi mengakibatkan jumlah spesies tersebut semakin berkurang.

Hasil analisis vegetasi menunjukkan jenis mangrove yang dominan di seluruh stasiun pengamatan baik pada strata pohon maupun belta adalah famili *Rhizophoraceae*. Umumnya suatu komunitas hutan diberi nama berdasarkan spesies dominan penyusunnya, sehingga komunitas dengan spesies dominan adalah *Rhizophora* spp. akan disebut hutan *Rhizophora*. Hal ini menggambarkan tinggi rendahnya pengaruh suatu spesies mangrove di dalam komunitas. Setiap jenis mangrove memiliki nilai penting yang beragam dalam setiap stasiun pengamatan karena disebabkan oleh perbedaan fisiografi pantai di stasiun pengamatan. Agustini, *et al.* (2016) menyatakan jenis yang memiliki penguasaan yang lebih besar pada suatu komunitas pasti mempunyai INP lebih tinggi. Spesies ini lebih mudah menyesuaikan diri dengan lingkungannya terlebih lagi dalam memanfaatkan sumberdaya yang ada.

Tabel 4 Hasil analisis vegetasi mangrove strata pohon

Nama spesies	Jumlah	KR	FR	DR	INP
<i>Avicennia lanata</i>	20	4,93%	4,93%	2,91%	12,76%
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	43	10,59%	10,59%	8,50%	29,68%
<i>Bruguiera parviflora</i>	98	24,14%	24,14%	17,20%	65,48%
<i>Nypa fruticans</i>	7	1,72%	1,72%	2,62%	6,07%
<i>Rhizophora apiculata</i>	181	44,58%	44,58%	41,86%	131,03%
<i>Rhizophora mucronata</i>	18	4,43%	4,43%	12,60%	21,47%
<i>Rhizophora stylosa</i>	39	9,61%	9,61%	14,31%	33,52%
Jumlah	406	100%	100%	100%	300%

Sumber: Analisis data primer (2019)

Tabel 5 Hasil analisis vegetasi mangrove strata belta

Nama spesies	Jumlah	KR	FR	INP
<i>Avicennia lanata</i>	15	0,63%	0,63%	1,25%
<i>Avicennia officinalis</i>	52	2,17%	2,17%	4,34%
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	59	2,46%	2,46%	4,93%
<i>Bruguiera parviflora</i>	223	9,31%	9,31%	18,63%
<i>Ceriops tagal</i>	217	9,06%	9,06%	18,13%
<i>Rhizophora apiculata</i>	1117	46,66%	46,66%	93,32%
<i>Rhizophora mucronata</i>	330	13,78%	13,78%	27,57%
<i>Rhizophora stylosa</i>	295	12,32%	12,32%	24,64%
<i>Sonneratia alba</i>	86	3,59%	3,59%	7,18%
Jumlah	2.394	100%	100%	200,00%

Sumber: Analisis data primer (2019)

Keanekaragaman

Nilai keanekaragaman vegetasi mangrove pada strata belta, sebesar 1,641691728. Sedangkan pada strata pohon, nilai keanekaragaman vegetasi mangrove di lokasi penelitian sebesar 1,521710402. Hal ini terjadi karena jumlah jenis yang ditemukan pada tingkat tiang hanya sedikit. Nilai keanekaragaman vegetasi yang sedang menunjukkan bahwa vegetasi tersebut agak atau cukup stabil.

Dinamika Perubahan Penutupan Lahan

Analisis Perubahan Penutupan Lahan

Berdasarkan hasil analisis perubahan luasan penutupan lahan, hutan mangrove sekunder mengalami penurunan sejak tahun 1999 hingga tahun 2019. Sementara itu penutupan lahan pemukiman mengalami peningkatan terus menerus, sama halnya yang terjadi pada lahan perkebunan, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur. Sebaliknya pada kelas tutupan hutan lahan kering sekunder terus menerus mengalami penurunan.

Untuk mengetahui perubahan penutupan lahan di lokasi penelitian pada periode tahun 1999-2019 dibuat perbandingan luasan masing-masing penutupan lahan. Analisis dilakukan dengan cara mengurangi luas masing-masing penutupan lahan sehingga diperoleh nilai perubahan baik itu penambahan maupun pengurangan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.

Untuk melihat perbandingan luas tutupan lahan dari masing-masing tahun dapat dilihat pada Gambar 5. Tabel 6 menunjukkan bahwa perubahan penutupan lahan pada periode 1999-2019 terjadi pada seluruh kelas penutupan lahan. Perubahan paling besar terjadi pada kelas penutupan pertanian lahan kering campur berupa

Tabel 6 Luas tutupan lahan Tahun 1999, 2009, dan 2019

Tutupan Lahan	Tahun		
	1999	2009	2019
Belukar	4.439,33	3.834,24	3.767,16
Hutan Lahan Kering Sekunder	923,882	846,216	732,041
Hutan Mangrove Sekunder	2.114,61	2.009,49	1.898,75
Pemukiman	992,479	1.695,86	2.279,09
Perkebunan	7.329,11	5.920,31	4.913,26
Pertanian Lahan Kering	24.264,59	21.693,12	21.005,40
Pertanian Lahan Kering Campur	10.981,05	15.045,82	16.449,37
Jumlah	51.045,05	51.045,05	51.045,05

Sumber: Analisis data primer (2019)

Tabel 7 Luas Tutupan hutan mangrove tahun 1999, 2009, dan 2019

Tutupan Lahan	Tahun		
	1999	2009	2019
Mangrove	2.114,61	2.009,49	1.898,75
Non-Mangrove	48.930,44	49.035,56	49.146,31
Jumlah	51.045,05	51.045,05	51.045,05

Sumber: Analisis data primer (2019)

penambahan seluas 5.468,32 ha, diikuti tutupan pemukiman yang juga meningkat pesat seluas 1.286,61 ha. Sebaliknya beberapa tutupan lahan yang mengalami penurunan luasan berturut-turut adalah pada pertanian lahan kering seluas 3.259,19 ha, lahan perkebunan seluas 2.415,85 ha, belukar seluas 672,17 ha, hutan mangrove sekunder seluas 215,86 ha dan hutan lahan kering sekunder seluas 77,666 ha.

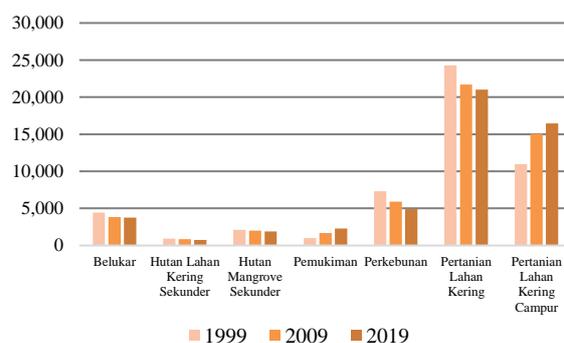
Alih fungsi lahan di kabupaten ini menjadi sangat dinamis terutama di bidang pertanian dan perkebunan. Pola bercocok tanam yang diterapkan oleh masyarakat masih sangat sederhana dengan sistem perladangan berpindah, karena komoditas yang dikembangkan adalah jenis umbi-umbian (ubi benggai) yang menuntut syarat tumbuh harus pada lahan baru yang belum pernah ditanami jenis umbi ini. Sehingga setelah musim panen usai, petani harus membuka lahan pertanian baru.

Perubahan Penutupan Mangrove

Tabel 7 menunjukkan pada periode Tahun 1999, 2009 sampai dengan 2019 hutan mangrove mengalami penurunan secara terus menerus dari sebelumnya seluas 2.114,61 ha pada tahun 1999 berkurang menjadi 2.009,492 ha pada tahun 2009 dan berlanjut pada tahun 2019 menjadi 1.898,75 ha. Artinya dalam rentang waktu selama 20 tahun hutan mangrove di pulau ini telah terjadi penurunan seluas 215,86 ha yang diantaranya berubah menjadi pemukiman (47,873 ha), perkebunan (147,352 ha) dan belukar (25,925 ha). Perubahan paling besar berupa pengurangan luasan menjadi perkebunan diikuti oleh belukar dan pemukiman. Bagi masyarakat pesisir Pulau Peleng, lahan perkebunan dianggap dapat memberikan pendapatan ekonomi lebih tinggi, meskipun pada kenyataannya di dataran tinggi luas pertanian berkembang lebih cepat di banding perkebunan.

Faktor-faktor yang memengaruhi penurunan luasan hutan mangrove adalah adanya pola penyebaran jenis mangrove diikuti oleh aktivitas penebangan yang dilakukan oleh masyarakat. Penebangan mangrove yang dilakukan oleh masyarakat untuk keperluan bahan baku bangunan rumah dan kayu bakar dilakukan pada jalur dengan tujuan untuk memudahkan mengeluarkan hasil tebangan keluar hutan.

Namun, hasil pengamatan di lapangan pada lahan-lahan terbuka bekas tebangan telah tumbuh vegetasi mangrove baru. Hal ini terjadi karena kondisi lingkungan yang cukup luas serta cukup jauh dari pemukiman



Gambar 5 Diagram perubahan luas tutupan lahan di Pulau Peleng tahun 1999-2009-2019

sehingga relatif aman dari gangguan aktivitas manusia serta kondisi fisik lingkungan juga mendukung pertumbuhan mangrove di beberapa titik pada lokasi penelitian.

Prediksi Tutupan Hutan Mangrove Tahun 2029

Prediksi perubahan tutupan hutan mangrove ditujukan untuk menghitung luas perubahan yang akan terjadi pada tahun 2029. Prediksi tutupan hutan mangrove dilakukan menggunakan peta tutupan lahan tahun 1999 sebagai tahun dasar dan tahun 2009 sebagai tahun kedua dalam analisis Markov Chain.

Pada tahun 2029 tutupan hutan lahan kering sekunder diprediksi akan mengalami penurunan luasan sebesar -0,62%, hutan mangrove sekunder -0,30%, pertanian lahan kering -2,54% dan pertanian lahan kering campur sebesar -1,49%. Peningkatan luasan terjadi pada kelas belukar sebesar 0,43%, pemukiman sebesar 0,71% serta pertanian lahan kering campur 3,81%.

Perubahan tutupan lahan prediksi ini belum memasukkan faktor kebijakan didalamnya, artinya belum ada campur tangan pemerintah dalam upaya mengendalikan perubahan tutupan lahan. Jika hal ini dibiarkan, kemungkinan perubahan ini dapat terjadi lebih buruk dari hasil prediksi yang didapat sekarang. Pemerintah mempunyai kewajiban untuk menata pemanfaatan ruang agar sesuai dengan kebutuhan

masyarakat akan lahan. Disisi lain masyarakat mempunyai kewajiban menjaga kondisi lingkungan agar tidak terjadi bencana.

SIMPULAN

Penutupan hutan mangrove di Pulau Peleng didominasi oleh jenis *Rhizophora* spp. dengan komposisi penyusunnya antara lain; *Avicennia lanata*, *A. officinalis*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *B. parviflora*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Sonneratia alba* dan *Nypa fruticans*. Jenis *Rhizophora apiculata* merupakan jenis penting dengan INP tertinggi strata belta (93,32%) dan strata pohon (131,66%). Sedangkan INP terendah pada strata belta adalah *Avicennia lanata* (1,25%) dan pada strata pohon adalah *Nypa fruticans* (6,07%). Nilai keanekaragaman vegetasi mangrove pada strata belta, sebesar 1,641691728. Sedangkan pada strata pohon, nilai keanekaragaman vegetasi mangrove di lokasi penelitian sebesar 1,521710402. Tutupan lahan pada kawasan Hutan Lindung Mangrove di wilayah pesisir Pulau Peleng terdapat 7 kelas penutupan lahan yaitu: belukar, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove sekunder, pemukiman, perkebunan, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur. Perubahan penutupan

Tabel 8 Matriks perubahan kelas penutupan lahan periode 1999-2009

1999 \ 2009	Belukar	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hutan Mangrove Sekunder	Pemukiman	Perkebunan	Pertanian Lahan Kering	Pertanian Lahan Kering Campur	Total
Hutan Lahan Kering Sekunder	9,680	846,216				67,986		923,882
Hutan Mangrove Sekunder	20,793		2.004,202	6,626	82,987			2.114,609
Pemukiman			5,290	945,702	41,487			992,479
Perkebunan				172,559	5.632,465	1.258,670	265,415	7.329,109
Pertanian Lahan Kering				213,414		19.961,196	4.089,985	24.264,594
Pertanian Lahan Kering Campur				311,662			10.669,390	10.981,051
Total	3.834,240	846,216	2.009,492	1.695,859	5.920,307	21.693,120	15.045,820	51.045,054

Sumber: Pengolahan data primer

Tabel 9 Matriks perubahan penutupan lahan periode Tahun 2009-2019

1999 \ 2009	Belukar	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hutan Mangrove Sekunder	Pemukiman	Perkebunan	Pertanian Lahan Kering	Pertanian Lahan Kering Campur	Total
Hutan Lahan Kering Sekunder	83,661	732,041				15,297	15,217	846,216
Hutan Mangrove Sekunder	5,132		1.898,748	41,247	64,365			2.009,492
Pemukiman				1.695,859				1.695,859
Perkebunan				167,870	4.846,054	281,387	624,996	5.920,307
Pertanian Lahan Kering				207,538		20.451,099	1.034,483	21.693,120
Pertanian Lahan Kering Campur				166,577		122,142	14.757,101	15.045,820
Total	3.767,156	732,041	1.898,748	2.279,091	4.913,256	21.005,396	16.449,366	51.045,054

Sumber: Pengolahan data primer

lahan pada periode 1999-2019 terjadi pada seluruh kelas penutupan lahan. Terutama pada tutupan hutan mangrove sekunder yang terus menerus mengalami penurunan luasan. Prediksi perubahan tutupan lahan ditujukan untuk mengestimasi perubahan pada tahun 2029. Pada tahun 2029 tutupan hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove sekunder, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur diprediksi akan mengalami penurunan luasan. Sementara tutupan lahan belukar, pemukiman serta pertanian lahan kering campur terus mengalami peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini NT, Ta'alidin Z, dan Purnama D. 2016. Struktur komunitas mangrove di Desa Kahyapu Pulau Enggano. *Jurnal Enggano*. 1(1): 19-31.
- As-Syukur AR dan Adnyana IWS. 2009. Analisis indeks vegetasi menggunakan Citra Alos/Avnir-2 dan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk evaluasi tata ruang Kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*. 9 (1): 1-11.
- Departemen Kehutanan. 2003. *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan. Jakarta: (ID).
- Donato DC, Kauffman JB, Mackenzie RA, Ainsworth A, Pflieger AZ. 2012. Whole-island carbon stock in tropical pasific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Enviromental Management*. (97): 89–96.
- FAO. 2007. *The World's Mangroves 1980-2005*. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Giri C, Ochieng E, Tieszen LL, Zhu Z, Singh A, Loveland T, Masek J, Duke N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. (20): 154–159.
- Giri C, Zhu Z, Tieszen LL, Singh A, Gillette S, Kelmelis JA. 2019. Mangrove forest distributions and dynamics (1975-2005) of the tsunami-affected region of Asia. *Journal of Biogeography*. 35 (3): 519–528.
- Hairiah K dan Rahayu S. 2007. *Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre – ICRAF.
- Hamilton SE & Casey D. 2016. Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*. (25): 729–738
- Homer C, Huang C, Yang L, Wylie B & Coan M. 2004. Development of a 2001 national land cover database for the United States. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. (70): 829–840.
- Islam, Monirul, Borgqvist, Helena, Kumar and Lalit. 2018. Monitoring Mangrove forest landcover changes in the coast line of Bangladesh from 1976 to 2015. *Geocarto International*. 1-19.
- Komiyama A, Ong JE, Poungporn S. 2008. Allometry, biomass and productivity of mangrove forest: A review. *Aquatic Botany*. (89): 128–137.
- Lu C, Liu J, Jia M, Liu M, Man W, Fu W, Zhong L, Lin X, Su Y and Gao Y. 2018. Dynamic analysis of mangrove forests based on an optimal segmentation scale model and multi-seasonal images in Quanzhou Bay, China. *Remote Sensing*. 10 (12): <https://doi.org/10.3390/rs10122020>.
- Mondal P, Trzaska S and Sherbinin AD. 2018. Landsat-derived estimates of mangrove extents in the Sierra Leone coastal landscape complex during 1990–2016. *Sensors*. 18 (12): 1–15.
- Murdiyarso D, Purbopuspito J, Kauffman JB, Warren MW, Sasmito SD, Donato DC, Manuri S, Krisnawati H, Taberima S and Kurnianto S. 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*. 5 (12): 89–92.
- Hendrawan, Gaol LJ dan Susilo BS. 2018. Studi kerapatan dan perubahan tutupan mangrove menggunakan citra satelit di Pulau Sebatik Kalimantan Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10 (1): 99–110.
- Rakotomavo A and Fromard F. 2010. Dynamics of mangrove forests in the Mangoky River delta, Madagascar, under the influence of natural and human factors. *Forest Ecology Management*. 259 (1): 1161–1169.
- Sakho I, Mesnage V, Deloffre J, Lafite R, Niang I and Faye G. 2011. The influence of natural and anthropogenic factors on mangrove dynamics over 60 years: The Somone Estuary, Senegal,” *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 94 (1): 93–101.
- Yanuartanti IW, Kusmana C dan Ismail A. 2015. Kelayakan rehabilitasi mangrove dengan teknik guludan dalam perspektif perdagangan karbon di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke, Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. (5): 180–186.
- Zamroni Y, dan Rohyani IS. 2008. Produksi serasah hutan mangrove di perairan pantai Teluk Sepi, Lombok Barat, *Biodiversitas*. 9 (4): 284–287.
- Waas HJ dan Nababan B. 2010. Pemetaan dan analisis index vegetasi mangrove di pulau Saparua, Maluku Tengah. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2 (1): 50–58.
- Walters BB, Rönnbäck P, Kovacs JM, Crona B, Hussain SA, Badola R, Primavera JH, Barbier E and Dahdouh-Guebas F. 2008. Ethnobiology, socioeconomics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany* 89 (2): 220 – 236.