

Analisis Sebaran dan Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara*(Analysis of Mangrove Vegetation and Distribution Using Landsat 8 Images In Bolaang Mongondow East, North Sulawesi)***Simon I. Patty¹, Doni Nurdiansah¹, Marenda Pandu Rizqi¹, Rikardo Huwae¹**¹ Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset Dan Inovasi Nasional*Corresponding author: pattysimon@gmail.com

Abstract

Mangrove is one of the objects that can be identified by remote sensing technology using satellite imagery. Analysis of the distribution and density of mangrove vegetation using Landsat 8 imagery was carried out in Bolaang Mongondow Timur, North Sulawesi in September 2020. This study aims to map the distribution of mangroves and determine the correlation between NDVI values, canopy cover, and mangrove density. The data analysis used Landsat 8 images with ENVI 5.3 and ArcGIS 10.1 software. Maximum likelihood classification is used to separate mangrove and non-mangrove features. The calculation of mangrove vegetation density using the NDVI algorithm and single-channel classification using the density slice method to divide mangrove density based on the range of pixel values of the NDVI image. Next, to test the accuracy of the classification results using an error matrix (confusion matrix) and the NDVI vegetation index correlation test compared with canopy cover and density data. The classification resulted in four different land cover classes with an overall accuracy of 97.70% and a kappa coefficient of 0.9688. The mangrove vegetation distribution from the classification results is 524.75 ha. The NDVI correlation with the percentage of canopy cover is very significant with a correlation coefficient ($r = 0.9516$), while the NDVI correlation with density resulted in moderate correlation ($r = 0.5315$).

Keywords: density; mangrove; Landsat 8; NDVI

Abstrak

Mangrove merupakan salah satu objek yang dapat diidentifikasi menggunakan teknologi penginderaan jauh yakni memanfaatkan citra satelit. Analisis sebaran dan kerapatan vegetasi mangrove menggunakan citra Landsat 8 telah dilakukan di Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara pada bulan September 2020. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran mangrove dan mengetahui hubungan korelasi antara nilai NDVI dengan tutupan kanopi dan kerapatan mangrove. Pengolahan data citra Landsat 8 dengan perangkat lunak ENVI 5.3 dan ArcGIS 10.1. Klasifikasi *maximum likelihood* digunakan untuk memisahkan fitur mangrove dan non mangrove. Perhitungan kerapatan vegetasi mangrove dengan algoritma NDVI dan klasifikasi saluran tunggal menggunakan metode *density slice* untuk membagi kerapatan mangrove berdasarkan rentang nilai piksel citra NDVI. Uji akurasi hasil klasifikasi menggunakan matriks kesalahan (*confussion matriks*) dan uji korelasi indeks vegetasi NDVI dengan data tutupan kanopi dan kerapatan. Hasil klasifikasi mendapatkan empat kelas tutupan lahan yang berbeda dengan *overall* akurasi sebesar 97,70 % dengan *kappa coefisien* sebesar 0,9688. Luas sebaran vegetasi mangrove dari hasil klasifikasi adalah 524,75 ha. Korelasi NDVI dengan persentase tutupan kanopi termasuk korelasi sangat kuat dengan koefisien korelasi $r = 0,9516$ sedangkan korelasi NDVI dengan kerapatan termasuk korelasi sedang ($r = 0,5315$).

Kata kunci: kerapatan; mangrove; Landsat 8; NDVI**PENDAHULUAN**

Indonesia memiliki sumberdaya pesisir yang sangat luas, baik hayati maupun non hayati. Wilayah pesisir merupakan ekosistem transisi yang dipengaruhi daratan dan lautan, yang mencakup beberapa ekosistem, salah

satunya ekosistem hutan mangrove (Bengen, 2001). Hutan mangrove merupakan ekosistem yang kompleks terdiri atas flora dan fauna daerah pantai. Selain menyediakan keanekaragaman hayati (*biodiversity*), ekosistem mangrove juga sebagai flasma nutfah (*genetic fool*)

dan menunjang keseluruhan kehidupan di sekitarnya. Sebagai salah satu sumberdaya pesisir, hutan mangrove memiliki fungsi sosial ekonomi, fungsi ekologis dan fungsi fisik (Bengen, 2001). Hutan mangrove berfungsi sebagai pencegah intrusi air laut, sebagai kawasan penyangga dan melindungi garis pantai agar terhindar dari abrasi, sebagai daerah pemijah, mencari makan dan asuhan berbagai jenis ikan, udang dan biota laut lainnya. Kayu hutan mangrove dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, daerahnya dijadikan lahan tambak dan lokasi pariwisata. Besarnya fungsi dan manfaat hutan mangrove tersebut memberikan konsekuensi bagi ekosistem mangrove itu sendiri, dimana semakin tinggi pembangunan ekonomi dan penambahan penduduk akan mengakibatkan pemanfaatan sumberdaya alam secara berlebihan (Supardjo, 2008)

Komunitas mangrove di Bolaang Mongondow Timur terpecah hampir diseluruh pesisir pantai dan pertumbuhannya sangat baik. Wilayah ini sering dijadikan sebagai area perikanan, pemukiman dan pariwisata sehingga dapat memberikan tekanan cukup signifikan bagi keberlangsungan ekosistem mangrove. Melihat besarnya fungsi mangrove bagi makhluk hidup, maka sangat perlu dilakukan kajian tentang kondisi mangrove di wilayah ini. Salah satu upaya untuk mengetahui kondisi mangrove baik secara spasial maupun temporal adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh memiliki kelebihan yakni; mampu merekam data dan memberikan informasi secara luas, berulang serta lebih terinci mendeteksi perubahan ekosistem (Mumby *et al.*, 2004). Teknologi ini merekam tutupan objek di permukaan bumi termasuk tutupan mangrove dalam bentuk citra satelit. Citra satelit yang paling banyak digunakan untuk memetakan dan mengetahui kondisi mangrove adalah citra Landsat (Kuenzer *et al.*, 2011; Kirui *et al.*, 2013).

Sebaran dan kerapatan mangrove dapat diidentifikasi dengan menggunakan

citra satelit penginderaan jauh, dimana letak geografi ekosistem mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan objek vegetasi darat lainnya (Faizal dan Amran, 2005). Selain itu, nilai spektral pada citra satelit dapat diekstraksi menjadi informasi vegetasi mangrove pada kisaran spektrum tampak dan infra merah dekat (Suwargana, 2008). Identifikasi kerapatan vegetasi dengan cara interpretasi citra menggunakan indeks vegetasi berdasarkan algoritma NDVI. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan sebaran mangrove dan mengetahui hubungan korelasi antara nilai NDVI dengan tutupan kanopi dan kerapatan mangrove.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2020 di Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara (Gambar 1). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 OLI *path/row* 112/59 dengan waktu akuisisi 28 Februari 2020 dan data *ground truth* (survei lapangan). Proses pengambilan dan pengolahan data kerapatan pohon dan persentase tutupan kanopi mangrove didasarkan pada metode *Hemispherical Photography* (Dharmawan dan Pramudji, 2014). Ukuran plot 15 x 15 meter disesuaikan dengan resolusi spasial citra Landsat yang sudah ditingkatkan resolusi yaitu 15 meter. Analisis foto *hemisphere* dengan menggunakan *software Image-J*.

Pemrosesan data citra terdiri dari koreksi radiometrik citra, penajaman citra, masking dan klasifikasi, serta uji akurasi, dilakukan dengan menggunakan *software* ENVI 5.3 dan ArcGIS 10.1 untuk analisis tumpang susun (*overlay*). Menampilkan deliniasi mangrove menggunakan citra komposit RGB 564. Teknik yang digunakan untuk memisahkan fitur mangrove dan non mangrove adalah klasifikasi multi-saluran *maximum likelihood*. Metode klasifikasi ini menggunakan referensi nilai piksel (*Region of interest/ROI*) yang diasumsikan sebagai objek tertentu. Penyusunan sampel ROI berdasarkan data yang

diperoleh dari survei lapangan (*ground truth*). Uji akurasi hasil klasifikasi menggunakan matriks kesalahan atau *confusion matriks* (Congalton dan Green, 2009).

Analisis kerapatan vegetasi mangrove menggunakan algoritma dari NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*), yaitu $NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$; dimana NIR (*Near Infrared*) dan R (*red*) pada citra landsat 8 adalah band 5 dan

band 4. Klasifikasi saluran tunggal menggunakan metode *density slice* untuk membagi objek berdasarkan nilai NDVI yang diasumsikan sebagai area yang memiliki kerapatan yang berbeda-beda. Uji korelasi antar sampel variabel untuk mengetahui derajat hubungan antara nilai NDVI (variabel x) dengan data persentase tutupan kanopi dan kerapatan mangrove (variabel y).



Gambar 1. Peta stasiun penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pra Pemrosesan

Proses awal dalam pengolahan citra (*image processing*) adalah melakukan koreksi radiometrik, geometri dan penajaman citra. Citra satelit Landsat 8 yang digunakan untuk analisis sudah terkoreksi geometri, datum WGS'84 dan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM). Data citra Landsat ini tidak mengalami pergeseran yang cukup berarti, secara geometri sudah sesuai dengan lokasi yang ditunjukkan.

Koreksi radiometrik citra dibagi dua tahap yaitu koreksi reflektan dan koreksi atmosfer dilakukan secara otomatis melalui program pengolahan citra ENVI 5.3. Koreksi radiometri citra dilakukan untuk menghilangkan efek gangguan atmosfer seperti kabut dan awan tipis. Gangguan tersebut menyebabkan nilai digital number (DN) tidak bernilai "0" pada objek tergelap seperti bayangan awan.

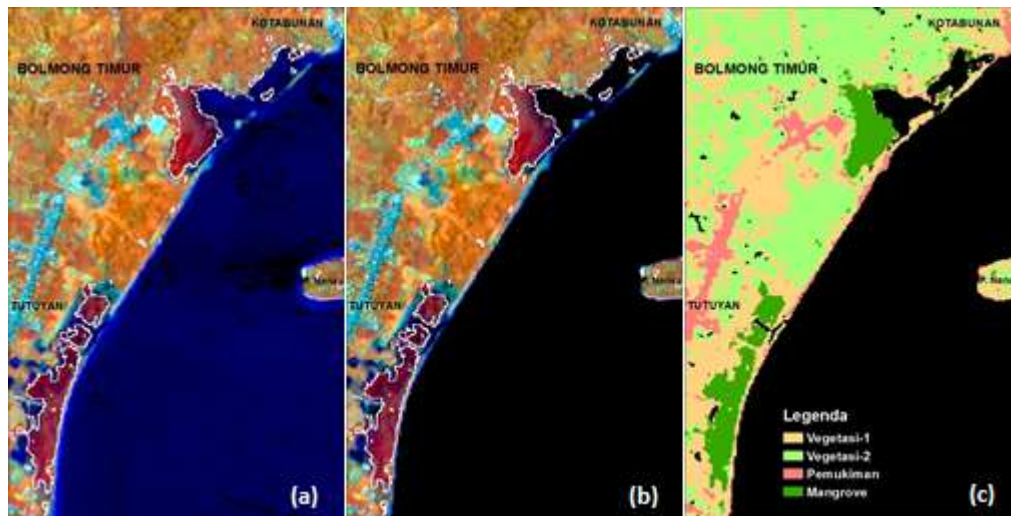
Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan kalibrasi citra yaitu mengubah nilai pixel (DN) menjadi nilai reflektan secara otomatis dengan menggunakan *toolbox Radiometric Correction: Radiometric Calibration type reflectance toolbox Radiometric Correction: Radiometric Calibration type reflectance*. Selanjutnya koreksi atmosfer dilakukan untuk mengurangi efek atmosfer pada nilai pixel yang terjadi selama perekaman. Salah satu metode yang digunakan untuk koreksi atmosfer adalah *Dark Object Subtraction* (DOS) pada *toolbox Radiometric Correction: Dark Subtraction*. Citra Landsat 8 memiliki 11 sensor atau band dengan resolusi spasial yang berbeda-beda. Penajaman citra atau peningkatan resolusi spasial citra multispektral (band 1 hingga band 7) dari 30 meter menjadi 15 meter dilakukan menggunakan *NN Diffusi pan-sharpening* pada citra *pankromatik* (band 8).

Interpretasi Citra

Mangrove lebih banyak memantulkan spektrum cahaya infra merah dan hijau, sedangkan spektrum warna biru dan merah terserap oleh vegetasi dipergunakan untuk aktivitas fotosintesis. Karena itu, mangrove lebih mudah diidentifikasi dengan menggunakan komposit *false color* (saluran infra merah) dibanding penggunaan komposit *true color* (saluran tampak/RGB). Penggunaan citra komposit infra merah (NIR, SWIR1 ataupun SWIR2) akan membantu dalam membedakan mangrove dan non-mangrove (Arhatin dan Wahyuningrum, 2013). Untuk menampakan mangrove secara visual menggunakan citra Landsat 8 komposit RGB 572, RGB 563 dan RGB564 (Suyarso, 2019). Seperti terlihat pada Gambar 2.a, yaitu delineasi mangrove menggunakan komposit 564, vegetasi mangrove akan terlihat warna jingga kemerahan, lahan terbangun akan terlihat berwarna biru cyan dan air akan terlihat biru tua kehitaman.

Masking air/laut

Karena dalam analisis, area kajian hanya difokuskan di darat saja sehingga fitur air/laut harus dihilangkan (*masking* air/laut). Untuk menghilangkan fitur air/laut digunakan algoritma (b6/b3) dan hasil eksekusinya menghasilkan citra 1 band (darat dan tubuh air/laut) Profil nilai spektral reflektan pada citra 1 band menggunakan algoritma b6/b3 menunjukkan nilai indeksnya >0.65 adalah masker darat, sehingga algoritma yang digunakan b6/b3 >0.65 dan menghasilkan citra 1 band dengan 2 kisaran nilai yakni 1 (putih) adalah mangrove dan daratan; 0 (hitam) adalah air/laut. Selanjutnya proses *masking* dilakukan untuk mendapatkan citra tanpa fitur air/laut sebagai input data adalah citra 7 band dan maskernya adalah masker darat. Luaran yang didapatkan adalah citra 7 band yang hanya menggambarkan fitur mangrove dan darat (Gambar 2.b).



Gambar 2. Delineasi mangrove yang ditampilkan menggunakan citra komposit RGB564 (a); citra 7 band yang hanya menggambarkan fitur mangrove/darat (b); dan citra hasil klasifikasi *maximum likelihood* (c).

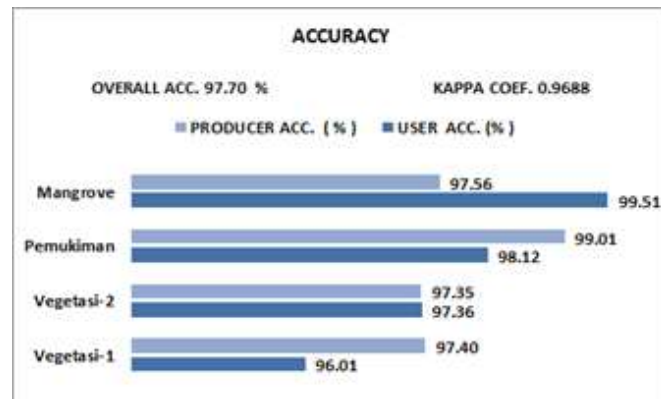
Klasifikasi lahan dan Uji akurasi

Setelah fitur air/laut dihilangkan, selanjutnya klasifikasi dilakukan untuk memisahkan fitur mangrove terhadap fitur-fitur lainnya (non-mangrove). Proses ini dilakukan melalui teknik klasifikasi multi-saluran *maximum likelihood* menggunakan referensi nilai piksel

(*Region of interest/ROI*). Klasifikasi *maximum likelihood* menggunakan citra 7 band sebagai *input data* dan maskernya adalah citra 1 band dari algoritma b6/b3 >0.65 . Hasil klasifikasi mendapatkan empat kelas tutupan lahan yang berbeda (Gambar 2.c). Tahap selanjutnya menyusun masker mangrove, masker

mangrove dibentuk berdasarkan data spasial berformat vektor dari polygon mangrove. Sebagai data masker adalah polygon mangrove yang telah dirasterkan. Masker mangrove merupakan citra 1 band yang mempunyai nilai digital 1 (putih) adalah mangrove; 0 (hitam) adalah non

mangrove. Proses *masking* dilakukan untuk mendapatkan citra mangrove sebagai input data adalah citra 7 band dan maskernya adalah masker mangrove. Luaran proses *masking* adalah citra komunitas mangrove terdiri atas 7 band (Gambar 4.a).



Gambar 3. Nilai akurasi produser dan user setiap kelas tutupan lahan.

Uji akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan di daerah penelitian diperoleh *overall* akurasi sebesar 97,70 % dengan *kappa coefisien* sebesar 0,9688. Klasifikasi citra ini dianggap benar dan sudah memenuhi syarat minimal *overall accuracy* $\geq 80\%$ (Short dalam Nawangwulan, 2013). *User accuracy* dan *producer accuracy* hasil klasifikasi pada kelas mangrove adalah 99,51 % dan 97,56%. Tingkat keakuratan hasil klasifikasi dari tiap kelas tutupan lahan memiliki nilai berbeda-beda (Gambar 3). Nilai akurasi antara 60-80% dapat direkomendasikan bagi kegiatan inventarisasi dan pemantauan sumberdaya (Green *et al.*, 2000).

Indeks Vegetasi NDVI

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi. NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) merupakan indeks 'kehijauan' vegetasi yang paling sering digunakan untuk mengklasifikasi tingkat kerapatan mangrove (Arhatin dan Wahyuningrum, 2013). Hasil analisis menggunakan algoritma NDVI terhadap citra komunitas mangrove diperoleh nilai indeksnya antara 0,499-0,842 (Gambar 4.b). Nilai NDVI yang tinggi memberikan

gambaran bahwa mangrove di area tersebut mempunyai tingkat kehijauan tinggi (vegetasinya rapat dan lebat), sebaliknya nilai NDVI rendah mempunyai tingkat kehijauan rendah (vegetasinya jarang).

Kisaran nilai NDVI yang diperoleh menunjukkan bahwa mangrove di wilayah Bolaang Mongondow Timur memiliki tingkat kerapatan tajuk lebat. Departemen Kehutanan (2005) menetapkan kriteria kerapatan berdasarkan nilai NDVI yaitu kerapatan tajuk lebat ($0,434 \leq NDVI \leq 1,00$). Prahasta, 2008 mengatakan bahwa indeks vegetasi untuk tumbuhan hijau secara umum nilainya sekitar 0,1 sampai dengan 0,7 dan jika nilai $NDVI > 0,7$ menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi sangat lebat (Waas, 2010). Hasil klasifikasi nilai NDVI menggunakan metode *density slice* menghasilkan tiga kelas kerapatan tajuk yaitu kurang lebat, lebat dan sangat lebat (Gambar 4.c dan Tabel 1).

Sebaran Mangrove

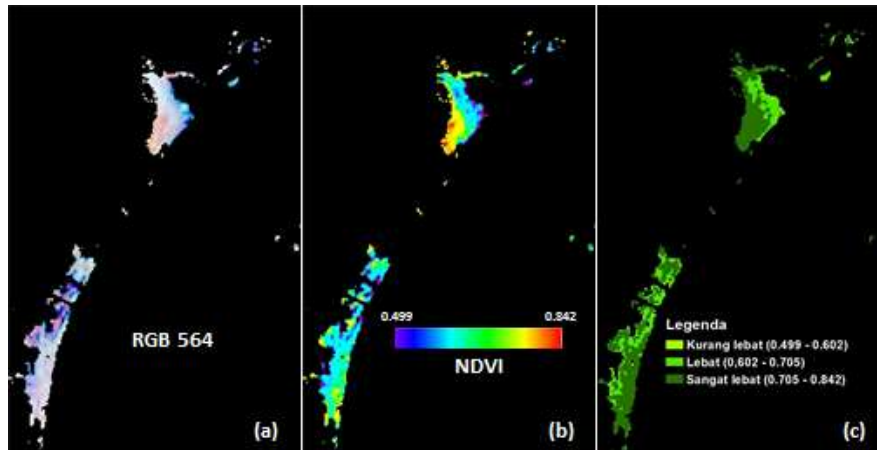
Sebaran mangrove dapat diketahui melalui hasil analisis citra terklasifikasi. Pada Gambar 5 terlihat sebaran mangrove tidak merata kenampakannya membentuk spot-spot kecil, namun memiliki tingkat kehijauan vegetasinya

tinggi. Kerapatan tajuk sangat lebat 82,15 %, lebat 17,15 dan kurang lebat hanya 0,70 %. Luas sebaran mangrove

berdasarkan hasil klasifikasi citra adalah 524,75 ha (Tabel 1).

Tabel 1. Luas mangrove hasil klasifikasi.

NDVI	Kelas kerapatan tajuk	Luas (ha)	Persentase (%)
0,499 – 0,602	Kurang lebat	3,65	0,70
0,602 – 0,705	Lebat	90,00	17,15
0,705 – 0,842	Sangat lebat	431,10	82,15
Jumlah		524,75	100,00



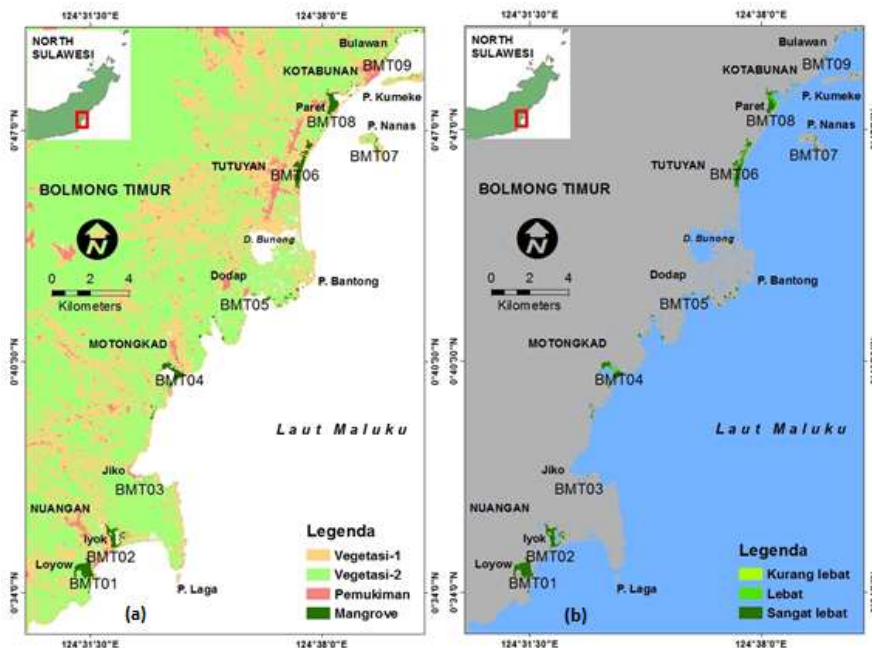
Gambar 4. Citra komunitas mangrove 7 band komposit RGB564 yang menggambarkan berbagai kondisi (a); citra NDVI (b); dan citra hasil klasifikasi NDVI (c).

Secara kuantitatif, mangrove di Bolaang Mongondow Timur didominasi oleh jenis *Sonneratia caseolaris*, *Sonneratia alba*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia lanata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Exoecarica agallocha*, *Xylocarpus granatum*, *Dolichandrone spathacea*, *Nypa fruticans* dan *Ficus benjamina* yang memiliki substrat yang cenderung lumpur dan pasir berlumpur. Tipe substrat pasir berlumpur dan lingkungan yang terlindung mampu memberikan ruang untuk pertumbuhan mangrove (Nurdiansah dan Dharmawan, 2018). Jenis-jenis mangrove di wilayah ini mirip dengan yang ditemukan di Bolaang

Mongondow Selatan (Damanik dan Djameluddin, 2012), hal ini mungkin disebabkan kondisi lingkungan yang sama. Kondisi lingkungan dapat mempengaruhi frekuensi kehadiran jenis mangrove serta memberikan ruang untuk hidup dan berkembang. Akbar *et al.*, 2016 mengatakan bahwa kondisi lingkungan juga turut memberikan andil terhadap kehadiran jenis mangrove seperti halnya substrat, pasang surut, gelombang, pola arus dan morfologi pantai. Selain itu tipe topografi daerah pantai dapat mempengaruhi komposisi jenis, distribusi jenis dan luas hutan mangrove (Kusmana *et al.*, 2003).

Tabel 2. Kriteria baku kerusakan mangrove (KepMen LH. 201, Tahun 2004).

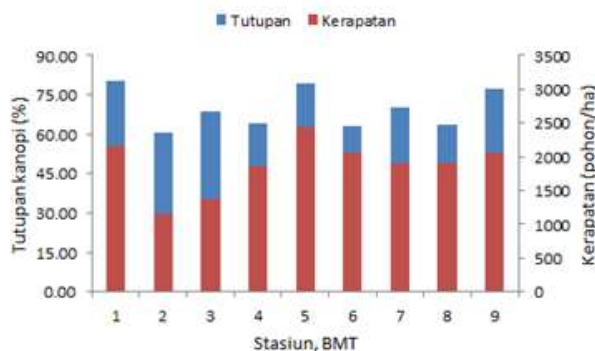
	Kriteria	Tutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Padat	≥ 75	≥ 1500
	Sedang	≥ 50 - < 75	≥ 1000 - < 1500
Rusak	Jarang	< 50	< 1000



Gambar 5. Peta hasil klasifikasi tutupan lahan (a) dan peta sebaran kerapatan vegetasi mangrove (b).

Kondisi tutupan kanopi mangrove yang diperoleh dari hasil survey lapangan sebesar $(60,71 \pm 5,19\% - 80,25 \pm 0,71\%)$ dengan rata-rata persentase tutupan $69,76 \pm 1,88\%$. Kisaran nilai ini termasuk kategori sedang hingga padat berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove (Tabel 2), yang mengindikasikan kondisi komunitas mangrove masih baik (KepMen LH. No. 201, Tahun 2004). Kondisi mangrove yang tergolong masih baik di wilayah Bolaang Mongondow Timur disebabkan karena rendahnya aktivitas masyarakat

setempat di dalam kawasan hutan mangrove. Persentase tutupan kanopi mangrove yang memiliki kategori padat ($\geq 75\%$) adalah stasiun BMT01, BMT05 dan BMT09. Gambar 6 memperlihatkan persentase tutupan mangrove yang tinggi di stasiun BMT01, BMT05 dan BMT09 didukung oleh nilai kerapatan pohonnya yang padat. Kondisi yang sama pula dijumpai di wilayah pesisir pulau Tidore dan sekitarnya yaitu $73,13 \pm 11,78\%$ (Nurdiansah dan Dharmawan, 2018) yang menggunakan pendekatan *hemispherical photography*.



Gambar 6. Persentase tutupan kanopi dan nilai kerapatan mangrove.

Kerapatan mangrove yang diperoleh 1150 ± 251 pohon/ha – 3433 ± 467 pohon/ha (Gambar 6) termasuk kategori

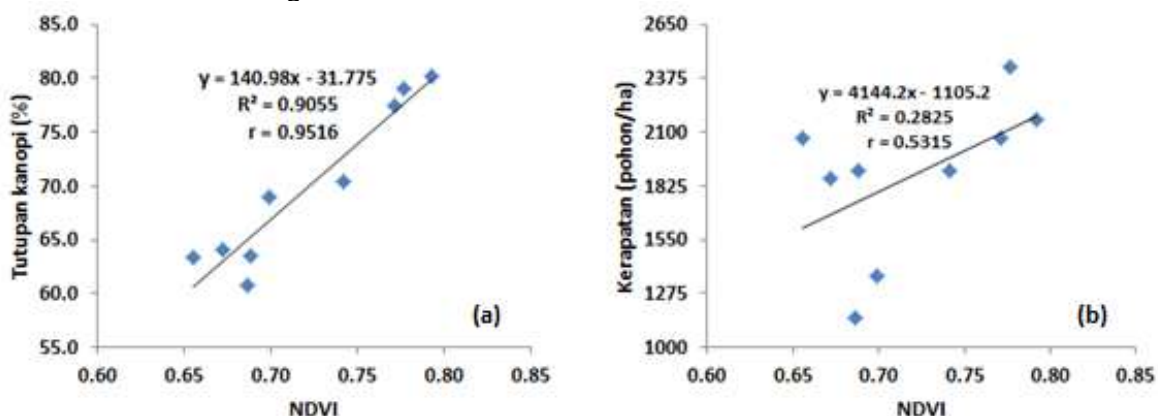
sedang hingga padat berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove (KepMen LH. No. 201, Tahun 2004). Kerapatan

mangrove yang tinggi dikarenakan kondisi habitat sesuai, kemampuan untuk pertumbuhannya serta adaptasi yang baik. Tingginya nilai kerapatan mengindikasikan bahwa tingkat regenerasi mangrove baik dan dapat bertahan pada kondisi tempat dimana mangrove tersebut tumbuh (Akbar *et al.*, 2016).

Hubungan korelasi NDVI dengan tutupan kanopi dan kerapatan mangrove.

Hubungan antara nilai NDVI dengan persentase tutupan kanopi dan kerapatan mangrove menggunakan uji korelasi (Gambar 7). Hasil korelasi antara NDVI dan persentase tutupan kanopi dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9516. Apabila ditinjau dari tingkat hubungan korelasi (Tabel 3), maka korelasi NDVI dengan persentase tutupan kanopi termasuk korelasi sangat kuat. Korelasi

bertanda positif searah yang berarti semakin tinggi tutupan kanopi maka nilai NDVI juga semakin tinggi, Hasil ini sejalan dengan Hendrawan *et al.*, 2018 yang menganalisis hubungan antara NDVI dan tutupan kanopi di Pulau Sebatik, Kalimantan Utara mendapatkan hubungan positif dan berkorelasi kuat (r = 0,82) yang artinya nilai NDVI dipengaruhi oleh tutupan kanopi. Koefisien determinasi (R²) menandakan adanya keterikatan antara NDVI dan tutupan kanopi sebesar 0,9055. Kuatnya hubungan korelasi nilai NDVI dan persentase tutupan kanopi disebabkan citra satelit merekam data pantulan elektromagnetik tutupan objek di permukaan bumi. Alatorre *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa NDVI mangrove berkorelasi dengan tutupan kanopi, biomassa dan indeks luas daun (LAI).



Gambar 7. Korelasi NDVI dengan tutupan kanopi (a); kerapatan mangrove (b).

Tabel 3. Tingkat hubungan korelasi (Sugiyono, 2008).

Koefisien korelasi (r)	Hubungan korelasi
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

Hasil korelasi antara NDVI dan kerapatan mangrove dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0,5315 termasuk korelasi sedang berdasarkan tingkat hubungan korelasi (Sugiyono, 2008). Kurangnya keterikatan antara NDVI dan kerapatan mangrove ditandai dengan

koefisien determinasi (R²) sebesar 0,2875. Sehingga dapat dikatakan bahwa NDVI tidak sesuai untuk mengukur kerapatan mangrove di wilayah ini. Sebagaimana dikatakan Mayuftia *dalam* Hendrawan *et al.*, 2018 bahwa NDVI dapat digunakan untuk mengukur persentase tutupan

kanopi mangrove tetapi tidak dapat digunakan untuk mengukur kerapatan pohon mangrove.

KESIMPULAN

Analisis sebaran dan kerapatan vegetasi mangrove menggunakan Citra Landsat 8 dapat memberikan informasi secara spasial mengenai kondisi mangrove. Luas sebaran mangrove hasil klasifikasi adalah 524,75 ha. Akurasi klasifikasi tutupan lahan diperoleh *overall* akurasi sebesar 97,70 % dengan *kappa coefisien* sebesar 0,9688. Komunitas mangrove di wilayah Bolaang Mongondow Timur masih dalam kondisi baik, berdasarkan persentase tutupan kanopi dan kerapatan pohon termasuk kategori sedang hingga padat. Indeks vegetasi NDVI pada komunitas mangrove adalah 0,499-0,842 menunjukkan bahwa tingkat kerapatan tajuk lebat. Hubungan korelasi antara NDVI dan persentase tutupan kanopi sangat kuat ($r = 0,9516$), sehingga NDVI dapat digunakan untuk mengukur persentase tutupan kanopi di wilayah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar N., Baksir A., Tahir I., dan D. Arafat. 2016. Struktur komunitas mangrove di Pulau Mare, Kota Tidore Kepulauan, Maluku Utara, Indonesia. *Depik*, 5(3): 133-142.
- Alatorre, L.C., Sanchez-Andres R., Cirujano S., Beguería S., and S. Sanchez-Carrill. 2011. Identification of mangrove areas by remote sensing: The ROC curve technique applied to the northwestern Mexico coastal zone using Landsat imagery. *Remote Sensing*, 3(8):1568–1583. doi:10.3390/rs3081568.
- Arhatin, R. E., dan P.I. Wahyuningrum. 2013. Algoritma indeks vegetasi mangrove menggunakan citra landsat ETM. *Buletin PSP*, 21(2):215-227.
- Bengen, D.G. 2001. Pedoman teknis pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor.
- Congalton, R.G., and K. Green. 2009. Thematic and positional accuracy assessment of digital remotely sensed data. *Assessing The Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. New York (US). 179p.
- Damanik, R., Djamaluddin, R. 2012. Atlas Mangrove Teluk Tomini. Program SUSCLAM. Sustainable Coastal Livelihoods and Management Program. Canadian International Development Agency. IUCN. Lestari Inc. Canada Sustainable Development.
- Departemen Kehutanan. 2005. Pedoman inventarisasi dan identifikasi lahan kritis mangrove. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Jakarta.
- Dharmawan, I.W.E., dan Pramudji. 2014. Panduan monitoring status ekosistem mangrove. COREMAP-CTI LIPI, Jakarta. 35 hlm.
- Faizal, A., dan M.A. Amran. 2005. Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove *Rhizophora macronata*. IN: PIT MAPIN XIV ITS. Prosiding: 14-15 September 2005. Surabaya: Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh (MAPIN):34-40.
- Green, E., Mumby P., Edwards A., dan C. Clark. 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. A. J. Edwards, editor. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Hendrawan, Jonson L. Gaol dan Setyo Budi Susilo. 2018. Studi kerapatan dan perubahan tutupan mangrove menggunakan citra satelit di Pulau Sebatik Kalimantan Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1):99–109.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Jakarta.

- Kirui, KB., Kairo JG., Bosire J., Viergever KM., Rudra S., Huxham M., and RA. Briers. 2013. Mapping of Mangrove Forest Land Cover Change along the Kenya Coastline Using Landsat Imagery. *Ocean Coast Manage*, 83:19-24. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2011.12.00.
- Kuenzer, C., Bluemel A., Gebhardt S., Quoet TV., and S. Dech. 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems, A Review. *Remote Sensing*, 3:878-928. DOI: 10.3390/rs3050878.
- Kusmana, C., Wilarso S., Hilwan I., Pamoengkas P., Wibowo C., Tiryana T., Triswanto A., Yunasfi., Hamzah. 2003. Teknik Rehabilitasi Mangrove. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. 177 Hal.
- Mumby P.J., Skirving W.O., Strong A.E., Hardy J.T., LeDrew E.F., Hochberg E.J., Sumpf R. P., dan L.T. David. 2004. Remote sensing of coral reef and their physical environment. *Marine pollution bulletin*, 48(3-4):219-228.
- Nawangwulan, N.H. 2013. Analisis Pengaruh Perubahan Lahan terhadap Hasil Produksi Tanaman Pangan di Kabupaten Pati Tahun 2001- 2011. *Jurnal Geodesi Undip*. 2(2):127-140.
- Nurdiansah, D dan I.W.E. Dharmawan. 2018. Komunitas mangrove di wilayah pesisir Pulau Tidore dan sekitarnya. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(1): 1-9.
- Prahasta, E. 2008. Remote sensing: praktis penginderaan jauh dan pengolahan citra digital dengan perangkat lunak ermapper. Informatika. Bandung. 406 hlm.
- Sugiyono. 2008. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Supardjo, M.N. 2008. Identifikasi vegetasi mangrove di Segoro Anakan Selatan, Taman Nasional Alas Purwo, Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Saintek Perikanan*, 3(2):9-15.
- Suwargana, N., 2008. Analisa perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 5:64-74.
- Suyarso. 2019. Teknik Eksplorasi Sumber Daya Pesisir (Terumbu Karang dan Mangrove) Berbasis Geospasial. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Waas, H.J., dan B. Nababan. 2010. Pemetaan dan analisis index vegetasi mangrove di pulau Saparua, Maluku Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1): 50–58.