

ESTIMASI STOK KARBON DAN SERAPAN CO₂ DI AREA REVEGETASI PIT MANGKALAPI PT ARUTMIN INDONESIA TAMBANG BATULICIN

Estimation of Carbon Stock and CO₂ Absorption in the Revegetation Area of The Mangkalapi Pit PT Arutmin Indonesia Batulicin Mine

Mega Aulia Rahmayanti, Ahmad Jauhari, dan Adistina Fitriani

Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *This research aims to analyze land cover based on the NDVI value in the revegetation area of the 2016 planting year, estimate the carbon stock in the *Falcataria moluccana* stands, lower plants and brown waste as well as the CO₂ absorption in the stands and make correlation between NDVI values and CO₂ absorption. This research used a combination method of Vegetation Index and Ground-base Inventory. NDVI analysis on Sentinel-2 imagery was used to determine the land cover class which was then used as the basis for determining the location of the sample plot (stratified random sampling) and in the field measurements of tree diameter and height were carried out on a sample plot measuring 25 meters x 40 meters. NDVI results for the 2016 planting year of 44,51 hectare showed that there were 8 types of land cover, which were dominated by old secondary forest (NDVI value 0,60 – 0,70) covering 28 hectare and medium secondary forest (NDVI value 0,50 – 0,60) covering an area of 11,7 hectare. Average of the estimated carbon stock per hectare is 9,74 tonnes/hectare. Average of the estimated CO₂ absorption is 29,93 tonnes/hectare. Based on the results of the correlation analysis, the NDVI value has a strong and positive correlation to CO₂ absorption, namely 93,34% and the non-linear regression equation is $y = 0.0003e17.7588x$ with the coefficient of determination $R^2 = 0,8867$ so that the NDVI value can be used as a basis for estimating carbon stock and CO₂ absorption.*

Keyword: *Remote Sensing, NDVI, Revegetation, Carbon Stock, CO₂ Absorption*

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tutupan lahan berdasarkan nilai NDVI di area revegetasi tahun tanam 2016, mengestimasi stok karbon pada tegakan sengon laut (*Falcataria moluccana*), tumbuhan bawah dan seresah serta serapan CO₂ pada tegakan sengon laut dan mengetahui hubungan antara nilai NDVI dengan serapan CO₂. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu perpaduan indeks kehijauan dengan pengukuran lapangan. Analisis NDVI pada citra Sentinel-2 digunakan untuk menentukan kelas tutupan lahan yang kemudian dijadikan dasar untuk penentuan lokasi plot sampel (*stratified random sampling*) dan di lapangan dilakukan pengukuran diameter dan tinggi pohon pada plot sampel berukuran 25 meter x 40 meter. Hasil NDVI pada areal seluas 44,51 ha menunjukkan terdapat 8 tipe tutupan lahan, yang didominasi oleh hutan sekunder tua (nilai NDVI 0,60 – 0,70) seluas 28 ha dan hutan sekunder sedang (nilai NDVI 0,50 – 0,60) seluas 11,7 ha. Estimasi rata-rata stok karbon per hektare di area revegetasi pit mangkalapi adalah sebesar 9,74 ton/ha. Estimasi rata-rata serapan CO₂ per hektare di area revegetasi pit Mangkalapi adalah sebesar 29,93 ton/ha. Berdasarkan hasil analisis korelasi, nilai NDVI memiliki korelasi yang kuat dan positif terhadap serapan CO₂ yaitu 93,34% dan persamaan regresi non linier adalah $y = 0,0003e17.7588x$ dengan koefisien determinasinya $R^2 = 0.8867$ sehingga nilai NDVI dapat dijadikan dasar untuk mengestimasi stok karbon dan serapan CO₂.

Kata Kunci: Penginderaan Jauh, NDVI, Revegetasi, Stok Karbon, Serapan CO₂

Penulis untuk korespondensi, surel: aulia.mr75@gmail.com

PENDAHULUAN

Deforestasi dan degradasi hutan di Kalimantan Selatan merupakan akibat dari kegiatan manusia, salah satunya yaitu kegiatan pertambangan batubara dengan sistem terbuka. Kegiatan pertambangan yang dilakukan mengakibatkan berubahnya bentuk

bentang alam sehingga kegiatan tumbuhan dapat terganggu atau bahkan tidak dapat terjadi lagi. Oleh karena itu kegiatan pertambangan harus dibarengi dengan kegiatan reklamasi lahan pasca pertambangan untuk mengembalikan keadaan ekosistem areal pertambangan sehingga mendekati keadaan sebelumnya yang diatur dalam, Peraturan Pemerintah RI No. 78 Tahun 2010

tentang Reklamasi dan Pascatambang (2010) yang menyatakan bahwa setiap pemegang IUP (Izin Usaha Pertambangan) wajib melakukan kegiatan reklamasi.

PT Arutmin Indonesia Tambang Batulicin telah melakukan kegiatan reklamasi pada areal pasca tambang dan juga pada areal yang terganggu akibat pekerjaan konstruksi serta pembuatan sarana dan prasarana di Pit Mangkalapi. Perusahaan pertambangan secara tidak langsung juga melakukan upaya penyerapan karbon dioksida (CO₂) dalam bentuk pelaksanaan kegiatan revegetasi dimana tumbuhan melakukan fotosintesis dengan menyerap CO₂ di atmosfer menjadi sumber karbon (Qausar, 2018). Hutan hasil reklamasi tambang memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis hutan lainnya, namun memiliki aktivitas yang mirip dengan hutan tanaman yaitu dibangun melalui proses pembibitan penanaman dan pemeliharaan dengan jenis tanaman cepat tumbuh untuk tahap awal (Supriadi & Adiansyah, 2017)

Penelitian mengenai stok karbon dan serapan CO₂ masih cukup jarang dilakukan di areal reklamasi pasca tambang. Sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai estimasi stok karbon dalam biomassa untuk mengetahui jumlah emisi karbon yang dapat diserap oleh tegakan, tumbuhan bawah dan tersimpan pada serasah di area reklamasi. Pemanfaat penginderaan jauh dengan analisis NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) membagi tutupan lahan berdasarkan tingkat kehijauan sehingga dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai sebuah model yang dapat menjadi acuan dalam perhitungan stok karbon dan serapan CO₂ dimasa yang akan datang pada lokasi yang sama atau pada lokasi yang memiliki kondisi lingkungan yang mirip. *Carbon pool* yang diamati pada penelitian ini yaitu tegakan revegetasi sengon laut (*Falcataria moluccana*), tumbuhan bawah dan serasah yang terdapat pada areal reklamasi Pit Mangkalapi PT Arutmin Indonesia Tambang Batulicin.

Penelitian ini bertujuan adalah (1) menganalisis tutupan lahan berdasarkan nilai NDVI di area revegetasi tahun tanam 2016, (2) mengestimasi stok karbon pada tegakan sengon laut, tumbuhan bawah dan (3) serasah serta serapan CO₂ pada tegakan sengon laut dan mengetahui hubungan antara nilai NDVI dengan serapan CO₂.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis tutupan

lahan berdasarkan nilai NDVI, stok karbon dan serapan CO₂ pada tegakan revegetasi, tumbuhan bawah dan serasah di areal revegetasi tahun tanam 2016 PT Arutmin Indonesia Tambang Batulicin dan dapat menjadi acuan untuk estimasi stok karbon dan serapan CO₂ kedepannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di areal revegetasi Pit Mangkalapi tahun tanam 2016 PT Arutmin Indonesia Tambang Batulicin, Kecamatan Kusan Hulu Kabupaten Tanah Bumbu Laboratorium Fakultas Kehutanan ULM. Waktu yang diperlukan untuk penelitian ini ± 3 bulan, mulai bulan Juni sampai bulan Agustus 2020.

Objek pada penelitian ini yaitu tegakan revegetasi sengon laut (*Falcataria moluccana*) tahun tanam 2016, tumbuhan bawah dan serasah. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu GPS, alat ukur tinggi dan diameter tegakan, timbangan, *paperbag*, oven laboratorium, perangkat komputer dengan aplikasi SIG dan Citra Sentinel-2 serta Shp daerah penelitian.

Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan perpaduan dua metode yaitu indeks kehijauan dan pengukuran lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini yaitu dari citra satelit Sentinel-2 dan hasil pengukuran di lapangan, sedangkan data sekunder yaitu hasil studi literatur, informasi penunjang terkait area penelitian dan data keadaan umum lokasi penelitian yang diperoleh dari instansi terkait.

a. Indeks Kehijauan

Mengunduh Citra Sentinel-2 di laman ESA Copernicus dan melakukan koreksi sebelum pengolahan citra, yaitu koreksi geometrik dan radiometrik dengan tool *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) di aplikasi QGIS. Citra yang sudah dikoreksi kemudian di olah dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan rumus sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Keterangan:

NDVI = Indeks perbendaan vegetasi
 NIR = Near Infrared/Inframerah dekat
 R = Red/Sinar merah

Hasil NDVI kemudian diklasifikasikan menjadi tutupan lahan berdasarkan nilai NDVI, kelas tutupan lahan mengacu pada Jauhari *et. al.*, (2015) yaitu menjadi delapan kelas penutupan lahan.

b. Pengukuran Lapangan

Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan metode *stratified random sampling* yaitu berdasarkan hasil NDVI dan tahun tanam, kemudian penentuan lokasi plot penelitian dilakukan secara acak dengan pertimbangan lokasi mudah di akses dan kondisi lahan yang relatif datar agar memudahkan pembuatan plot dan pengukuran. Plot penelitian dibuat sebanyak 9 buah berukuran 25 m x 40 m yang terdapat 3 plot ukuran 1 m x 1 m.

Pengukuran variabel volume tegakan dilakukan dengan mengukur tinggi bebas cabang dan diameter pohon. Pengukuran tumbuhan bawah dan seresah diambil terpisah pada 1 plot 1 m x 1 m. Setelah dipisahkan berat basah total ditimbang kemudian diambil sampel 100 gram dan dimasukkan kedalam *paper bag*. Kemudian sampel dikeringkan di oven selama 48 jam atau sampai beratnya konstan dan ditimbang berat sampelnya.

Perhitungan Stok Karbon dan Serapan CO₂

Perhitungan stok karbon mengacu pada SNI 7724 (2011) tentang Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon, sedangkan dan serapan CO₂ mengacu pada Hardjana (2010).

Perhitungan biomassa tegakan.

$$B = V \times WD \times BEF$$

Keterangan:

B = Biomassa (kg)
 WD = Berat jenis (kg/m³)
 BEF = Faktor ekspansi biomassa

Perhitungan biomasa tumbuhan bawah dan seresah.

$$BKT = \frac{BKC}{BBC} \times BBT$$

Keterangan:

BKT = Berat Kering Total (gr)
 BKC = Berat Kering Contoh (gr)
 BBC = Berat Basah Contoh (gr)
 BBT = Berat Basah Total (gr)

Perhitungan Stok Karbon

$$C = B \times 0,47$$

Keterangan:

C = Stok Karbon (kg)
 B = Biomassa (kg)
 0,47 = Persentase karbon bahan organik

Perhitungan Stok Karbon per Hektar

$$Cn = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{L.Plot}$$

Keterangan:

Cn = Estimasi stok karbon (ton/ha)
 Cx = Nilai stok karbon per plot (kg)
 L.Plot = Luas plot pengamatan (m²)

Perhitungan Serapan CO₂

$$CO_2 = Cn \times 3,67$$

Keterangan:

CO₂ = Serapan CO₂ (ton/ha)
 Cn = Estimasi stok karbon (ton/ha)
 3,67 = Faktor konversi karbon

Uji Korelasi dan Regresi

Ukuran kekuatan pengaruh suatu variabel ditentukan dengan menggunakan besarnya nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²). Koefisien korelasi dicari dengan rumus :

$$r = \frac{(n\sum x.iny) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{r}}$$

Keterangan:

r = Koefisien korelasi
 n = Jumlah plot sampel
 x = Nilai NDVI
 y = Nilai serapan karbon

Hubungan atau korelasi nilai NDVI dengan serapan karbon dengan membuat persamaan Regresi non linier $y = ae^{bx}$ yang dapat diperoleh dari:

$$B = \frac{n\sum x.\epsilon y - \sum x.\sum \epsilon y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad A = \frac{\sum \epsilon y}{n} - B \frac{\sum x}{n}$$

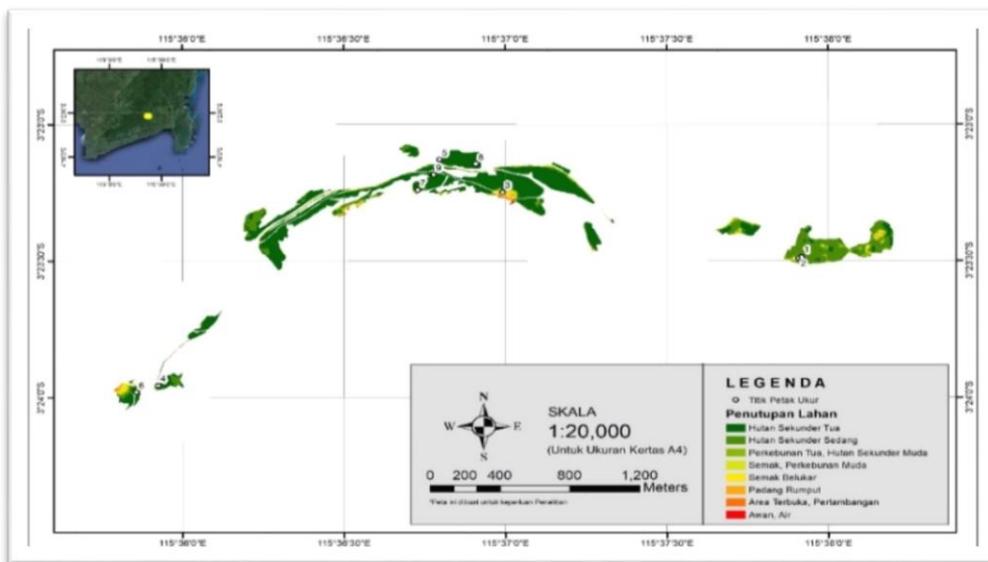
Keterangan:

- x = Nilai NDVI
- y = Nilai Karbon
- n = besarnya populasi sampel
- A = ln a
- B = b

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Lahan Berdasarkan Nilai NDVI

Pengolahan citra untuk transformasi NDVI pada penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2A Level 1 yang direkam pada tanggal 27 Desember 2019. Kenampakan hasil NDVI di area revegetasi tahun 2016 Pit Mangkalapi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tutupan Lahan Berdasarkan NDVI di area revegetasi 2016 Pit Mangkalapi

Area revegetasi tahun 2016 Pit Mangkalapi dengan total luasan 44,51 ha yang berdasarkan hasil olah citra terdapat delapan jenis tutupan lahan sesuai dengan yang dikemukakan oleh Jauhari *et. al.*, (2015), yaitu hutan sekunder tua, hutan sekunder sedang,

perkebunan tua / hutan sekunder muda, semak / perkebunan muda, semak belukar, padang rumput, area terbuka / pertambangan dan awan / air. Luasan tiap tutupan lahan berdasarkan hasil analisis NDVI dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tutupan lahan berdasarkan NDVI

Nilai NDVI	Tutupan Lahan	Luas (ha)
-0,9 – 0,00	Awan, Air	0,08
0,00 – 0,10	Area Terbuka, Pertambangan	0,17
0,10 – 0,20	Padang Rumput	0,46
0,20 – 0,30	Semak Belukar	0,65
0,30 – 0,40	Semak, Perkebunan Muda	1,05
0,40 – 0,50	Perkebunan Tua, Hutan Sekunder Muda	2,40
0,50 – 0,60	Hutan Sekunder Sedang	11,70
0,60 – 0,70	Hutan Sekunder Tua	28,00
Total		44,51

Dominansi luas satu jenis tutupan lahan ini dikarenakan area penelitian merupakan hutan tanaman yang umur dan jenis tanaman yang sama, sehingga nilai NDVI yang dihasilkan pun seragam. Selain itu, sengan laut mempunyai daun yang kecil dan berwarna hijau muda sehingga tajuknya tipis, hal ini

diduga menyebabkan tingkat kehijauan yang direfleksikan oleh satelit termasuk tumbuhan yang berada dibawahnya. Berbeda dengan hutan alam yang umur dan jenis tanamannya berbeda, sehingga luas tiap tutupan lahannya lebih variatif, seperti penelitian Karmila *et. al.*, (2020) di KHDTK ULM Mandiangin.

Tabel 2. Plot sampel pengambilan data

No. Plot Sampel	Koordinat X	Koordinat Y	Nilai NDVI	Tutupan Lahan
1	0348025	9625034	0,48	Hutan Sekunder Muda
2	0348006	9625025	0,47	Hutan Sekunder Muda
3	0346309	9625468	0,50	Hutan Sekunder Sedang
4	0344335	9624163	0,56	Hutan Sekunder Sedang
5	0345948	9625687	0,60	Hutan Sekunder Sedang
6	0344209	9624117	0,63	Hutan Sekunder Tua
7	0345823	9625484	0,65	Hutan Sekunder Tua
8	0345914	9625587	0,67	Hutan Sekunder Tua
9	0345914	9625587	0,70	Hutan Sekunder Tua

Orientasi lapangan dilakukan sebelum pengukuran dan pengambilan sampel, nilai NDVI 0,40 – 0,50 kondisi tegakan jarang dengan tumbuhan bawah yang sedang, nilai NDVI 0,50 – 0,60 kondisi tegakan sedang dengan tumbuhan bawah yang rapat dan nilai NDVI 0,60 – 0,70 kondisi tegakannya rapat dengan tumbuhan bawah yang rapat. Hasil orientasi lapangan pada tabel 2 menunjukkan hasil yang sesuai dimana nilai NDVI menunjukkan kerapatan tajuk tegakan, hal ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh Muardimansah *et. al.*, (2016), nilai NDVI yang memiliki nilai negatif menunjukkan tingkat vegetasi yang rendah, sedangkan nilai NDVI

yang memiliki nilai positif menunjukkan tingkat vegetasi hijau yang tinggi.

Stok Karbon

Stok karbon hutan tersimpan dalam lima carbon sink, namun dalam penelitian ini hanya dilakukan pengukuran pada tegakan, tumbuhan bawah, dan serasah. Perhitungan stok karbon tegakan dilakukan secara non destruktif sedangkan tumbuhan bawah dan serasah dilakukan dengan destruktif sampling. Hasil perhitungan stok karbon di area revegetasi Pit Mangkalapi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Stok karbon di area revegetasi Pit Mangkalapi

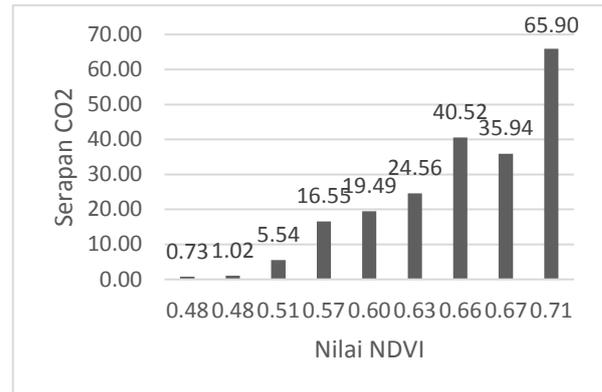
No. Plot Sampel	Nilai NDVI	Tegakan (ton/ha)	Tumbuhan Bawah (ton/ha)	Serasah (ton/ha)	Jumlah (ton/ha)
1	0,48	0,20	1.32	0.67	2,18
2	0,47	0,28	0.31	1.05	1,64
3	0,50	1,51	1.97	0.89	3,48
4	0,56	4,51	3.06	3.43	10,99
5	0,60	5,31	1.22	0.97	7,50
6	0,63	6,69	2.32	2.15	11,16
7	0,65	11,04	2.71	2.19	15,94
8	0,67	9,79	1.51	1.60	12,90
9	0,70	17,96	1.70	2.26	21,91

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan stok karbon tegakan, yang mana semakin tinggi nilai NDVI berbanding lurus dengan simpanan karbon didalamnya. Menurut Dahlan dan Jaya (2005), total kandungan karbon tegakan paling dipengaruhi oleh diameter pohon dan kerapatan, namun faktor kerapatan tidak memberikan pengaruh terhadap total karbon apabila diameter pohonnya kecil. Rata-rata estimasi stok karbon di area revegetasi tahun 2016 Pit Mangkalapi pada 3 kelas kerapatan yaitu kisaran nilai NDVI 0,40 – 0,50 (perkebunan tua/hutan sekunder muda) rata-rata menghasilkan karbon sebanyak 1,91 ton/ha, kisaran nilai NDVI 0,50 – 0,60 (hutan sekunder tua) rata-rata menghasilkan karbon sebanyak 7,33 ton/ha, kisaran nilai NDVI 0,60 – 0,70 (hutan sekunder muda) rata-rata menghasilkan karbon sebanyak 15,48 ton/ha. Besarnya stok karbon pada suatu ekosistem faktor keragaman jenis, kerapatan pohon, umur pohon, jenis tanah dan produksi seresah, secara tidak langsung akan mempengaruhi jumlah karbon (Uthbah *et al.*, 2017).

Area revegetasi pit Mangkalapi pada penelitian ini ditanami sengon laut pada tahun 2016 dengan jarak tanam 3 x 4 m dan dilakukan penyisipan dengan tanaman buah dan endemik. Perbedaan stok karbon di area revegetasi pit Mangkalapi dipengaruhi oleh kerapatan (jumlah tanaman) pada tiap plot sampel dikarenakan tanaman yang mati. Sesuai dengan pernyataan Nasution dan Widhiastuti (2009) bahwa, kerapatan merupakan faktor yang mempengaruhi jumlah karbon yang tersimpan pada suatu wilayah, semakin besar kerapatan pohon maka semakin besar pula cadangan karbon. Namun faktor diatas tidak berpengaruh terhadap stok karbon tumbuhan bawan dan seresah, sehingga tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada keduanya.

Serapan CO₂

Setiap tumbuhan hijau melakukan penyerapan CO₂ sebagai salah satu bahan untuk berfotosintesis dan mengubahnya menjadi bahan organik sehingga terjadi pertumbuhan tanaman dan peningkatan total biomassa. Penyerapan CO₂ dapat dihitung berdasarkan stok karbon yang berasal dari peningkatan biomassa akibat pertumbuhan tanaman. Hasil perhitungan serapan CO₂ di area revegetasi Pit Mangkalapi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik serapan CO₂ tegakan sengon laut pada berbagai nilai NDVI

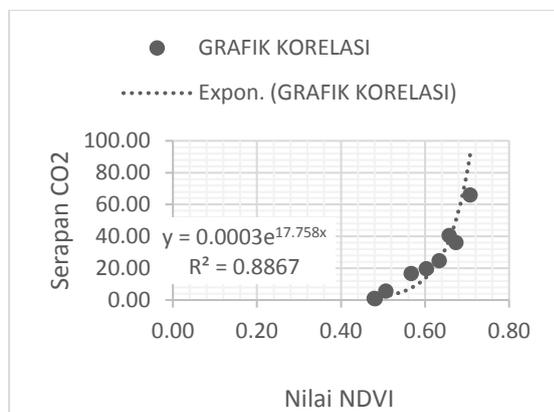
Gambar 2 menunjukkan grafik serapan CO₂ dari tegakan sengon laut di pit Mangkalapi berdasarkan nilai NDVI, grafik menunjukkan bahwa nilai NDVI berbanding lurus dengan kemampuan yang tegakan dalam menyerap CO₂. Menurut Lukito & Rohmatiah (2013), penyerapan CO₂ berhubungan langsung dengan proses fisiologis tumbuhan yaitu fotosintesis, kemampuan tumbuhan dalam fotosintesis dipengaruhi oleh luas permukaan daun dan banyaknya daun yang akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur tegakan. Nilai NDVI yang menunjukkan tingkat kehijauan tutupan yang berasal dari daun pada tajuk tegakan sengon laut, sehingga semakin tinggi nilai NDVI semakin banyak pula CO₂ yang dapat diserap oleh tegakan sengon laut. Nilai NDVI paling kecil yaitu 0,48 dapat menyerap CO₂ sebanyak 0,73 ton/ha dan nilai NDVI terbesar yaitu 0,71 dapat menyerap CO₂ sebanyak 65,90 toh/ha.

Indonesia merupakan salah satu negara yang berkomitmen akan mengurangi CO₂ hingga 26% dengan hutan hujan tropisnya untuk ikut berperan aktif dalam upaya mitigasi perubahan iklim dunia (UNFCCC, 2008). Hutan sekunder dari revegetasi pasca tambang menjadi salah satu potensi peningkatan penyerapan CO₂ di Indonesia. Perbedaan estimasi serapan CO₂ pada pit Mangkalapi disebabkan oleh jumlah tegakan pada plot yang berbeda-beda dan pertumbuhan yang menyebabkan ukuran diameter dan tinggi pohon yang bervariasi. Meskipun ditanam ditahun yang sama pertumbuhan sengon laut pada areal reklamasi pit Mangkalapi memiliki kesuburan yang berbeda, hal ini disebabkan oleh jenis tanah (*top soil* dan *overburden*) dan metode

penanaman (spreading dan potting) sehingga menyebabkan tingkat pertumbuhan tegakan berbeda. Menurut Rusdiana dan Lubis (2012), pH tanah secara tidak langsung mempengaruhi cadangan karbon, karena nilai pH mempengaruhi ketersediaan unsur hara di dalam tanah misalnya nitrogen dan kalium. N-total akan memberikan warna hijau pada daun (*chlorophyll*) yang berperan dalam proses fotosintesis sedangkan K memiliki peran dalam proses biokimia dan fisiologi tumbuhan, yaitu ketahanan tumbuhan terhadap cekaman dan terlibat dalam sintesis ATP serta memproduksi enzim dalam proses fotosintesis.

Korelasi dan Regresi

Secara sepintas hasil estimasi serapan CO₂ menunjukkan adanya keterkaitan antara nilai NDVI dengan serapan CO₂ yang dapat diserap oleh tegakan sengon laut di area revegetasi pit Mangkalapi. Hasil perhitungan koefisien korelasi adalah sebesar 93,34%, ini menunjukkan terdapat hubungan searah antara nilai NDVI dengan serapan CO₂. Menurut Sungkawa (2013), korelasi positif berarti setiap kenaikan nilai pada peubah independen akan menyebabkan nilai pada peubah dependen mengalami kenaikan. Grafik hasil perhitungan regresi non linier antara nilai NDVI dengan serapan CO₂ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan nilai NDVI dengan serapan CO₂

Koefisien determinasi menunjukkan besarnya pengaruh antara dua jenis peubah, yaitu peubah independen (nilai NDVI) terhadap peubah dependen (serapan CO₂) (Sungkawa, 2013). Gambar 7 menunjukkan bahwa antara nilai NDVI dengan serapan CO₂ memiliki pola hubungan kuadratik dengan model persamaan $y = 0,0003e^{17,7588x}$ dan koefisien determinasinya $R^2 = 0,8867$. Model persamaan

menunjukkan bahwa 0,8867 serapan CO₂ erat kaitannya dengan nilai NDVI dan 0,1133 dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor lain yang dapat mempengaruhi berupa keadaan lingkungan seperti iklim mikro (cahaya dan suhu), tanah di areal tersebut. Menurut Salisbrury dan Ross (1992), ketersediaan cahaya matahari mempunyai peran penting bagi tumbuhan dalam proses fotosintesis dan fisiologi lainnya seperti respirasi, pertumbuhan dan perkembangan, membuka dan menutupnya stomata dan metabolisme tanaman hijau. Suhu udara berhubungan langsung dengan kelembaban dimana setiap tumbuhan memiliki kesesuaian kelembaban yang berbeda. Sengon laut suhu terbaik untuk pertumbuhannya pada 18-27°C dan kelembaban sekitar 50-70% (Corryanti dan Novitasari, 2015). Kesesuaian kondisi lingkungan akan menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dan maksimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data estimasi stok karbon dan serapan CO₂ di Pit Mangkalapi PT Arutmin Indonesia Tambang Batulicin maka dapat ditarik kesimpulan terdapat 8 tipe tutupan lahan, yang didominasi oleh hutan sekunder tua (nilai NDVI 0,60 – 0,70) seluas 28 ha. Semakin besar nilai NDVI maka semakin besar berbanding lurus dengan stok karbon yang tersimpan dan CO₂ yang diserap oleh tegakan sengon laut, sedangkan pada tumbuhan bawah dan seresah tidak berhubungan dengan nilai NDVI. 3. Hasil uji korelasi nilai NDVI memiliki korelasi yang kuat dan positif terhadap serapan CO₂ yaitu 93,34% dan persamaan regresi non linier adalah $y=2E-05e^{20,188x}$ dengan koefisien determinasinya $R^2 = 0,8867$.

Saran

Melakukan penelitian lanjutan pada tegakan yang ada di area revegetasi pit Mangkalapi dengan cara destruktif agar dapat dibuat rumus persamaan alometrik yang sesuai dengan tipe lingkungan revegetasi Pit Mangkalapi sehingga memudahkan perhitungan karbon dan serapan CO₂ dimasa yang akan datang dan pengukuran secara time series agar dapat diketahui pertambahan

simpanan karbon dan serapan CO₂ per tahunnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada PT Arutmin Indonesia Tambang Batulicin yang telah memberikan dukungan dan memfasilitasi penulis untuk kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Corryanti, & Novitasari, D. (2015). *Sengon dan Penyakit Karat Tumor*. Puslitbang Perum Perhutani Cepu.
- Dahlan, I. N., & Jaya, S. (2005). Estimasi Karbon Tegakan Acacia mangium Willd Menggunakan Citra Landsat ETM+ dan SPOT-5: Studi Kasus di BKPH Parung Panjang KPH Bogor. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV" Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa*, 3.
- Hardjana, A. K., & others. (2010). Potensi Biomassa Dan Karbon Pada Hutan Tanaman Acacia mangium di HTI PT. Surya Hutani Jaya, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 7(4), 237–249. [https://www.forda-mof.org/files/1. Asep Kurniyawan \(7.4-2010\).pdf](https://www.forda-mof.org/files/1. Asep Kurniyawan (7.4-2010).pdf).
- SNI 7724 Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon, 7724 Badan Standarisasi Indonesia. SNI 2011 (2011). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/daftarList#>
- Jauhari, A., Soemarno, Bisri, M., & Abidin, Z. (2015). Model of Sustainable Forest Planning based-Watershed in KPHP Model Tanah Laut, South Kalimantan. *Academic Research International*, 6.
- Karmila, D., Jauhari, A., & Kanti, R. (2020). Estimasi Nilai Cadangan Karbon Menggunakan Analisis NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) di KHDTK Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scienteeae*, 3(3), 451–459.
- Lukito, M., & Rohmatiah, A. (2013). Estimasi Biomassa Dan Karbon Tanaman Jati Umur 5 Tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembayan Kabupaten Magetan). *Agritek*, 14(1), 1–23.
- Muardimansah, S., Akhbar, A., & Arianingsih, I. (2016). Cadangan Karbon Tanah Pada Berbagai Tingkat Kerapatan Tajuk Di Hutan Lindung Kebun Kopi Desa Nupabomba Kecamatan Tanantovea Kabupaten Donggala. *Jurnal Warta Rimba*, 4(1).
- Nasution, Z., & Widhiastuti, R. (2009). *Pendugaan Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Rawa Gambut Di Stasiun Penelitian Suaq balimbing Kabupaten Aceh Selatan Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam*.
- Peraturan Pemerintah RI No. 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang, (2010).
- Qausar, L. (2018). *Kajian Fungsi Reklamasi Terhadap Penyerapan Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Di Area PT. Wahana Baratama Mining Provinsi Kalimantan Selatan*. Universitas Pembangunan Nasional" Veteran" Yogyakarta.
- Rusdiana, O., & Lubis, R. S. (2012). Pendugaan korelasi antara karakteristik tanah terhadap cadangan karbon (Carbon Stock) Pada Hutan Sekunder. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3(1).
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Fisiologi Tumbuhan Edisi Keempat*. ITB Press. Bandung.
- Sungkawa, I. (2013). *Penerapan Analisis Regresi Dan Korelasi Dalam Menentukan Arah Hubungan Antara Dua Faktor Kualitatif Pada Tabel Kontingensi*. 13, 33–41.
- Supriadi, B., & Adiansyah, J. (2017). *Carbon Stock Estimation At Mining Reclamation Area: Case Study PT Newmont Nusa Tenggara*. 7(Lingkungan Tropis), 1–9. <https://doi.org/10.31227/osf.io/d4ev3>.
- UNFCCC, U. N. F. C. on C. C. (2008). The Bali action plan. *Environmental Policy and Law*, 10(2), 69. [https://doi.org/10.1016/S0378-777X\(83\)80162-0](https://doi.org/10.1016/S0378-777X(83)80162-0).
- Uthbah, Z., Sudiana, E., & Yani, E. (2017). Analisis Biomassa Dan Cadangan Karbon Pada Berbagai Umur Tegakan Damar (Agathis dammara (Lamb.) Rich.) Di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*, 4(2), 119. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.2.404>.

