



## PEMODELAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK ESTIMASI SIMPANAN KARBON DI BLOK 1 PT ALAM BUKIT TIGAPULUH

Arief Firmansyah <sup>\*a</sup>, Hamzah <sup>b</sup>, Eva Achmad <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Jambi, Jambi 36361

<sup>b</sup> Fakultas Pertanian Jurusan Kehutanan, Universitas Jambi, Jambi 36361

\* Corresponding E-mail: [ariefirmansy@gmail.com](mailto:ariefirmansy@gmail.com)

Received 19 July 2022  
Accepted 17 October 2022  
Published 30 December 2022

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v6i2.964

**Abstract:** Biomass calculations are useful for knowing the amount of carbon stored in a forest ecosystem and essential steps to mitigate global warming and climate change. Restoration activities at PT Alam Bukit Tigapuluh (PT ABT) have indirectly made efforts to absorb carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). This study aimed to analyze and measure carbon storage as well a model and map of carbon storage at PT ABT. The study used the survey method of species, diameter at breast height, and vegetation height with a plot size of 20mx20m. The research conducted to analyze carbon storage and build a regression model. The results showed that the average carbon storage of the 30 plots was 259.32 tons/ha and the estimated carbon storage is 5,496,233 tC. The best regression model's modelling result are  $Y = -817 + 331.5 \text{ MSRVI}$  with the correlation of determination being 76.40%. The distribution of carbon storage in PT ABT is divided into 5 classes, namely, non-vegetated class (<0 tons/ha) of 57 ha, low (0-112.55 tons/ha) of 291 ha, medium (112.55-225.11 tons/ha) covering an area of 2,059 ha, high (225.11-337.67 tons/ha) covering an area of 18,533 ha and very high (>337.67 tons/ha) covering an area of 1,256 ha.

**Keywords:** carbon, model, remote sensing

**Abstrak:** Penghitungan biomassa berguna untuk mengetahui jumlah karbon tersimpan pada suatu ekosistem hutan dan salah satu langkah penting untuk memitigasi pemanasan global dan perubahan iklim. Kegiatan restorasi di PT Alam Bukit Tigapuluh (PT ABT) secara tidak langsung telah melakukan upaya penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengukur simpanan karbon serta memodelkan dan memetakan simpanan karbon di PT ABT. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei jenis, diameter setinggi dada, dan tinggi vegetasi dengan plot ukuran 20mx20m dan dilanjutkan dengan analisis simpanan karbon dan membangun model regresi menggunakan beberapa indeks vegetasi dan *burn severity*. Hasil yang didapatkan bahwa rata-rata simpanan karbon dari 30 plot yaitu 259,32 ton/ha. Estimasi simpanan karbon di Blok 1 PT ABT yaitu sebesar 5.496.233 tC. Hasil pemodelan didapatkan model regresi terbaik yaitu model dengan persamaan  $Y = -817 + 331,5 \text{ MSRVI}$  dengan korelasi determinasi sebesar 76,40%. Sebaran simpanan karbon di PT ABT dibagi menjadi 5 kelas yaitu, kelas bukan vegetasi (<0 ton/ha) seluas 57 ha, rendah (0-112,55 ton/ha) seluas 291 ha, sedang (112,55-225,11 ton/ha) seluas 2.059 ha, tinggi (225,11-337,67 ton/ha) seluas 18.533 ha dan sangat tinggi (>337,67 ton/ha) seluas 1.256 ha.

**Kata Kunci :** karbon, model, penginderaan jauh

### Pendahuluan

PT Alam Bukit Tigapuluh (PT ABT) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang restorasi ekosistem. PT ABT memperoleh izin berdasarkan Surat Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Nomor: 7/1 / IUPHHK- RE / PMDN / 2015 tanggal 24 Juli 2015 bertempat di Kabupaten Tebo Provinsi Jambi. Perusahaan ini terdiri dari 2 blok konsesi dengan luasan konsesi sebesar 38.665 ha. Secara tutupan, hutan blok 1 masih masuk ke dalam kategori yang baik sedangkan

hutan blok 2, tutupan hutannya masuk kedalam kategori yang sedikit dan hanya tersisa di wilayah penyangga antara PT ABT Blok 2 dan Taman Nasional Bukit Tigapuluh. Pada penelitian ini, Blok 1 dipilih sebagai lokasi penelitian karena tutupan hutannya masih banyak dan bagus. Secara tidak langsung hutan di konsesi PT ABT melakukan upaya penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam bentuk pelaksanaan kegiatan restorasi seperti penanaman dan perlindungan hutan yang tersisa di konsesi PT ABT. Penyerapan CO<sub>2</sub> pada proses fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan vegetasi



baik primer maupun sekunder. Proses fotosintesis mengabsorpsi gas CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan kemudian menyimpannya sebagai materi organik serta biomassa dan menjadikannya sumber karbon [1].

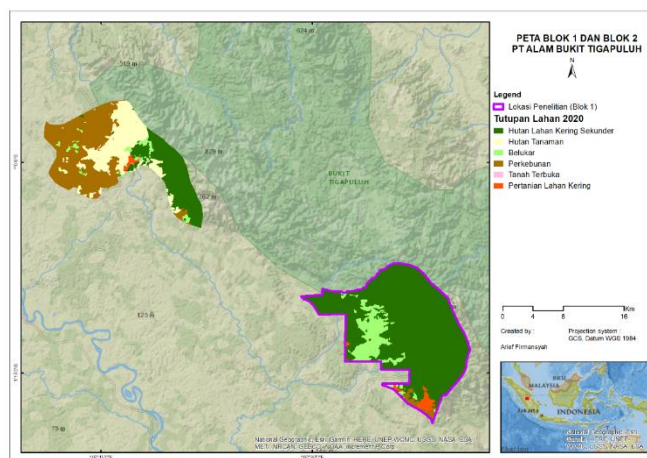
Kegiatan pembalakan liar, ekspansi kebun, pembukaan hutan dengan cara dibakar dan perambahan di PT ABT oleh pihak yang tidak bertanggung jawab akan menyebabkan pelepasan emisi karbon yang sangat banyak ke atmosfer. Hal ini akan berdampak pada peningkatan suhu bumi dan secara global dapat mendukung pemanasan global sehingga mengakibatkan perubahan iklim yang signifikan. Antisipasi yang dapat dilakukan yaitu melakukan kegiatan yang berdampak pada pengurangan emisi seperti yang sudah dicetuskan oleh pihak global yang dikenal dengan kegiatan *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD).

Penghitungan biomassa berguna untuk mengetahui jumlah karbon tersimpan pada suatu ekosistem hutan. Selain itu, penghitungan ini merupakan salah satu langkah penting yang harus diketahui dan dilakukan dalam sebuah kegiatan atau langkah untuk mitigasi pemanasan global dan perubahan iklim [1]. Salah satu teknologi yang dapat melakukan itu adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh pendekatan berbasis spasial yang dapat merekam dan menganalisis secara spasial kondisi biomassa dan karbon tersimpan oleh suatu ekosistem hutan. Penginderaan jauh merupakan salah satu metode untuk melakukan pendekatan dalam mengestimasi biomassa ketika data tegakan hutan di lapangan sulit diperoleh. Penelitian yang sudah dilakukan menyatakan bahwa pendugaan biomassa di KPHP unit X Tebo Timur Jambi dapat dilakukan dengan penginderaan jauh dan penggunaan citra satelit Landsat serta dengan pendekatan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan nilai korelasi ( $R^2$ ) sebesar 85,5% dan model regresi yang dipilih adalah model kuadrataik  $Y = 574,05((NDVI)^2) - 17,24$  [2]. Penelitian mengenai pemodelan penginderaan jauh untuk estimasi simpanan karbon menggunakan citra satelit SENTINEL-2A masih jarang dilakukan, pada penelitian ini citra yang digunakan untuk membangun model yaitu citra satelit SENTINEL-2A yang memiliki resolusi 10 m. Selain itu, hasil pemodelan dalam penelitian ini, dapat dijadikan acuan untuk PT ABT atau pihak lain untuk menghitung simpanan karbon dan serapan CO<sub>2</sub> sehingga dapat dijadikan strategi monitoring sistem dengan catatan dilakukan pada lokasi yang sama atau memiliki tipe dan kondisi ekosistem yang sama.

## Metode

### Lokasi dan waktu

Lokasi penelitian berada di PT ABT, secara geografis lokasi PT ABT Blok 1 berada di 102° 41' 11,329" BT - 102° 29' 12,274" BT dan 1° 7' 10,769" LS - 1° 18' 33,783" LS dan merupakan penyangga dari Taman Nasional Bukit Tigapuluh. Secara administrasi terletak di Kabupaten Tebo kecamatan Sumay dan Kecamatan 7 Koto Ilir yang terbagi ke dalam 2 Desa untuk Blok 1 yaitu Desa Muaro Sekalo dan Suo-suo. Rata-rata elevasi di lokasi PT ABT berada di 800-1400 mdpl (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan pada Oktober 2021-Desember 2021.



Gambar 1. Lokasi penelitian

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah laptop dengan perangkat lunak ArcGIS 10.7.1, ERDAS Imagine, Minitab (perangkat lunak statistik), *Microsoft Excel*, GPS, Buku identifikasi vegetasi, kompas, pita ukur (*phiband*), Haga *hypsometer*, timbangan, parang, *tally sheet*, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah citra satelit Sentinel 2A, data *shapefile* RKU dan RKT PT ABT, data *shapefile* tutupan lahan Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup (KLHK) tahun 2020 dan data Inventarisasi Karbon Hutan Berkala (IKHB) PT ABT.

### Vegetation Index dan burn severity

Teknologi penginderaan jauh dapat memberi solusi untuk pemantauan hutan skala luas, salah satunya dengan memanfaatkan sensor multispektral pada citra satelit dengan berbagai macam algoritma *band* setiap citra dan pemrosesan indeks vegetasi [3]. Pada penelitian ini indeks vegetasi yang digunakan untuk variabel bebas adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Difference Vegetation Index* (DVI),

*Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI), simple ratio (SR), Modified Simple Ratio Vegetation Index (MSRVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Normalized Burn Ratio (NBR), dan Delta Normalized Burn Ratio (dNBR).*

*Normalized Difference Vegetation Index* adalah suatu indeks vegetasi yang sering digunakan. Vegetasi yang aktif berfotosintesis, menyerap sebagian besar cahaya merah dan memantulkan banyak cahaya inframerah dekat. Vegetasi yang mati atau kering memantulkan lebih banyak cahaya merah dan sedikit cahaya inframerah. Indeks vegetasi / tingkat kehijauan dapat ditentukan dengan mengambil rasio NIR (*band 8*) dan Red (*band 4*) dari citra. Formula ini mungkin yang paling umum dari indeks rasio untuk vegetasi. NDVI yang dihitung berdasarkan *per pixel* sebagai perbedaan yang dinormalisasi antara spektrum NIR dan Red dari sebuah citra [4].

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

*Renormalized Difference Vegetation Index* dikembangkan untuk melinearisasikan hubungannya dengan variabel fisik dari suatu vegetasi. Tujuan dari RDVI sendiri adalah untuk mengkombinasi manfaat dari Difference vegetation Index dan NDVI untuk nilai *Leaf Area Index (LAI)* tinggi dan rendah. RDVI kurang sensitif terhadap klorofil daripada NDVI [5]. Persamaan DVI dan RDVI sebagai berikut :

$$DVI = NIR - Red \quad (2)$$

$$RDVI = \frac{(NIR-RED)}{(\sqrt{NIR+RED})} \quad (3)$$

*Modified Simple Ratio Vegetation Index* telah disarankan sebagai perbaikan dari RDVI dalam hal sensitivitas pada parameter biofisik vegetasi melalui kombinasinya dengan *simple ratio (SR = NIR/Red)*. MSRVI merupakan indeks yang paling berpengaruh terhadap variabel klorofil daripada NDVI dan RDVI [5]. Berikut persamaan SR dan MSRVI.

$$SR = NIR/Red \quad (4)$$

$$MSRVI = \frac{(\frac{NIR}{RED}-1)}{(\sqrt{\frac{NIR}{RED}+1})} \quad (5)$$

*Soil Adjusted Vegetation Index* menggunakan persamaan *isoline* vegetasi yang diturunkan melalui aproksimasi reflektansi kanopi dengan sebuah model interaksi foton orde pertama antara kanopi dan lapisan tanah. Model SAVI telah menggunakan pengetahuan tentang persamaan *isoline*

vegetasi yang diturunkan dari model reflektansi yang sederhana. *Enhanced Vegetation Index* merupakan metode penentuan tingkat kehijauan dan biomassa yang dikembangkan untuk mengoptimalkan sensitivitas sinyal vegetasi yang lebih baik di daerah biomassa yang tinggi. EVI lebih responsif untuk penentuan variasi struktur kanopi, termasuk *Leaf Area Index (LAI)*, jenis kanopi, fisiognomi tanaman, biomassa tanaman dan arsitektur kanopi [1]. Berikut persamaan SAVI dan EVI sebagai berikut.

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)} (1+L) \quad (6)$$

Dengan:

$$L = 0,5$$

$$EVI = G \frac{(NIR-RED)}{(NIR+(C1 \times RED)-(C2 \times BLUE)+L)} \quad (7)$$

Dengan:

$$\begin{array}{ll} C1 & = 6 \\ L & = 1 \end{array} \quad \begin{array}{ll} C2 & = 7,5 \\ G & = 2,5 \end{array}$$

NBR berfungsi menyoroti area yang terbakar dan memperkirakan tingkat keparahan akibat dari kebakaran tersebut. Formula yang digunakan hampir mirip dengan NDVI, yang membedakan yaitu *band* yang digunakan. Penggunaan *band* untuk formula NBR yaitu *Near Infrared (NIR)* dan *Short Wavelength Infrared (SWIR)* [6]. Berikut persamaan untuk menghitung NBR.

$$NBR = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (8)$$

Metode NBR membutuhkan 2 citra sebelum terjadi kebakaran (*pre*) dan citra setelah kebakaran lahan (*post*). Selisih antara NBR yang digunakan sebelum dan sesudah kebakaran, akan menghasilkan delta NBR (dNBR atau  $\Delta NBR$ ) yang mana dapat mengestimasi tingkat keparahan dari kebakaran itu sendiri. Semakin tinggi nilai NBR maka menunjukkan tingkat kerusakan yang lebih parah, sedangkan semakin rendah nilai NBR atau negatif maka mengindikasikan lokasi tersebut sedang melakukan suksesi setelah kebakaran. Formula yang digunakan untuk menghitung dNBR yaitu:

$$dNBR = \text{prefireNBR} - \text{postfireNBR} \quad (9)$$

### Plot Contoh

Desain inventarisasi karbon dilakukan untuk mengalokasikan plot pengukuran sehingga dapat meningkatkan keakuratan dan keakuratan data hasil *sampling*. Berdasarkan hasil analisis menggunakan rumus *winrock calculator* didapatkan jumlah plot sebanyak 30 plot. Berdasarkan klasifikasi tutupan

lahan dari KLHK, plot survey terbagi menjadi 21 plot pada tutupan lahan hutan lahan kering sekunder, 5 plot pada tutupan lahan semak belukar dan 2 plot pada tutupan pertanian lahan kering campuran dan 2 plot perkebunan. Dalam penentuan lokasi plot tentunya berkaitan dengan *sampling design* yang digunakan. Teknik *purposive sampling* digunakan pada penelitian ini, teknik ini merupakan teknik pengambilan contoh yang disesuaikan dengan kriteria untuk meminimalisir kesalahan, biaya dan sesuai dengan permasalahan yang ada [7]. Plot pada penelitian ini lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi plot survey vegetasi

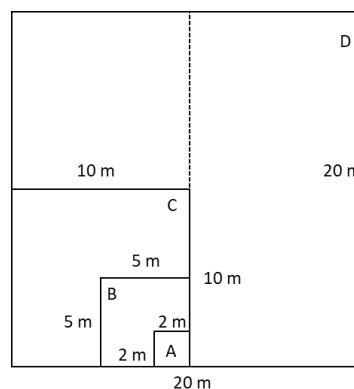
No Plot	Tutupan Lahan	X	Y
1	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,568984	-1,162958
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,553474	-1,170498
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,561554	-1,177218
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,557575	-1,201164
5	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,589124	-1,209129
6	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,597087	-1,213028
7	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,58373	-1,228067
8	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,579248	-1,233086
9	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,57923	-1,230354
10	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,612192	-1,271372
11	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,615127	-1,268135
12	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,617152	-1,274618
13	Perkebunan	102,631364	-1,290678
14	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,591386	-1,222175
15	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,515633	-1,177951
16	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,50662	-1,159431
17	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,506471	-1,170591
18	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,51328	-1,177801
19	Semak Belukar	102,559133	-1,19543
20	Semak Belukar	102,563233	-1,195559
21	Semak Belukar	102,572889	-1,213245
22	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,582719	-1,217756
23	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,590958	-1,20939
24	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,607609	-1,279288
25	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,572317	-1,177303
26	Pertanian Lahan Kering	102,572056	-1,174689
27	Perkebunan	102,566979	-1,223128
28	Pertanian Lahan Kering	102,585739	-1,237711
29	Semak Belukar	102,607609	-1,279288
30	Semak Belukar	102,572317	-1,177303

**Pengukuran Karbon Hutan**

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Pengelolaan Hutan Produksi Lestari No. P.3/PHPL/SET/KUM.0/2/2017 tentang Pedoman Inventarisasi Karbon Hutan Berkala (IKHB) pada Usaha Pemanfaatan Penyerapan dan/atau Penyimpanan Karbon Hutan menjelaskan bahwa ukuran plot

yang digunakan yaitu plot ukuran 20m x 20m (Gambar 2) dengan rincian:

1. Plot A 2m x 2m (4m<sup>2</sup>) digunakan untuk pengukuran semai, tumbuhan bawah dan serasah (tinggi kurang dari 1,5 m).
2. Plot B 5m x 5m (25m<sup>2</sup>) digunakan untuk pengukuran vegetasi tingkat pancang (tinggi minimal 1,5 m dan diameter 5-10cm).
3. Plot C 10m x 10m (100m<sup>2</sup>) digunakan untuk pengukuran vegetasi tingkat tiang (tumbuhan berkayu dengan diameter > 10cm).
4. Plot D 20m x 20m (400m<sup>2</sup>) digunakan untuk pengukuran vegetasi tingkat pohon (diameter di atas minimal 20 cm).



Gambar 2. Plot Pengukuran

Pendugaan biomassa dan karbon dilakukan secara *non-destructive*, dengan pendekatan model alometrik. Dalam penelitian ini, model alometrik yang digunakan yaitu model dari Kattering. Model ini dibangun di Jambi dengan jumlah pohon sebanyak 29 pohon antara diameter 7,6 – 48,1 cm dan koefisien determinasi sebesar 95%.

$$BBA = 0,11\rho D^2 + 0,62 \tag{10}$$

Persentase kandungan karbon berdasarkan nilai *default value* sebesar 0,47 atau dapat menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran contoh dilaboratorium. Formula perhitungan sediaan karbon dari biomassa yaitu:

$$Cb = 0,47 \times BBA \tag{11}$$

**Pemodelan**

Pendugaan model biomassa dan karbon hutan dapat dilakukan dengan beberapa model regresi:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \tag{12}$$

Keterangan:

- Y = variabel terikat (biomassa dalam ton/ha)
- b0 = koefisien regresi
- x = variabel bebas

Pemilihan variabel yang akan digunakan dilakukan dengan melihat koefisien korelasi. Menurut Sugiyono [8] nilai koefisien korelasi dibagi ke dalam 5 kelas dan dalam pemilihan variabel bebas maka dipilih dengan nilai yang sedang hingga kuat, Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai koefisien korelasi

Nilai koefisien korelasi	Keterangan
0,00-0,199	Sangat rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,699	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat

Pemilihan model dilakukan dengan memvalidasi model dengan data dari plot uji. Banyaknya plot uji validasi digunakan sebanyak 30% dari jumlah plot survey atau sebanyak 10 plot baru. Pemilihan model dapat dikategorikan berdasarkan paramater, yaitu: uji *Chi-square*, Simpangan Agregat (SA), Simpangan Rata-rata (SR), bias (e), dan *Root Means Square Error* (RMSE).

- a. *Chi-square* digunakan untuk menghitung rasio perbedaan nilai dugaan ( $\hat{y}$ ) dengan nilai aktual (y).

$$X^2 \text{hitung} = \sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}-y)^2}{y} \tag{13}$$

- b. Simpangan Agregat (SA) adalah selisih jumlah nilai aktual dan nilai dugaan sebagai persentase terhadap nilai dugaan.

$$SA = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \hat{y} - \sum_{i=1}^n y}{\sum_{i=1}^n \hat{y}} \right) \tag{14}$$

- c. Simpangan rata-rata (SR) adalah jumlah nilai mutlak dari selisih antara jumlah nilai dugaan dan nilai aktual, proporsional terhadap jumlah nilai dugaan.

$$SA = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}-y}{\hat{y}} \right|}{n} \right) \times 100\% \tag{15}$$

- d. Bias (e) merupakan kesalahan sistem seperti kesalahan dalam pengukuran baik, kesalahan teknis pengukuran maupun kesalahan karena alat ukur.

$$e = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{(\hat{y}-y)}{n} \right\} \times 100\% \tag{16}$$

- e. *Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan efisiensi selisih nilai dugaan dan nilai aktual memberikan nilai varian penduga yang mendekati nol atau rendah varian.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\hat{y}-y}{y} \right)^2}{n}} \times 100\% \tag{17}$$

## Hasil dan Pembahasan

### Survey vegetasi

Berdasarkan hasil survey pohon yang diukur pada 30 plot didapatkan sebanyak 460 Individu, yang terdiri dari 440 individu masuk ke dalam 38 famili dan 20 individu masih belum teridentifikasi. Hasil survei pohon berdasarkan famili dapat dilihat pada Tabel 3.

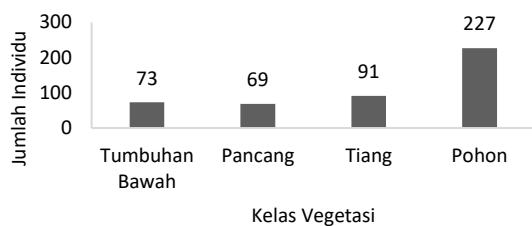
Tabel 3. Hasil survey pohon berdasarkan famili

No	Famili	Jumlah Individu	No	Famili	Jumlah Individu
1	Alangiaceae	1	21	Marantaceae	7
2	Anacardiaceae	15	22	Melastomataceae	2
3	Annonaceae	12	23	Meliaceae	15
4	Apocynaceae	3	24	Moraceae	27
5	Bombacaceae	1	25	Myristicaceae	3
6	Burseraceae	21	26	Myrtaceae	25
7	Compositae	4	27	Olacaceae	22
8	Dilleniaceae	3	28	Rubiaceae	13
9	Dipterocarpaceae	52	29	Sapindaceae	10
10	Ebenaceae	1	30	Sapotaceae	29
11	Euphorbiaceae	45	31	Sterculiaceae	14
12	Fagaceae	7	32	Theaceae	4
13	Flacourtiaceae	2	33	Ulmaceae	3
14	Guttiferae	2	34	Unidentified	20
15	Lauraceae	34	35	Verbenaceae	9
16	Lecythidaceae	2	36	Celastraceae	2
17	Leguminosae	40	37	Chrysobalanaceae	1
18	Linaceae	1	38	Oxalidaceae	1
19	Malastomalaceae	4	39	Boraginaceae	2
20	Malvaceae	1		<b>Total</b>	<b>460</b>

Berdasarkan Tabel 3 bahwa famili dengan jumlah individu yang signifikan adalah Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Fabaceae/Leguminosae, Moraceae, dan Sapotaceae. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan [9] di Hutan dataran rendah

Taman Nasional Bukit Dua Belas Provinsi Jambi yang menyebutkan *famili* Lauraceae, Dipterocarpaceae, Fabaceae/Leguminosae, Sapotaceae, Olacaceae dan Euphorbiaceae memiliki tingkat kerapatan, basal area dan indeks nilai penting yang tinggi. Pada dasarnya famili ini sangat cocok untuk tumbuh di hutan dataran rendah contohnya famili Fabaceae merupakan famili yang sangat digemari oleh burung sehingga dalam membantu penyebaran biji pun akan lebih banyak,

Kategori vegetasi berdasarkan kelas diameter didominasi oleh pohon. Secara beurutan, kategori vegetasi yaitu pohon sebanyak 49% atau 227 individu, tiang sebanyak 20% atau 91 individu, pancang sebanyak 15% atau 69 individu dan kategori tumbuhan bawah sebanyak 16% atau 73 individu. Kategori vegetasi dapat dilihat pada Gambar 3. Hampir 51% kondisi vegetasi di PT ABT masuk kedalam kelas bukan pohon, hal ini terjadi karena konsesi PT ABT merupakan konsesi ex HPH pada tahun 2003 dimana pohon-pohon besar sudah diambil kayunya. Selain itu, jangka waktu dari 2003 hingga 2016 konsesi PT ABT menjadi wilayah *open access* sehingga orang-orang dapat mengambil kayu di lokasi tersebut untuk dimanfaatkan, oleh karena itu tersisa kategori pancang dan tiang yang relatif banyak dan hal ini merupakan respon alami suksesi atau restorasi secara alami.



**Gambar 3.** Grafik hubungan jumlah individu berdasarkan kelas vegetasi

Berdasarkan hasil 30 plot didapatkan jumlah simpanan karbon nya adalah **7.779,52 tC** dan simpanan rata-rata karbonnya adalah **259,32 tC/ha**, maka dengan luasan PT ABT seluas **21.195 ha** didapatkan simpanan karbon di Blok 1 PT ABT sebesar **5.496.233 tC**. Plot yang memiliki nilai tertinggi yaitu nomor plot 16 sebesar **472,69 tC/ha**, nilai simpanan karbon menjadi besar karena terdapat 1 pohon besar yaitu pohon meranti batu (*Shorea dasyphylla* Foxw.), Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil dari pengukuran, didapatkan bahwa rata-rata simpanan karbon di PT ABT sebesar 259,32 ton/ha, Hasil ini cenderung *overestimate* jika merujuk pada pada Buku Direktorat Jenderal Pengendalian dan Perubahan Iklim

tahun 2015 mengenai *National Forest Reference Emission Level for Deforestation and Forest Degradation*, bahwa rata-rata simpanan karbon di Indonesia dengan tipe ekosistem hutan lahan kering sekunder sebesar 92,9 ton/ha, sedangkan untuk wilayah Sumatera sebesar 85,63 ton/ha. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu dari penggunaan model alometrik. Model alometrik yang digunakan pada penelitian ini dibangun dari rentang diameter antara 7,6-48,1 cm pada 29 pohon. Dari hasil survey terdapat pohon yang memiliki di atas rentang diameter tersebut tentunya hal ini akan berdampak pada hasil perhitungan simpanan karbon yang cenderung akan *overestimate*.

**Tabel 4.** Jumlah simpanan karbon pada plot pengukuran

No Plot	Simpanan Karbon (Ton/Ha)	No Plot	Simpanan Karbon (Ton/Ha)
1	296,43	17	255,27
2	272,99	18	242,26
3	263,64	19	277,95
4	230,33	20	347,86
5	338,09	21	297,89
6	364,93	22	386,15
7	221,75	23	298,00
8	275,09	24	260,06
9	231,75	25	208,54
10	279,90	26	63,60
11	368,44	27	83,68
12	326,04	28	48,50
13	320,34	29	102,89
14	254,00	30	101,02
		<b>Jumlah</b>	<b>7.779,52</b>
		<b>Rata - rata</b>	<b>259,32</b>

Pada penelitian ini famili yang menyumbang simpanan karbon terbesar dari hasil survey adalah Dipterocarpaceae sebesar 1.900 tC dari total simpanan karbon hasil survey sebesar 7.779 tC. Hal ini dipengaruhi dari banyaknya spesies yang ditemukan dari *famili* tersebut di PT ABT. Kayu ini termasuk kayu keras dan merupakan pohon yang memiliki potensi penyerap karbon mencapai 530 tC/ha [10].

#### Analisis Regresi

Pembangunan model perlu dilakukannya ekstraksi nilai piksel pada setiap *vegetation index* dan *burn severity*. Nilai piksel ini akan dijadikan variabel untuk membangun

sebuah model dalam menduga nilai karbon. Ekstraksi dilakukan di 9 piksel yang berada di titik plot pengukuran. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kesalahan atau *error* dari GPS pada saat penentuan lokasi plot pengukuran. Deviasi rata-rata GPS untuk data *latitude* dan *longitude* sekitar 5m.

Ekstraksi nilai piksel dilakukan pada perangkat lunak ERDAS *Imagine*, Ekstraksi dilakukan pada setiap variabel bebas *vegetation index* dan *burn severity*. Jumlah piksel yang akan diekstraksi sejumlah 3.240 piksel yang akan dirata-ratakan untuk setiap plotnya.

Setelah didapatkan nilai piksel maka dilanjutkan dengan melakukan analisis korelasi pada setiap variabel. Hal ini dilakukan untuk mengetahui variabel mana yang memiliki keamatan dengan simpanan karbon. Analisis ini dilakukan dengan perangkat lunak minitab, dan menggunakan metode *pearson correlation* dan *confidence level* sebesar 95%. Dari hasil analisis, berdasarkan tabel 2 didapatkan dengan nilai koefisien korelasi di atas 0,8 atau kelas sangat kuat yang ditunjuk dengan warna kuning, yaitu: NDVI, DVI, RDVI, SR, MRSVI, dan SAVI. Lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Analisis koefisien korelasi setiap variabel

Indeks	Simpanan Karbon Kattering (Ton/Ha)	NDVI	DVI	RDVI	SR	MSRVI	SAVI	EVI	NBR
NDVI	0,839								
DVI	0,892	0,916							
RDVI	0,882	0,932	0,995						
SR	0,887	0,972	0,939	0,939					
MSRVI	0,874	0,983	0,929	0,943	0,989				
SAVI	0,839	1,000	0,916	0,931	0,972	0,983			
EVI	-0,656	-0,472	-0,763	-0,736	-0,551	-0,534	-0,472		
NBR	0,697	0,898	0,693	0,706	0,849	0,860	0,898	-0,149	
dNBR	-0,324	-0,375	-0,200	-0,203	-0,419	-0,411	-0,375	-0,166	-0,561

Indeks vegetasi yang memiliki korelasi tinggi yaitu DVI, RDVI, SR, MSRVI dan disusul yang terakhir NDVI. Hal ini sejalan dengan penelitian [11] menyatakan bahwa Indeks vegetasi dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan parameter vegetasi, antara lain, biomass dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk

pembagian vegetasi. Pada dasarnya variabel yang terpilih dari hasil analisis koefisien korelasi, yaitu variabel yang memiliki kombinasi persamaan *band NIR* dan *RED*, dimana *band* ini sangat sensitif terhadap reflektansi vegetasi.

Analisis dilanjutkan dengan menentukan jenis model regresi yang terbaik, Analisis ini dilakukan dengan melakukan uji validasi dari variabel yang sudah ditentukan. Validasi model menggunakan data dari plot baru untuk di uji validasi, plot biasanya digunakan sebanyak 30% dari jumlah plot hasil survey dan hal ini sejalan dengan penelitian [2] (Tabel 6), sedangkan pada pemilihan model dapat dikategorikan berdasarkan kriteria: uji *Chi-square*, Simpangan Agregat, Simpangan Rata-rata dan RMSE, Pemodelan regresi yang akan dilakukan analisis pada penelitian ini yaitu regresi linier dengan variabel NDVI, DVI, RDVI, SR, MRSVI dan SAVI.

**Tabel 6.** Lokasi plot untuk validasi model

No Plot	Tutupan Lahan	X	Y
31	Belukar	102,586235	-1,185729
32	Belukar	102,60298	-1,236081
33	Belukar	102,603848	-1,272255
34	Belukar	102,637433	-1,291286
35	Belukar	102,642504	-1,301109
36	Pertanian Lahan Kering	102,6262	-1,29007
37	Pertanian Lahan Kering	102,6293	-1,29334
38	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,592	-1,19829
39	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,6076	-1,1944
40	Hutan Lahan Kering Sekunder	102,5907	-1,16792

Uji validasi model dan pembobotan model pendugaan cadangan karbon berdasarkan kriteria  $R^2$  terbesar,  $\chi^2$  terkecil, simpangan agregat terkecil, simpangan rata-rata yang mendekati nol, nilai bias mendekati nol dan RMSE terkecil. Berdasarkan hasil analisis, untuk korelasi atau nilai  $R^2$  tertinggi yaitu model dengan variabel DVI dengan nilai 79,52% dan yang terendah adalah model regresi dengan variabel NDVI yaitu 70,33%, Hasil keempat model regresi menghasilkan korelasi dengan rata-rata bernilai 70%, yang menyatakan bahwa variabel indeks vegetasi dapat menggambarkan simpanan karbon sebanyak 70% dan sisanya digambarkan oleh variabel lain yang tidak diukur dalam penelitian ini. Lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 7. Untuk menggambarkan lebih detailnya, setiap analisis akan

diberikan bobot dari 1 hingga 6. Pemberian bobot 1 diberikan jika nilai dari parameter pengujian validasi mendekati kriteria dan bobot 6 diberikan jika nilai dari parameter pengujian validasi jauh dari kriteria uji validasi. Lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 7.** Analisis pemilihan model regresi terbaik

No	Model Regresi	R <sup>2</sup> (%)	χ <sup>2</sup>	SA	SR (%)	e (%)	RMSE
1	Y = -593,5 + 1167 NDVI	70,33	2.588,84	0,3	1,12	0,11	12,51
2	Y = -263,9 + 0,2462 DVI	79,52	2.031,71	0,43	0,51	0,65	10,99
3	Y = -656,4 + 20,01 RDVI	77,75	14.643,08	1,45	1,31	-4,46	35,77
4	Y = -187,2 + 86,60 SR	78,70	1.127,14	0,31	1,09	0,13	8,34
5	Y = -817 + 331,5 MSRVI	76,40	1.067,13	0,31	1,03	0,21	7,99
6	Y = -541,7 + 780 SAVI	70,35	2.473,13	0,32	0,54	-0,01	11,49

**Tabel 8.** Pembobotan hasil analisis pemilihan model regresi terbaik

No	Model Regresi	R <sup>2</sup> (%)	χ <sup>2</sup>	SA	SR (%)	e (%)	RMSE	Jumlah
1	Y = -593,5 + 1167 NDVI	6	5	1	5	2	5	24
2	Y = -263,9 + 0,2462 DVI	1	3	5	1	5	3	18
3	Y = -656,4 + 20,01 RDVI	3	6	6	6	6	6	33
4	Y = -187,2 + 86,60 SR	2	2	3	4	3	2	16
5	Y = -817 + 331,5 MSRVI	4	1	2	3	4	1	15
6	Y = -541,7 + 780 SAVI	5	4	4	2	1	4	20

Hasil analisis didapatkan jumlah pembobotan model regresi dengan variabel MSRVI menjadi model regresi terbaik karena memiliki jumlah bobot yang lebih kecil dibandingkan dengan regresi lainnya. MSRVI merupakan indeks yang paling berpengaruh terhadap variabel klorofil daripada NDVI dan RDVI dan hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan [5] bahwa MSRVI memiliki hubungan yang kuat dengan data *crown cover*. Hal ini disebabkan penggunaan formula panjang gelombang 705 nm hingga 750 nm yang sensitif terhadap klorofil dan mempunyai nilai diferensiasi yang lebih tampak. Dilihat dari korelasi model regresi variabel MSRVI memiliki nilai yang termasuk tinggi yaitu sebesar 76,40%, nilai ini masuk kedalam kelas sedang (*moderate*) dan termasuk kategori baik karena lebih besar dari 50% [12]. Pada parameter lainnya didapatkan nilai bobot yang relatif kecil, seperti parameter *Chi-square* yang

menyatakan perbedaan simpanan karbon berdasarkan hasil survey dan simpanan karbon dari model tidak berbeda jauh, lalu simpangan rata-rata ini memiliki nilai lebih kecil dari 10% dan nilai *Root Means Square Error* yang memiliki nilai terkecil dibandingkan dengan model lainnya dan menyatakan varian dari hasil model relatif rendah.

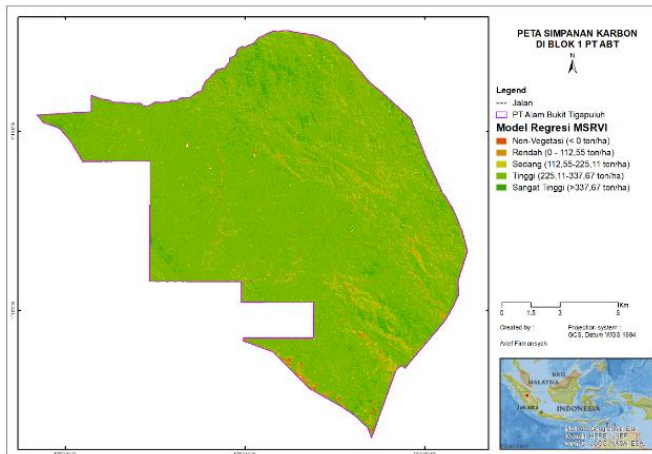
Tahap selanjutnya adalah menduga simpanan karbon di Blok 1 PT ABT menggunakan model yang terpilih atau model regresi linier dengan variabel MSRVI. Pendugaan ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan tools Raster Calculator. Sebaran simpanan karbon dengan kelas tinggi memiliki luasan yang paling tinggi yaitu sebesar 83,50% atau sekitar 18.533 Ha dari luasan total PT ABT di Blok 1. Hal ini menyatakan, bahwa hutan di Blok 1 PT ABT masih dalam kategori baik. Sedangkan untuk simpanan karbon sedang memiliki luasan yang cukup luas sebesar 2.059 Ha yang menandakan wilayah tersebut merupakan wilayah hutan muda/ hutan dengan kerapatan sedang yang sedang dalam tahapan suksesi menuju tahapan klimaks menjadi hutan. Untuk wilayah yang non-vegetasi termasuk ke dalam sungai baik itu termasuk anak sungai Sumay, lalu ada jalan atau akses, lahan terbuka dan puncak bukit yang cenderung tak bervegetasi memiliki luas sebesar 0,26% atau 57 Ha. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 4.

**Tabel 9.** Sebaran luasan kelas simpanan karbon di Blok 1 PT ABT

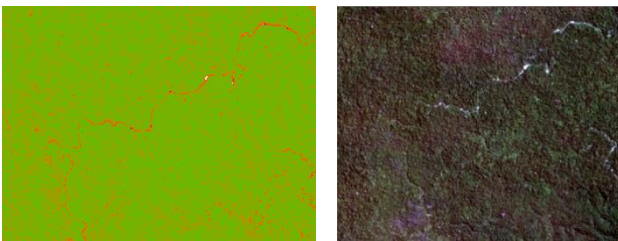
No	Simpanan Karbon (ton/ha)	Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	<0	Non-Vegetasi	57	0,26%
2	0 – 112,55	Rendah	291	1,31%
3	112,55 – 225,11	Sedang	2.059	9,28%
4	225,11 – 337,67	Tinggi	18.533	83,50%
5	>337,67	Sangat Tinggi	1.256	5,66%
<b>Total</b>			<b>22.195</b>	<b>100%</b>

Validasi estimasi sebaran karbon dilakukan validasi menggunakan citra resolusi yang lebih tinggi. Pada gambar sebelah kiri bahwa warna yang semakin merah menandakan nilai karbon semakin kecil dan mendekati nol hingga negatif hal ini terindikasi pada citra *planet labs* dengan resolusi 5 m pada tanggal 21 Juli 2021 bahwa lokasi tersebut merupakan jalan dan lahan terbuka. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 5.





**Gambar 4.** Peta sebaran estimasi simpanan karbon di Blok 1 PT ABT hasil klasifikasi



**Gambar 5.** Validasi model dengan citra resolusi lebih tinggi

## Kesimpulan

Hasil pengukuran dari plot ukur di Blok 1 PT ABT didapatkan bahwa rata-rata simpanan karbon dari 30 plot yaitu 259,32 ton/ha, famili penyumbang karbon terbanyak yaitu famili dipterocarpaceae dan estimasi simpanan karbon di Blok 1 PT ABT yaitu sebesar 5.496.233 tC.

Hasil pemodelan simpanan karbon di Blok 1 PT ABT didapatkan model regresi terbaik yaitu model dengan variabel MSRVI dengan persamaan  $Y = -817 + 331,5 \text{ MSRVI}$  dengan korelasi determinasi sebesar 76,40%. Dari hasil pemodelan ini didapatkan sebaran simpanan karbon di PT ABT yang dibagi menjadi 5 kelas yaitu, kelas non-vegetasi (<0 ton/ha) seluas 57 ha, rendah (0-112,55 ton/ha) seluas 291 ha, sedang (112,55-225,11 ton/ha) seluas 2.059 ha, tinggi (225,11-337,67 ton/ha) seluas 18.533 ha dan sangat tinggi (>337,67 ton/ha) seluas 1.256 ha. Dari hasil sebaran ini hutan di PT ABT Blok 1 dapat dikategorikan masih baik dan sisanya sedang dalam tahapan suksesi menuju klimaks menjadi hutan kembali.

## Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik untuk dideklarasikan.

## Ucapan Terimakasih

Penghargaan penulis sampaikan kepada PT Alam Bukit Tigapuluh beserta staf yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di konsesinya dan membantu selama pengumpulan data.

## Daftar Pustaka

- [1] I Wayan G. A. Karang, Elok Faiqoh, I Gusti A. A. M. I., dan Andri O. P. "Pemetaan Cadangan Karbon dan Biomassa Tegakan Tanaman Mangrove Di Tahura Ngurah Rai Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh". Disertasi. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana, Februari, 2015.
- [2] Mastur, Agus Kurniawan, Eva Achmad, dan Brems Renata Simbolon. "Pendugaan Biomassa Atas Permukaan di KPHP Unit X Tebo Timur". Jurnal Silva Tropika. Vol. 5 No. 1, 30 Juni 2021
- [3] Arief Prasetyo, Agus Hikmat, dan Lilik Budi Parsetyo. "Pendugaan Perubahan Cadangan Karbon di Tambling Wildlife Nature Conservation Taman Nasional Bukit Barisan Selatan". Media Konservasi Vol, 16, No, 2, pp : 87 – 9, Agustus 2011.
- [4] Arifin, S., Manalu, J., Kartika, T., Yulianto, F., Julzarika, A., Mukhoriyah, Sukowati, K. A. D., dan Nugroho, G. "Metode Pemantauan Eksploitasi dan Reklamasi Tambang Batubara Menggunakan Data Sentinel – 2". Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol.17 No.2 Desember 2020.
- [5] Andianto, R., dan Handayani, H.H. "Studi Indeks Vegetasi untuk Identifikasi Vegetasi Hutan Gambut Menggunakan Citra Airborne Hyperspectral Hymap di Daerah Hutan Gambut Kalimantan Tengah". GEOID Vol. 09, No. 02, Februari 2014 (186-194).
- [6] Que, Sitanayah, V. K., Prasetyo, S. Y. J., dan Fibrani, C. "Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burn Ratio (NBR) Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8". Indonesian Journal of Modeling and Computing 1 (2019) 1-7.
- [7] Muchlis Hidayat. "Analisis Vegetasi dan Keanekaragaman Tumbuhan di Kawasan Manifestasi Geothermal IE Suum Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar". Jurnal Biotik, Vol, 5, No, 2, Ed, pp : 114-124, September 2017.
- [8] Sugiyono. Metode Penelitian Kuantitatif. Jakarta: Rajawali, 2010.
- [9] Rahmah, Kuswata Kartawinata, Nisyawati, Wisnu Wardhana dan Erwin Nurdin. "Tree Species Diversity In The Lowland Forest Of The Core Zone Of The Bukit Duabelas National Park, Jambi, Indonesia". Reinwardtia, Journal On Taxonomic Botany, Plant Sociology and Ecology Vol, 15 (1), pp : 1 – 65, June 27, 2016.

- [10] Qirom dan Muhammad Abdul. "Potensi Jenis Meranti Putih dalam Penyerapan Karbon untuk Mitigasi Perubahan Iklim". Prosiding Seminar Nasional Silvikultur V, 2018.
- [11] Nirwana Simamarta, Fitrialia Elyza, dan Rezalian Vatiady. "Kajian Citra Satelit SPOT-7 Untuk Estimasi Standing Carbon Stock Hutan Mangrove Dalam Upaya Mitigasi Perubahan Iklim (Climate Changes) di Lampung Selatan". *Jurnal Penginderaan Jauh* Vol, 16 No, 1, pp : 1 – 8, Juni 2019.
- [12] Hair, Jr., Joseph F. "Multivariate Data Analysis, Fifth Edition". New Jersey: PrenticeHall, Inc, 2011.