

ESTIMASI BIOMASSA DAN CADANGAN KARBON POPULASI RAMBAI LAUT (*Sonneratia caseolaris*) MENGGUNAKAN CITRA UAV

*Biomass and Carbon Reserve Estimation of Rambai Laut (*Sonneratia caseolaris*) Population using UAV Imagery*

Yudiarto Arman¹, Abdi Fithria^{1*}, dan Syam'ani¹

¹Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Climate change has become a global issue with commitments from all countries through the Paris Agreement in 2015 which aims to hold air temperatures below 1.5°C. This study aims to analyze the correlation of the value of field direct measurement carbon stocks with the estimation of rambai laut vegetation carbon using remote sensing methods in the Bakut Island Nature Park. Data analysis is performed using regression to estimate the interconnectedness of data. The results showed that the estimated carbon value of the header area was more accurate than the diameter of the tree canopy. The linear regression model was used with the formula $y = 0.2903x + 1.354$ with an R^2 value of 0.82 and the RMSE value of header area and DBH in the obtained from the results of model validation using 17 sample trees of 6.71 cm. The estimated carbon content results from direct field measurements were obtained at 18,164.31 kg, while the carbon estimation results from the header area of 14,456.30 kg mean that the estimated results are smaller than the results of field carbon measurements with RMSE values of 3,708.01 kg, meaning the average refractive value per tree is 44.67 kg.

Keywords: Climate; Regression; Drone; Remote sensing; Carbon

ABSTRAK. Perubahan iklim menjadi isu global dengan adanya komitmen dari seluruh negara melalui Paris Agreement pada tahun 2015 yang bertujuan untuk menahan suhu udara dibawah 1,5°C. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi nilai cadangan karbon pengukuran langsung lapangan dengan estimasi karbon vegetasi rambailaut menggunakan metode penginderaan jauh di taman wisata alam pulau bakut. Analisis data dilakukan dengan menggunakan regresi untuk memperkirakan keterkaitan data. Hasil penelitian menunjukkan estimasi nilai karbon luasan tajuk lebih akurat dibanding diameter tajuk pohon. Model regresi linear digunakan dengan rumus $y = 0,2903x + 1,354$ dengan nilai R^2 sebesar 0,82 dan Nilai RMSE luas tajuk dan DBH di yang didapatkan dari hasil validasi model menggunakan 17 pohon sampel sebesar 6,71 cm. Hasil estimasi kandungan karbon dari pengukuran langsung lapangan didapatkan sebesar 18.164,31 kg sedangkan hasil estimasi karbon dari luasan tajuk sebesar 14.456,30 kg berarti hasil estimasi lebih kecil dibanding hasil pengukuran karbon lapang dengan nilai RMSE sebesar 3.708,01 kg artinya rata-rata nilai bias perpohon sebesar 44,67 kg.

Kata Kunci: Iklim; Regresi; Drone; Penginderaan jauh; Karbon.

Penulis untuk korespondensi, surel: mksfabdi@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Isu global perubahan iklim telah memunculkan komitmen dari berbagai negara, sebagaimana tercermin dalam Paris Agreement tahun 2015 yang bertujuan untuk menjaga kenaikan suhu bumi di bawah 1,5°C. Indonesia, sebagai salah satu negara yang peduli akan dampak perubahan iklim, telah berupaya menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) melalui program nasional yang dikenal sebagai "Indonesia's FOLU Net Sink". Hutan, sebagai sumber daya alam yang melimpah, memiliki potensi besar dalam menyerap

karbon dioksida dari atmosfer. Strategi meningkatkan kapasitas hutan alami untuk menyerap karbon melalui penghindaran deforestasi dan degradasi memiliki manfaat besar bagi pembangunan kehutanan, masyarakat lokal, serta keberagaman hayati. Perhitungan karbon di areal yang luas dan sulit dijangkau sering kali memakan waktu dan biaya yang besar. Penginderaan jauh menjadi solusi yang mempermudah proses ini. Dalam hal ini, penggunaan pesawat tanpa awak (UAV) telah mendapat perhatian dalam penelitian ekologi. UAV memiliki kemampuan mengambil citra dengan resolusi tinggi dari ketinggian rendah, memungkinkan analisis

mendalam tentang struktur vegetasi dan komposisi lahan. Penggunaan UAV telah berhasil dalam pemetaan jenis vegetasi, pemantauan perubahan lahan, dan bahkan estimasi biomassa tanaman dengan lebih akurat.

Di Taman Wisata Alam (TWA) Pulau Bakut, hutan mangrove berperan penting dalam menjaga ekosistem pesisir di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Spesies *Sonneratia caseolaris* memiliki peran kunci dalam ekosistem ini. Selain sebagai habitat bagi organisme laut, pohon ini juga menjadi makanan utama bagi bekantan (*Nasalis larvatus*), primata endemik Kalimantan (Jayasukma *et al.*, 2022). Meskipun peran *S. caseolaris* penting, estimasi biomassa dan kandungan karbon dari populasi ini perlu dilakukan dengan akurat. Penggunaan UAV sebagai alat penginderaan jauh dapat memberikan kontribusi penting dalam mengukur parameter tersebut.

Biomassa dan kandungan karbon dari populasi *S. caseolaris* di TWA Pulau Bakut diestimasi oleh peneliti dengan menggunakan UAV untuk mengambil citra dan data. Melalui analisis struktur pohon yang diperoleh dari citra UAV, model statistik dikembangkan untuk memperkirakan biomassa secara akurat. Selanjutnya, dengan memanfaatkan model ini,

kandungan karbon yang tersimpan oleh populasi *S. caseolaris* dapat dihitung. Teknologi UAV dalam penelitian ini diharapkan akan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang peran *S. caseolaris* dalam ekosistem serta dampaknya pada penyimpanan karbon.

Pelestarian Ekosistem Pulau Bakut dan mengelola sumber daya alam dengan bijak merupakan langkah penting untuk memahami peran *S. caseolaris* sebagai pakan bagi bekantan serta dampaknya terhadap penyimpanan karbon. Penggunaan teknologi UAV dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih kaya dan estimasi yang lebih akurat mengenai biomassa dan kandungan karbon populasi *S. caseolaris*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Taman Wisata Alam Pulau Bakut dan Laboratorium Informasi Geospasial Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Waktu yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian ini ± 6 bulan, mulai bulan Januari sampai Juni 2023.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Taman Wisata Alam Pulau Bakut

Objek pada penelitian ini adalah tegakan pohon rambai laut (*Sonneratia caseolaris*) yang hanya tumbuh di bagian tepi pulau bakut. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Drone, Phiband, perangkat lunak Avensa map, kamera, alat tulis, tally sheet dan perangkat

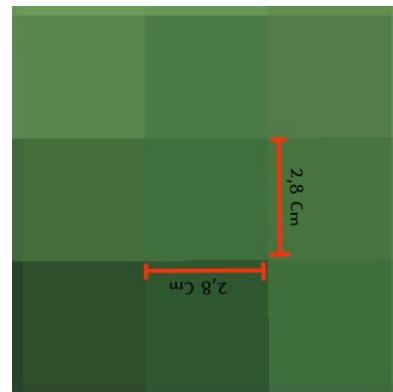
komputer dengan aplikasi SIG, Agisoft metasafe dan Microsoft excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Taman Wisata Alam Pulau Bakut, dengan habitat mangrove di bagian selatan didominasi oleh *Sonneratia caseolaris* (Rambai Laut), sementara di bagian utara didominasi oleh *Gluta velutina* (Rengas), selain itu juga merupakan habitat bagi berbagai macam satwa liar. Keanekaragaman spesies tumbuhan dalam habitat satwa memiliki dampak signifikan terhadap jenis dan potensi pakan yang tersedia, serta memengaruhi perilaku makan yang pada akhirnya mempengaruhi populasi satwa-satwa tersebut dalam lingkungan alamnya (Jayasukma *et al.*, 2022). Pola makan bekantan di TWA Pulau Bakut terkenal karena cenderung lebih menyukai tunas daun muda dan buah-buahan kecil seperti yang terdapat pada pohon liar dan pohon beringin. Saat memulai makan, bekantan biasanya mengawali dengan memakan bagian atas daun dan memberikan prioritas pada daun muda. Anda *et al* (2018) mengemukakan bahwa bekantan cenderung banyak mengonsumsi daun muda atau tunas, dan baru kemudian daun yang lebih tua. Dalam hal memakan tunas daun, bekantan biasanya akan memegang tangkai dan cabang daun, lalu menarik sekitar 4-6 lembar daun menggunakan tangan (lebih sering dengan tangan kiri), setelah itu daun-daun tersebut dimakan dan tangkai atau cabangnya dibuang. Jika tunas daun sudah cukup, bekantan akan beralih ke buah-buahan sebagai pilihan makanan selanjutnya. Bekantan lebih sering terlihat memilih lapisan tengah kanopi pohon, khususnya pada ketinggian 5 - 10 m, saat sedang makan pada pohon *Sonneratia caseolaris*. Mawah *et al* (2015).

Penelitian ini berfokus pada komunitas vegetasi *Sonneratia caseolaris* yang ada di lokasi penelitian. Objek penelitian ini Pengolahan citra digital adalah ilmu yang mempelajari tentang teknik untuk memproses citra. Citra yang dimaksud dalam konteks ini adalah gambar diam (foto), dan pengolahan citra dilakukan menggunakan komputer (Sutoyo *et al.*, 2009). Hasil pemotretan udara dengan drone DJI Phantom 4 pada ketinggian 100 meter di atas tempat lepas landas menghasilkan gambar permukaan bumi dengan resolusi spasial 2,8 meter. Keluaran dari fotogrametri adalah ortofoto yang digunakan untuk identifikasi tajuk pohon. Proses pembuatan ortofoto tidak melibatkan kalibrasi dengan titik kontrol tanah, hanya

informasi GPS yang terpasang pada drone. Identifikasi dan analisis luas tajuk pohon dilakukan secara manual, karena foto udara dari drone DJI Phantom 4 memberikan gambaran objek dengan jelas dan detail, memungkinkan pemisahan antara tajuk pohon, unsur alam, dan unsur buatan manusia dengan mudah. Sebanyak 83 pohon sampel (*Sonneratia caseolaris*) digunakan dalam pembuatan model regresi dan hubungan antara diameter batang dan luas tajuk pohon di lokasi penelitian. Pohon sampel dipilih secara acak dan mewakili sampel untuk model regresi tajuk.



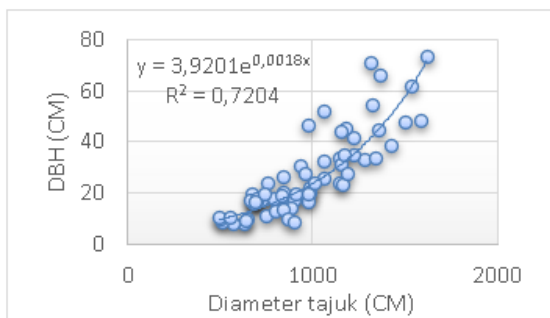
Gambar 2. Resolusi Citra satelite

Biomassa hutan memiliki peranan dalam memperkirakan kapasitas penyerapan karbon yang terkandung dalam pohon dalam hutan karena sekitar 47% biomassa terdiri dari karbon. Penyimpanan hasil fotosintesis terbesar terjadi pada batang pohon berkayu, sehingga pertumbuhan diameter berkaitan dengan peningkatan biomassa (Fithria *et al.*, 2011). Diameter pohon mempengaruhi penyimpanan biomassa, yang pada gilirannya mempengaruhi kemampuan menyimpan karbon (Syam'ani *et al.*, 2012). Hasil biomassa yang diperoleh dari pengukuran langsung pada 83 pohon sampel di lapangan mencapai 38.647,48 Kg, sehingga nilai karbon untuk 83 pohon rambai laut sebesar 18.164,67 Kg. Perhitungan cadangan karbon dilakukan menggunakan rumus alometrik berdasarkan Komiyama *et al.* (2005), dengan rumus $B = 0,251 p (D)^{2.46}$ dan densitas kayu sebesar 0,340 g/cm³. Hasil estimasi karbon dari biomassa lapangan adalah sekitar 215,67 kg.

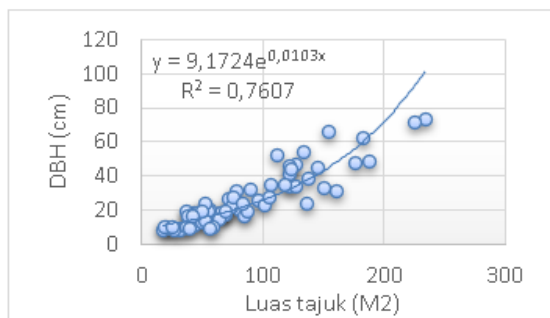
Menurut Riduan (2011), korelasi adalah konsep statistik yang menggambarkan sejauh mana hubungan linear antara dua variabel atau lebih. Korelasi merupakan alat analisis statistik yang banyak digunakan oleh peneliti, karena membantu dalam memahami

hubungan antara peristiwa-peristiwa yang terjadi. Hubungan antara dua variabel dapat bersifat positif atau negatif. Hubungan dikatakan positif ketika kenaikan (atau penurunan) nilai satu variabel biasanya diikuti oleh kenaikan (atau penurunan) nilai variabel lainnya, sedangkan hubungan dikatakan negatif jika kenaikan (atau penurunan) nilai satu variabel biasanya diikuti oleh penurunan (atau kenaikan) nilai variabel lainnya. Uji akurasi digunakan untuk mengukur sejauh mana instrumen dalam mengukur informasi

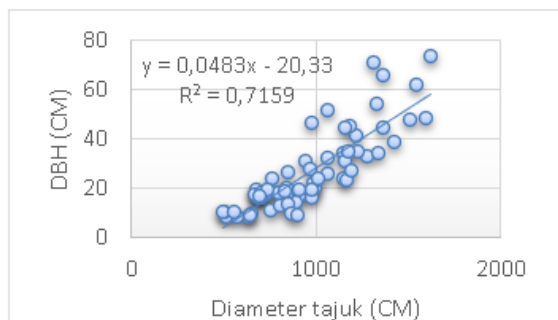
yang akurat, menggunakan metrik seperti R² dan RMSE. Nilai R², yang berkisar antara 0 hingga 1, menjelaskan seberapa besar variabel bebas mempengaruhi variabel terikat. Hair et al. (2011) membagi R² menjadi tiga kategori: kuat (0,75 - 1), moderat (0,50 - 0,74), dan lemah (< 0,50). Kontruksi model regresi dilakukan dengan menghubungkan data luas tajuk dan diameter batang. Grafik model regresi bisa dilihat pada Gambar 3 sampai 12.



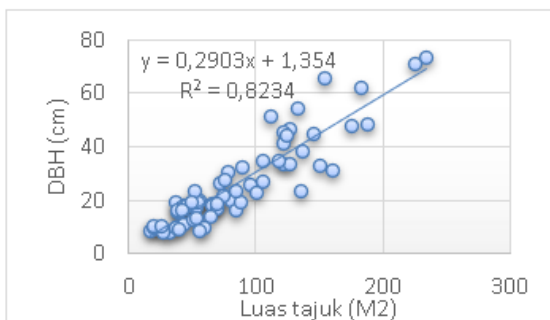
Gambar 3. Grafik Ekponensial Diameter Batang dengan Diameter Tajuk



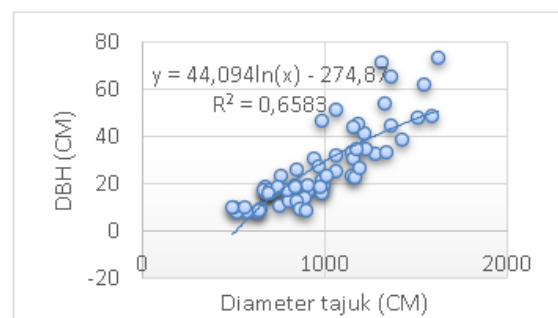
Gambar 4. Grafik Ekponensial Diameter Batang dengan Luas Tajuk



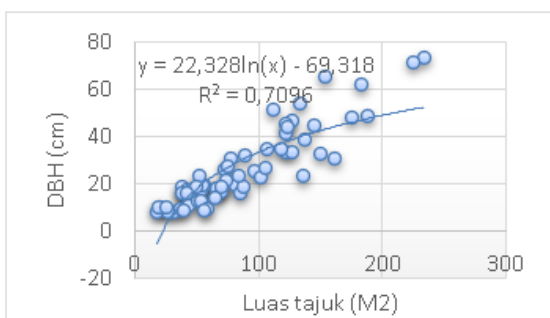
Gambar 5. Grafik Linear Diameter Batang Dengan Diameter Tajuk



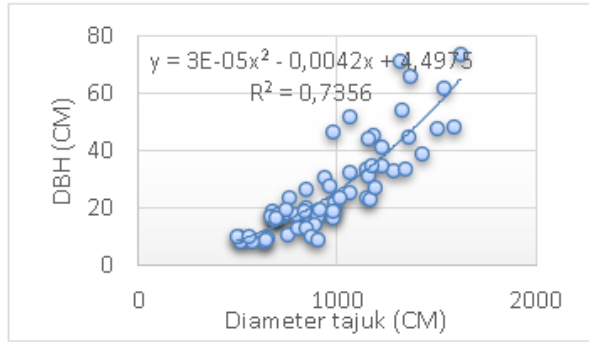
Gambar 6. Grafik Linear Diameter Batang Dengan Luas Tajuk



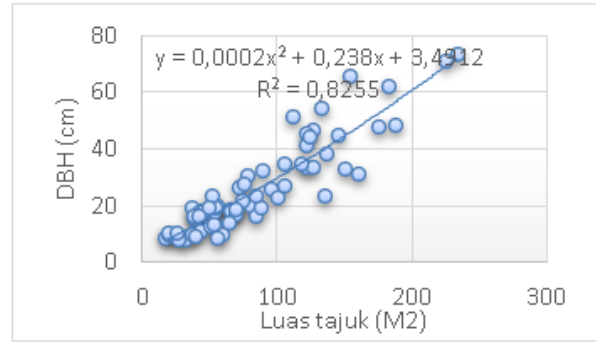
Gambar 7. Grafik Logaritma Diameter Batang Dengan Diameter Tajuk



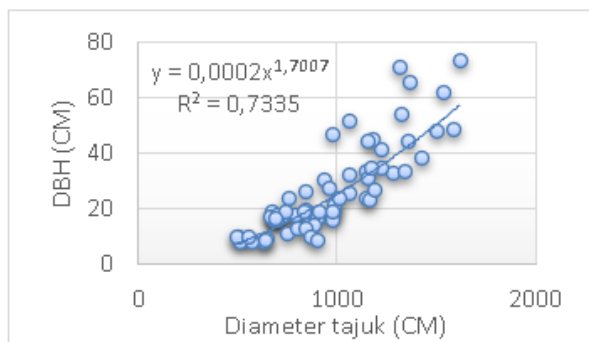
Gambar 8. Grafik Logaritma Diameter Batang Dengan Luas Tajuk



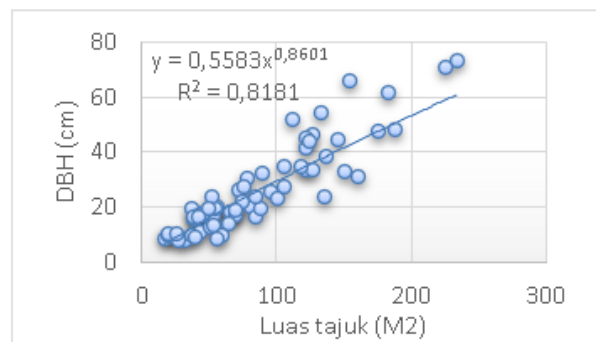
Gambar 9. Grafik Polinomial Orde Dua Diameter Batang Dengan Diameter Tajuk



Gambar 10. Grafik Polinomial Orde Dua Diameter Batang Dengan Luas Tajuk



Gambar 11. Grafik Power Diameter Batang Dengan Diameter Tajuk



Gambar 12. Grafik Power Diameter Batang Dengan Luas Tajuk

Tabel 1. Model Regresi dan Nilai Uji Akurasi

Regresi	R ²		RMSE	
	Diameter tajuk	Luas Tajuk	Diameter tajuk	Luas Tajuk
Eksponential	0,72	0,76	8,88	11,15
Linear	0,71	0,82	7,88	6,71
Logaritma	0,65	0,70	9,22	3,05
Polinomial orde 2	0,73	0,82	10,42	6,81
Power	0,73	0,81	7,44	7,06

Berdasarkan perbandingan model regresi yang dihasilkan, model regresi linear luas tajuk dipilih untuk mengestimasi cadangan karbon pohon rambai laut. Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,82 menunjukkan tingkat yang kuat. Persamaan regresi linear dari 83 pohon sampel di lokasi penelitian adalah $y = 0,2903x + 1,354$. Model ini berguna untuk mengestimasi potensi kandungan karbon dalam hutan homogen dengan hanya satu jenis pohon, serta memiliki koefisien korelasi yang tinggi. Koefisien korelasi (R²) ini menyiratkan bahwa variabel diameter setinggi dada berkontribusi sebesar 82% terhadap variasi luas tajuk pohon. Meskipun penginderaan jauh adalah metode yang lebih mudah dalam estimasi karbon, hasil pengukuran

tidak akan selalu setepat pengukuran langsung. Besar biomassa dan cadangan karbon dapat berbeda di berbagai lahan karena perbedaan keanekaragaman tumbuhan, kerapatan tumbuhan, jenis tanah, cara pengolahan lahan, dan kesuburan tanah (Mardiana et al., 2018).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa nilai karbon luasan tajuk pohon

lebih akurat dibanding dengan diameter tajuk pohon Rambai laut (*Sonneratia caseolaris*). Model regresi yang menunjukkan bahwa model yang paling akurat adalah model regresi linear dengan rumus $y = 0,2903x + 1,354$ dengan nilai R^2 sebesar 0,82. Nilai RMSE luas tajuk dan diameter setinggi dada yang didapatkan dari hasil validasi model menggunakan 17 pohon sampel sebesar 6,71 cm. Nilai RMSE biomassa dari hasil pengukuran dengan biomassa hasil estimasi menggunakan citra UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dari pengukuran langsung lapangan 83 pohon sebesar 7.889,22 Kg. Hasil estimasi kandungan karbon dari pengukuran langsung lapangan didapatkan hasil sebesar 18.164,31 Kg sedangkan hasil estimasi karbon dari luasan tajuk menggunakan citra UAV sebesar 14.456,30 Kg. Artinya hasil estimasi lebih kecil dibanding hasil pengukuran karbon lapangan dengan nilai RMSE sebesar 3.708,01 Kg berarti rata-rata nilai bias perpohon adalah sebesar 44,67 Kg.

Saran

Penelitian yang dilakukan dengan jumlah jenis pohon lebih dari satu perlu dilakukan dengan memasukkan rumus alometrik dan densitas kayu sesuai dengan jenis pohon. Perhitungan emisi pohon perlu dilakukan untuk mengetahui nilai emisi CO₂ tiap pohon.

DAFTAR PUSTAKA

Anda, R Erianto, Prayogo, H 2018, 'Studi Jenis Vegetasi Pakan Bekantan (*Nasalis larvatus*, Wurm) di Kawasan Taman Nasional Danau Sentarum Kapuas Hulu Kalimantan Barat', Jurnal Hutan Lestari, vol. 7 (1): 1-10.

Fithria, A., Syam'ani, Badaruddin, Nugroho, Y., & Agustina, A.R. 2011. Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Pada Berbagai Sistem Penutupan Lahan Di Sub-Sub DAS Amandit Kalimantan Selatan. Word Agroforestry Centre. Universitas Lambung Mangkurat: Fakultas Kehutanan.

Fithria, A., Kanti R., Syam'ani, Qomariah S., Pratiwi FS., Kamil N., Mahendra R., 2021. Bekantan (*Nasalis larvatus*) Habitat Suitability in Tabunio Watershed In South Kalimantan. Academic Research International Vol. 12(2) Sep-Dec 2021.

Hair, J. F., William, C., Barry, J., Rolph, E. Multivariate Data Analysis Fifth Edition. New Jersey; PrenticeHall, Inc.

Jayasukma PA., Basir, Fithria A., Kanti., Aida AN., Rahman HA., Imam R., 2022. Nutrition of Proboscis Monkeys (*Nasalis larvatus*) Feed Sources at Bakut Island Nature Park. RJOAS., 11 (131)., November 2022. UDC 574; DOI 10.18551/rjoas.2022-11.29

Lisnaini, Fithria A, dan Rudi GS., 2020. Karakteristik Pohon Tempat Tidur (night sleeping trees) Bekantan (*Nasalis larvatus*) di Taman Wisata Alam Pulau Bakut Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Sylva Scientiae Vol. 03 No. 4.

Mardiana G, Udiansyah & Pitri R.M.N. 2018 Potensi Simpanan Dan Serapan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Pada Kawasan Hutan Desa Sungai Bakar Kecamatan Bajuin. Jurnal Sylva Scientiae. Fakultas Kehutanan. Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.

Mawah SSA, Indim D, Rahman NAA, Majid SNBA. 2015. Feeding ecology of proboscis monkey, *Nasalis larvatus* in Garama, Klias Peninsula, Sabah, Malaysia. Malayan Nature Journal, 67(3), 308-317.

Sutoyo, T., E Mulyanto, V Suhartono & DN Oky, Wijanarto. 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. Semarang. Universitas Lambung Mangkurat

Syam'ani,, Agustina, A., Susilawati, & Nugroho, Y. 2012. Cadangan Karbon Ddi Sub-sub DAS Amandit. Jurnal Hutan Tropis. Fakultas Kehutanan. Universitas Lambung Mangkurat: Kalimantan Selatan

Komiyama A., S. poungparn & Kato S. 2005 Coomon allometric equation for estimating the tree weight of mangroves. Journal of Tropical Ecology.