

Analisis stok karbon tegakan seumur *Shorea balangeran* menggunakan kombinasi interpretasi foto udara

Eldy Indra Purnawan^{1*}, Petrisly Perkasa², Nanang Hanafi³, Yusuf Aguswan⁴, Renhart Jemi⁴

¹Mahasiswa Program Pascasarjana Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

²Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

³Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

⁴Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

*E-mail: eldyindra.p@gmail.com

Artikel diterima 01 Juni 2023 Revisi diterima: 24 Juli 2023

ABSTRACT

This study was conducted by combining two analytical methods, namely nondestructive field measurement techniques and aerial photo interpretation using UAV, which focused on determining the number of trees, biomass and C stock in *S. balangeran* stands in the Pulang Pisau City Forest area. The results of the study showed that the number of *S. balangeran* standing trees was 3,278 trees with a planting area of 5.62 Ha, and the Biomass and C Stock were 1,444.30 tonnes and 678.82 tonnes respectively. If it is accumulated into hectares, the *S. balangeran* standing trees have a Biomass potential of 256.99 tonnes/ha and C Stock of 120.78 tonnes/ha. These results indicate that the combination of the two analytical methods in the study facilitated the process of estimating stand Biomass and C Stock.

Key words: Standing trees, biomass, carbon, nondestructive, UAV

ABSTRAK

Studi ini dilakukan dengan penggabungan dua metode analisis yaitu teknik pengukuran di lapangan *nondestructive* dan Interpretasi foto udara menggunakan UAV, yang berfokus untuk mengetahui Jumlah Pohon, Biomassa dan Stok C pada tegakan *S. balangeran* di kawasan Hutan Kota Pulang Pisau. Hasil studi menunjukkan Jumlah Pohon tegakan *S. balangeran* sebanyak 3.278 pohon dengan luas area penanaman 5,62 Ha, serta Biomassa dan Stok C secara berurut sebesar 1.444,30 ton dan 678,82 ton. Jika diakumulasi kedalam hektar maka tegakan *S. balangeran* memiliki potensi Biomassa 256,99 ton/ha dan Stok C 120,78 ton/ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi dua metode analisis dalam studi mampu mempermudah proses estimasi Biomassa dan Stok C tegakan.

Kata kunci: Tegakan, Biomassa, Karbon, Nondestructive, UAV

PENDAHULUAN

Hutan dapat menyerap karbondioksida serta menyimpan karbon pada biomassa pepohonan melalui proses fotosintesis. Metode estimasi biomassa dan stok karbon (Stok C) yang paling mendekati kebenaran adalah dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan menggunakan plot sampel, menghitung menggunakan persamaan alometrik dan mengalikan dengan total luas kawasan dengan metode yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Metode ini sangat baik untuk menggambarkan kondisi biomassa dan stok C pada kawasan hutan dengan tingkat keragaman yang tinggi, juga sering digunakan menghitung estimasi biomassa dan stok C pada hutan tanaman sejenis (homogen). Namun pada hutan homogen dan dengan umur yang sama, kemudahan pengukuran dan keakuratan perhitungan estimasi

Biomassa dan Stok C dapat di tingkatkan. Salah satu cara untuk meningkatkan keakuratan perhitungan estimasi tersebut yaitu dengan melakukan kombinasi pengukuran langsung di lapangan dan interpretasi foto udara.

Interpretasi foto udara dapat dilakukan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV dapat langsung merekam tajuk vegetasi pada hutan tanaman dengan detail yang dapat di tingkatkan sejalan dengan ketinggian dan kualitas kamera. UAV menyediakan *Digital Surface Models multi-temporal* dan *ortofotograf* dengan tingkat presisi hingga 3cm - 4cm (Jaud dkk., 2016). Citra foto udara UAV lebih tajam dibanding citra satelit sebab tidak terdapat bias awan tebal akibat pengaruh atmosfer (Sitompul dkk., 2019). UAV merupakan alternatif pemetaan kawasan dengan

detail sebab dapat menghasilkan data temporal dan spasial beresolusi tinggi dengan biaya relatif murah (Uysal dkk., 2015).

Beberapa studi mengenai analisis interpretasi foto udara UAV dalam estimasi biomassa dan stok C diantaranya yaitu analisis indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* terhadap fotogrametri foto udara (Farahdita dkk., 2021), analisis model tinggi kanopi terhadap fotogrametri foto udara (Harapan dkk., 2021) dan analisis pemodelan estimasi stok C menggunakan data *Digital Elevation Model* dari analisis citra drone dan data pengukuran C lapangan (Muhsoni, 2021).

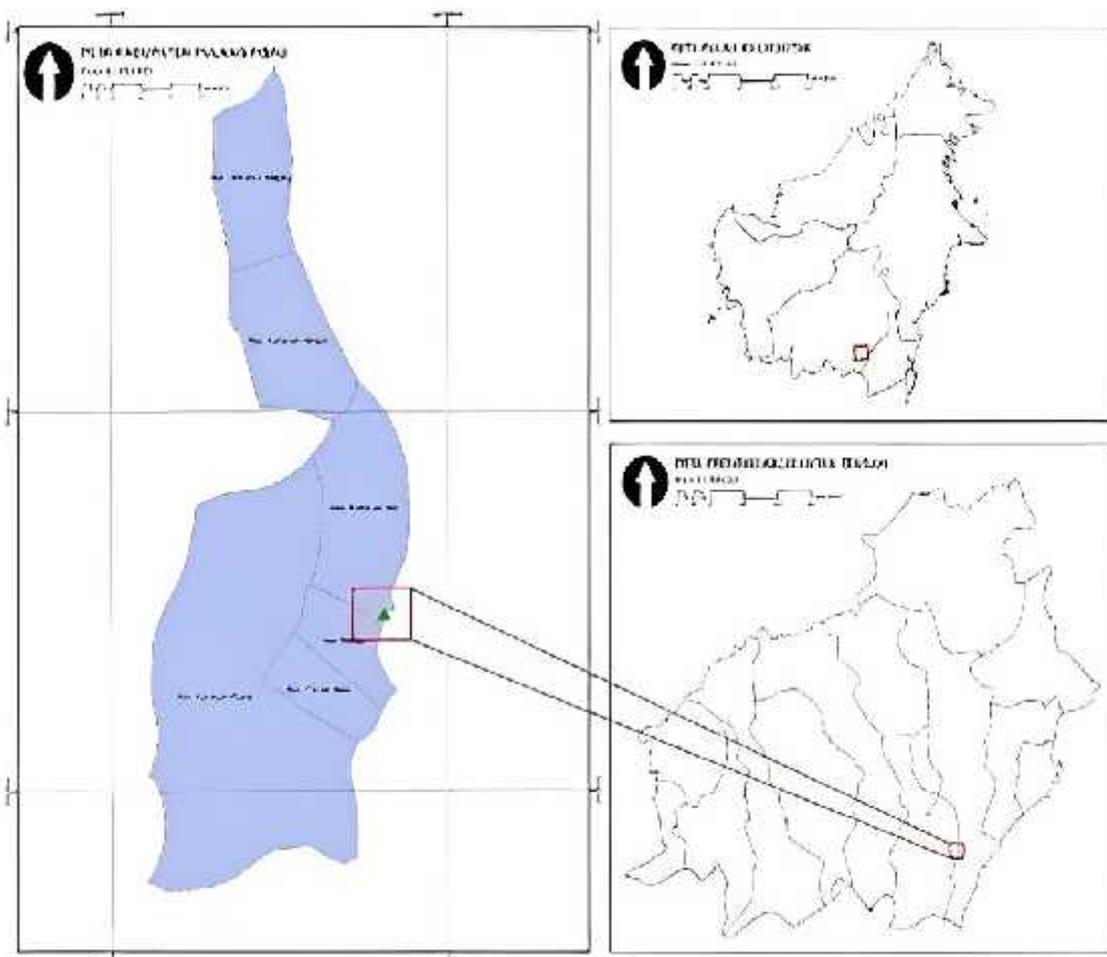
Mengingat studi mengenai interpretasi foto udara UAV dalam estimasi stok C masih minim dilakukan, sudah barang tentu teknik ini masih dapat di kembangkan untuk meningkatkan kemudahan dalam praktiknya. Berdasarkan latarbelakang tersebut, maka studi ini memiliki objektifitas untuk mengetahui jumlah pohon, biomassa dan stok C pada tegakan *Shorea*

balangeran di kawasan Hutan Kota Pulang Pisau dengan melakukan kombinasi dua metode analisis yaitu pengukuran di lapangan *nondestructive* dan interpretasi foto udara menggunakan UAV.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Studi ini dilakukan pada september 2021 pada Ruang Terbuka Hijau Hutan Kota di Kelurahan Bereng, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Berdasarkan Penetapan Ruang Terbuka Hijau Hutan Kota Kabupaten Pulang Pisau memiliki luasan 6,58 hektar, yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pulang Pisau berdasarkan Keputusan Bupati Pulang Pisau Nomor 396 Tahun 2019. Peta lokasi studi ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam kegiatan studi ini adalah *Laser Distance Meter Krisbow 10014513* (alat bantu ukur tinggi pohon), *Phiband* (meteran diameter), *Smart Phone Redmi Note 7 Pro* (Digital tally sheet dan dokumentasi kegiatan), Peta Lokasi (penunjuk lokasi studi), Drone DJI Phantom 3 Advance (foto udara) dan Laptop Lenovo T440p (analisis data). Sedangkan bahan yang digunakan yaitu tegakan *S. balangeran* dengan umur 9 tahun (tahun tanam 2013).

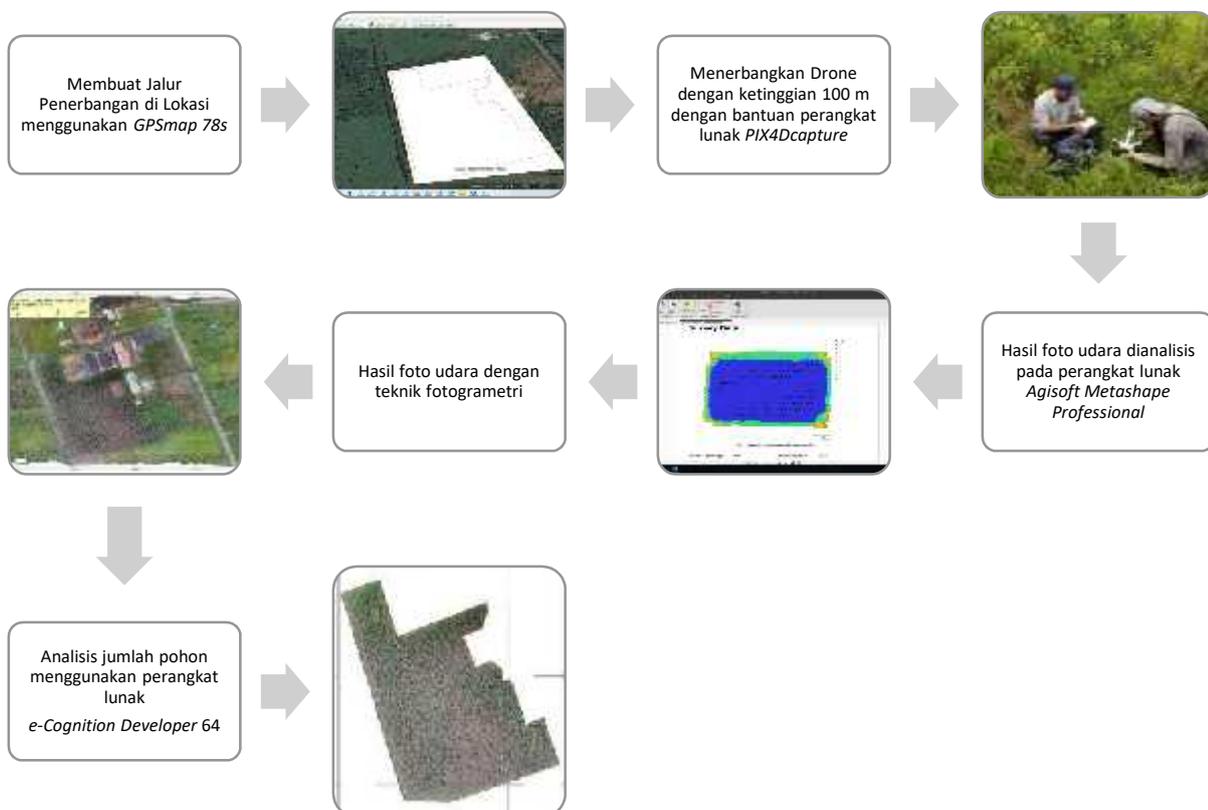
Prosedur Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam studi yaitu pengambilan data orthophoto melalui foto udara pada tegakan pohon *S. balangeran* di kawasan Hutan Kota Pulang Pisau dan mengukur dimensi (diameter dan tinggi) pohon sampel. Sampel pohon ditentukan dengan metode *purposive* dan diukur dengan intensitas sampel 6,1%. Kelompok hutan dengan luasan 1.000 ha intensitas sampling sebaiknya 2 % dan jika luasan <1.000 ha maka intensitas sampel sebaiknya 5% - 10% (Soerianegara & Indrawan, 1978).

Analisis Data

Analisis Data Interpretasi Foto Udara

Analisis data interpretasi foto udara dilakukan dengan teknik fotogrametri untuk mengestimasi jumlah seluruh pohon *S. balangeran* pada lokasi studi. Teknik fotogrametri dilakukan dengan menggunakan *GPSmap 78s* untuk membuat jalur terbang, setelah itu UAV jenis multimotor DJI Phantom 3 Professional diterbangkan secara autopilot untuk menjangkau area yang luas dengan cepat (Burke *dkk.*, 2019). Hasil penerbangan dengan pesawat nirawak ini menghasilkan *Orthophoto* yang dianalisis dengan bantuan *e-Cognition Developer 64* dengan metode klasifikasi, untuk ekstraksi objek otomatis serta memisahkan kelas bangunan dan vegetasi (Yastikli & Uzar, 2013). Sistem informasi geografis merupakan perangkat penting untuk menganalisis dan mewakili data spasial kuantitatif. Pemanfaatan perangkat lunak *QGIS 3.22.0* digunakan dalam menggambarkan, menyajikan dan menganalisis data. Informasi kualitatif dapat dimasukkan dalam sistem informasi geografis (Kemper, 2014). Proses analisis fotogrametri di tampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Proses Analisis Interpretasi Foto Udara

Analisis Data Biomassa dan Stok C

Analisis data biomassa dan stok C di lakukan dengan cara mengkalkulasikan nilai estimasi biomassa dan nilai stok c pada pohon sampel *S. balangeran*, jumlah estimasi pohon pada tegakan *S.*

balangeran, serta dengan luas area pada tegakan *S. balangeran*. Perhitungan biomassa dilakukan dengan *non destructive* menggunakan rumus alometrik. Pengukuran pohon sampel dilokasi studi ditampilkan pada Gambar 3 dan rumus alometrik analisis data tegakan pohon *S. balangeran* dapat di lihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Pengukuran Dimensi Pohon Sampling

Tabel 1. Rumus alometrik analisis data tegakan pohon *S. balangeran*

Analisis Data Tegakan Pohon	Rumus Alometrik
Volume kayu (m ³)	$V = \frac{1}{4} \text{ DBH}^2 \cdot H \cdot f$ (Krisnawati dkk., 2012)
Biomassa Atas Permukaan (B _{ap})	$B_{ap} = V \times BJ \times BEF$ (BSNI 2011)
Biomassa Bawah Permukaan atau akar (B _{bp})	$B_{bp} = \text{NAP} \times B_{ap}$ (BSNI 2011)
Total Biomassa Pohon (B _{total})	$B_{total} = (B_{ap} + B_{bp})$ (BSNI 2011)
Biomassa Perpohon (B _{perpohon})	$B_{perpohon} = \frac{BE}{H}$
Stok C	$C = B \times \% C \text{ organik}$ (BSNI 2011)

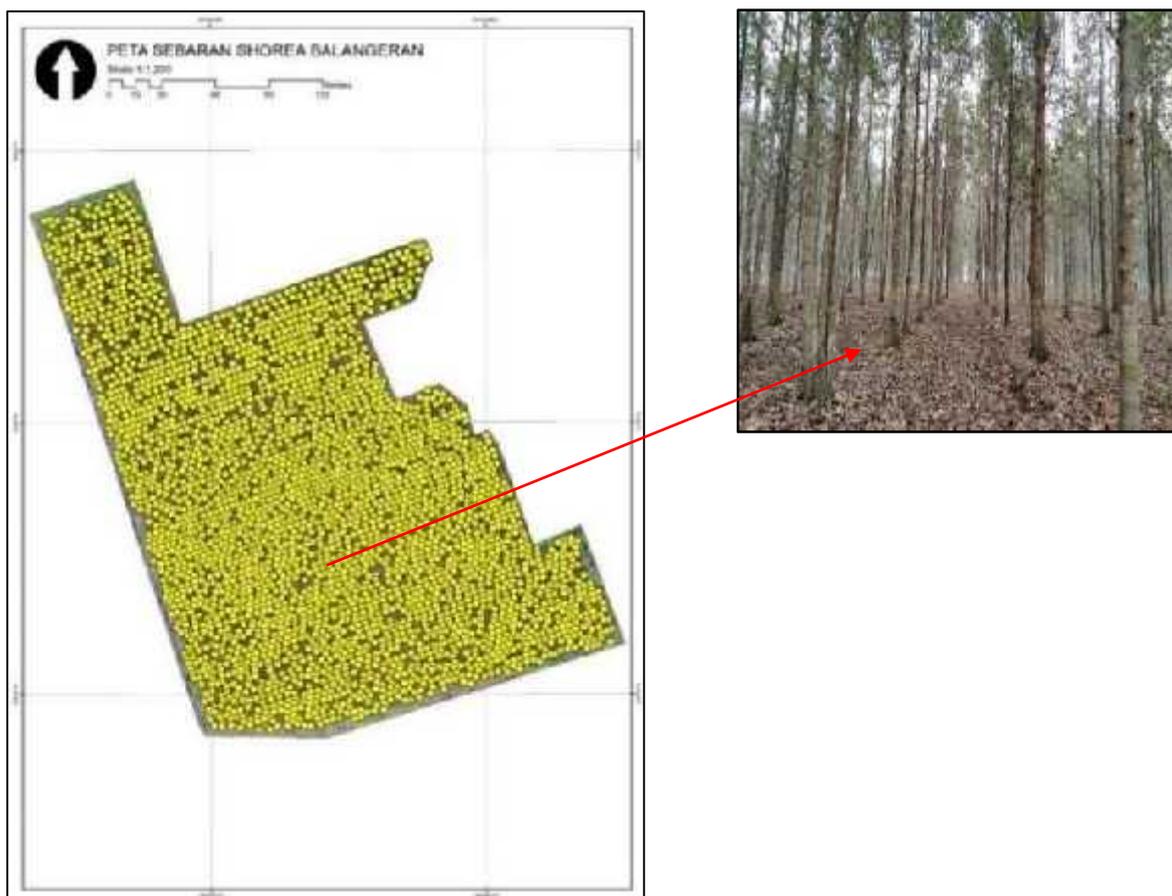
Keterangan: V: Volume kayu (m³); : 3,14; DBH: Diameter setinggi dada (m); H: Tinggi total pohon(m); f: Faktor bentuk (0,6); B_{ap}: Biomassa atas permukaan tanah (kg); BEF: Biomass Expansion Factor; B_{bp}: Biomassa Bawah Permukaan (kg); NAP: Nilai Nisbah Akar Pucuk; B_{total}: Total Biomassa Pohon (kg); JPT: Jumlah Pohon Terukur; C: Stok C (ton); BJ: Berat Jenis Kayu (kg/m³); % C organik: Nilai Persentase Kandungan Karbon

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Pohon Berdasarkan Interpretasi Foto Udara

Hasil analisis jumlah pohon berdasarkan data interpretasi foto udara yang dilakukan dengan

teknik fotogrametri menggunakan perangkat lunak *e-Cognition Developer 64* disajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Hasil perhitungan pohon *S. balangeran* pada *e-Cognition Developer 64*

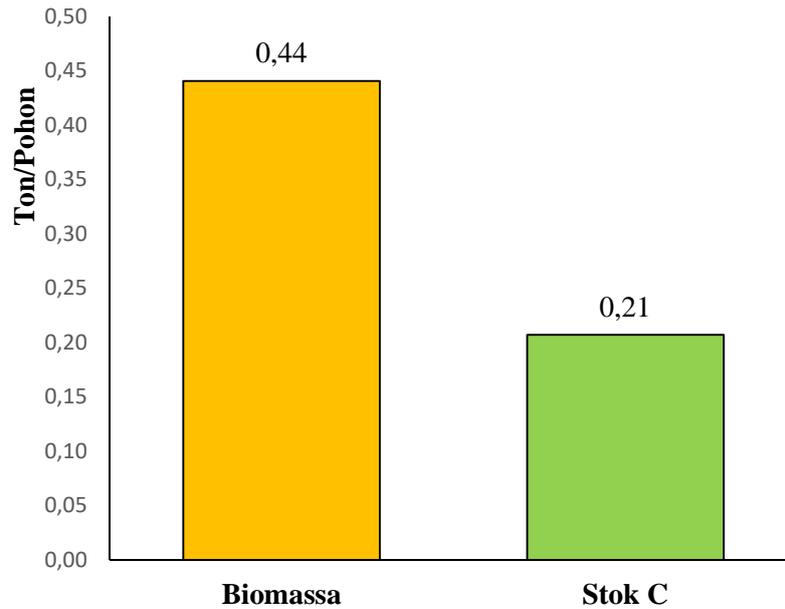
Hasil analisis perangkat lunak *e-Cognition Developer 64* pada Gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah pohon *Shorea balangeran* yang terdapat pada lokasi studi yaitu sebanyak 3.278 pohon dengan total luas area penanaman 5,62 Ha. Sistem manajemen penanaman dengan jarak tanam 4m x 4m pada tegakan *S. balangeran*, menunjukkan bahwa jumlah pohon dari hasil analisis tersebut sudah cukup logis. Faktor suatu tegakan dalam mencapai kondisi stabil yaitu Struktur tegakan dan persentase kematian setiap kenaikan kelas diameter (Supriatna dkk., 2017). Estimasi jumlah pohon menggunakan UAV memperoleh hasil yang relatif akurat dan hemat waktu (Harapan dkk., 2021). Keakuratan deteksi individu pohon menggunakan UAV tergantung pada kualitas spasial gambar dan ketinggian terbang (Hashem, 2019). Hasil foto udara UAV lebih tajam karena tidak terpengaruh bias awan dan kondisi atmosfer seperti pada citra satelite (Sitompul dkk., 2019).

Interpretasi foto udara pada hutan tanaman homogen dan dengan umur yang sama dengan jarak tanam yang terlihat beraturan akan lebih akurat dilakukan, sebab perangkat lunak *e-Cognition Developer 64* menghitung jumlah pohon

berdasarkan tajuk pohon yang terfoto. Semakin terlihat perbedaan tajuk pohon satu dengan pohon lainnya maka akan semakin memudahkan perangkat lunak *e-Cognition Developer 64* untuk melakukan deteksi tajuk pohon. Perangkat lunak ini tidak akurat digunakan pada hutan campuran dengan jarak tanam yang rapat dan tidak beraturan, sebab perangkat lunak ini akan kesulitan dalam menghitung jumlah tajuk pohon. Perangkat lunak *e-Cognition Developer 64* akan lebih akurat menghitung tajuk pohon jika jarak tanam tidak begitu rapat, jarak tanam beraturan dan mengerucut seperti tajuk pada pohon *S. balangeran*, *Eucaliptus* dan *Pinus*.

Biomassa dan Stok C Pohon Sampel

Data Biomassa dan Stok C pohon sampel *S. balangeran* diperlukan sebagai sampel untuk mengestimasi nilai Biomassa dan Stok C pada lokasi studi secara keseluruhan, setelah diketahui data hasil analisis jumlah pohon *S. balangeran* pada lokasi studi menggunakan *e-Cognition Developer 64*. Intensitas sampel 6,1% di gunakan dalam studi ini sehingga jumlah pohon sampel yang diukur yaitu sebanyak 200 pohon. Besar rata-rata Biomassa dan Stok C pohon sampel *S. balangeran* pada lokasi studi ditampilkan pada Gambar 5 berikut.

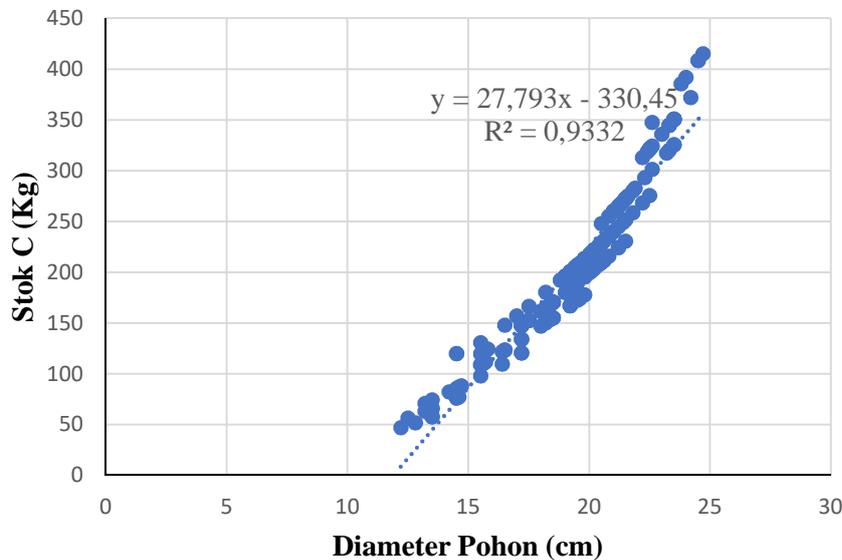


Gambar 4. Rata-Rata Biomassa dan Stok C Pohon Sampel

Gambar 5 menunjukkan bahwa rata-rata Biomassa dan Stok C per pohon pada tegakan seumur *S. balangeran* di lokasi penelitian yaitu

berturut-turut sebesar 0,44 ton/pohon dan 0,21 ton/pohon.

Hasil uji koefisien determinasi pada studi ini untuk menjelaskan hubungan antara Diameter Pohon dan Stok C tersaji pada Gambar 6 berikut.



..... Linear (C stok (Kg))

Gambar 5. Korelasi Diameter dan Stok C

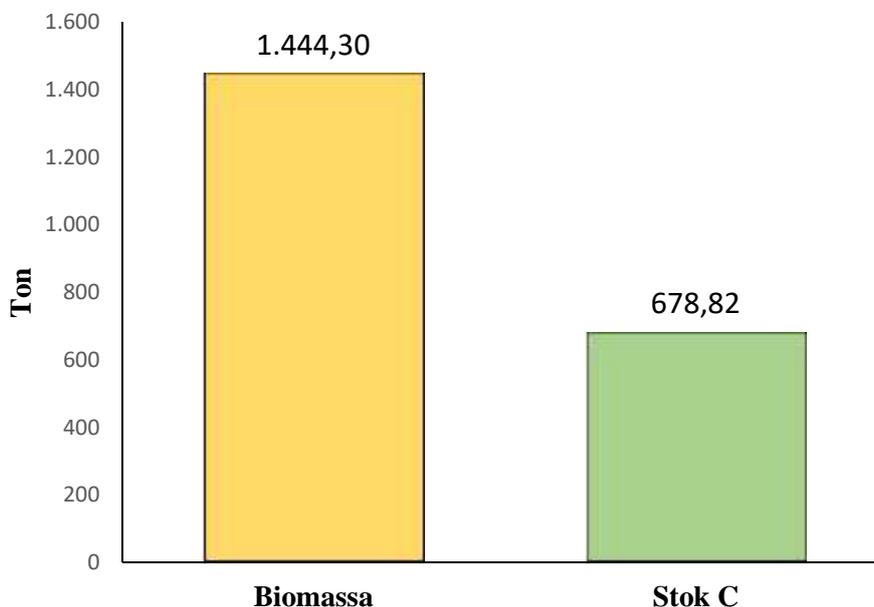
Koefisien determinan pada gambar 6 tersebut menunjukkan seberapa besar pengaruh Diameter Pohon terhadap Stok C. Nilai $R^2 = 0,9332$ bila dikalikan 100% akan memiliki pengertian yaitu 93,32% merupakan besarnya pengaruh Diameter Pohon terhadap Stok C kayu *S. balangeran* sisanya 6,41% merupakan error akibat adanya faktor luar.

Faktor luar ini bisa tempat tumbuh dan sinar matahari, sehingga mengakibatkan terganggunya proses pertumbuhan yang berdampak pada tingkat akurasi koefisien determinasi tersebut. Namun nilai koefisien determinasi sebesar 93,32% tersebut sudah menunjukkan bahwa korelasi kedua parameter tersebut sangat baik atau ada korelasi positif antara

Diameter Pohon dan Stok C pada lokasi studi. Artinya bahwa semakin besar diameter maka akan semakin tinggi nilai stok C. Nilai koefisien determinasi dalam studi ini dapat digunakan untuk melakukan monitoring pertambahan Stok C tahunan dengan hanya menggunakan parameter pengukuran diameter.

Akumulasi Biomassa dan Stok C

Berdasarkan analisis data rerata Biomassa dan Stok C per pohon yang dikombinasikan dengan hasil analisis interpretasi foto udara, maka total akumulasi Biomassa dan Stok C di lokasi tegakan *S. balangeran* seluas 5,62 ha dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 6. Akumulasi Biomassa dan Stok C

Hasil analisis menunjukkan bahwa Biomassa dan Stok C di lokasi tegakan *S. balangeran* pada lokasi studi sebesar Biomassa 1.444,30 ton dan Stok C 678,82 ton. Jika di akumulasi kedalam hektar maka lokasi studi memiliki potensi Biomassa 256,99 ton/ha dan Stok C 120,78 ton/ha. Hasil studi Rocmayanto *dkk.*, (2014) mengenai cadangan karbon pada berbagai tipe hutan tingkat nasional menyebutkan bahwa Stok C pada hutan tanaman lebih kecil dibandingkan dengan hutan lahan kering primer. Namun kemampuan penyimpanan karbon yang substansial dari hutan tanaman dapat memainkan peran penting dalam mengurangi dampak perubahan iklim dan mencapai netralitas karbon (Babu *dkk.*, 2023). Hasil ini juga menunjukkan bahwa kombinasi pengukuran di lapangan *nondestructive* dan Interpretasi foto udara menggunakan UAV mampu mempermudah proses estimasi Biomassa dan Stok C tegakan pada lokasi studi. Sehingga teknik ini dapat direkomendasikan untuk melakukan perhitungan Biomassa dan Stok C pada lokasi hutan tanaman homogen lainnya dengan kawasan yang lebih luas, namun sudah barang tentu pemilihan UAV dapat disesuaikan dengan luas kawasan. Drone jenis *multicopter* dapat terbang selama 40 menit dengan cangkupan luasan 100-400 Ha dan Drone jenis *fixed wing* memiliki waktu

terbang lebih lama bisa mencapai 1,5 jam sehingga dapat merekam kawasan yang lebih luas (Basyuni *dkk.*, 2021).

Berdasarkan hasil studi pada tegakan Seumur *S. balageran* di Kawasan Hutan Kota Pulang Pisau maka dapat disimpulkan bahwa 1) Analisis interpretasi foto udara menunjukkan bahwa jumlah pohon pada tegakan *S. balangeran* seluas 5,62 ha yaitu sebanyak 3.278 pohon, 2) Total Biomassa dan Stok C yaitu secara berurut sebesar 1.444,30 ton dan 678,82 ton. Jika diakumulasikan kedalam potensi perhektar maka tegakan *S. balangeran* seluas 5,62 ha memiliki potensi Biomassa 256,99 ton/ha dan Stok C 120,78 ton/ha.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim survei yang terdiri dari Mahasiswa Kehutanan UPR (Rahmat dan Vedy Indra Adityawan) dan salah satu warga Pulang Pisau (Wahyudi Nata Adisastra) atas bantuannya dalam melaksanakan kegiatan studi.

DAFTAR PUSTAKA

Paquette, A., & Messier, C. 2010. The Role of Plantations in Managing The World's Forests

- in The Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(1), 27-34.
- Babu, K. N., Mandyam, S., Jetty, S., Dar, A. A., Ayushi, K., Narayanan, A., ... & Narayanaswamy, P. 2023. Carbon Stocks of Tree Plantations in a Western Ghats Landscape, India: Influencing Factors and Management Implications. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(3), 1-26.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI). 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (ground based forest carbon accounting). Badan Standarisasi Indonesia. SNI, 7724, 2011.
- Basyumi, M., Yuntha, B., & Rizka, A. 2021. Mengenal Drone Dalam Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya Dalam Penelitian Kehutanan. Hlm. 3. USU Press. ISBN 978-602-465-330-9.
- Burke, C., McWhirter, P. R., Veitch-Michaelis, J., McAree, O., Pointon, H. A., Wich, S., & Longmore, S. 2019. Requirements and Limitations of Thermal Drones for Effective Search and Rescue in Marine and Coastal Areas. *Drones*, 3(4), 78.
- Farahdita, W. L., Soenardjo, N., & Suryono, C. A. 2021. Teknologi Drone untuk Estimasi Stok Karbon di Area Mangrove Pulau Kemujan, Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 10(2), 281-290.
- Muhsoni, F. F., Abida, I. W., Rini, D. A. S., & Putera, A. J. 2021. Estimation of Mangrove Carbon Using Drone Images. *Depik Jurnal*.
- Harapan, T. S., Husna, A., Febriamansyah, T. A., Mutashim, M., Saputra, A., Taufiq, A., & Mukhtar, E. 2021. Above Ground Biomass Estimation of *Syzygium Aromaticum* Using Structure from Motion (SfM) Derived from Unmanned Aerial Vehicle in Paninggahan Agroforest Area, West Sumatra. *Jurnal Biologi UNAND*, 9(1), 39-46.
- Hashem, M. 2019. Estimation of aboveground Biomass/Carbon Stock and carbon Sequestration Using UAV Imagery at Kebun Raya Unmul Samarinda Education Forest, East Kalimantan, Indonesia. Master's Thesis, University of Twente.
- Husna, A., Suryana B. 2017. Metodologi Penelitian dan Statistik. Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Jaud, M., Passot, S., Le Bivic, R., Delacourt, C., Grandjean, P., & Le Dantec, N. 2016. Assessing the accuracy of high resolution digital surface models computed by PhotoScan® and MicMac® in sub-optimal survey conditions. *Remote Sensing*, 8(6), 465.
- Kemper, R. 2014. Qualitative GIS: A Mixed Methods Approach. *Journal of Ecological Anthropology*, 17(1), 46-48.
- Keputusan Bupati Pulang Pisau Nomor 396 Tahun 2019. 2019. Penetapan Ruang Terbuka Hujau Hutan Kota Kabupaten Pulang Pisau. Pulang Pisau Provinsi, Kalimantan Tengah.
- Krisnawati, H., Adinugroho, W. C., & Imanuddin, R. 2012. Monograf Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Rochmayanto, Y., Wibowo, A., Lugina, M., Butarbutar, T., Mulyadin, R. M., Wicaksono, D., & Rusulono, T. 2014. Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia (Seri 2). Yogyakarta (ID): PT Kanisius.
- Soerianegara, I., & Indrawan, A. 1998. Ekologi Hutan Indonesia. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor, 80 hlm.
- Supriatna, A. H., Haneda, N. F., & Wahyudi, I. 2017. Sebaran Populasi, Persentase Serangan, dan Tingkat Kerusakan Akibat Hama Baktor pada Tanaman Sengon: Pengaruh Umur, Diameter, dan Tinggi Pohon. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 8(2), 79-87.
- Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. 2015. DEM Generation with UAV Photogrammetry and Accuracy Analysis in Sahitler Hill. *Measurement*, 73, 539-543.
- Yastikli, N., & Uzar, M. 2013. Building Extraction Using Multi Sensor Systems. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1 W, 1.