



Artikel

SIMPANAN KARBON TEGAKAN JATI MEGA DI KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS WANAGAMA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Carbon Storage of Superior Clonal Teak Stand in Special Purpose Forest Area of Wanagama, Special Region of Yogyakarta

Sausani Nabila Afafi¹, Khairudin Iqbal Supartha¹, Heni Fatmawati¹, Nur Hayma Eka Sari¹, Jovian Dito Rissaldy¹, Farahdhila Yasmin Al-Husna¹, Fikri Danang Himawan¹, Muthia Aulia¹, M Bintang Ardiansyah¹, Budi Mulyana^{2*}

¹Forestry Study Club, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Jl, Agro No. 1 Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta

²Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Agro No.1 Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta

*Email: budimulyana@ugm.ac.id

ABSTRAK

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) merupakan kawasan hutan yang bertujuan untuk kegiatan pendidikan dan penelitian. Penelitian yang ada di KHDTK Wanagama, salah satunya adalah pengujian tanaman Jati unggul hasil pemuliaan (Jati Mega). Data pertumbuhan jati unggul tersebut juga dapat digunakan untuk menghitung cadangan karbon hutannya. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi biomassa dan serapan karbon yang tersimpan pada tegakan Jati Mega di KHDTK Wanagama, Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan dengan metode *non-destructive* menggunakan persamaan allometrik $Bt = 0,0149(D^2.H)^{1,0855}$. Nilai kandungan karbon dihitung sebagai 50% dari total biomasanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah 17 tahun penanaman Jati Mega, kerapatan tegakan sebesar 665 pohon/ha, simpanan karbon sebesar 59,98 Mg C/ha, dan serapan karbon sebesar 220,11 Mg/ha (CO₂-eq). Nilai total biomassa, simpanan karbon, dan serapan karbondioksida tegakan Jati Mega di KHDTK Wanagama termasuk ke dalam kategori sedang. Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui jasa lingkungan dari kegiatan penanaman jati Mega sebagai salah satu simpanan karbon hutan. Informasi simpanan karbon hutan dapat digunakan lebih lanjut sebagai data untuk pengelolaan hutan dalam aspek mitigasi perubahan iklim.

Kata kunci: jati unggul, mitigasi perubahan iklim, akuntansi karbon, jasa lingkungan

ABSTRACT

A special-purpose forest area (KHDTK) is the forest area which the purposes are for teaching and research activities. One of the research conducted in KHDTK Wanagama was examining the planting of superior Teak from breeding (jati Mega). The growth of clonal teak data can also be assessed for its carbon stock. Hence, the purpose of this research was to determine the potential of biomass and carbon stock in the Jati Mega stands at KHDTK Wanagama, Yogyakarta. The research was carried out using a non-destructive method which used the allometric equation $Bt = 0.0149(D^2.H)^{1.0855}$. Carbon value was calculated as 50% of the total biomass. The results showed that after 17 years of planting Jati Mega, the stand density was 665 trees/ha, carbon storage was 59.98 Mg C/ha, and carbon uptake was 220.11 Mg/ha (CO₂-eq). The total value of biomass, carbon stock, and carbon dioxide removal by Jati Mega stands at KHDTK Wanagama was in the medium category. The advantage of this research is for understanding the environmental services of jati Mega as a forest carbon stock. Information on forest carbon stock can be used as basic data for forest management as climate change mitigation.

Keywords: superior teak, climate change mitigation, carbon accounting, environmental services

PENDAHULUAN

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Wanagama merupakan salah satu bentuk keberhasilan program rehabilitasi hutan di wilayah lahan kritis Kabupaten Gunungkidul. Wanagama merupakan hutan pendidikan yang dikelola oleh Fakultas Kehutanan UGM sesuai Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 493.Menlhk-Setjen/2015 dengan luasan 622,25 Ha. Na'iem *et al.*, (2020) mengungkapkan bahwa sebelum menjadi hutan seperti sekarang, kawasan tersebut berupa hamparan cadas di bawah iklim kering. Walaupun membutuhkan waktu panjang, lahan berbatu tanpa vegetasi yang dulu dikelilingi masyarakat miskin kini sudah beralih rupa menjadi kawasan hijau. Masyarakat yang hidup di pinggiran hutan sekarang menjadi lebih sejahtera dibandingkan era 1960-an ketika Wanagama sedang dirintis.

Untuk meningkatkan biomassa pohon, salah satu cara yang digunakan adalah pemuliaan pohon. Jati Mega merupakan hasil kegiatan pemuliaan pohon jati di Indonesia, yang dilakukan oleh Fakultas Kehutanan UGM dan perusahaan hutan negara Perhutani. Berdasarkan Na'iem *et al.* (2020), civitas akademika Fakultas Kehutanan UGM melakukan penelitian pemuliaan jati dengan mengumpulkan 600 pohon induk jati dari berbagai wilayah Indonesia. Kemudian dilakukan seleksi berdasarkan kemampuan bertunas (*sprouting ability*) dan kemampuan berakar (*rooting ability*), maka dihasilkan dua klon terbaik. Penamaan jati Mega berkaitan erat dengan kunjungan Presiden Megawati ke Wanagama di tahun 2004, pohon Jati Unggul yang ditunjukkan kepada Presiden Megawati tersebut kemudian diberi nama populer Jati Unggul Mega Wanagama (Na'iem *et al.*, 2020).

Jati Mega secara sifat fisika kayu (berat jenis dan penyusutan) tidak berbeda nyata dengan kayu konvensional, tetapi untuk sifat mekanika kayu (kekuatan lengkung statis) berbeda dengan jati konvensional (Hidayati *et al.*, 2016). Selain itu jati unggul hasil pemuliaan diperkirakan memiliki diameter dan tinggi dua kali lebih besar daripada jati konvensional (Basri & Wahyudi, 2013). Namun jenis jati unggul lainnya juga ada kelemahan, misalkan yang ditanam di Jawa Barat, kayunya kurang awet, kurang kuat, dan kurang stabil dibandingkan dengan jati konvensional (Wahyudi, Priadi & Rahayu., 2014).

Dari kegiatan penelitian berupa penanaman jenis-jenis unggulan di Kawasan KHDTK juga dapat dihitung cadangan karbonnya. Pertumbuhan tanaman tersebut dalam kurun waktu tertentu menghasilkan biomassa yang tersimpan di batang, cabang, daun, dan akar. Penelitian-penelitian tentang manfaat KHDTK sebagai cadangan karbon hutan juga telah dilakukan di KHDTK Malili, Sulawesi Selatan (Setiawan, 2015), KHDTK Labanan,

Kalimantan Timur (Hardjana, 2015), dan KHDTK Senaru, Nusa Tenggara Barat (Idris *et al.*, 2013).

Setelah hampir 2 dekade, Jati Mega telah tumbuh dan berkembang dengan baik di KHDTK Wanagama. Penelitian tentang potensi biomassa dan serapan karbon khususnya pada tegakan jati Mega KHDTK Wanagama perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah cadangan karbon dalam mitigasi perubahan iklim global. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi biomassa dan serapan karbon yang tersimpan pada tegakan Jati Mega di KHDTK Wanagama, Yogyakarta.

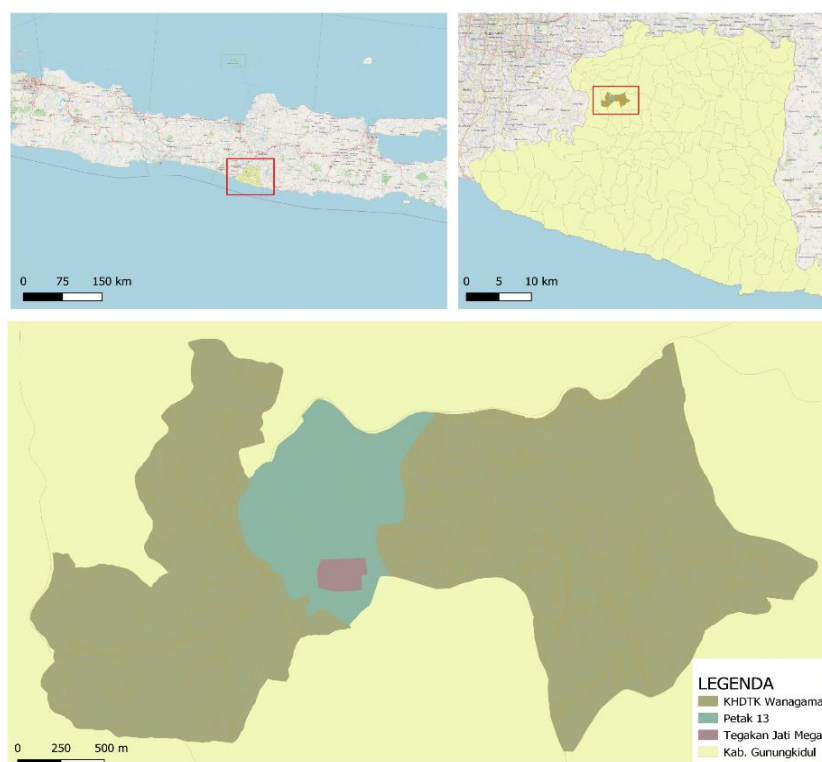
BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Wanagama. Secara geografis Hutan Pendidikan Wanagama terletak antara 75°3'25" dan 110°33'3" Bujur Timur dan antara 7°53'25" dan 7°54'52" Lintang Selatan. Wanagama terbagi menjadi 8 petak yang membujur dari barat ke timur terdiri dari petak 5, 6, 7, 13, 14, 16, 17, dan 18. Wanagama secara administratif terletak dalam wilayah Kecamatan Playen dan Patuk Gunungkidul. Penelitian kali ini dilakukan di Tegakan Jati Mega (Gambar 1) yang terletak di Petak 13 KHDTK Wanagama (Gambar 2).



Gambar 1. Tegakan jati mega di KHDTK Wanagama.



Gambar 2. Peta lokasi KHDTK Wanagama, Kabupaten Gunungkidul, D. I. Yogyakarta.

Alat dan Bahan

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tegakan Jati Mega di KHDTK Wanagama. Data yang diambil adalah luasan tegakan, diameter pohon, dan tinggi pohon dari tegakan jati Mega. Alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah rol meter, pita meter/*Phi band* untuk mengukur diameter pohon, *Forestry Pro* untuk menaksir tinggi pohon, dan alat tulis yang digunakan untuk mencatat data pengamatan.

Metode Penelitian

Pengambilan data biomassa jati mega

Pengukuran luasan tegakan jati Mega berdasarkan hasil cek lapangan dan analisis citra adalah 5,3 Ha. Jati Mega ditanam pada tahun 2004 hingga saat ini masuk ke dalam kategori kelas umur II. Merujuk pada lampiran Keputusan Direktur Jenderal Kehutanan No. 143/Kpts/Dj/1974 tahun 1974 tentang Peraturan Inventarisasi Jati, maka luas petak ukur yang digunakan adalah 0,04 ha dengan bentuk petak ukur lingkaran ($r = 11,28$ m). Selanjutnya, 10 petak ukur tersebut didistribusikan dengan menggunakan *uniform systematic distribution sampling* supaya dapat mewakili populasi jati Mega (Gambar 3).



Gambar 3. Distribusi petak ukur di tegakan jati mega.

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa tinggi dan diameter pohon jati Mega yang akan dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan kandungan biomassa. Perhitungan kandungan biomassa total dihitung dengan menggunakan persamaan allometrik $Bt = 0,0149(D^2.H)^{1,0855}$ untuk tegakan jati (Purwanto & Silaban, 2011). Biomassa total dalam persamaan ini merupakan total berat kering batang, ranting, dan daun yang termasuk biomassa di atas tanah (*above ground biomass*). Perhitungan simpanan karbon menggunakan asumsi bahwa kandungan karbon adalah 50% dari berat biomasanya (Nair, 2012). Lebih lanjut, Brown (1997) menjelaskan bahwa serapan karbon dihitung dengan mengkonversikan nilai simpanan karbon (C) ke dalam bentuk karbondioksida (CO_2), yaitu sebesar 3,67 (massa molekul relatif CO_2 sebesar 44 dibagi massa atom relatif C sebesar 12).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pohon jati Mega di KHDTK Wanagama ditanam pada tahun 2004 dengan jarak tanam 6 x 2 meter. Saat ini pohon jati Mega telah berumur 17 tahun dan masuk ke dalam kelas umur II. Dari hasil pengambilan data yang dilakukan pada 10 petak ukur dengan masing-masing luasan 0.4 ha, didapatkan total pohon contoh sebanyak 265 pohon (Tabel 1).

Tabel 1. Data hasil inventarisasi tegakan jati Mega di KHDTK Wanagama

Petak Ukur	Jumlah Pohon	Rerata Diameter (cm)	Rerata Tinggi (m)
1	27	16,5	9,2
2	25	17,1	12,1
3	28	21,1	16,7
4	28	20,5	17,1
5	27	15,2	9,8
6	29	18,2	14,8
7	30	19,6	17,7
8	18	19,6	12,5
9	27	20,3	14,5
10	27	22,8	17,5

Dalam penghitungan biomassa, simpanan karbon, dan serapan karbon menggunakan parameter diameter setinggi dada (dbh) dan tinggi total. Hasil pengukuran pada 10 petak ukur, karakteristik data di lapangan berupa jumlah pohon, diameter, dan tinggi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik data sampel jati mega di KHDTK Wanagama

Nilai	Unit	Min	Maks	Rerata	SD	CV (%)	P (%)	CI
Kerapatan Tegakan	Pohon/plot	18	30	26,50	3,24	12,23	0,75	26,89
Diameter	Cm	9,1	29,1	19,14	3,55	18,56	1,14	19,57
Tinggi	M	5,1	21	14,32	3,49	24,35	1,49	14,75

Perhitungan biomassa dilakukan dengan persamaan allometrik menggunakan rumus $Bt = 0,0149(D^2.H)^{1,0855}$ sehingga dihasilkan total biomassa tegakan sebesar 119,95 Mg/ha, simpanan karbon sebesar 59,98 Mg C/ha, dan serapan karbondioksida tegakan jati Mega Wanagama adalah sebesar 220,11 Mg/ha (CO₂-eq) (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan biomassa dan karbon tegakan jati mega di KHDTK Wanagama

Petak Ukur	Biomassa (Mg)	Simpanan Karbon (Mg C)	Serapan Karbondioksida (Mg) (CO ₂ -eq)
1	2,188	1,094	4,016
2	2,800	1,400	5,138
3	6,808	3,404	12,493
4	6,780	3,390	12,442
5	1,898	0,949	3,483
6	4,689	2,344	8,604
7	6,630	3,315	12,165
8	2,814	1,407	5,164
9	5,252	2,626	9,638
10	8,121	4,060	14,901
Rerata	4,798	2,399	8,804
Total per hektar	119,95	59,98	220,11

Pembahasan

Dari data 10 petak ukur, masing-masing memiliki jumlah pohon berkisar antara 18 hingga 30 pohon. Nilai diameter dan tinggi pohon tertinggi terdapat pada petak ukur 10 dan nilai diameter serta tinggi pohon terendah terdapat pada petak ukur 1 (Tabel 1). Secara umum dari pengambilan data tersebut, nilai diameter yang besar diperoleh dari pohon yang memiliki tinggi pohon yang relatif tinggi pula. Hal ini sesuai dengan Bustomi & Yulianti, (2013) bahwa diameter dan tinggi pohon memiliki hubungan linier yang cukup kuat. Meskipun, pertumbuhan diameter tidak selalu diikuti oleh pertumbuhan tinggi pohon.

Berdasarkan tabel 1, rerata diameter pohon jati Mega di petak ukur 1 (16,5 cm) dan petak ukur 5 (15,2 cm) memiliki tinggi berkisar 9 meter. Sedangkan, pada rerata diameter pohon jati Mega di petak ukur 10 (22,8 cm) memiliki rerata tinggi 17,5 m. Namun demikian, pertumbuhan diameter belum tentu diikuti juga oleh pertumbuhan tinggi. Hal ini terlihat dari rerata diameter pohon jati Mega pada petak ukur 7 (19,6 cm) memiliki rerata tinggi (17,7 m) lebih tinggi dari rerata tinggi pada petak ukur 9 (14,5) yang rerata diameternya 20,3 cm.

Nilai kandungan biomassa dan serapan karbon pada tegakan jati Mega di KHDTK Wanagama termasuk ke dalam kategori sedang. Klasifikasi ini didasarkan pada Aryandi (2015) yang membagi nilai kandungan biomassa dan serapan karbon ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Nilai kandungan biomassa 0—66,67 Mg/ha termasuk kategori rendah, nilai 66,67—130 Mg/ha termasuk kategori sedang, dan nilai 130—309,9 Mg/ha termasuk kategori tinggi. Sedangkan nilai serapan karbon 0—30 Mg C/ha (CO₂-eq) termasuk kategori rendah, nilai 30—60 Mg C/ha (CO₂-eq) termasuk kategori sedang, dan nilai 60—145,65 Mg C/ha (CO₂-eq) termasuk kategori tinggi.

Berdasarkan kategori dari *High Carbon Stock Approach* (HCSA), klasifikasi hutan berdasarkan simpanan karbon dibagi menjadi *high density forest* (HDF), *medium density forest* (MDF), *low density forest* (LDF), *young regenerating forest* (YRF), *scrub* (S), dan *open land* (OL) (Rosoman *et al.*, 2017). Total simpanan karbon tegakan Jati Mega sebesar 59,98 MgC/ha, termasuk dalam kategori *young regenerating forest*. Hutan dengan klasifikasi *young regenerating forest* memiliki perkiraan simpanan karbon sebesar 35—75 MgC/ha (Rosoman *et al.*, 2017).

Nilai simpanan karbon ini termasuk cukup baik karena umur tegakan di jati Mega masih muda, yaitu di kelas umur II dan perhitungan simpanan karbon ini hanya dari biomassa di atas tanah (*above ground biomass*). Sementara menurut Purwanto *et al.*, (2012) menjelaskan bahwasannya terdapat lima sumber karbon yang seharusnya diukur di dalam ekosistem hutan, antara lain biomassa di atas tanah yang termasuk tumbuhan bawah, biomassa di bawah tanah, sisa-sisa kayu mati, serasah, dan karbon organik tanah. Apabila perhitungan ini menggunakan seluruh sumber karbon, maka potensi simpanan karbon di tegakan jati Mega Wanagama akan semakin tinggi. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut dapat mengukur cadangan karbon pada bagian bawah tanah maupun serasah yang berada di lokasi tumbuhnya jati Mega. Sehingga dapat diketahui lebih lengkap total simpanan karbon yang berada di tegakan jati Mega.

Jati unggul memiliki kelebihan dalam pertumbuhan yang cepat. Misalkan, Jati Unggul Nusantara (JUN) umur 5 tahun di Kabupaten Magetan sudah memiliki total biomassa basah (akar, batang, cabang, dan daun) sekitar 0,36 Mg C/pohon (Lukito & Rohmatiah, 2013). Namun, jati bukan hasil pemuliaan juga bisa memiliki nilai simpanan karbon yang meningkat apabila kerapatannya dijaga. Jati di KPH Cianjur dengan umur tegakan 13 dan 20 tahun memiliki simpanan karbon sebesar 51,30 Mg C/ha dan 79,99 Mg C/ha dengan kerapatan tegakan 410 pohon/ha dan 315 pohon/ha (Agnita & Saharjo, 2011).

Serapan karbon pada yang dihasilkan dari jati unggul Mega Wanagama memiliki nilai yang lebih tinggi dari jati konvensional pada umur yang sama. Hal ini dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Chanan (2012), yang melakukan perhitungan kandungan biomassa dan serapan karbon di atas permukaan tanah pada umur yang sama yaitu 17 tahun menghasilkan rerata biomassa dan serapan karbon sebesar 79,27 Mg C/ha dan 36,47 Mg C/ha. Dari hasil tersebut, kandungan biomassa dan serapan karbon di jati Mega Wanagama memiliki nilai 1,5 kali lebih tinggi daripada jati konvensional untuk umur yang sama.

Cadangan karbon di KHDTK pada tegakan heterogen memiliki nilai yang lebih tinggi. Sebagai contoh, penelitian cadangan karbon di KHDTK Senaru, Nusa Tenggara Barat yang

menggunakan sistem agroforestri dengan kombinasi beberapa jenis tanaman hutan memiliki rerata cadangan karbon sebesar 126,41 Mg C/ha (Idris *et al.*, 2013). Lebih lanjut, hutan hujan tropis dataran rendah di KHDTK Malili mampu menyerap Karbon dioksida (CO₂) sebesar 824,53 Mg/ha (CO₂-eq) untuk tingkat pertumbuhan pohon (Setiawan, 2015). Dengan demikian, peran KHDTK selain sebagai lokasi untuk pendidikan dan penelitian, juga memberikan fungsi jasa lingkungan sebagai cadangan dan penyerap karbon.

KESIMPULAN

Kerapatan tegakan sebesar 665 pohon/ha, total biomassa sebesar 119,95 Mg/ha, total simpanan karbon sebesar 59,98 Mg C/ha, dan total serapan karbondioksida sebesar 220,11 Mg/ha (CO₂-eq). Serapan karbon termasuk dalam kategori sedang.

SARAN

Penelitian ini bermanfaat sebagai salah satu informasi dari manfaat jasa lingkungan KHDTK Wanagama sebagai penyimpan karbon pada tegakan jati Mega. Hasil penelitian juga dapat dijadikan sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya terkait dinamika biomassa dan karbon hutan Jati, khususnya Jati Mega Wanagama. Oleh karena itu pengukuran riap biomasa, karbon, dan serapan karbon secara berkala penting untuk dilakukan dalam perencanaan pengelolaan KHDTK, khususnya dalam kegiatan mitigasi perubahan iklim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Pengelola Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Wanagama, dan pengurus Forestry Student Club (FSC) periode 2021 yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Sausani Nabila Afafi berkontribusi dalam pengambilan data lapangan, perancangan peta, analisis data, dan penulis utama pada artikel ilmiah ini. Khairudin Iqbal Suparta, Heni Fatmawati, Nur Hayma Eka Sari, dan Jovian Dito Rissaldy berkontribusi dalam pengambilan data di lapangan dan analisis data. M. Bintang Ardiansyah, Fikri Danang Himawan, Muthia Aulia, dan Farahdila Yasmin Al-Husna berkontribusi dalam pengolahan data lapangan dan analisis data. Budi Mulyana berkontribusi sebagai perancang dalam pengambilan data

lapangan, analisis data, dan menyusun draft awal artikel. Semua penulis berkontribusi secara aktif dalam penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnita, T. C., & Saharjo, B. H. (2011). Pendugaan Potensi Kandungan Karbon Pada Tegakan Jati (*Tectona grandis* Linn. F) Di Areal KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat Dan Banten (The estimation of carbon stock of teak stand (*Tectona grandis*) in KPH Cianjur, Perum Perhutani Unit III Wes. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 16(3), 185–190.
- Aryandi, A. (2015). Estimasi Stok Karbon Menggunakan Citra Alos Avnir-2 Di Hutan Wanagama Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Bumi Indonesia*, 4(5).
- Basri, E., & Wahyudi, I. (2013). Sifat dasar kayu jati plus perhutani dari berbagai umur dan kaitannya dengan sifat dan kualitas pengeringan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(2), 93–102.
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer* (FAO Forestry Paper No. 134). Rome.
- Bustomi, S., & Yulianti, M. (2013). Model Hubungan Tinggi dan Diameter Pohon Akasia (*Acacia auriculiformis*) sebagai Penghasil Kayu Energi di Kabupaten Purwokerto Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(3), 155–160.
- Chanan, M. (2012). Pendugaan cadangan karbon (C) tersimpan di atas permukaan tanah pada vegetasi hutan tanaman jati (*Tectona Grandis* LINN. F)(Di RPH Sengguruh BKPH Sengguruh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur). *Jurnal Gamma*, 7(2), 61–73.
- Direktur Jenderal Kehutanan. Keputusan Direktur Jenderal Kehutanan No. 143/Kpts/Dj/74 Tentang Peraturan Inventarisasi Hutan Jati (1974). Indonesia.
- Hardjana, A. K. (2015). Kapasitas stok biomassa tegakan dipterokarpa dan non dipterokarpa berdasarkan kondisi tutupan vegetasi hutan di KHDTK Labanan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 1, pp. 590–596). <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010335>.
- Hidayati, F., Fajrin, I. T., Ridho, M. R., Nugroho, W. D., Marsoem, S. N., & Na'iem, M. (2016). Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Jati Unggul “Mega” dan Kayu Jati Konvensional yang di Tanam di Hutan Pendidikan, Wanagama, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 10(2), 98–107. <https://doi.org/10.22146/jik.16510>.
- Idris, M. H., Latifah, S., Aji, I. M. L., Wahyuningsih, E., Indriyatno, & Ningsih, R. V. (2013). Studi vegetasi dan cadangan karbon di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru, Bayan Lombok Utara. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 25–36.
- 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 Lembeyan Kabupaten Magetan). *Agri-Tek*, 14(1), 1–23.

- Na'iem, M., Rudiana, P. A., Hasibuan, S. M., Idhom, A. M., Mustaqim, A., Sutriyati., & Cahyono, M. F. (2020). *WANAGAMA Kisah Terciptanya Hutan Pendidikan, Konservasi, dan Kesejahteraan Sosial Ekonomi bagi Rakyat Sekitar*. Yogyakarta: Samudra Biru.
- Nair, P. K. R. (2012). Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. *Agroforestry Systems*, 86, 243–253. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9434-z>.
- Purwanto, R. H., Rohman, Maryudi, A., Yuwono, T., Permadi, D. B., & Sanjaya, M. (2012). Potensi Biomasa dan Simpanan Karbon Jenis-jenis Tanaman Berkayu di Hutan Rakyat Desa Nglanggeran, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 6(2), 128–141. <https://doi.org/10.22146/jik.5778>.
- Purwanto, R. H., & Silaban, M. (2011). Inventore Biomassa Dan Karbon Jenis Jati (*Tectona grandis* L.F.) Di Hutan Rakyat Desa Jatimulyo, Karanganyar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 5(1), 40–50.
- Rosoman, G., Sheun, S. S., Opal, C., Anderson, P., & Trapshah, R. (2017). *The HCS Approach Toolkit. The HCS Approach Toolkit Version 2.0*. Singapore. Retrieved from www.forestdeclaration.org
- Setiawan, H. (2015). Potensi KHDTK Malili Sebagai Rosot Karbondioksida Dalam Rangka Mitigasi Terhadap Perubahan Iklim. *Info Teknis EBONI*, 12(1), 1–12. Retrieved from http://balihutmakassar.org/wp-content/uploads/2014/11/1_Potensi-KHDTK-Malili-sebagai-rosot-karbon-dioksida_Info-Teknis-Eboni-Vol-12-No-1-2015.pdf
- Wahyudi, I., Priadi, T., & Rahayu, I. S. (2014). Karakteristik Dan Sifat-Sifat Dasar Kayu Jati Unggul Umur 4 Dan 5 Tahun Asal Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(1), 50–56.