

Gorontalo

Journal Of Forestry Research

Volume 3 Nomor 1 April 2020

P-ISSN 2614-2058; E-ISSN 2614-204X

POTENSI SIMPANAN KARBON RANTING-DAUN KAYU PUTIH DI KPH YOGYAKARTA **POTENCY OF CARBON STORAGE OF CAJUPUT LEAVE-TWIGS AT KPH YOGYAKARTA**

Budi Mulyana^{1*}, Ris Hadi Purwanto¹

¹Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada

*E-mail: budimulyana@ugm.ac.id

Received: 04th February 2020; Revised: 08th April 2020;

Accepted: 11th May 2020

ABSTRAK

Hutan tanaman kayu putih dapat dimanfaatkan untuk kepentingan ekonomi dan jasa lingkungan. Namun kajian tentang peran tanaman kayu putih dalam menghasilkan jasa lingkungan berupa penyimpanan karbon belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih yang siap pangkas. Alat yang digunakan adalah timbangan digital, kompas, dan parang. Bahan penelitian adalah tegakan kayu putih yang berumur 23-43 tahun di KPH Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa petak 31 KPH Yogyakarta didominasi oleh tegakan kayu putih berumur 23 tahun (52%) dengan potensi simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih sebesar 545,6 gr/pohon. Tegakan kayu putih yang memiliki produktivitas terbesar adalah tegakan umur 33 tahun dimana simpanan karbonnya sebesar 807,7 gr/pohon dengan kerapatan tegakan 2.325 pohon/ha. Total simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih untuk tegakan berumur 23, 27, 31, 33, 40, 41, dan 43 tahun secara berturut-turut adalah 36,50 ton, 1,58 ton, 10,70 ton, 2,83 ton, 3,61 ton, dan 5,90 ton. Dengan demikian, potensi total simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih di petak 31 mencapai 65,04 ton.

Kata kunci: hasil hutan bukan kayu, biomasa, jasa lingkungan, karbon, kayu putih

ABSTRACT

Cajuput plantation can be utilized for economic and environmental services purposes. However, studies on the role of cajuput plants to produce environmental services, especially as carbon storage have not been carried out. This study aim is determining the potential of carbon storage in leave-twigs of cajuput that are ready to be harvested. The research equipment are digital scales, compass, and knife. The research material is cajuput stand at 23-43 years at KPH Yogyakarta. The results showed that at compartment 31 of KPH Yogyakarta were dominated by stand on age 23 years (52%) which the carbon storage was 545,6 gr/tree. Cajuput stand that produces the higher carbon storage was the stand in which the age is 33 years. The carbon storage at age 23 years is 807,7 gr/tree and the stand density is 2.325 trees/ha. The total leave-twigs' carbon storage at age of 23, 27, 31, 33, 40, 41, 43 were 36,5 tons, 1,58 tons, 10,70

tons, 2,83 tons, 3,61 tons, and 5,90 tons respectively. Thus, the potential of total carbon storage in cajuput's leave-twigs at compartment 31 is 65,04 tons.

Keywords: non-timber forest products, biomass, environmental services, carbon, cajuput

PENDAHULUAN

Hasil hutan bukan kayu (HHBK) di Indonesia sangat beragam dan memiliki potensi nilai ekonomi yang tinggi. Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.35/Menhut-II/2007 tentang Hasil Hutan Bukan Kayu, kelompok HHBK di Indonesia terdiri dari jenis tumbuhan (494 jenis) dan satwa (63 jenis) (Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2007). Salah satu komoditi HHBK yang memiliki potensi nilai ekonomi adalah minyak atsiri. Indonesia telah memproduksi sekitar 40 minyak atsiri dimana 12 jenis (nilam, akar wangi, kenanga, kayu putih, sereh dapur, cengkeh, cendana, pala, kayu manis, kemukus, dan lada) tersebut sudah dikembangkan dalam skala industri (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2011).

Hutan tanaman kayu putih dapat dimanfaatkan untuk kepentingan ekonomi dan jasa lingkungan. Secara ekonomi, pada tahun 2012 produksi ranting-daun kayu putih di KPH Yogyakarta mencapai 5.015 ton (Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, 2014) dan di Perhutani sebesar 43.505 ton (Perhutani, 2012) yang diolah menjadi minyak kayu putih. Selain itu, tanaman kayu putih memberikan manfaat pada lingkungan untuk rehabilitasi lahan kritis (Kartikawati et al., 2014) maupun penyimpanan karbon (Lukito, 2011).

Simpanan karbon pada hutan tanaman terdapat pada biomasa di atas tanah (*above ground biomass*) dan di bawah tanah (*below ground biomass*). Penelitian manfaat hutan sebagai penyimpan cadangan karbon sudah dilakukan di Indonesia untuk di hutan produksi (Akbar, 2012; Hardjana, 2010; Hardjana et al., 2012; Samsuudin et al., 2016), hutan lindung (Indrajaya, 2013), maupun di lahan basah (Heriyanto and Subiandono, 2012; Karim et al., 2019; Rahman et al., 2017; Wahyuni and Suryawan, 2012; Yuwono et al., 2015). Pendugaan simpanan karbon hutan pada umumnya menitikberatkan pada bagian batang dari pohon atau keseluruhan bagian pohon. Penelitian mengenai simpanan karbon pada hutan tanaman kayu putih yang telah dilakukan diantaranya adalah model penduga simpanan karbon tanaman kayu putih (Lukito, 2011), dan simpanan karbon pada berbagai model agroforestri di hutan tanaman kayu putih (Budiadi and Ishii, 2010).

Tanaman kayu putih diusahakan untuk dimanfaatkan ranting-daun sebagai bahan baku pabrik minyak kayu putih dengan menggunakan sistem pemangkasan. Namun masih jarang yang melakukan penelitian simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih, khususnya pada umur ranting-daun siap pangkas. Pemangkasan ranting-daun kayu putih untuk dijadikan bahan baku industri minyak kayu putih dapat mengurangi potensi simpanan dan serapan karbon ekivalen. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui simpanan dan serapan karbon ekivalen pada ranting-daun kayu putih yang siap pangkas.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di petak 31 Resort Polisi Hutan (RPH) Gelaran Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2018 untuk mengukur biomasa ranting-daun kayu putih yang berumur 9 bulan setelah pemangkasan. Bahan penelitian adalah tegakan kayu putih yang berumur 23, 27, 31, 33, 40, 41, dan 43 tahun.

Biomassa ranting-daun kayu putih yang dipanen merupakan berat basah. Untuk mengetahui berat basah ranting-daun kayu putih, dari setiap umur tegakan

diambil 30 pohon sampel yang dipangkas ranting-daun (total pohon sampel adalah 210 pohon). Berdasarkan SNI No. 7724 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon-pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan, biomassa yang digunakan dalam perhitungan cadangan karbon merupakan berat kering tanur dari vegetasi (Badan Standarisasi Nasional, 2011) sehingga diperlukan informasi mengenai perubahan biomassa ranting-daun kayu putih dari berat basah ke berat kering dan kandungan karbonnya. Informasi mengenai perubahan berat basah ke berat kering dan kandungan karbon ranting-daun kayu putih menggunakan data hasil penelitian Lukito (2010). Lebih lanjut, dalam SNI No. 7724, persamaan yang digunakan dalam penghitungan karbon dari biomassa adalah sebagai berikut;

$$C_o = B \times \% C_{organik} \quad (i)$$

Keterangan

- C_o : kandungan karbon dari biomassa (Kg)
 B : total biomassa (Kg)
 $\%C_{organik}$: persen karbon sebesar 0.47 atau yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium

Untuk mengetahui total simpanan karbon dan serapan karbon menggunakan persamaan sebagai berikut

$$C_{stratum} = C_{pohon} \times N \times L \quad (ii)$$

$$C_{total} = \sum C_{stratum} \quad (iii)$$

$$CO_2eq = 3,67 \times C_{total} \quad (iv)$$

Keterangan:

- $C_{stratum}$: kandungan karbon pada setiap strata (ton)
 C_{total} : kandungan karbon total seluruh areal (ton)
 C_{pohon} : kandungan karbon pada ranting-daun setiap pohon (ton)
 CO_2eq : serapan karbon ekivalen (ton)
 N : kerapatan tegakan (n/ha)
 L : luas setiap strata (ha)

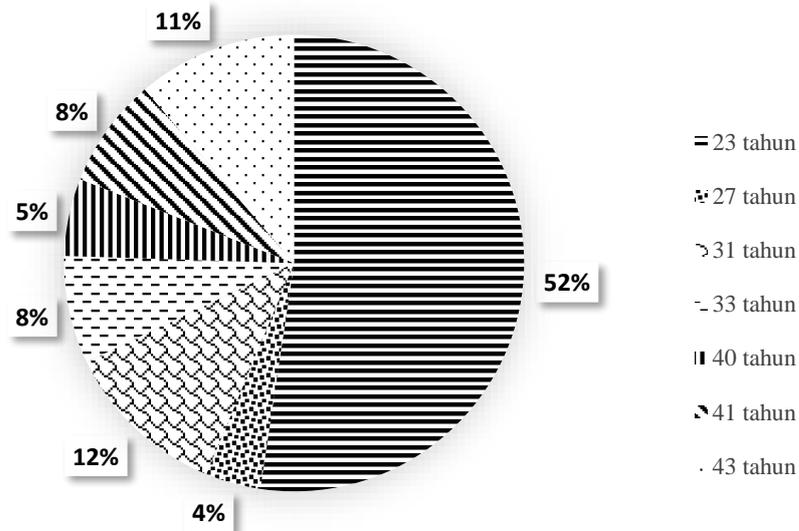
Hasil penelitian Lukito (2010) menunjukkan bahwa rata-rata berat kering ranting-daun kayu putih untuk tanaman berumur 20 – 40 tahun adalah 46,74% dari berat basahnya dengan $\%C_{organik}$ sebesar 59,62%. Nilai-nilai tersebut digunakan dalam konversi berat basah ranting-daun kayu putih hasil pengukuran di petak 31 menjadi berat kering tanur dan kandungan karbon pada ranting-daun kayu putih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hutan tanaman kayu putih dikembangkan oleh KPH Yogyakarta dan menjadi salah satu sumber pendapatan asli daerah (PAD) Provinsi Yogyakarta. Hutan tanaman kayu putih di KPH Yogyakarta terdiri dari hutan lindung (303,75 ha) dan hutan produksi (4.205,00 ha), dimana kawasan hutan tanaman kayu putih dengan tegakan normal seluas 104,7 ha (Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, 2014). Lebih lanjut, Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY (2014) menjelaskan bahwa pada tahun 2013, hutan tanaman kayu putih telah menghasilkan PAD lebih dari 7 Milyar Rupiah.

Derajat kenormalan (Dkn) tegakan merupakan perbandingan antara kerapatan tegakan di lapangan dengan kerapatan tegakan dalam tabel tegakan normal. Kerapatan normal berdasarkan tabel tegakan hutan tanaman kayu putih di KPH Yogyakarta sebesar 3.334 tanaman/ha dimana tegakan yang masuk dalam kategori normal apabila $Dkn > 0,5$ atau kerapatan tegakan di lapangan minimal 1.667 tanaman/ha (Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, 2014). Berdasarkan

hasil inventarisasi sumberdaya hutan, Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY (2014) telah menetapkan petak 31 (74,7 ha) di RPH Gelaran dan petak Salam dan Guwo (30,0 ha) di RPH Pucangnom sebagai petak yang kerapatan tegakannya masuk dalam kategori normal ($D_{kn} > 0,5$). Petak 31 tersusun oleh tegakan kayu putih berumur 23, 27, 31, 33, 40, 41, dan 43 tahun (Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, 2014). Pada umumnya, petak 31 didominasi oleh tegakan kayu putih berumur 23 tahun (gambar 1).



Gambar 1. Distribusi umur tegakan di lokasi penelitian

Sumber: pengolahan data kendali petak 31 (Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta, 2011)

Hasil pengukuran di lapangan, produktivitas ranting-daun tanaman kayu putih memiliki keragaman yang tinggi. Produktivitas ranting-daun tanaman kayu putih terendah sebesar 300 gr/pohon dan yang tertinggi mencapai 5.212,5 kg/pohon. Tingginya keragaman tersebut diduga oleh adanya perbedaan umur tanaman sehingga produksi ranting-daun menjadi beragam.

Tabel 1. Deskripsi data berat basah ranting-daun kayu putih (gr)

Umur tegakan (tahun)	Jumlah sampel (n)	Minimum	Maksimum	Rerata	Standar deviasi
23	30	687,5	5.212,5	1.960,4	1.081,4
27	30	300,0	3.287,5	1.306,3	790,1
31	30	550,0	2.150,0	1.016,3	473,1
33	30	1.000,0	7.062,5	2.902,1	1.736,9
40	30	375,0	2.412,5	1.190,8	489,5
41	30	450,0	2.875,0	1.087,9	573,6
43	30	750,0	1.575,0	1.124,2	252,7

Sumber: pengolahan data primer, 2018

Tanaman kayu putih di petak 31 menghasilkan berat basah ranting-daun kayu putih yang relatif lebih baik. Rata-rata produktivitas tegakan kayu putih di petak 31 KPH Yogyakarta sebesar 1.999 kg/ha Mulyana et al., (2018) atau 1,442

kg/pohon Mulyana et al. (2019) untuk tanaman kayu putih siap dipangkas ranting-daunnya. Dibandingkan dengan petak lainnya di KPH Yogyakarta yang kerapatan tegakannya lebih rendah dari petak 31, produktivitas tegakan kayu putihnya berkisar 1.000 – 1.500 kg/ha/tahun (Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, 2014).

Umur optimal tanaman kayu putih dapat dipertimbangkan dalam rencana pengelolaan kelestarian hutan untuk menjaga produktivitas ranting-daun kayu putih. Daur biologis tanaman kayu putih di Perhutani diperkirakan 25 tahun dan produktivitas ranting-daunnya akan menurun setelah umur tersebut (Utomo et al., 2012). Penurunan produktivitas ranting-daun kayu putih yang siap panen di KPH Yogyakarta (tabel 1) juga terlihat pada tanaman yang umurnya lebih dari 33 tahun. Rerata produktivitas tanaman kayu putih yang berumur 40 tahun keatas, produktivitasnya kurang lebih 50% lebih rendah dibandingkan rerata produktivitas ranting-daun kayu putih umur 33 tahun.

Produktivitas ranting-daun kayu putih mempengaruhi terhadap simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih. Semakin besar berat basah ranting-daun kayu putih, maka nilai kandungan karbon juga akan meningkat (tabel 2). Selain berat basah ranting-daun kayu putih pada setiap umur tanaman, total kandungan karbon juga dipengaruhi oleh kerapatan tegakan dan luas areal setiap umur tanaman kayu putih.

Tabel 2. Simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih di KPH Yogyakarta

Umur tegakan	Rata-rata berat basah ranting-daun (gr/pohon)	Rata-rata simpanan karbon ranting-daun (gr/pohon)	Kerapatan tegakan (n/ha)*	Luas (ha)*	Simpanan karbon per hektar (gr/ha)	Total simpanan karbon (gr)
23	1.960,4	545,6	1.711	39,1	933.521,6	36.500.694,6
27	1.306,3	363,6	1.498	2,9	544.672,8	1.579.551,1
31	1.016,3	282,9	1.589	8,7	449.528,1	3.910.894,5
33	2.902,1	807,7	2.325	5,7	1.877.902,5	10.704.044,3
40	1.190,8	331,4	2.083	4,1	690.306,2	2.830.255,4
41	1.087,9	302,8	2.058	5,8	623.162,4	3.614.341,9
43	1.124,2	312,9	2.246	8,4	702.773,4	5.903.296,6
Total	-	-	-	74,7	-	65.043.078,4

Sumber: pengolahan data primer, 2018 dan *data sekunder kendali petak 31 (Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta, 2011)

Secara keseluruhan, rata-rata tanaman kayu putih di petak 31 menghasilkan biomasa ranting-daun kayu putih sebesar 1.512,6 gr/pohon dengan rata-rata simpanan karbon sebesar 421,0 gr/pohon. Dengan demikian, tegakan kayu putih berumur 23 dan 33 tahun berada diatas nilai rata-rata dalam menghasilkan biomassa dan simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih.

Total simpanan karbon di petak 31, selain dipengaruhi oleh produktivitas tanaman kayu putih pada berbagai umur dalam menghasilkan ranting-daun, juga dipengaruhi oleh kerapatan tegakan dan luas masing-masing tegakan kayu putih berdasarkan umurnya. Rata-rata kerapatan tegakan untuk semua umur di petak 31 sebesar 1.897 pohon/ha, sehingga petak 31 masuk kategori tegakan normal dimana kerapatan tegakannya diatas 1.667 pohon/ha. Tegakan kayu putih dengan umur 27 dan 31 tahun, kerapatan tegakannya masih dibawah ambang batas kerapatan tegakan normal sehingga perlu dipertimbangkan untuk dilakukan pengayaan tanaman.

Produktivitas tanaman, kerapatan tegakan, dan luas area setiap strata umur tegakan kayu putih berbanding lurus terhadap total simpanan karbon (persamaan ii). Pada tegakan dengan umur 31 dan 43 tahun, masing-masing memiliki luas yang relatif sama yaitu 8,7 dan 8,4 ha, tetapi kerapatan tegakan dan produktivitas

tanamanannya berbeda. Tegakan kayu putih dengan umur 31 dibandingkan dengan tegakan umur 43 tahun, produktivitasnya 10,6% lebih rendah, kerapatannya lebih rendah 41,3%, tetapi luasnya lebih besar 3,4%, sehingga nilai total simpanan karbonnya juga lebih rendah 50,9% dari tegakan kayu putih umur 43 tahun.

Tegakan umur 33 tahun menunjukkan secara jelas pengaruh produktivitas dan kerapatan terhadap total simpanan karbon. Tegakan umur 33 tahun memiliki luas 8% dari total luas petak 31 (gambar 1) tetapi total simpanan karbonnya mencapai 16,5% dari keseluruhan total simpanan karbon ranting-daun kayu putih di petak 31. Meskipun luas arealnya kecil, tetapi produktivitas tanaman dan kerapatan tegakannya paling tinggi dibandingkan tegakan umur yang lain.

Pengaruh luas tanaman terhadap total simpanan karbon terlihat jelas pada tegakan kayu putih umur 23 tahun. Tegakan umur 23 tahun luasnya mencapai 52% dari total luas petak 31 (gambar 1) sehingga total simpanan karbonnya mencapai 56,1% dari seluruh total simpanan karbon di petak 31. Potensi simpanan karbon di petak 31 juga dapat dihitung potensi serapan karbondioksida dengan menggunakan persamaan iv (table 3).

Tabel 3. Potensi serapan karbon ekivalen di petak 31 KPH Yogyakarta

Umur tegakan (tahun)	Luas (ha)*	Total simpanan karbon (ton)	Serapan karbon ekivalen (ton/ha)
23	39,1	36,500	3,426
27	2,9	1,579	1,998
31	8,7	3,910	1,649
33	5,7	10,704	6,892
40	4,1	2,830	2,533
41	5,8	3,614	2,287
43	8,4	5,903	2,579
Total	74,7	65,043	-

Sumber: pengolahan data primer, 2018

Potensi serapan karbon ekivalen pada petak 31 KPH Yogyakarta sebesar 238,708 ton. Penyerapan karbon ekivalen dengan jumlah yang besar dihasilkan oleh tegakan kayu putih yang berumur 33 tahun (6,893 ton/ha) dan 23 tahun (3,426 ton/ha). Potensi penyerapan karbon ekivalen tersebut akan hilang apabila ranting-daun dilakukan pemangkasan. Namun, potensi serapan karbon ekivalen akan kembali bertambah apabila ranting-daun yang dipangkas tersebut menghasilkan pucuk yang baru.

Tabel 4. Serapan karbon ekivalen pada beberapa tanaman/tipe hutan

Tanaman/tipe hutan	Lokasi	Serapan karbon ekivalen (ton/ha)
Sengon	Kediri, Jawa Timur	154,10
Ganitri	Ciamis, Jawa Barat	188,38
Aren	Ciamis, Jawa Barat	180,05
Mangium	Bogor, Jawa Barat	115,29
Hutan produksi (bekas tebangan 1 tahun)	Siberut, Sumatera Barat	129,15
Hutan produksi (bekas tebangan 5 tahun)	Siberut, Sumatera Barat	178,99
Hutan Sekunder muda	Bogor, Jawa Barat	102,31

Sumber: Widiyanto (2011)

Serapan karbon ekivalen pada ranting-daun tegakan kayu putih lebih kecil dibandingkan dengan serapan karbon ekivalen pada hutan tanaman lainnya

maupun hutan produksi. Berdasarkan tabel 4, serapan karbon ekivalen di hutan tanaman dan hutan produksi nilainya diatas 100 ton/ha. Pada hutan produksi yang produk utamanya kayu, potensi simpanan dan serapan karbon pada umumnya berada pada bagian batang tanaman. Tetapi, simpanan dan serapan karbon pada hutan tanaman dan hutan produksi akan berkurang apabila dilakukan pemanenan.

Tegakan kayu putih yang menerapkan sistem pemangkasan jangka pendek (*short rotation coppice*) memiliki implikasi terhadap simpanan dan serapan karbon. KPH Yogyakarta menerapkan kebijakan untuk rotasi pemangkasan ranting-daun kayu putih dilakukan setiap 9 bulan sekali. Setelah dipangkas, tanaman kayu putih akan tumbuh ranting-daun yang baru (*coppice*) dan terus berkembang sampai ranting-daun siap dipangkas kembali. Dengan demikian, meski simpanan karbon yang ada pada ranting-daun tersebut berkurang ketika dilakukan pemangkasan, namun akan berganti dengan simpanan karbon yang berasal dari pertumbuhan ranting-daun yang baru.

PENUTUP

Potensi total simpanan karbon pada ranting-daun kayu putih di petak 31 KPH Yogyakarta sebesar 65 ton atau setara dengan serapan karbon ekivalen 238,708 ton. Dengan memangkas ranting-daun kayu putih, maka simpanan karbon sebesar 65 ton dan serapan karbon ekivalen sebesar 238,708 ton akan berkurang sampai dengan tumbuhnya ranting-daun kayu putih yang baru. Kesimpulan penelitian ini hanya berlaku pada lokasi penelitian di petak 31 KPH Yogyakarta.

Tanaman kayu putih yang dimanfaatkan ranting-daunnya sebagai bahan baku pabrik minyak kayu putih perlu diteliti lebih mendalam mengenai dinamika simpanan karbon selama proses pertumbuhan ranting-daun setelah pemangkasan sampai dengan pemangkasan berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan pendanaan dalam penelitian. Kami juga menyampaikan apresiasi yang tinggi kepada KPH Yogyakarta yang telah membantu dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., 2012. Persamaan allometrik untuk menduga kandungan karbon jenis meranti (*Shorea teysmaniana*) di hutan alam rawa gambut Kalimantan Tengah Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan Volume 9, 1–11.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. Standar Nasional Indonesia No. 7724 tentang Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan Jakarta.
- Budiadi, Ishii, H.T., 2010. *Comparison of carbon sequestration between multiple-crop, single-crop and monoculture agroforestry systems of Melaleuca in Java, Indonesia*. J. Trop. For. Sci. 22, 378–388.
- Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, 2014. Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang Kesatuan Pengelolaan Hutan (RPHJP KPHP) Model Yogyakarta Daerah Istimewa Yogyakarta. Dinas Kehutanan dan Perkebunan DIY, Yogyakarta.
- Hardjana, A.K., 2010. Potensi Biomassa Dan Karbon Pada Hutan Tanaman Acacia mangium DI HTI PT. Surya Hutani Jaya, Kalimantan Timur Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan Volume 7(4), 237–249.
- Hardjana, A.K., Noor'an, R.F., Tumakaka, I.S., Rojikin, A., 2012. Pendugaan stok karbon kelompok jenis tegakan berdasarkan tipe potensi hutan di kawasan hutan lindung Sungai Wain Jurnal Penelitian Dipterokarpa Volume 6, 85–96.

- Heriyanto, N.M., Subiandono, E., 2012. Komposisi dan struktur tegakan, biomasa, dan potensi kandungan karbon hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Volume 9, 23–32.
- Indrajaya, Y., 2013. Cadangan Karbon Hutan Lindung Long Ketrok Di Kabupaten Malinau, Kalimantan Timur Untuk Mendukung Mekanisme REDD+. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* Volume 10, 99–109.
- Karim, H.A., Ahmad, A., Rosdayanti, A., 2019. Komposisi dan cadangan karbon ekosistem mangrove Teluk Bone Palopo, Sulawesi Selatan. *Gorontalo Jurnal Forest Research* Volume 2, 11–19.
- Kartikawati, N.K., Rimbawanto, A., Susanto, M., Baskorowati, L., Prastyono, 2014. *Budidaya Dan Prospek Pengembangan Kayu Putih (Melaleuca cajuputi)*, Bogor. ed. IPB Press.
- Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2007. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.35/Menhut-II/2007 Tentang Hasil Hutan Bukan Kayu.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2011. *Indonesian Essential Oils : The Scents of Natural Life, Indonesian Essential Oil : The Secents of Natural Life*. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, Jakarta.
- Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta, 2011. Kendali Petak Resort Pengelolaan Hutan Gelaran. Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta, Yogyakarta.
- Lukito, M., 2010. Inventarisasi Hutan Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi* subsp *cajuputi* Powell) Dalam Menghasilkan Biomassa Dan Karbon Hutan (kasus di hutan tanaman kayu putih, BKPH Sukun, KPH Madiun Perum Perhutani Unit II Jawa Timur). Universitas Gadjah Mada.
- Lukito, M., 2011. Model Pendugaan Biomassa Tanaman Kayu Putih. *Jurnal Agri-tek* Volume 12, 1–17.
- Mulyana, B., Rohman, Wardhana, W., 2018. Luas Optimum Petak Ukur Untuk Hutan Tanaman Kayu Putih Di Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta. *Jurnal Faloak* Volume 2, 29–38.
- Mulyana, B., Siallagan, S.W.S., Yuwono, T., Purwanto, R.H., 2019. Daur Optimum Pemangkasan Daun Kayu Putih Di KPH Yogyakarta. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* Volume 8, 71–79.
- Perhutani, 2012. Laporan Tahunan Perhutani Tahun 2012. Perhutani, Jakarta.
- Rahman, Effendi, H., Rusmana, I., 2017. Estimasi stok dan serapan karbon pada mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan* Volume 11, 19–28.
- Samsedin, I., Sukiman, H., Wardani, M., Heriyanto, N.M., 2016. Pendugaan Biomassa Dan Kandungan Karbon Kayu Afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) Di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* Volume 13, 73–81.
- Utomo, P.M., Suhendang, E., Syafii, W., Simangunsong, B.C., 2012. Model produksi Daun Pada Hutan Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi* Subsp *cajuputi*. Powell) sistem pemanenan pangkas tunas. *Jurnal Hutan Tanaman* Volume 9, 195–208.
- Wahyuni, N.I., Suryawan, A., 2012. Cadangan Karbon Hutan Mangrove Di Sulawesi Utara Antara Tahun 2000-2009. *Info BPK Manad*. 2, 127–138.
- Widiyanto, A., 2011. Potensi Serapan Karbon Pada Beberapa Tipe Hutan Di Indonesia. *Al-Basia* 8, 43–54.
- Yuwono, T., Jaya, I.N.S., Elias, 2015. Model Penduga Massa Karbon Hutan Rawa Gambut Menggunakan Citra ALOS PALSAR. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Volume 12, 45–58.