



PERAN TEGAKAN SENGON DI HUTAN TANAMAN INDUSTRI DALAM MITIGASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

(*The Role of Sengon's Stand at Forest Plantation in Global Climate Change Mitigation*)

Ajun Junaedi dan Moh. Rizal

Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya Kalimantan Tengah
Jl. H. Timang Palangka Raya, 73111. Email : ajunjunaedi@for.upr.ac.id

ABSTRACT

*This research aims to estimate the biomass, carbon storage, carbon dioxide uptake and oxygen produced by sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) stand aged 9, 11 and 13 years in IUPHHK-HTI PT Parwata Rimba, Central Kalimantan. Estimated of biomass, carbon stock, CO₂ uptake and Oxygen produced using allometric equations. The results showed that the storage of sengon standing biomass aged 9,11 and 13 years ranged from 110.71 to 200.94 tons/ha, carbon stock ranged from 52.03 to 94.44 tons C/ha, CO₂ uptake ranged from 190.79 to 259.13 tons CO₂/ha and Oxygen produced around 138.75 to 251.84 tons O₂/ha. The total of biomass, carbon stock, CO₂ uptake and Oxygen produced by sengon stands at forest plantations are large enough to have an important role in global climate change mitigation in the forestry sector.*

Keywords: *biomassa, climate change, forest plantation, karbon, sengon*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perubahan iklim global merupakan fenomena perubahan pola cuaca normal yang terjadi di seluruh dunia selama periode waktu yang panjang, biasanya berpuluh-puluh tahun atau lebih lama sebagai implikasi dari pemanasan global (*global warming*) yang menyebabkan ketidakstabilan atmosfer paling bawah yang dekat dengan permukaan bumi (Stone, *et. al.*, 2010; Susandi, *et. al.*, 2008). Pemanasan global merupakan fenomena peningkatan suhu rata-rata di permukaan bumi yang mengancam kehidupan makhluk hidup. Selama seratus tahun terakhir, suhu rata-rata global telah meningkat 0.74 ± 0.18 °C atau 1.33 ± 0.32 °F (Suarsana dan Wahyuni, 2011). Peningkatan suhu global tersebut sebagai akibat meningkatnya konsentrasi gas

rumah kaca yang ada di atmosfer, seperti : CO₂, N₂O, CH₄, HFCs, SO_x (Departemen Kehutanan, 2007; Wardhana, 2010). Salah satu gas rumah kaca yang paling cepat peningkatannya di atmosfer adalah gas karbon dioksida (CO₂).

Hutan memiliki peran penting terhadap perubahan iklim global karena hutan dapat menjadi sumber emisi karbon (*carbon source*) juga sebagai penyerap serta penyimpan karbon (*carbon sink*) (Suryatmojo, 2006; Purnobasuki, 2006; Ariwibowo dan Rufii, 2008; Waryono, 2011; Junaedi, 2014). Fenomena perubahan iklim dapat dihadapi melalui kegiatan mitigasi perubahan iklim. Mitigasi perubahan iklim adalah usaha pengendalian untuk mencegah terjadinya perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan gas rumah kaca dari berbagai sumber emisi (Peraturan

Presiden RI No 46/2008). Salah satu upaya kegiatan mitigasi perubahan iklim di bidang kehutanan adalah melakukan peningkatan serapan karbon melalui kegiatan penanaman jenis-jenis pohon yang cepat tumbuh (*fast growing*). Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen merupakan salah satu jenis pohon yang pertumbuhannya sangat cepat (*fast growing*) yang tingginya bisa mencapai 45 m pada saat umur 25 tahun (Krisnawati, *et. al.*, 2011). Penanaman pohon sengon dalam skala besar umumnya dilakukan di Hutan Tanaman Industri (HTI).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian terkait peran tegakan sengon yang di tanam di HTI dalam mitigasi perubahan iklim. Khususnya terkait kemampuan tegakan sengon dalam menyimpan biomassa, karbon dan serapan CO₂ serta oksigen yang mampu diproduksi pada beberapa kelas umur.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengestimasi jumlah simpanan biomassa, karbon, serapan karbon dioksida dan oksigen yang diproduksi tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun di Hutan Tanaman Industri.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Penelitian dilakukan di IUPHHK-HTI PT Parwata Rimba yang secara administrasi pemerintahan termasuk dalam wilayah Kecamatan Dusun Utara dan Gunung Bintang Awai Kabupaten Barito Selatan Kalimantan Tengah dengan waktu penelitian ± 3 bulan.

Objek dan Alat

Objek penelitian adalah tegakan sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen.) umur 9, 11 dan 13 tahun. Alat yang digunakan terdiri dari GPS, kompas, phi band, kamera, *tally sheet* dan alat tulis menulis.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan plot pengamatan

Plot pengamatan untuk pengambilan data di lapangan berukuran 20 m x 20 m dan di setiap lokasi umur tegakan sengon dibuat masing-masing 6 unit plot pengamatan. Jumlah total unit plot pengamatan yang dibuat sebanyak 18 unit dengan penempatan setiap plot dilakukan secara sistematis dengan jarak antar plot 20 m.

2. Pengukuran dimensi pohon

Dimensi pohon sengon yang diukur adalah diameter batang yang diukur 1,3 m dari permukaan tanah (*dbh*).

3. Estimasi simpanan biomassa dan karbon

Biomassa yang diukur pada setiap pohon sengon merupakan biomassa di atas dan bawah permukaan tanah (akar) yang diestimasi dengan menggunakan persamaan alometrik Siregar (2007):

$$B = 0,2831D^{2,063}$$

Keterangan :

B = biomassa pohon sengon di atas dan bawah permukaan tanah (kg/pohon)

D = diameter batang diukur 1,3 m dari permukaan tanah (cm)

Untuk menghitung simpanan biomassa tegakan sengon dihitung dengan rumus :

$$W_{\text{tegakan}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{L}$$

Keterangan :

W_{tegakan} = simpanan biomassa tegakan sengon (kg/ha)

B_i = biomassa pohon sengon ke-i (kg)

L = luas plot pengamatan (ha)

Sedangkan untuk estimasi simpanan karbon tegakan sengon dihitung menggunakan rumus Badan Standarisasi Nasional (2011) :

$$C_{\text{tegakan}} = W_{\text{tegakan}} \times 0,47$$

Keterangan :

C_{tegakan} = simpanan karbon tegakan sengon (kg/ha)

0,47 = fraksi karbon

4. Serapan karbon dioksida

Untuk mengetahui jumlah CO₂ yang diserap tegakan sengon dihitung dengan menggunakan persamaan IPCC (2006) :

$$\text{Serapan CO}_2 \text{ (kg/ha)} = C_{\text{tegakan}} \times 44/12$$

5. Oksigen yang diproduksi

Untuk menghitung jumlah oksigen yang diproduksi tegakan sengon dihitung menggunakan persamaan :

$$O_2 \text{ (kg/ha)} = \text{Serapan CO}_2 \text{ (kg/ha)} \times \frac{32}{44}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpanan Biomassa

Biomassa merupakan total jumlah materi hidup atau bahan organik atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (*a glossary by the IPCC, 1995 dalam Sutaryo, 2009*). Biomassa tegakan pohon merupakan jumlah bahan organik pada kumpulan pohon dalam suatu areal tertentu. Biomassa dibedakan ke dalam dua kategori, yaitu biomassa di atas permukaan tanah/*above ground biomass* dan di bawah permukaan tanah/*below ground biomass* (Kusmana, 1993). Biomassa di atas permukaan tanah merupakan berat bahan organik per unit area pada waktu tertentu yang dihubungkan ke suatu fungsi sistem produktifitas, umur tegakan dan distribusi organik. Sedangkan biomassa di bawah permukaan tanah adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup.

Perhitungan simpanan biomassa tegakan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. N.) dalam penelitian ini merupakan simpanan biomassa di atas dan bawah permukaan tanah (akar). Berikut jumlah total, rata-rata dan produktivitas simpanan biomassa berdasarkan umur tegakan sengon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Simpanan Biomassa Tegakan Sengon Berdasarkan Umur

Umur (Tahun)	Total Simpanan Biomassa (ton/ha)	Rata-rata Simpanan Biomassa (ton/ha)	Produktivitas Simpanan Biomassa (ton/ha/tahun)
9	110,71	0,62	12,30
11	200,94	0,95	18,27
13	150,36	0,69	11,57

Tabel 1 memperlihatkan bahwa jumlah total, rata-rata dan produktivitas simpanan biomassa tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun bervariasi, di mana tegakan sengon umur 11 tahun memiliki jumlah total dan rata-rata simpanan biomassa paling tinggi dibandingkan umur 9 dan 13 tahun. Beberapa parameter yang mempengaruhi besaran simpanan biomassa pada tegakan pohon diantaranya: ukuran diameter batang, tinggi pohon, kerapatan jenis kayu dan kesuburan tanah (Kusmana, *et. al.* 1992). Tegakan sengon umur 11 tahun rata-rata memiliki ukuran diameter batang yang lebih besar (rata-rata ukuran diameter = 24,86 cm) dibandingkan umur 9 tahun (rata-rata ukuran diameter = 20,62 cm) dan umur 13 tahun (rata-rata ukuran diameter = 21,33 cm). Sedangkan jumlah total simpanan biomassa tegakan sengon umur 9 tahun dalam penelitian ini paling rendah (110,71 ton/ha) dibandingkan umur 11 dan 13 tahun. Namun besaran biomassa tersebut masih jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan total simpanan biomassa tegakan sengon pada umur yang sama di IUPHHK-HTI Trans PT Belantara Subur Kalimantan Timur yang hanya sebesar 53,99 ton/ha (Sufiana, 2017).

Dilihat berdasarkan produktivitas nya, simpanan biomassa tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun berkisar antara 11,57-18,57 ton/ha/tahun. Tegakan sengon umur 11 tahun memiliki produktivitas simpanan biomassa paling tinggi dan yang paling rendah terdapat pada umur 13 tahun. Kisaran produktivitas simpanan biomassa tegakan sengon hasil penelitian ini lebih tinggi jika bandingkan produktivitas simpanan biomassa tegakan pohon di hutan alam, yaitu sebesar 11,50-12,28 ton/ha/tahun (Junaedi *et. al.*, 2017).

Simpanan Karbon

Estimasi simpanan karbon tegakan sengon dalam penelitian ini menggunakan pendekatan metode *non destruktif* dengan asumsi 47% dari berat biomassa merupakan karbon tersimpan (Badan Standarisasi Nasional, 2011). Berikut jumlah total, rata-rata dan produktivitas simpanan karbon tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa tegakan sengon umur 9 tahun memiliki jumlah total dan rata-rata simpanan karbon paling rendah dibandingkan umur 11 dan 13 tahun. Kondisi ini dipengaruhi oleh jumlah total simpanan biomassa yang terkandung pada tegakan sengon umur 9

Tabel 2. Simpanan Karbon Tegakan Sengon Berdasarkan Umur

Umur (Tahun)	Total Simpanan Karbon (tonC/ha)	Rata-rata Simpanan Karbon (ton/ha)	Produktivitas Simpanan Karbon (tonC/ha/tahun)
9	52,03	0,29	5,78
11	94,44	0,45	8,59
13	70,67	0,32	5,44

tahun lebih rendah dari umur 11 dan 13 tahun. Jumlah biomassa yang tersimpan pada tegakan sengon berkorelasi positif dengan jumlah simpanan karbonnya, semakin besar simpanan biomassa maka jumlah karbon yang tersimpan akan semakin besar. Hairiah, *et. al.*, (2011), secara fisiologis, karbon dioksida (CO₂) yang diserap daun melalui proses fotosintesis akan diubah menjadi karbohidrat yang kemudian di simpan dalam bentuk biomassa di bagian batang, dahan, ranting, akar, daun dan buah. Proses penimbunan karbon di dalam tubuh tumbuhan hidup (batang, dahan, ranting, akar, daun, buah) disebut proses *sequestrasi*.

Kisaran jumlah total simpanan karbon tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun sebesar 52,03 – 94,44 tonC/ha dan cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan simpanan karbon tegakan sengon umur 8 - 18 tahun di hutan tanaman di Jawa Timur dan Jawa Barat, yaitu sebesar 112,80 – 122,70 tonC/ha (Ginting, 1997; Siregar dan Dharmawan, 2006).

et. al., 2017). Tim Perubahan Iklim Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (2010), hutan tanaman cenderung memiliki kemampuan menyimpan karbon yang lebih rendah bila dibandingkan dengan hutan alam, akan tetapi produktivitas simpanan karbonnya jauh lebih tinggi. Kondisi tersebut dikarenakan jenis pohon di hutan tanaman cenderung monokultur dan berumur pendek.

Serapan Karbon Dioksida

Jumlah total serapan CO₂ tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun berkisar 190,79 - 259,13 tonCO₂/ha dengan rata-rata kemampuan setiap pohon sengon dalam menyerap CO₂ berkisar 1,07 - 1,64 tonCO₂/ha. Sedangkan produktivitas tegakan sengon dalam menyerap CO₂ berkisar 19,93 - 31,48 tonCO₂/ha/tahun. Berikut rincian jumlah total, rata-rata dan produktivitas serapan CO₂ tegakan sengon berdasarkan umur dapat dilihat pada Tabel 3.

Jumlah total dan rata-rata serapan CO₂ paling tinggi dimiliki oleh tegakan sengon umur 11 tahun dan paling rendah

Tabel 3. Serapan Karbon dioksida Tegakan Sengon Berdasarkan Umur

Umur (Tahun)	Total Serapan CO ₂ (ton CO ₂ /ha)	Rata-rata Serapan CO ₂ (ton CO ₂ /ha)	Produktivitas Serapan CO ₂ (ton CO ₂ /ha/tahun)
9	190,79	1,07	21,20
11	346,28	1,64	31,48
13	259,13	1,19	19,93

Namun kisaran produktivitas simpanan karbonnya lebih tinggi (5,44 - 8,59 tonC/ha/tahun) jika dibandingkan dengan tegakan pohon yang diberi perlakuan pembebasan dan tanpa pembebasan di petak ukur permanen di hutan alam sebesar 4,83 – 6,37 ton/ha/tahun (Junaedi,

umur 9 tahun (Tabel 3). Besaran serapan CO₂ tegakan sengon dalam penelitian ini dipengaruhi oleh jumlah total simpanan biomassa dan karbon. Bahkan secara fungsional menunjukkan korelasi yang positif, dimana semakin besar jumlah simpanan biomassa dan karbon maka

jumlah CO₂ yang mampu diserap akan semakin tinggi.

Sedangkan produktivitas serapan CO₂ tegakan sengon per tahun menunjukkan pola yang sedikit berbeda, dimana produktivitas paling tinggi serapan CO₂ pada umur 11 tahun (31,48 tonCO₂/ha/tahun), diikuti umur 9 tahun (21,20 tonCO₂/ha/tahun) dan paling rendah umur 13 tahun (19,93 tonCO₂/ha/tahun). Produktivitas serapan CO₂ pada umur 13 tahun mengalami penurunan sebesar 5,78 tonCO₂/ha/tahun. Serapan CO₂ tegakan sengon umur 11 tahun hasil penelitian ini cenderung lebih rendah (31,48 tonCO₂/ha/tahun) dibandingkan hasil penelitian Hairiah, *et. al* (2001) dalam Dahlan (2007), yaitu sebesar 33,03 ton CO₂/ha/tahun. Namun produktivitas serapan CO₂ tegakan sengon umur 11 tahun hasil penelitian ini cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan produktivitas serapan CO₂ tegakan mahoni sebesar 25,40 tonCO₂/ha dan akasia mangium sebesar 23,64 tonCO₂/ha pada umur yang sama (Gordinho, *et al.*, 2003).

Oksigen yang Diproduksi

Tegakan penyusun hutan memiliki peran yang sangat penting dalam memproduksi oksigen (O₂) yang dibutuhkan oleh semua makhluk hidup.

Oksigen yang diproduksi tegakan hutan diperoleh melalui proses fotosintesis. Data jumlah total, rata-rata dan produktivitas O₂ yang diproduksi tegakan sengon umur 9,11 dan 13 tahun disajikan pada Tabel 4.

Data Tabel 4 menunjukkan jumlah total O₂ yang diproduksi tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun berkisar 138,75 – 251,84 tonO₂/ha dengan rata-rata O₂ yang diproduksi per pohon berkisar 0,78 – 1,19 tonO₂/ha. Sedangkan produktivitas O₂ yang mampu diproduksi tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun berkisar 14,50 – 22,89 tonO₂/ha/tahun. Tegakan sengon umur 11 tahun mampu memproduksi O₂ paling banyak dibandingkan tegakan sengon umur 9 dan 13 tahun dengan rata-rata per pohon 1,19 tonO₂/ha serta produktivitasnya sebesar 22,89 tonO₂/ha/tahun. Sedangkan tegakan sengon umur 13 tahun memiliki produktivitas paling rendah, yaitu sebesar 14,50 tonO₂/ha/tahun dengan rata-rata 0,86 tonO₂/ha/tahun. Salisbury dan Ross (1978), produksi O₂ bersih oleh pohon didasarkan pada jumlah O₂ yang dihasilkan selama proses fotosintesis dikurangi jumlah O₂ yang dikonsumsi selama proses respirasi pohon. Jika penyerapan CO₂ selama proses fotosintesis melebihi jumlah pelepasan CO₂ pada saat proses respirasi sepanjang tahun, pohon akan menumpuk karbon

Tabel 4. Oksigen yang Diproduksi Tegakan Sengon Berdasarkan Umur

Umur (Tahun)	Total Oksigen yang Diproduksi (tonO ₂ /ha)	Rata-rata Oksigen yang Diproduksi (tonO ₂ /ha)	Produktivitas Oksigen yang Diproduksi (ton O ₂ /ha/tahun)
9	138,75	0,78	15,42
11	251,84	1,19	22,89
13	188,46	0,86	14,50

(*carbon sequestration*). Hal tersebut menyebabkan jumlah O₂ yang diproduksi akan semakin tinggi.

Secara umum total O₂ yang diproduksi tegakan sengon di hutan tanaman industri hasil penelitian ini cenderung lebih tinggi (kisaran 138,75 – 251,84 tonO₂/ha) dibandingkan tegakan pohon di hutan kota, yaitu sebesar 45,56 tonO₂/ha (Afrizal *et. al.*, 2010) dan sebesar 49,84 tonO₂/ha (Ludang, *et. al.*, 2016). Namun produktivitasnya jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kemampuan tegakan hutan tropis dalam memproduksi O₂, yaitu sebesar 600.000 tonO₂/ha/tahun (Supriatna, 2008).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Total simpanan biomassa dan karbon tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun di hutan tanaman industri masing-masing berkisar 110,71 - 200,94 ton/ha dan 52,03 - 94,44 tonC/ha
- b. Tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun mampu menyerap karbon dioksida sebesar 190,79 - 259,13 ton CO₂/ha
- c. Oksigen yang diproduksi tegakan sengon umur 9, 11 dan 13 tahun berkisar 138,75 - 251,84 ton O₂/ha
- d. Tegakan sengon di hutan tanaman industri cukup potensial untuk dimasukkan dalam bagian skema mitigasi perubahan iklim global pada sektor kehutanan.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menghitung simpanan biomassa dan karbon pada tanah, serasah serta tumbuhan bawah di lokasi yang sama. Hal

tersebut untuk lebih mengetahui potensi serapan karbon yang lebih detail di lokasi hutan tanaman industri yang ditanami tegakan sengon.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, E. I., I. S. Fatimah dan B. Sulistyantara. 2010. Studi Potensi Produksi Oksigen Hutan Kota Di Kampus Universitas Indonesia, Depok. Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Ariwibowo dan Rufii. 2009. Peran Sektor Kehutanan Di Indonesia dalam Perubahan Iklim. *Tekno Hutan Tanaman* 1(1): 23-32.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. Penyusunan Persamaan Alometrik untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan Berdasarkan Pengukuran lapangan. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Dahlan, E. N. 2007. Hutan Kota untuk Peningkatan Kualitas Lingkungan. Jakarta : APHI.
- Departemen Kehutanan RI. 2007. Kesatuan Pengelolaan Hutan dan Perubahan Iklim Global. <http://www.dephut.go.id>.
- Gintings, A. Ng. 1997. Pendugaan Biomasa Karbon pada Berbagai Tipe Hutan Tanaman. Kerjasama JIFPRO dan Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Gordinho, L. E. Nacuray, M.M., Cardinoza and Lasco. 2003. Climate Change Mitigation Through Carbon Sequestration : The Forest Ecosystem of Timor Leste. *Proceeding of National Workshop on Climate Change*. Dili.

- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R. dan Rahayu, S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia xx p.
- IPCC. 2006. Guideline for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by The National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H. S., Buendia, L., Miwa K., Ngara, T., and Tanabe K., (eds.). Published by IGES Japan.
- Junaedi, A. 2014. Estimasi Jumlah Karbon Vegetasi yang Hilang Akibat Kegiatan Pemanenan Kayu di Hutan Alam Tropis. *Jurnal Hutan Tropis*, 2(2): 146-151.
- Junaedi, A., Ludang, Y. and Hidayat, N. 2017. The Dynamics Of Carbon Dioxide Sequestration Related To The Stocked Stands Of Tropical Forest In Central Kalimantan (A Case Study on IUPHHK-HA at PT. Indexim Utama, Central Kalimantan). *Acta Scientiae et Intellectus*, 3(1): 40-48.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M. dan Kanninen, M. 2011. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Kusmana, C. 1993. A Study on Mangrove Forest Management Base on Ecological Data in East Sumatera, Indonesia [dissertation]. Japan: Kyoto University, Faculty of Agricultural.
- Kusmana, C., Sabiham, S., Abe, K. and Watanabe, H. 1992. An Estimation of Above Ground Tree Biomass of a Mangrove Forest in East Sumatera, Indonesia. *Tropic 1* (4):243-257.
- Ludang, Y., Junaedi, A., and Putir, E. P. 2016. Potensi Estimation on Oxygen Production of Tree Stage Vegetation at The Himba Kahui Urban Forest Palangka Raya. *Acta Scientiae et Intellectus*, 2(6): 94-100.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 46 Tahun 2008 tentang Dewan Nasional Perubahan Iklim.
- Purnobasuki, H. 2006. Peranan Mangrove dalam Mitigasi Perubahan Iklim. Buletin PSL Universitas Surabaya 18: 9-13.
- Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1978. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA. 422 pp.
- Siregar, C. A. 2007. Formulasi Allometrik Biomasa dan Konservasi Karbon Tanah Hutan Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen di Kediri. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 4 (2): 169-181.
- Siregar, C. A. dan I. W. S. Dharmawan. 2006. Kuantifikasi Biomasa Karbon pada Tegakan *Paraserianthes falcataria*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Stone, S., Leon, C. M. dan Fredericks, P. 2010. Perubahan Iklim dan Peran Hutan. Manual Komunitas. Conservation Internasional.
- Suarsana, M. dan Wahyuni, S. P. 2011. Global Warming : Ancaman Nyata Sektor Pertanian dan Upaya Mengatasi Kadar CO2 Atmosfer. *Widyatech Jurnal Sains dan Teknologi* 11 (1): 31-46.
- Sufiana, K. 2017. Model Penduga Biomassa Tegakan Sengon (*Parasianthes falcataria* L. Nielsen.) Secara Terrestrial di IUPHHK-HTI Trans PT Belantara Subur Kalimantan
-

- Timur. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Supriatna, J. 2008. Melestarikan Alam Indonesia. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta
- Suryatmojo, H. 2006. Peran Hutan sebagai Penyedia Jasa Lingkungan. *Artikel*. Jurusan Konservasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan UGM.
- Susandi, A., Herlianti, I., Tammadin, M. dan Nurlala, I. 2008. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut di Wilayah Banjarmasin. *Jurnal Ekonomi Lingkungan* 12(2).
- Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa. Sebuah Pengantar untuk Strudi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands Internasional Indonesia Programme.
- Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan. 2010. Cadangan Kabon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Wardhana, A. W. 2010. Dampak Pemanasan Global. Bencana Mengancam Umuat Manusia. Sebab, Akibat dan Usaha Penangulangannya. Penerbit Andi Yogyakarta.
- Waryono, T. 2011. Upaya Pemberdayaan Masyarakat dalam Pelestarian Hutan sebagai Pencegah Pemanasan Global. FMIPA dan Pengelola Hutan Kota. Universitas Indonesia.
-