

MANFAAT LINGKUNGAN PENYERAPAN KARBON HUTAN PINUS PADA BEBERAPA KELAS TEMPAT TUMBUH DI JAWA

Yonky Indrajaya

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Agroforestry

E-mail: yonky_indrajaya@yahoo.com

ABSTRAK - Hutan tanaman selain dapat berkontribusi secara ekonomi yaitu sebagai penyedia bahan baku untuk industri kayu dan hasil hutan non kayu, juga dapat berperan sebagai penyedia jasa lingkungan seperti pengatur tata air dan penyerapan karbon. Secara alami pohon dalam proses pertumbuhannya akan menyerap karbon di atmosphere dan menyimpannya dalam biomasanya melalui proses fotosintesis. Proses ini dapat mengurangi jumlah karbon di udara sehingga hutan tanaman dapat berperan dalam mitigasi perubahan iklim. Jenis pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vries) merupakan salah satu jenis pohon yang banyak dikembangkan oleh Perum Perhutani sebagai penyedia bahan baku terpin dan gondorukem, serta sebagai pohon di hutan lindung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi hutan tanaman pinus yang dikelola pada daur optimalnya dalam penyerapan karbon. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah estimasi karbon yang tersimpan dalam biomassa pohon hutan tanaman pinus (termasuk biomassa di atas permukaan tanah, akar, dan nekromassa). Hasil penelitian ini menunjukkan: (1) proporsi karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah, akar, dan mati berturut-turut sebesar 75%, 17%, dan 7%, dan (2) rata-rata net karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus pada bonita III-VI berturut-turut adalah sebesar 110, 124, 140, dan 163 ton/ha.

Kata kunci: penyerapan karbon, hutan pinus, mitigasi perubahan iklim.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hutan tanaman selain dapat berkontribusi secara ekonomi yaitu sebagai penyedia bahan baku untuk industri kayu dan hasil hutan non kayu, juga dapat berperan sebagai penyedia jasa lingkungan seperti pengatur tata air pengendali tanah longsor dan penyerapan karbon. Peran hutan dalam menyerap karbon saat ini menjadi salah satu isu yang cukup banyak didiskusikan oleh para akademisi karena dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim. Salah satu praktek pengelolaan hutan yang dapat meningkatkan serapan karbon adalah dengan melakukan penanaman vegetasi berkayu (Richards and Stokes, 2004). Pemilihan jenis pohon dan praktek pengelolaannya dapat menentukan jumlah karbon yang dapat diserap oleh lahan hutan. Pada prinsipnya, pemilihan jenis pohon untuk penyerapan karbon tergantung pada jumlah maksimum karbon yang dapat diserap dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapainya (Böttcher and Lindner,

2010). Salah satu jenis pohon yang banyak dikembangkan di Pulau Jawa dan berpotensi untuk penyerapan karbon adalah pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vries), karena produk utama jenis ini adalah getah sehingga daurnya relatif panjang.

Jenis pinus banyak ditanam oleh Perum Perhutani di Pulau Jawa di mana produksi utama dari hutan pinus adalah getah pinus. Pada umumnya penentuan daur tebang hutan pinus dilakukan berdasarkan asumsi masa produksi getah pinus. Penelitian yang dilakukan oleh Andayani (2006) di KPH Pekalongan Barat menunjukkan bahwa daur tebang hutan pinus yang ditetapkan oleh Perum Perhutani 35 tahun. Namun, daur ini belum optimal secara ekonomi, dimana secara ekonomi daur optimal hutan pinus adalah 20 tahun (Andayani, 2006). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa hutan pinus dapat berperan sebagai pengatur tata air (Mulyana, 2000), berpotensi sebagai pengendali tanah longsor (Indrajaya and Handayani, 2008) dan berkontribusi dalam penyerapan karbon (Polosakan et al., 2014).

Penelitian tentang penyerapan karbon di hutan tanaman di Jawa telah banyak dilakukan, antara lain pada tegakan agathis (Indrajaya, 2015b), mahoni (Indrajaya, 2015a), rasamala (Indrajaya, 2015c), dan sengon (Indrajaya, 2010). Penelitian lain tentang karbon tersimpan dalam biomasa pohon hutan pinus juga telah dilakukan di Jawa antara lain yang dilakukan oleh Polosakan et al. (2014) di Gunung Halimun Salak. Penelitian tentang karbon tersimpan dalam biomassa hutan tanaman pinus juga telah dilakukan oleh Erlangga (2009) dan Balinda (2008) di Jawa Barat dan Banten. Namun demikian, penelitian tersebut belum memberikan gambaran tentang perubahan karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus dari tahun ke tahun hingga akhir daurnya. Penelitian tentang dinamika karbon tersimpan dalam biomassa hutan pinus menjadi penting untuk dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus yang dikelola dengan daur tertentu pada beberapa kondisi tempat tumbuh.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika karbon tersimpan dalam biomassa hutan tanaman pinus (termasuk di atas permukaan tanah, akar, dan nekromassa) pada beberapa kelas tempat tumbuh (i.e. bonita) di Jawa. Kondisi tempat tumbuh yang berbeda akan memberikan pertumbuhan yang berbeda, dimana semakin tinggi nilai kelas tempat tumbuh (bonita), semakin cepat pertumbuhannya. Penelitian ini akan menganalisis karbon tersimpan dalam biomassa hutan pinus mulai dari penanaman hingga daur tebangnya. Sistem silvikultur hutan tanaman pinus adalah tebang habis pada daur yang ditentukan.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2016 dengan menggunakan data tabel tegakan pinus yang telah dibuat oleh Suharlan et al. (1975). Plot

pengukuran pinus dilakukan di Bandung Utara, Bandung Selatan, Banyumas Barat, Pekalongan Timur, Purworejo dan Jember. Jumlah petak ukur adalah sebanyak 127 dengan jumlah pengukuran sebanyak 372.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabel tegakan hutan normal jenis pinus yang dibuat oleh Suharlan et al. (1975). Tabel tegakan yang disusun oleh Suharlan et al. (1975) masih relevan untuk digunakan sebagai acuan pertumbuhan hutan pinus karena pengelolaan hutan pinus relatif tidak berubah hingga sekarang dengan berdasarkan bonitanya. Untuk mengetahui perubahan dimensi pohon dan pengelolaan hutan tanaman pinus per tahun, maka diperlukan model penduga tinggi, diameter, volume pohon per ha dan populasi berdasarkan tabel tegakan normal yang ada. Hubungan tinggi, diameter, volume per ha dan jumlah pohon per ha terhadap umur mengikuti persamaan:

$$(a) \ln T_t = \alpha - \beta/A; (b) \ln D_t = \alpha - \beta/A; (c) \ln Vol_{ha} t = \alpha - \beta/A \text{ dan } (d) N_{ha} = \alpha A^\beta \quad (1)$$

Dimana T, D, Vol_{ha} & N_{ha} berturut-turut adalah tinggi total pohon, diameter setinggi dada, volume per ha dan jumlah pohon per ha, A merupakan umur tegakan (dalam tahun). Nilai estimasi α dan β dari tiap persamaan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai estimasi α dan β pada persamaan (1)

		Tinggi	Diameter	Volume	N/ha*
Bonita II	α	3,851	3,855	6,199	5881,944
	β	15,541	9,518	21,728	-0,937
Bonita III	α	3,918	4,144	6,131	5551,537
	β	14,293	12,246	17,096	-0,966
Bonita IV	α	3,989	4,281	6,131	5595,139
	β	13,227	12,528	14,494	-1,026
Bonita V	α	4,065	4,375	6,136	4506,324
	β	14,101	12,223	12,658	-1,003
Bonita VI	α	4,108	4,555	6,123	3958,668
	β	11,463	12,721	10,437	-1,033

Sumber: analisis lanjutan data Suharlan et. al. (1975)

* perhitungan N/ha hanya untuk $A > 5$

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan perangkat lunak microsoft excel dan SPSS V.17.

Perhitungan karbon tersimpan dalam biomassa

Estimasi jumlah karbon tersimpan dalam biomassa pohon di hutan tanaman pinus dilakukan dengan model allometrik yang telah ada. Berat biomassa di atas permukaan tanah diestimasi menggunakan persamaan allometrik yang dibangun oleh Chave et al. (2005), yaitu:

$$AGB_t = \rho \times \exp -1,499 + 2,148 \ln D + 0,207 \ln D^2 - 0,028 \ln D^3 \quad (2)$$

Dimana $AGB(t)$ merupakan berat biomassa di atas permukaan tanah (dalam kg/pohon) pada waktu t , ρ merupakan kerapatan kayu pinus yaitu 0,53 (Zanne et al., 2009), dan D merupakan diameter setinggi dada kayu pinus (cm). Berat biomassa akar diestimasi dengan menggunakan persamaan allometrik yang dibangun oleh Guy dan Benowicz (1998) dalam Tassone et al. (2004) yaitu:

$$RB t = 1,4319 AGB t^{0,639} \quad (3)$$

Dimana $RB t$ merupakan berat biomassa akar pada waktu t . Selain biomassa hidup, jumlah karbon tersimpan dalam biomassa mati juga diperhitungkan dalam penelitian ini karena secara alami, dalam suatu tegakan hutan terdapat ranting, cabang, dan pohon yang mati. Estimasi jumlah biomassa mati dalam suatu tegakan hutan tanaman dilakukan dengan mengikuti asumsi van Kooten et al. (1999) bahwa jumlah biomassa mati merupakan proporsi dari non bole biomass, yaitu sebesar 10% per tahun:

$$DB t = 0,1 AGB t - \rho CAI t \quad (4)$$

Dimana $DB t$ merupakan biomassa berat biomassa mati pada waktu t . Setelah $AGB t$, $RB t$, dan $DB t$ diketahui, maka net biomassa tegakan pinus adalah $NetTB = AGB t + RB t - DB t$.

Daur tebang pinus yang digunakan adalah selama 35 tahun sesuai daur yang ditetapkan oleh Perum Perhutani (Andayani, 2006). Proporsi karbon dalam biomassa adalah sebesar 0,47 (IPCC, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

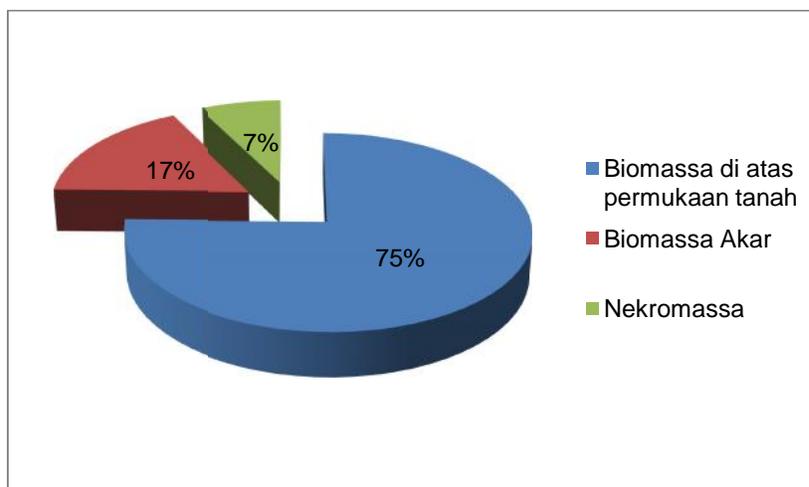
Karbon Tersimpan Dalam Biomassa Tegakan Pinus

Karbon tersimpan dalam permukaan tanah, dalam akar, nekromass, dan CO_2 equivalent dari hutan pinus pada bonita III-VI disajikan dalam Tabel 2 berdasarkan persamaan 2 hingga 4. Pada tahun ke-5, jumlah karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus masih relatif kecil yaitu antara 7-10 to/ha. Pada akhir daur (i.e. 35 tahun) jumlah karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah tegakan pinus pada bonita III – VI adalah berkisar antara 146 – 218 ton/ha atau setara dengan CO_2 terserap sebesar 611 – 885 ton/ha. Total jumlah karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah pada penelitian ini relatif lebih besar dibandingkan dengan yang ditemukan oleh Polosakan et al. (2014), yang menemukan bahwa jumlah karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah pada umur 17 dan 30 tahun berturut-turut adalah sebesar 87 dan 97 ton/ha.

Tabel 2. Estimasi karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus di atas permukaan tanah (AGB), akar (RB), biomassa mati (DB) dan net total biomassa (NTB) pada bonita III, IV, V, dan VI

Umur	Karbon di atas permukaan tanah (ton/ha)				Karbon tersimpan dalam akar (ton/ha)				Karbon tersimpan dalam nekromassa (ton/ha)				Net karbon biomassa hutan pinus (ton/ha)				CO ₂ equivalent Tersimpan dalam Biomassa hutan pinus (ton/ha)			
	Bonita				Bonita				Bonita				Bonita				Bonita			
	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI
5	4	4	6	6	3	4	4	4	0	0	0	0	7	8	10	10	26	30	37	38
10	51	60	71	81	18	20	22	24	4	5	6	7	65	74	86	98	237	272	316	359
15	101	117	135	158	27	30	33	36	9	11	13	15	119	136	155	180	435	500	568	659
20	129	149	169	200	32	35	38	42	12	14	16	20	149	169	191	223	546	621	699	817
25	142	162	184	217	34	37	40	45	14	16	18	21	163	184	206	240	596	673	754	881
30	147	166	187	221	35	38	41	45	14	16	18	22	167	187	209	244	612	686	767	896
35	146	164	185	218	35	37	40	45	14	16	18	22	167	185	207	241	611	680	758	885
40	143	160	180	212	34	37	40	44	14	16	18	21	164	181	202	235	600	663	739	861
45	139	154	174	204	34	36	39	43	14	15	17	20	159	175	195	227	584	642	715	831
50	135	148	167	196	33	35	38	42	13	15	17	19	154	169	188	218	566	618	689	800

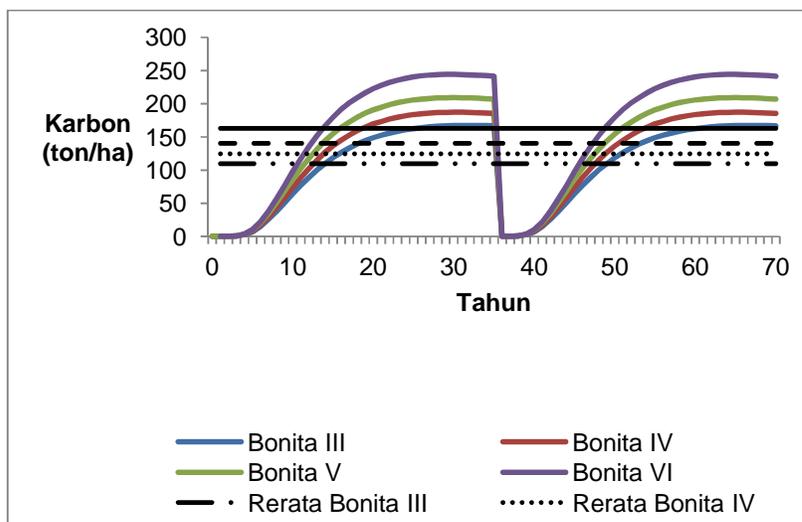
Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi bonita, dimana semakin baik pertumbuhan pinus, maka semakin tinggi jumlah karbon yang tersimpan dalam biomassa pada tahun yang sama. Misalnya, pada tahun ke-50, jumlah karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah pada bonita III, IV, V, dan VI berturut-turut adalah 135, 148, 167, dan 196 ton/ha. Sementara itu, proporsi karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah, akar, dan biomassa mati pada hutan pinus berturut-turut adalah sebesar 75%, 17%, dan 7% (Gambar 2).



Gambar 2. Proporsi karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus

Dinamika Karbon Tegakan Pinus Pada Daur 35 Tahun

Karena produk utama hutan tanaman pinus adalah getah (i.e. bukan kayu), maka penentuan daur tebangan pinus dilakukan berdasarkan asumsi bahwa jenis pinus masih dapat memproduksi getah. Perum Perhutani menentukan daur tebangan pinus adalah 35 tahun. Namun demikian, daur 35 tahun ini sebenarnya belum memberikan keuntungan yang maksimal. Andayani (2006) menyebutkan bahwa secara ekonomi daur tebang yang akan memberikan keuntungan yang maksimal adalah 20 tahun. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus dengan daur tebangan 35 tahun disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus pada bonita III, IV, V dan VI yang dikelola dengan tebang habis pada daur 35 tahun

Gambar 3 menunjukkan dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus yang dikelola pada daur 35 tahun. Rata-rata net biomassa tegakan pinus pada bonita III, IV, V dan VI berturut-turut adalah sebesar 110, 124, 140, dan 163 ton/ha. Nilai rata-rata karbon tersimpan dalam biomassa hutan pinus ini relatif lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya yang dikelola pada daur optimalnya. Misalnya, Indrajaya (2015a) menyebutkan bahwa rata-rata karbon tersimpan dalam biomassa mahoni di Jawa pada bonita I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 82, 97, dan 51 ton per ha, dengan daur optimal berturut-turut 46, 34, dan 23 tahun. Sementara itu, pada tegakan rasamala di Jawa Indrajaya (2015c) menyebutkan bahwa dengan daur 46 tahun, rata-rata net karbon tersimpan dalam biomassa adalah sebesar 74 ton per ha. Penelitian serupa pada jenis agathis di Jawa menemukan bahwa jumlah net karbon tersimpan dalam biomassa pohon agathis dengan daur 28 tahun adalah sebesar 49 ton per ha (Indrajaya, 2015b).

Apabila jasa lingkungan serapan karbon ini dapat dijual melalui mekanisme yang ada, tentunya perubahan manajemen hutan (i.e. penentuan waktu daur) dapat berubah sesuai dengan harga per ton karbonnya (i.e. CO₂ eq.). Beberapa

penelitian telah menunjukkan bahwa peningkatan harga karbon akan memberikan insentif bagi pengelola hutan tanaman untuk menunda penebangan (Van Kooten et al., 1995, Tassone et al., 2004, Olschewski and Benitez, 2010, Galinato and Uchida, 2011).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat ditarik kesimpulan: (1) proporsi karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah, akar, dan mati berturut-turut sebesar 75%, 17%, dan 7%, (2) rata-rata net karbon tersimpan dalam biomassa tegakan pinus pada bonita III-VI yang dikelola dengan daur 35 tahun berturut-turut adalah sebesar 110, 124, 140, dan 163 ton/ha, dan (3) jumlah CO₂ yang dapat diserap oleh tegakan pinus bonita III-VI berturut-turut sebanyak 566, 618, 689, dan 800 ton/ha.

REFERENSI

- ANDAYANI, W. 2006. Analisis Keuntungan Pengusahaan Hutan Pinus (Pinus Merkusii Jung Et De Vriese) Di KPH Pekalongan Barat (The Pine (Pinus merkusii Jung et de Vriese) Forest Plantation Rentability Analysis In KPH West Pekalongan). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 12.
- BALINDA, L. 2008. Pendugaan Simpanan Karbon di atas Permukaan Tanah Pada Tegakan Pinus (Pinus merkusii Jungh et de Vriese) di RPH Leuwiliang BKPH Leuwiliang KPH Bogor Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten.
- BÖTTCHER, H. & LINDNER, M. 2010. Managing forest plantations for carbon sequestration today and in the future. *Ecosystem goods and services from plantation forests*, 43.
- CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, M. A., CHAMBERS, J. Q., EAMUS, D., FOLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J. P., NELSON, B. W., OGAWA, H., PUIG, H., RIERA, B. & YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87-99.
- ERLANGGA, J. 2009. Pendugaan Potensi Karbon pada Tegakan Pinus (Pinus Merkusii Jungh et de Vriese) di KPH Sukabumi, Perhutani Unit III, Jawa Barat dan Banten [skripsi]. *Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor*.
- GALINATO, G. I. & UCHIDA, S. 2011. The Effect of Temporary Certified Emission Reductions on Forest Rotations and Carbon Supply. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 59, 145-164.
- INDRAJAYA, Y. Dinamika karbon hutan tanaman sengon. In: DINIYATI, D., WIDYANINGSIH, T. S., KUSWANTORO, D. P. & FIRDAUS, N., eds. Workshop status riset dan rencana induk penelitian agroforestry, 2010 Bogor. Pusat Litbang Peningkatan Produktivitas Hutan, Badan Litbang Kehutanan.
- INDRAJAYA, Y. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa hutan tanaman mahoni di Jawa. Seminar Nasional Restorasi DAS: Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim, 2015a UNS Surakarta, Indonesia.

- INDRAJAYA, Y. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan agathis di Pulau Jawa. 2015b Mataram, Lombok. Balai Penelitian Kehutanan Hasil Hutan Bukan Kayu.
- INDRAJAYA, Y. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan rasamala di Pulau Jawa. Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 2015c UNDIP Semarang, Indonesia. UNDIP.
- INDRAJAYA, Y. & HANDAYANI, W. 2008. Potensi hutan *Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese sebagai pengendali tanah longsor di Jawa. *Info Hutan*, V, 231-240.
- IPCC 2006. IPCC Guideline 2006 Guidelines for national green house gas inventories. IPCC.
- MULYANA, N. 2000. *Pengaruh hutan pinus (P. merkusii) terhadap karakteristik hidrologi di Sub DAS Ciwulan Hulu, KPH Tasikmalaya, Perum Perhutani Unit III, Jawa Barat*. Master, Institut Pertanian Bogor.
- OLSCHEWSKI, R. & BENITEZ, P. C. 2010. Optimizing joint production of timber and carbon sequestration of afforestation projects. *Journal of Forest Economics*, 16, 1-10.
- POLOSAKAN, R., ALHAMD, L. & RAHAJOE, J. S. 2014. Estimasi biomassa dan karbon tersimpan pada Pinus merkusii Jungh. & de Vriese di hutan pinus Gunung Bunder, Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *BERITA BIOLOGI*, 13.
- RICHARDS, K. R. & STOKES, C. 2004. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research. *Climatic change*, 63, 1-48.
- SUHARLAN, A., SUMARNA, K. & SUDIONO, J. 1975. *Tabel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri*, Bogor, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan.
- TASSONE, V. C., WESSELER, J. & NESCI, F. S. 2004. Diverging incentives for afforestation from carbon sequestration: an economic analysis of the EU afforestation program in the south of Italy. *Forest policy and economics*, 6, 567-578.
- VAN KOOTEN, G. C., BINKLEY, C. S. & DELCOURT, G. 1995. Effect of Carbon Taxes and Subsidies on Optimal Forest Rotation Age and Supply of Carbon Services. *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 365-374.
- VAN KOOTEN, G. C., KRUMHOLTZ, E., STENNES, B. & VAN GORKOM, R. 1999. Economics of fossil fuel substitution and wood product sinks when trees are planted to sequester carbon on agricultural lands in western Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 1669-1678.
- ZANNE, A. E., LOPEZ-GONZALEZ, G., COOMES, D. A., ILIC, J., JANSEN, S., L., S.L., M., R.B., SWENSON, N. G., WIEMANN, M. C. & CHAVE, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235> .