



## **DINAMIKA KARBON TERSIMPAN DALAM BIOMASSA HUTAN TANAMAN MAHONI DI JAWA<sup>1</sup>**

Oleh:

Yonky Indrajaya<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Peneliti di Balai Penelitian Teknologi Agroforestry

Jl. Raya Ciamis-Banjar km 4, Ciamis 46201

Telepon/Fax.: (+62) 265 771352/775866

Email: yonky\_indrajaya@yahoo.com

### **ABSTRAK**

Selain berfungsi sebagai penahan laju erosi tanah, vegetasi secara alami akan menambatkan karbon dalam biomasanya melalui proses fotosintesis. Vegetasi berkayu merupakan vegetasi yang banyak menyerap karbon di udara dibandingkan dengan vegetasi non-kayu. Salah satu jenis hutan tanaman yang banyak dikembangkan di Pulau Jawa adalah jenis mahoni (*Swietenia macrophylla* King). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan tanaman mahoni pada beberapa kualitas tempat tumbuh (bonita), dimana nilai bonita yang lebih besar menunjukkan tempat tumbuh yang lebih berkualitas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah estimasi karbon tersimpan dalam biomassa (e.g. di atas permukaan tanah, akar, dan biomassa mati) berdasarkan persamaan allometrik dan tabel tegakan yang ada. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) daur optimal volume maksimum hutan tanaman mahoni pada bonita I, II, dan III (i.e. kurang subur hingga paling subur) berturut-turut adalah: 46, 34, dan 23 tahun, (2) rata-rata karbon tersimpan dalam biomassa hutan tanaman mahoni pada bonita I, II, dan III yang ditebang berdasarkan daur optimalnya berturut-turut adalah sebesar 82, 97, dan 51 ton C/ha. Karbon tersimpan dalam tegakan mahoni relatif lebih tinggi dibandingkan dengan karbon tersimpan dalam biomassa tegakan sengon.

**Kata Kunci :** dinamika karbon, hutan tanaman mahoni, Jawa

### **I. PENDAHULUAN**

Penanaman biomassa berkayu merupakan salah satu praktek kehutanan yang dapat meningkatkan serapan karbon pada lahan hutan (Richards and Stokes, 2004). Jumlah karbon yang dapat diserap tergantung pada jenis pohon yang ditanam. Pada prinsipnya, pemilihan jenis pohon untuk penyerapan karbon tergantung pada jumlah maksimum karbon yang dapat diserap dan waktu yang

---

<sup>1</sup>Disampaikan dalam Seminar Nasional Restorasi DAS : Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim diselenggarakan atas kolaborasi dari BPTKPDAS, Pascasarjana UNS dan Fakultas Geografi UMS di Surakarta, pada tanggal 25 Agustus 2015.



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

dibutuhkan untuk mencapainya (Böttcher and Lindner, 2010). Salah satu jenis pohon yang potensial untuk penyerapan karbon adalah mahoni (*Swietenia macrophylla* King.), karena jenis ini memiliki daur panjang dan memiliki nilai komersial yang tinggi.

Jenis mahoni banyak digunakan untuk konstruksi, kayu lapis, dan furniture karena memiliki kualitas kayu yang baik. Krisnawati et al. (2011) menyebutkan bahwa jenis mahoni merupakan jenis potensial untuk hutan tanaman industri maupun reforestasi dan aforestasi di Indonesia. Selain itu, jenis mahoni merupakan jenis yang banyak ditanam di Indonesia sebagai tanaman rehabilitasi yang ditujukan untuk perlindungan lahan miring dan tangkapan air (Krisnawati et al., 2011).

Upaya rehabilitasi lahan melalui penanaman mahoni selain dapat memberikan manfaat hidrologis, juga dapat memberikan manfaat dalam mitigasi perubahan iklim (Kimble and Lal, 2000) dengan cara menyerap karbon di udara melalui proses fotosintesis. Beberapa penelitian tentang karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni telah dilakukan. Kusumadewi (2012) dalam penelitiannya di Cirebon menemukan bahwa karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah tegakan mahoni adalah 67 ton/ha. Sementara itu, Kaliky (2011) dalam penelitiannya di Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah menemukan bahwa karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah tegakan mahoni adalah sebesar 66 ton/ha. Namun demikian, penelitian tersebut belum memberikan gambaran bagaimana dinamika perubahan karbon tersimpan baik pada biomassa di atas permukaan tanah, akar, maupun di dalam biomassa mati.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan tanaman mahoni (i.e. di atas permukaan tanah, akar, dan biomassa mati) pada beberapa kualitas tempat tumbuh (i.e. bonita) di Jawa. Perbedaan bonita akan berpengaruh terhadap perbedaan pertumbuhan tegakan, dimana pada bonita lebih rendah pertumbuhan mahoni lebih lambat dibandingkan pertumbuhan mahoni pada bonita yang lebih tinggi. Selain menganalisis dinamika karbon pada beberapa *pool* karbon, penelitian ini juga menganalisis rata-rata karbon tersimpan dalam



biomassa tegakan mahoni yang dikelola berdasarkan sistem silvikultur tebang habis pada daur optimalnya.

## **II. BAHAN DAN METODE**

### **A. Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2015 dengan menggunakan data tabel tegakan mahoni yang telah dibuat oleh Suharlan et al. (1975). Lokasi penelitian adalah di Pulau Jawa.

### **B. Bahan dan Alat Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabel tegakan mahoni dalam hutan normal yang dibuat oleh Suharlan et al. (1975). Walaupun data yang digunakan cukup lama, namun data tersebut masih cukup relevan mengingat manajemen hutan mahoni relatif tidak berubah. Tabel tegakan disusun berdasarkan pengukuran pada petak ukur yang ada di seluruh daerah di Jawa (i.e. Tasikmalaya dan Telawa, Semarang, Balapulang, Kendal, Purwodadi, Kedungjati, Banyumas, Gunung Kidul, Mantingan, dan Nganjuk) pada ketinggian antara 45 – 160 m dpl. Peninggi pohon pada umur 30 tahun bonita I, II, dan III berturut-turut adalah 21, 25, dan 28 meter. Tabel tegakan mahoni yang dibuat oleh Suharlan et.al. (1975) disajikan dalam kurun waktu lima tahunan. Untuk dapat mengetahui karbon tersimpan dalam biomassa tahunan, maka persamaan penduga tinggi, diameter, volume pohon per ha dan jumlah pohon per ha dibuat. 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, Amerupakan umur tegakan (dalam tahun). Nilai estimasi  $\alpha$  dan  $\beta$  dari tiap persamaan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai estimasi  $\alpha$  dan  $\beta$  pada persamaan (1)

		Tinggi	Diameter	Volume	N/ha*
Bonita I	$\alpha$	3.59	4.25	7.36	17800.20
	$\beta$	15.61	26.81	45.61	-1.09
Bonita II	$\alpha$	3.60	4.29	7.24	12281.86
	$\beta$	11.51	19.48	33.16	-1.08
Bonita III	$\alpha$	3.64	4.61	7.11	10431.29
	$\beta$	9.02	23.53	22.30	-1.15

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

\* perhitungan N/ha hanya untuk  $A > 5$ , untuk  $A \leq 5$  digunakan asumsi bahwa N/ha tahun ke-1 pada bonita I, III, dan III berturut-turut adalah sebanyak 3300, 2500, dan 1667 dan berkurang secara linier hingga tahun ke-5

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan perangkat lunak microsoft excel.

### C. Metode Penelitian

Perhitungan jumlah karbon tersimpan dalam biomassa hutan tanaman mahoni dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik yang telah ada. Estimasi berat biomassa di atas permukaan tanah dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik dari 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  $t$ ,  $\rho$  merupakan kerapatan kayu mahoni yaitu 0,49 (Zanne et al., 2009), dan  $D$  merupakan diameter setinggi dada kayu mahoni (dalam cm).

Estimasi berat biomassa akar dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik dari Guy dan Benowicz (1998) dalam Tassone et al. (2004) yaitu:

$$RB(t) = 1.4319(AGB(t))^{0.639} \quad (3)$$

Dimana  $RB(t)$  merupakan biomassa tersimpan dalam 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 mahoni adalah  $Net TB = AGB(t) + RB(t) - DB(t)$ .

Daur yang digunakan untuk menghitung rata-rata karbon tersimpan dalam tegakan mahoni adalah daur volume maksimum, yaitu waktu dimana riap rata-rata volume tahunan/MAI (*mean annual increment*) sama dengan riap tahun berjalan/CAI (*current annual increment*). Proporsi karbon dalam biomassa adalah sebesar 0,47 (IPCC, 2006).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, penentuan daur optimal tegakan mahoni diulas berdasarkan penentuan daur optimal volume maksimum. Selanjutnya, perhitungan karbon tersimpan dalam biomassa tegakan manglid yaitu biomassa di atas permukaan tanah, biomassa akar, dan biomassa mati dijelaskan berdasarkan persamaan pada metode penelitian. Akhirnya, perhitungan net biomassa pada bonita I, II, dan III apabila tegakan mahoni dikelola berdasarkan daur optimalnya dianalisis untuk mengetahui potensi karbon yang diserap pada tiap bonita.

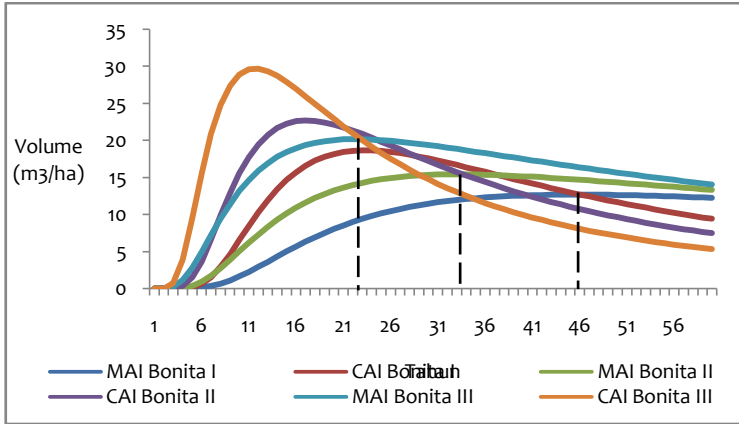
#### A. Daur Volume Maksimum Tegakan Mahoni

Secara umum, penentuan waktu tebang yang banyak digunakan oleh rimbawan adalah daur optimal biologis (Bettinger et al., 2009), atau dikenal pula dengan daur volume maksimum (Amacher et al., 2009). Penentuan daur ini dilakukan dengan menghitung waktu dimana riap volume tahunan rata-rata (MAI) sama dengan riap volume tahun berjalan (CAI). Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1) dengan parameter Tabel 1, maka secara grafis MAI dan CAI tegakan mahoni pada bonita I, II, dan III dapat disajikan dalam Gambar 1.



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim



Gambar 1. Daur optimal hutan tanaman mahoni pada bonita I, II, dan III

Gambar 1 menunjukkan bahwa daur optimal hutan tanaman manglid pada bonita I, II, dan III berturut-turut adalah 46, 34 dan 23 tahun. Daur mahoni pada penelitian ini kurang lebih sama dengan perhitungan daur oleh Krisnawati et al. (2011) dan Mindawati and Megawati (2013) Semakin tinggi bonita yang berarti semakin subur lokasi tempat tumbuh tanaman mahoni membuat pertumbuhan tanaman mahoni semakin baik, sehingga penambahan volume per satuan waktu bonita menjadi lebih tinggi.

### B. Karbon Tersimpan Dalam Biomassa Tegakan Mahoni

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2-4, maka diperoleh hasil seperti disajikan dalam Tabel 2.

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

Umur	Bonita I				Bonita II				Bonita III			
	AGB	RB	DB	NTB	AGB	RB	DB	NTB	AGB	RB	DB	NTB
15	21	10	1	30	64	20	5	79	51	18	4	65
20	51	18	4	65	110	29	10	129	101	27	9	120
25	81	24	7	98	142	34	13	163	143	34	13	164
30	106	28	10	124	163	37	15	185	172	38	17	194
35	124	31	12	144	175	39	17	197	191	41	18	213

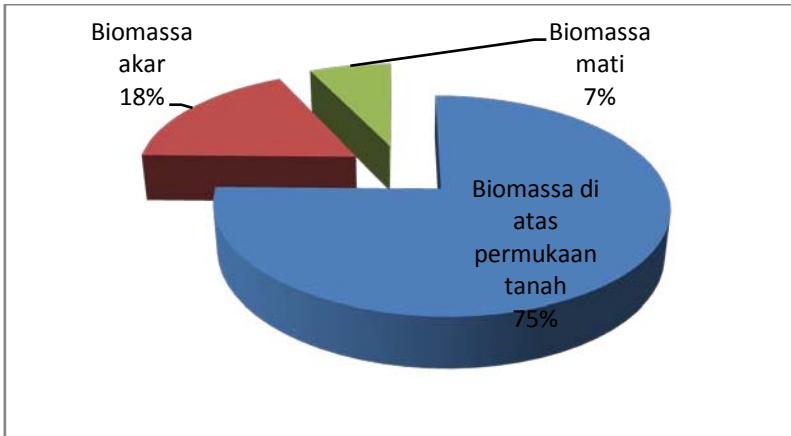


## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

40	137	33	13	157	180	40	17	202	201	42	20	224
45	146	35	14	166	182	40	18	204	206	43	20	229
50	151	35	15	172	181	40	18	203	208	43	20	231

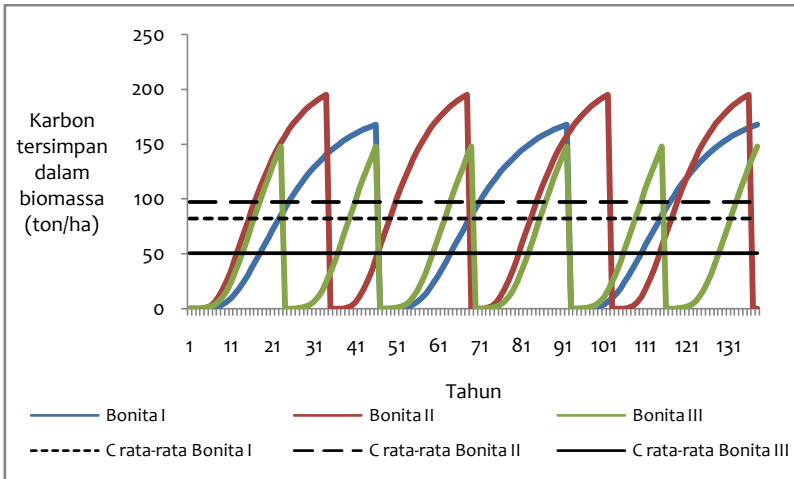
Tabel 2 menunjukkan bahwa pada bonita yang lebih tinggi (i.e. tingkat kesuburan tanah lebih tinggi), jumlah karbon tersimpan dalam biomassa juga lebih tinggi dibandingkan pada bonita yang lebih rendah. Pada tegakan mahoni umur 50 tahun, jumlah AGB, RB, dan DB bonita I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 151, 35, dan 15 ton C/ha, 181, 40, 18 ton C/ha, dan 208, 43, dan 20 ton C/ha. Proporsi AGB, RB, dan DB tegakan mahoni berturut-turut adalah sebesar 74%, 18%, dan 7% (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Proporsi karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni

### C. Dinamika Karbon Tegakan Mahoni Pada Daur Optimalnya

Pengelolaan hutan tanaman mahoni apabila tidak mempertimbangkan jasa lingkungan karbon sebagai salah satu sumber pendapatan seringkali menggunakan daur optimal biologis. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni pada bonita I, II, dan III yang dikelola dengan tebang habis pada daur optimalnya

Gambar 3 menunjukkan dinamika karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni apabila dikelola menurut daurnya. Rata-rata net biomassa tegakan mahoni pada bonita I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 82, 97, dan 51 ton/ha. Pada bonita I yang relatif kurang subur, dengan daur sepanjang 46 tahun, tegakan mahoni memiliki rata-rata karbon tersimpan dalam biomassa yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata net karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni pada bonita II yang memiliki daur lebih pendek. Namun demikian, pada bonita III dengan tingkat kesuburan yang lebih tinggi, daur menjadi lebih pendek (i.e. 23 tahun) nilai rata-rata net karbon tersimpan dalam biomassa lebih rendah dibandingkan pada bonita I dan II.

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. CO<sub>2</sub> eq.). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa peningkatan harga karbon akan memberikan insentif bagi pengelola hutan tanaman untuk menunda penebangan (Galinato and Uchida, 2011; Olschewski and Benitez, 2010; Tassone et al., 2004; Van Kooten et al., 1995).





#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **A. 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%, 18%, dan 7%
2. Rata-rata net karbon tersimpan dalam biomassa tegakan mahoni pada bonita I, II, dan III berturut-turut adalah sebesar 82, 97, dan 51 ton/ha

##### **B. Saran**

Jenis mahoni yang memiliki nilai komersial tinggi selain dapat digunakan sebagai salah satu jenis tanaman rehabilitasi lahan, dapat pula berperan dalam penyerapan karbon di udara. Penelitian lebih lanjut tentang sejauh mana potensi jasa lingkungan hidrologi dan penyerapan karbon mempengaruhi manajemen optimal pengelolaan hutan tanaman mahoni menarik untuk dilakukan di masa mendatang.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Amacher, G.S., Ollikainen, M., Koskela, E., 2009. Economics of forest resources. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P., Grebner, D.L., 2009. Forest management and planning. Academic Press, Burlington USA.
- 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.



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

- 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.
- IPCC, 2006. IPCC Guideline 2006 Guidelines for national green house gas inventories. IPCC.
- Kaliky, F., 2011. Analisis Biomassa dan Karbon Tanaman Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) serta Hubungannya dengan Potensi Kayu di KPH Randublatung Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah, Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kimble, J.M., Lal, R., 2000. Watershed management for mitigating the greenhouse effect. CRC Press.
- Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M., 2011. *Swietenia macrophylla* King: Ecology, silviculture and productivity. CIFOR.
- Kusumadewi, F., 2012. Analisis Karbon Terikat Di Atas Permukaan Tanah Pada Tegakan Pohon Mahoni Dan Jati Di Lahan Reklamasi Bekas Tambang Pasir Gumulung Tonggoh, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mindawati, N., Megawati, 2013. Manual Budidaya Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan, Bogor, Indonesia.
- Olschewski, R., Benitez, P.C., 2010. Optimizing joint production of timber and carbon sequestration of afforestation projects. *J Forest Econ* 16, 1-10.
- Richards, K.R., Stokes, C., 2004. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research. *Climatic change* 63, 1-48.
- Suharlana, A., Sumarna, K., Sudiono, J., 1975. Tabel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Bogor.
- 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 Econ* 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



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

Supply of Carbon Services. *American Journal of Agricultural Economics* 77, 365-374.

van Kooten, G.C., Krcmar-Nozic, 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> .