

POTENSI HUTAN PINUS SEBAGAI PENYIMPAN KARBON DI KECAMATAN NGANTANG, KABUPATEN MALANG

Titut Yulistyarini¹⁾, Rossyda Priyadarshini²⁾ dan Eny Dyah Yuniwati³⁾

¹⁾ UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi - LIPI

²⁾ Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Jawa Timur

³⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Wisnu Wardhana

ABSTRAK - Hutan tanaman industri berbasis pinus merupakan salah satu bentuk sistem penggunaan lahan (SPL) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Konto, Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang, yang berpeluang cukup besar sebagai penyimpan karbon (C). Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengestimasi simpanan C dari SPL/ hutan pinus pada berbagai umur; (2) Mengestimasi sumbangan C dari pohon pinus dalam hutan pinus dan (3) Mengestimasi peningkatan simpanan C pohon pinus per tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata simpanan C pada SPL pinus di Kecamatan Ngantang adalah sebesar 59,15 Mg ha⁻¹. Pinus umur 8 tahun menyimpan C sebesar 1,63 Mg ha⁻¹, sedangkan pinus umur 15 dan 30 tahun menyimpan C masing-masing sebesar 49,98 dan 81,17 Mg ha⁻¹. Estimasi peningkatan simpanan C pada pinus per tahun, yaitu sekitar 4 Mg ha⁻¹ tahun⁻¹. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa SPL/hutan pinus cukup berpotensi dalam mempertahankan simpanan C.

Kata kunci : karbon, pinus, Ngantang

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan suatu akibat dari terjadinya pemanasan global yang disebabkan peningkatan gas karbondioksida (CO₂). Menurut IPCC (2001), konsentrasi CO₂ di atmosfer telah meningkat sekitar 28% dalam kurun waktu 150 tahun, sehingga suhu atmosfer bumi sekarang menjadi 0,5 °C lebih panas dibanding suhu pada jaman pra-industri. Selain meningkatnya penggunaan bahan bakar, peningkatan CO₂ juga disebabkan oleh makin meluasnya alih guna hutan. Alih guna hutan berkaitan dengan perubahan jumlah cadangan karbon (C). Hutan alami merupakan gudang (tempat cadangan) C tertinggi, bila dibandingkan dengan lahan pertanian. Hairiah *et al.* (1997) dalam Hairiah *et al.* (2006) melaporkan bahwa konversi hutan alami di Jambi menjadi hutan sekunder menyebabkan kehilangan C sekitar 200 Mg ha⁻¹, dimana kehilangan terbesar terjadi di atas permukaan tanah karena banyak pohon yang dibakar.

Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, upaya yang dapat dilakukan saat ini adalah meningkatkan penyerapan karbon dan/atau menurunkan emisi karbon. Peningkatan penyerapan cadangan karbon dapat dilakukan dengan cara: (a) meningkatkan pertumbuhan biomassa hutan secara alami, (b) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, dan (c) mengembangkan

hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh Sedjo and Salomon (1988) dalam Rahayu *et al.* (2005). Karbon yang diserap oleh tanaman disimpan dalam bentuk biomassa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan cadangan karbon adalah dengan menanam dan memelihara pohon (Lasco *et al.* (2004) dalam Rahayu *et al.* (2005).

Hutan mengabsorpsi CO₂ selama proses fotosintesis dan menyimpannya sebagai materi organik dalam biomassa tanaman. Banyaknya materi organik yang tersimpan dalam biomassa hutan per unit luas dan per unit waktu merupakan pokok dari produktivitas hutan, yang merupakan gambaran kemampuan hutan dalam mengurangi emisi CO₂ di atmosfer melalui aktivitas fisiologinya. Dalam konteks studi ini, pengukuran produktivitas hutan relevan dengan pengukuran biomassa. Biomassa hutan menyediakan informasi penting dalam menduga besarnya potensi penyerapan CO₂ dan biomassa dalam umur tertentu yang dapat dipergunakan untuk mengestimasi produktivitas hutan (Heriansyah, 2005). Kemampuan hutan tanaman dalam menyerap emisi CO₂ bervariasi menurut jenis, umur dan kerapatan tanaman.

Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang memiliki perbedaan antara musim kering dan musim hujan yang jelas. Curah hujan rata-rata 2100 – 2500 mm dengan periode musim hujan pada bulan November – Maret dan musim kering bulan Juni– September dan suhu rata-rata berkisar antara 23-27°C. Ngantang memiliki beberapa sistem penggunaan lahan (SPL),

diantaranya hutan tanaman industri (HTI) berbasis pinus. Berdasarkan sejarah penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang, pinus mulai ditanam sekitar tahun 1974 atas kerjasama Perhutani dan petani. Pada awal penanaman, lahan di sekitar pinus muda ditanami jagung atau ubi kayu (Arifin, 2001). Saat ini, SPL hutan pinus semakin banyak dikembangkan di daerah ini. Selain potensi ekonominya cukup tinggi (kayu dan getahnya), maka potensi SPL pinus sebagai penyerap karbon juga perlu dipertimbangkan dalam pengembangannya.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengestimasi simpanan C dari SPL/ hutan pinus pada berbagai umur; (2) Mengestimasi sumbangan C dari pohon pinus dalam hutan pinus dan (3) Mengestimasi peningkatan simpanan C pohon pinus per tahun.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian ini dilakukan di hutan pinus umur 8, 15 dan 30 tahun, yang dikelola Perhutani, di tiga desa wilayah Sub-DAS Konto (237 km²), Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang (7°46'47" - 8°17'18" LS dan 112°18'18" - 112°55'55"BT) (Tabel 1). Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2008.

• Pengukuran Penyimpanan C

Pengukuran penyimpanan C di atas permukaan tanah meliputi C yang disimpan dalam biomasa pohon, tumbuhan bawah (gulma), dan nekromas yang ada di permukaan tanah (ranting, daun, bunga/buah, seresah kasar dan seresah halus). Pengukuran C pada pohon pinus umur 8 dan 15 tahun dilakukan pada plot berukuran 40 m x 5 m, sedangkan pada pinus umur 30 tahun dilakukan pada plot berukuran 100 m x 10 m yang terbagi dalam 5 sub-plot berukuran 20 m x 10 m, sesuai dengan protokol *Tropical Soil Biology and Fertility* (Hairiah *et al.*, 2001). Petak tersebut dipakai untuk semua pengukuran komponen penyusun lahan (biomassa pohon, gulma, nekromas dan seresah

di permukaan, tanah). Biomasa pohon pinus diestimasi menggunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan, yaitu : $BK = 0,0417 D^{2,6576}$ (Waterloo, 1995 dalam Hairiah dan Rahayu, 2007). Semua pohon yang ada pada petak pengamatan diukur *dbh*-nya (diameter setinggi dada atau diameter pada 1.3 m dari permukaan tanah).

Tumbuhan bawah (gulma) adalah semua tumbuhan yang diameternya kurang dari 5 cm dan tingginya kurang dari 50 cm. Biomasa tumbuhan bawah dan nekromas yang ada di atas permukaan tanah diambil dari 10 titik luasan berukuran 0.5 x 0.5 m² dalam plot yang sama dengan pengukuran biomassa pohon. Tumbuhan bawah yang masih hidup dipotong rata dengan permukaan tanah, dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam, dan ditimbang berat keringnya. Contoh nekromas berupa seresah kasar dan halus, dicuci dalam air mengalir untuk memisahkannya dengan tanah, kemudian disaring dengan ayakan untuk memisahkan seresah halus dan kasarnya, dan selanjutnya dioven pada suhu 80°C selama 48 jam, dan ditimbang berat keringnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Karbon Tersimpan dalam SPL Berbasis Pinus

Penyimpanan C pada berbagai SPL pinus merupakan jumlah dari penyimpanan C pada komponen tegakan pohon (pinus dan pohon lain *non* pinus) dan bagian bawah tegakan (tumbuhan bawah dan nekromas). Hasil pengukuran total penyimpanan C pada SPL pinus umur 8, 15 dan 30 tahun ditunjukkan pada Gambar 1. Penyimpanan C tertinggi diperoleh dari SPL pinus 30 tahun sebesar 114,88 Mg ha⁻¹, sedangkan pada SPL pinus 15 dan 8 tahun masing-masing 56,70 dan 5,89 Mg ha⁻¹. Tingginya simpanan C pada SPL pinus 30 tahun berkaitan dengan umur dan pertumbuhan diameter pinus.

Tabel 1. Umur Sistem Penggunaan Lahan (SPL) dan Lokasi Survei

| Tanaman | Umur (Th) | SPL | Relatif Basal Area (%) | Kepemilikan lahan | Lokasi | |
|---------|-----------|------------------------|------------------------|-------------------|-----------|-------------|
| | | | | | Desa | Dusun |
| Pinus | 8 | Agroforestri sederhana | 4,9 | Perhutani | Mulyorejo | Maron |
| Pinus | 15 | Agroforestri sederhana | 16 | | Jombok | Kasin Wungu |
| Pinus | 30 | Agroforestri sederhana | 29 | | Waturejo | Watu Kidul |

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa umur pohon pinus (8, 15 dan 30 tahun) berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap penyimpanan C di dalam biomasa pohon. SPL Pinus 30 tahun menghasilkan C tersimpan pada pohon pinus dan jenis pohon lainnya paling tinggi, yaitu sekitar $112,76 \text{ Mg ha}^{-1}$. Sedangkan C tersimpan pada pohon pinus dan jenis pohon lainnya di SPL pinus 15 dan 8 tahun, masing-masing $50,68$ dan $4,23 \text{ Mg ha}^{-1}$. Jumlah C tersimpan pada tumbuhan bawah dan nekromas tertinggi dihasilkan oleh SPL Pinus 15 tahun sebesar $6,04 \text{ Mg ha}^{-1}$. Sedangkan C tersimpan dalam tumbuhan bawah dan nekromas pada SPL 8 dan 30 tahun berturut-turut $1,66$ dan $2,12 \text{ Mg ha}^{-1}$. Tumbuhan bawah SPL pinus 8 tahun didominasi oleh jenis rumput-rumputan, *seedling* sono keling *Dalbergia latifolia*. Sedangkan pada SPL pinus 15 dan 30 tahun, tumbuhan bawahnya banyak didominasi rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dan pisang (*Musa spp.*)

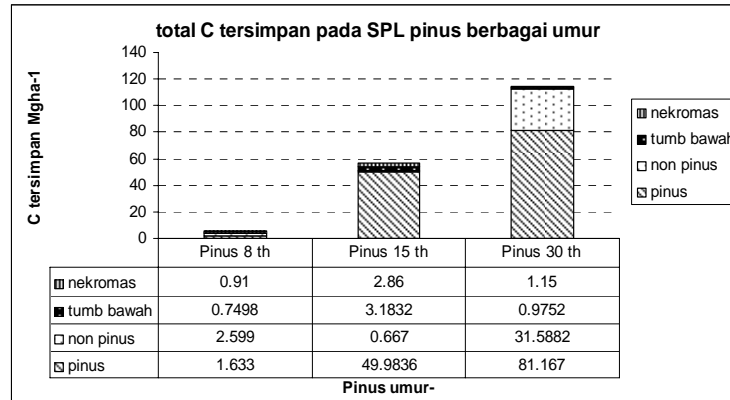
Kontribusi Pinus dalam Menyimpan C pada SPL pinus

Pada SPL Pinus 15 dan 30 tahun, pinus menyimpan C sebesar masing-masing $49,98$ dan $81,17 \text{ Mg ha}^{-1}$, lebih besar dari simpanan C yang berasal dari biomass non pinus (sekitar $0,67$ dan $31,6 \text{ Mg ha}^{-1}$). Sedangkan pada pinus 8 tahun, simpanan C yang diberikan pinus masih lebih rendah dari pada pohon non pinus (Gambar 1). Hasil ini sesuai dengan hasil perhitungan C pada pinus berumur 21 tahun di Jawa Timur, yang memberikan sumbangan C berkisar antara $74,52$ hingga $209,76 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Anonymous, 2005). Sedangkan hasil penelitian FIA (2003) di Amerika Serikat Selatan menyatakan pinus menghasilkan C sebesar $21-55 \text{ Mg ha}^{-1}$. Namun, hasil ini berbeda dengan hasil penelitian Arifin (2001) yang mendapatkan hasil cadangan C untuk pinus sebesar 192 Mg ha^{-1} . Sedangkan hasil penelitian Heriansyah (2005) di BKPH Leuwiliang, KPH Bogor, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat, menunjukkan hutan pinus 5, 11 dan 24 tahun dapat menyimpan C berturut-turut sebesar $10,53$; $21,09$ dan $14,76 \text{ Mg ha}^{-1}$. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh antara lain: (1) tingkat kesuburan tanah, (2) iklim setempat dan (3) pengelolaan lahan (kerapatan pohon). Jumlah C tersimpan dalam pohon pinus di SPL ini berbeda jauh dengan C yang dihasilkan oleh hutan alami di Sumberjaya, Lampung, yakni 195 Mg ha^{-1} (Hairiah, dkk., 2006).

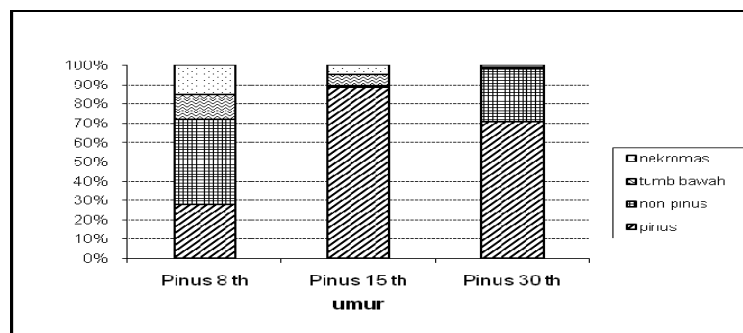
Besarnya kontribusi pinus dalam menyimpan C pada berbagai umur dapat terlihat pada Gambar 2. Kontribusi pinus dalam menyimpan C terbesar terdapat pada SPL pinus 15 tahun ($88,16\%$) dan terendah pada SPL pinus 8 tahun ($27,73\%$). Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan pohon pinus, dimana pada SPL pinus 8 tahun, pertumbuhan pinus masih belum maksimal, sehingga diameternya masih lebih kecil dari diameter pinus 15 dan 30 tahun. Pertumbuhan diameter dipengaruhi oleh kerapatan tegakan, baik pada umur tua maupun pada umur muda, diameter rata-rata suatu tegakan akan bertambah dengan bertambahnya jarak tanam (Butar-butur dan Sembiring, 1991). Pertambahan jarak tanam berarti kerapatan lebih rendah yang mengakibatkan diameter rata-rata lebih besar. SPL pinus 8 tahun memiliki kerapatan populasi pinus tertinggi ($66,46\%$) dibandingkan dengan kerapatan pinus 15 dan 30 tahun ($62,29$ dan $28,18\%$). Meskipun kerapatan pinus 8 dan 15 tahun hampir sama, namun kontribusi pinus 8 tahun dalam menyimpan C masih jauh lebih kecil dari pinus 15 tahun. Kecilnya kontribusi tersebut selain disebabkan kecilnya diameter pinus, juga tingginya keragaman jenis pohon lain (non pinus) di SPL pinus 8 tahun (Tabel 2.). Besarnya kontribusi non pinus di SPL ini mencapai $44,14\%$.

SPL pinus 30 tahun memiliki kontribusi menyimpan C sebesar $70,66\%$ atau lebih kecil dibandingkan kontribusi pinus 15 tahun ($88,16\%$), meskipun simpanan C pinusnya lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan dilakukannya penjarangan pada pinus 30 tahun, sehingga kerapatannya hanya mencapai $28,18\%$. Penjarangan pinus dilakukan untuk menghindari terjadi percabangan yang berlebihan dan penjarangan yang belum memberikan hasil (*tending thinnings*) (Simon, 1996). Adanya penjarangan, maka pohon lain akan meningkatkan kontribusi simpanan C nya.

Berdasarkan Gambar 2. di bawah dapat diketahui pula kontribusi komponen di bawah tegakan pinus dalam menyimpan C pada berbagai SPL. Komponen di bawah tegakan pinus terdiri dari tumbuhan bawah dan nekromas. Nekromas terdiri dari fraksi seresah (ranting dan daun pinus, seresah kasar dan halus) dan bunga/buah. Secara umum kontribusi tumbuhan bawah dan nekromas sebagai penyumbang C pada SPL pinus adalah kecil, rata-rata $1,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ atau $6 - 7\%$ dari total penyimpanan C pada masing-masing SPL.



Gambar 1. Total C tersimpan pada SPL pinus berbagai umur



Gambar 2. Kontribusi Pinus dalam Menyimpan C pada SPL Pinus

Tabel 2. Jenis pohon dan Rerata Diameter (D) pada masing-masing SPL Pinus

| No. | SPL Pinus Umur 8 tahun | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------------|---------------|
| | Nama Tanaman | Nama Latin | Diameter (cm) |
| 1 | Mahoni | <i>Swietenia macrophylla</i> | 3.1 |
| 2 | Durian | <i>Durio zibethinus</i> | 1.3 |
| 3 | Pisang | <i>Musa spp.</i> | 7.3 |
| 4 | Keluwih | <i>Artocarpus altilis</i> | 1.6 |
| 5 | Surian | <i>Toona sureni</i> | 2.2 |
| 6 | Jati kertas | <i>Tectona grandis</i> | 2.5 |
| 7 | Sono Keling | <i>Dalbergia latifolia</i> | 2.1 |
| 8 | Sengon | <i>Albizia falcataria</i> | 4.2 |
| 9 | Waru | <i>Hibiscus macrophyllus</i> | 11.2 |
| SPL Pinus Umur 15 tahun | | | |
| 10 | Mahoni | <i>Swietenia macrophylla</i> | 2.4 |
| 11 | Pisang | <i>Musa spp.</i> | 5.6 |
| 12 | Randu | <i>Bombax ceiba</i> | 9.9 |
| SPL Pinus Umur 30 tahun | | | |
| 13 | Kopi | <i>Coffea spp.</i> | 3.9 |
| 14 | Pisang | <i>Musa spp.</i> | 9.9 |
| 15 | Jambu | <i>Syzygium spp.</i> | 3.8 |
| 16 | durian | <i>Durio zibethinus</i> | 0.9 |
| 17 | Sengon | <i>Albizia falcataria</i> | 7.3 |
| 18 | Gliricide | <i>Gliricidia sepium</i> | 2.8 |
| 19 | Rambutan | <i>Nephelium lapaceum</i> | 3.5 |
| 20 | Mangga | <i>Mangifera spp.</i> | 3.0 |
| 21 | Alpukat | <i>Persea americana</i> | 16.7 |

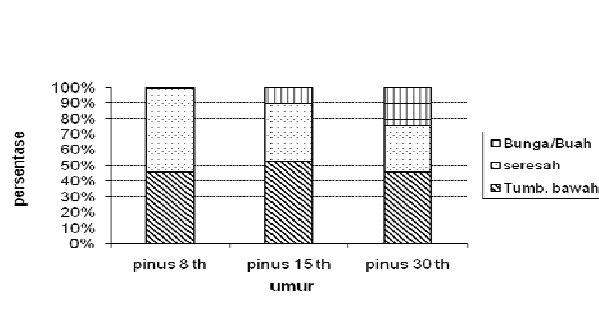
Kontribusi simpanan C pada masing-masing komponen di bawah tegakan pinus 8, 15 dan 30 tahun ditampilkan pada Gambar 3. Tumbuhan bawah memberikan kontribusi lebih besar dibandingkan nekromas (seresah dan bunga/buah) pada SPL Pinus 15 dan 30 tahun sebesar 52,66 dan 45,99% dari total penyimpanan C di bawah tegakan pinus. Hal ini disebabkan dominansinya rumput gajah yang ditanam sebagai tumbuhan bawah di kedua SPL ini. Pada SPL pinus 8 tahun, kontribusi tumbuhan bawah dalam menyimpan C lebih kecil dibandingkan kontribusi nekromas (seresah). Lebih banyaknya seresah pada SPL pinus 8 tahun disebabkan tingkat keragaman pohon pada SPL ini masih banyak. Bunga/buah pinus memberikan C terbesar pada SPL pinus 30 tahun yaitu 24,30%, karena pada saat ini, pinus telah mencapai masa produktif. Dengan demikian tingkat keragaman penyimpanan C di bawah tegakan pohon pada SPL pinus cenderung ditentukan oleh umur tanaman yang akan mempengaruhi tingkat pengelolaan lahannya.

Pemeliharaan tingkat produksi nekromas pada sistem penggunaan lahan merupakan bagian yang sangat penting dari pengelolaan lahan terkait dengan upaya peningkatan penyimpanan karbon pada ekosistem lahan. Secara berangsur-angsur nekromas akan tersimpan dalam tanah dalam bentuk bahan organik tanah. Bahan organik tanah merupakan

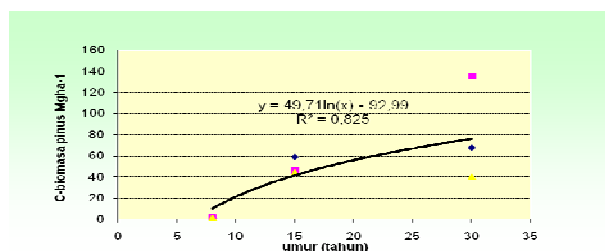
fraksi tanah yang berfungsi sebagai penyimpan karbon di dalam tanah. Karena itu mempertinggi kandungan bahan organik dalam tanah melalui produksi nekromas berarti memperbesar penyimpanan karbon di dalam tanah. Hairiah dan Widiyanto (2007) menyebutkan bahwa memperbesar penyimpanan karbon dalam tanah merupakan salah satu cara yang diperlukan untuk mengurangi akumulasi karbon di dalam atmosfer.

Peningkatan C Tersimpan per Tahun dalam Biomasa Pinus

Dari hasil analisis hubungan antara simpanan C dan umur pinus, diketahui bahwa simpanan C pada biomasa pinus meningkat dengan meningkatnya umur pinus (Gambar 4.). Hubungan antara simpanan C dan umur sangat kuat dengan $R^2 = 0,825$ dalam persamaan $y = 49,71 \ln(x) - 92,99$, dimana y adalah jumlah C tersimpan (Mg ha^{-1}) dan x adalah umur pinus (tahun). Berdasarkan persamaan tersebut maka dapat diestimasi jumlah peningkatan C per tahun untuk pinus yakni sekitar $4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ pada umur pinus 9-20 tahun, peningkatan menurun menjadi sekitar $1,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ pada saat pinus >20 tahun (Gambar 4). Pertambahan cadangan C pinus terus menurun hingga mendekati stabil pada saat pinus berumur >60 tahun, yang berarti pada umur ini pinus sudah tidak produktif lagi.



Gambar 3. Kontribusi Simpanan C Tumbuhan Bawah dan Nekromas di bawah Tegakan Pinus



Gambar 4. Peningkatan Cadangan C (Mg ha^{-1}) pada Pinus berbagai umur

Berdasarkan hasil di atas, maka dapat dihitung besarnya rata-rata penyimpanan C pada SPL pinus di Kecamatan Ngantang yaitu sebesar 59,15 Mg ha⁻¹, yang terdiri dari simpanan C pada biomasa pinus sebesar 44,26 Mg ha⁻¹, C-biomasa non pinus sebesar 11,62 Mg ha⁻¹, C-biomasa tumbuhan bawah sebesar 1,64 Mg ha⁻¹ dan C-nekromas sebesar 1,64 Mg ha⁻¹. Meskipun hasil penyimpanan C pada SPL hutan pinus masih lebih rendah (33,3%) dari simpanan C pada hutan alami (Lampung) sebesar 195 Mg ha⁻¹, namun SPL ini patut dipikirkan pengembangannya di Ngantang.

KESIMPULAN

Penyimpanan C pada SPL pinus 8, 15 dan 30 tahun berturut-turut sebesar 5,89; 56,70 dan 114,88 Mg ha⁻¹. Sedangkan rata-rata penyimpanan C pada SPL pinus di Kecamatan Ngantang yaitu sebesar 59,15 Mg ha⁻¹. Kontribusi tanaman pinus terhadap penyimpanan C meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman. Pinus berumur 8 tahun menyimpan C sebesar 1,63 Mg ha⁻¹, pinus berumur 15 dan 30 tahun menyimpan C masing-masing sebesar 49,98 dan 81,17 Mg ha⁻¹. Penyimpanan C di bawah tegakan tanaman pinus banyak disimpan dalam tumbuhan bawah (SPL pinus umur 8 tahun dan 15 tahun), sedangkan pada SPL pinus umur 30 tahun antara jumlah tumbuhan bawah, serasah dan buah-bunga komposisi penyimpanan C-nya hampir berimbang. Estimasi peningkatan penyimpanan C pada pinus per tahun, yakni sekitar 4 Mg ha⁻¹ tahun⁻¹ pada umur pinus 9-20 tahun, peningkatan menurun menjadi sekitar 1,8 Mg ha⁻¹ tahun⁻¹ pada saat pinus >20 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2005. Allometric equations and parameters for estimating the biomass of planted *Pinus merkusii* Jungh. Et de Vr. Forest. Japanese Journal of Environment 47(2): 94-104.
- Arifin, J. 2001. Estimasi Cadangan Karbon Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngantang, Malang. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, 61 pp.
- Butar-butur, T dan S. Sembiring. 1991. Riap Rata-rata dan Riap Berjalan Diameter Selama Lima Tahun Terakhir Hutan Tanaman *Shorea platyclados* di Purbatongah Sumatra Utara. Buletin Penelitian Kehutanan: 7(1). BPK Pematang Siantar.
- FIA .2003. US Departement of Agriculture, Forest Services, Forest Inventory and Analysis. [www.http://www.fia.fs.fed.us/](http://www.fia.fs.fed.us/). Diakses 14 Juli 2008.
- Hairiah, K dan Widiyanto. 2007. Adaptasi dan Mitigasi Pemanasan Global Melalui Pengelolaan Diversitas Pohon di Lahan-Lahan Pertanian. Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air. Seminar Nasional Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia 2004-2007. Jakarta.
- Hairiah, K. dan S. Rahayu. 2007. Petunjuk Praktis: Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre, ICRAF South East Asia. Bogor.
- Hairiah, K., S.M.Sitompul, M. Van Noordwijk and C. Palm. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. ASB Lecture Note 4B. ICRAF, Bogor, 23pp.
- Hairiah, K., S. Rahayu, dan Berlian. 2006. Layanan Lingkungan Agroforestri Berbasis Kopi: Cadangan Karbon dalam Biomasa Pohon dan Bahan Organik Tanah (Studi Kasus Dari Sumberjaya, Lampung Barat). Agrivita 28(3): 298-309.
- Heriansyah, I. 2005. Potensi Hutan Tanaman Industri Dalam Mensequester Karbon: Studi Kasus Di Hutan Tanaman Akasia dan Pinus. Inovasi 3 (17): 43-47.
- IPCC. 2001. Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Report of the working group II. Cambridge University Press. UK. p 967.
- Rahayu, S., B. Lusiana and M. van Noordwijk. 2005. Above Ground Carbon Stock Assesment for Various Land Use Systems In Nunukan, East Kalimantan. In : Lusiana B, M.van Noordwijk Mand Rahayu S. (Editors) Carbon stocks in Nunukan, East Kalimantan: a spatial monitoring and modelling approach. Report from the carbon monitoring team of the Forest Resources Management for Carbon Sequestration (FORMACS) project. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office. Bogor, Indonesia. 98 p.
- Simon, H. 1996. Metode Inventori Hutan. Edisi I cetakan 2 Aditya Media. Yogyakarta.