

Potensi Simpanan Karbon Berdasarkan Struktur Tinggi Tanaman Pola-Pola Agroforestry di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi Kabupaten Gowa, Sulawesi-Selatan

Syamsuddin Millang¹⁾

¹⁾ Laboratorium Silvikultur, Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin Kampus Tamalanrea-Makassar, Sulawesi Selatan 90245
E.mail: smillang60@yahoo.com

ABSTRACT

The study is aimed to (1) identify agroforestry pattern inside and outside of forest area based on structure and species composition; (2) know carbon stocks potential of agroforestry pattern base on vertical structure; (3) estimate aboveground carbon stocks of agroforestry patterns. The study was conducted on May to September 2009 in Tinggimoncong and Parigi District, Gowa Regency and Laboratory of Silvikultur, Hasanuddin University. To know tree biomass, measurement of diameter breast height was carried out. Total number of sample plots taken was 37 with 20 x 50 m in size. Selection and placement of sample plot was conducted by *Purposive Sampling* based on consideration of tree species dominant on each different agroforestry patterns. Withdrawal of tree's biomass samples was conducted by *non-destructive sampling*, namely without destructing samples. The study results showed that (1) agroforestry system which generally used by community at the study location was *agrisilviculture* consisting of nine combination's pattern of crop species. Interval adjustment follows random and border pattern with crop interval of tree component were irregular, (2) number carbon-stock on every range of vertical structure of agroforestry patterns were varied. Agroforestry *Erythrina-jackfruit-coffee*, *clove-annual crops*, *african tree-coffee*, *Gmelina-banana* patterns tend to follow bell-shaped curve or the stored carbon was the largest on medium-diameter trees, *pine-vegetable*, *Eucalyptus-vegetable crops*, *pine-coffee*, *fruit trees-coffee* tend to follow J-shaped curve or the stored carbon was the largest on wider-diameter trees, and agroforestry *Erythrina-coffee* patterns tend to be irregular; (3) two agroforestry patterns which had the highest potential carbon stocks aboveground were *pine-coffee* and *fruittree-coffee* agroforestry pattern amounted of 199.97 ton ha⁻¹ and 100.54, respectively, and the lowest agroforestry pattern was *clove-annual crop* pattern namely 18.40 ton ha⁻¹.

Key words: Carbon stocks, agroforestry pattern, vertical stratification.

PENDAHULUAN

Sumberdaya alam hutan yang dimanfaatkan tanpa mengindahkan faktor kelestarian menimbulkan banyak masalah. Masalah yang timbul antara

lain terjadinya erosi, kepunahan flora fauna, banjir, kekeringan, dan perubahan lingkungan secara global. Hal ini juga merupakan dampak dari pertambahan populasi manusia yang cepat yang menyebabkan kebutuhan ekonomi seperti

pangan, bahan bakar, tempat pemukiman, kegiatan pariwisata, dan kebutuhan-kebutuhan lainnya juga bertambah cepat. Di lain pihak luas lahan pertanian permanen dan produktivitasnya relatif tidak meningkat, sehingga masyarakat mencari lahan garapan alternatif untuk memenuhi kehidupannya. Kawasan hutan dan areal bervegetasi pohon lainnya merupakan areal yang menjadi sasaran paling mudah untuk dialihfungsikan menjadi areal yang dapat menghasilkan kebutuhan sehari-harinya.

Hal lain yang juga terkait dengan alih guna lahan adalah masalah emisi karbon dan perubahan jumlah cadangan karbon. Pelepasan karbon ke atmosfer akibat konversi hutan berjumlah sekitar 250 Mg C ha^{-1} yang terjadi selama penebangan dan pembakaran, sedangkan penyerapan kembali karbon menjadi biomasa vegetasi pohon relatif lambat, hanya sekitar $4.5\text{-}5 \text{ Mg C ha}^{-1}$ tahun⁻¹ (Page, 2007). Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, upaya yang dapat dilakukan saat ini adalah meningkatkan penyerapan karbon (Sedjo dan Solomon, 1988 *dalam* Rahayu dkk., 2007) dan/atau menurunkan emisi karbon (Lasco, 2004 *dalam* Rahayu dkk., 2007). Penurunan emisi karbon dapat dilakukan dengan beberapa cara: (1) mempertahankan cadangan karbon yang telah ada dengan mempertahankan hutan lindung, mengendalikan deforestasi, menerapkan praktek silvikultur dengan baik, mencegah degradasi lahan gambut dan memperbaiki pengelolaan cadangan bahan organik tanah, (2) meningkatkan cadangan karbon melalui penanaman tanaman berkayu, dan (3) mengganti bahan bakar fosil dengan bahan bakar yang dapat diperbaharui secara langsung maupun tidak langsung (angin, biomassa, aliran air), radiasi matahari,

dan aktivitas panas bumi (Lasco *et al.*, 2004 *dalam* Rahayu dkk., 2007).

Jumlah penduduk di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi mengalami pertambahan sebanyak 2.085 jiwa selama 6 tahun terakhir yaitu 31.414 jiwa pada tahun 2001 menjadi 33.499 jiwa pada tahun 2007 (BPS Gowa, 2008). Pertambahan penduduk di desa-desa khususnya di dalam dan di sekitar kawasan hutan berdampak negatif terhadap perubahan luasan vegetasi hutan. Data citra landsat pada tahun 1986/87 dan tahun 2000/2001 yang bersumber dari CTI Engineering Co. LTD. pada tahun 2001 menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pada luasan vegetasi hutan, yaitu dari luas 17.450 ha menjadi 13.468 ha, sedangkan pada lahan kritis dan tidak produktif juga terjadi perubahan yaitu meningkat dari 5.361 ha menjadi 7.703 ha, bahkan menurut BPKH luas lahan kritis dan tidak produktif mencapai 12.307,83 ha (PSLH Unhas, 2004).

Agroforestry adalah salah satu sistem pengelolaan lahan berbasis pohon, sehingga dapat ditawarkan untuk mengatasi masalah yang timbul akibat adanya alih guna lahan dan sekaligus untuk mengatasi masalah ketersediaan pangan dan emisi karbon. Pemulihan kawasan hutan dan lahan di luar kawasan hutan yang telah rusak dalam bentuk agroforestry selain dapat memenuhi kebutuhan kayu dan pangan juga mempunyai fungsi ekologis yang sangat penting seperti penyerapan karbon dan pelepasan oksigen ke udara.

Untuk itu penelitian tentang potensi penyimpanan karbon pola-pola agroforestry di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi perlu dilakukan dalam rangka memperoleh pola pemanfaatan lahan yang optimal dalam hal penyimpanan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi pola-pola agroforestry di dalam dan di luar kawasan hutan berdasarkan struktur dan komposisi jenis, (2) mengetahui potensi simpanan karbon pola-pola agroforestry berdasarkan struktur tinggi tanaman, (3)

mengetahui potensi simpanan karbon di atas permukaan setiap pola agroforestry yang ada.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April sampai dengan September 2009 di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi Kabupaten Gowa serta Laboratorium Silvikultur Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan atau objek yang diamati dalam penelitian ini adalah pola-pola agroforestry di dalam dan di luar kawasan hutan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- (1) GPS dan Altimeter, untuk mengetahui posisi geografis dan ketinggian tempat dari permukaan laut plot contoh.
- (2) Peta administrasi, peta kawasan hutan, dan peta penggunaan lahan.
- (3) Meteran roll, tali rapih, dan patok kayu untuk pembuatan plot contoh
- (4) Hagameter dan Clinometer, untuk mengukur tinggi pohon dan lereng lokasi penelitian.
- (5) Pita diameter, untuk mengukur diameter pohon.
- (6) Kamera, untuk dokumentasi penelitian.
- (7) Oven dan peralatan lainnya, untuk mengeringkan contoh kayu sampai mencapai berat kering konstan.
- (8) Gergaji dan parang untuk pengambilan contoh kayu.
- (9) Timbangan untuk mengetahui berat basah dan kering contoh kayu.
- (10) Tally sheet dan alat tulis-menulis untuk memudahkan mencatat dan

merekam data hasil pengukuran, penggambaran, dan keterangan lainnya dari lapangan.

- (11) Sasak, koran bekas, label gantung, spidol permanen, untuk pembuatan herbarium terhadap jenis-jenis tanaman yang belum teridentifikasi di lapangan.

Metode Penentuan Sampel

Untuk mendapatkan gambaran secara umum pola-pola agroforestry yang diterapkan oleh masyarakat maka terlebih dahulu dilakukan observasi lapangan. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa praktek agroforestry telah dilakukan oleh masyarakat di 7 desa diantara 13 desa yang berada di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi. Dengan demikian maka ditetapkan ketujuh desa tersebut yaitu Kelurahan/desa Parigi, Malino, Bontolerung, dan Pattapang di Kecamatan Tinggimoncong dan 3 desa di Kecamatan Parigi yaitu desa Majannang, Manimbahoi, dan Sicini. Pada masing-masing desa dipilih secara *Purposive Sampling* pola-pola agroforestry yang ada. Kriteria yang menjadi pertimbangan penentuan pola-pola agroforestry adalah struktur dan komposisi jenis yang penekanannya pada jenis-jenis pohon yang dominan. Dominan dalam hal ini adalah luas bidang dasarnya. Jumlah pola agroforestry yang teridentifikasi sebanyak sembilan pola yaitu Pola agroforestry Dadap-Nangka-Kopi (Pola A), Pola agroforestry Cengkeh-Jagung (Pola B), Pola agroforestry Pinus-Sayuran (Pola C), Pola agroforestry Ekaliptus-Sayuran (Pola D), Pola agroforestry Dadap-Kopi (Pola E), Pola agroforestry Pinus-Kopi (Pola F), Pola agroforestry Bayamjawa-Kopi (Pola G), Pola agroforestry Jatiputih-Pisang (Pola H), dan Pola agroforestry Buah-buahan-Kopi (Pola I). Setiap pola agroforestry terpilih diulang sebanyak 2-5 kali, sehingga jumlah plot sampel sebanyak 37 buah.

Teknik Pengumpulan Data

Data sekunder yang berkaitan dengan jumlah penduduk, curah hujan, dan jenis tanah diperoleh dari laporan dan publikasi ilmiah dari berbagai instansi pemerintah, badan pusat statistik, perguruan tinggi, dan lembaga penelitian, sedangkan data primer meliputi berat jenis kayu masing jenis pohon, dan biomassa tanaman diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan metode survei dan analisis di laboratorium.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan pengambilan data pohon (dbh ≥ 3 cm) untuk menduga biomassa di atas permukaan tanah dilakukan dengan cara tanpa merusak sampel (*non-destructive sampling*). Plot pengamatan berukuran 50 m x 20 m diletakkan pada bagian pola agroforestry yang mengandung paling banyak jenis tanaman.

Untuk menduga biomassa pohon maka dibutuhkan data diameter, tinggi total pohon, nama jenis dan berat jenisnya. Semua pohon dengan diameter ≥ 3 cm yang berada dalam plot contoh dicatat jenis dan diukur tinggi totalnya dengan menggunakan *Hagameter* dan diameter batang dengan menggunakan pitameter lalu dicatat dalam tally sheet yang telah disiapkan sebelumnya.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan kuantitatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis data dan informasi yang bersifat kualitatif dan analisis kuantitatif digunakan untuk menganalisis kandungan karbon tanaman dengan formula sebagai berikut:

Untuk menduga biomassa pohon digunakan model allometrik biomassa jenis-jenis tropika Indonesia (Ketterings *et al.*, 2001, dan Kettering *et al.*, 2001

dalam Hairiah dan Rahayu, 2007) dengan persamaan:

$$W = 0.11 q D^{2.62} \text{ (Untuk jenis pohon)..... (1)}$$

Untuk jenis tanaman kopi dipangkas dan kakao digunakan persamaan Hairiah dan Rahayu, 2007, jenis-jenis bambu digunakan persamaan Priyadarsini (2000) dalam Hairiah dan Rahayu (2007) dan jenis pisang digunakan persamaan Arifin (2001) dalam Hairiah dan Rahayu (2007).

$$W = 0,281 D^{2.06} \text{ (untuk kopi dan kakao) ... (2)}$$

$$W = 0.030 D^{2.13} \text{ (untuk jenis pisang) (3)}$$

$$W = 0.131 D^{2.28} \text{ (untuk jenis bambu) (4)}$$

Untuk menduga biomassa pada pohon jenis palem digunakan persamaan (Delaney *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 2001 dalam Hairiah dan Rahayu, 2007).

$$W = BA. H. q \text{ (Untuk jenis Palm) (5)}$$

Keterangan:

- π = 3.14
- q = Kerapatan kayu (Mg/m³, g/cm³)
- H = Tinggi pohon (m)
- D = Diameter pohon setinggi dada (cm)
- BA = Basal area (cm²)
- W = Biomasa (ton/ha)

Selanjutnya kandungan C diduga dari biomassa dengan faktor konversi (Murdiyarso dkk, 2004, Cacho *et al.*, 2002) sebagai berikut :

$$C = 0.5 W \text{ (6)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

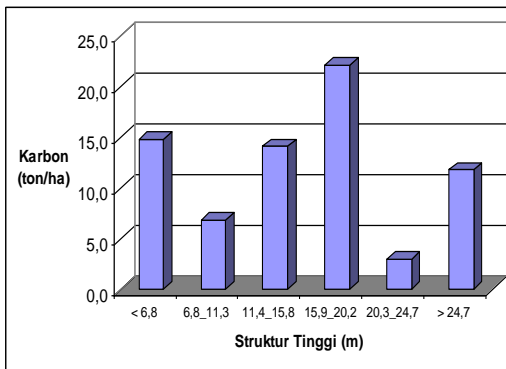
A. Struktur Tinggi Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada setiap struktur tinggi yang berbeda memperlihatkan jumlah simpanan karbon yang berbeda. Gambaran rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda pola-pola agroforestry di

Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi diuraikan sebagai berikut:

1. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry A.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi 15,9 - 20,2 m yaitu sebesar 22,11 ton/ha dan terkecil berada pada struktur tinggi < 5 m yaitu sebesar 3,0 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pada pola agroforestry A disajikan pada Gambar 1.



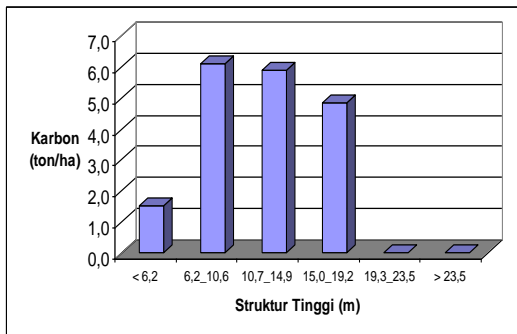
Gambar 1. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry A.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada struktur tinggi menengah dan pada struktur tinggi kecil dan besar tersimpan karbon yang lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh karena pola agroforestry ini adalah pola agroforestry nangka-dadap-kopi. Dalam hal fungsi ekologi, tanaman nangka dan dadap ditanam oleh pemiliknya diperuntukkan sebagai penabung tanaman kopi. Dengan demikian jenis ini posisi strata tajuknya pada umumnya berada paling atas.

Selain strata tajuk berada pada lapisan atas juga kedua tanaman ini memiliki populasi yang besar khususnya pada struktur tinggi 15,9 - 20,2 m yaitu masing-masing 15 btg/ha dan 30 btg/ha. Tanaman nangka dan dadap ditanam relatif bersamaan, sehingga seharusnya menghasilkan stratifikasi tajuk yang relatif sama, tetapi ternyata ada perbedaan karena tanaman dadap merah tergolong jenis cepat tumbuh (*fast growing*) dan bersifat intoleran sehingga pertumbuhannya sangat pesat dan mampu berada pada strata tajuk paling atas. Lain halnya dengan tanaman nangka yang pertumbuhannya relatif lebih lambat dibandingkan dengan dadap tetapi karena berat jenis nangka tergolong agak berat maka kandungan karbonnya juga lebih besar. Perbedaan posisi strata tajuk diantara tanaman penabung terjadi akibat adanya persaingan dalam hal cahaya, hara, dan ruang. Tanaman penabung yang memiliki strata tajuk lebih tinggi (pemenang) jumlahnya sedikit begitu juga tanaman terkalahkan jumlahnya sedikit, sehingga jumlah karbon tersimpan juga kecil.

2. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry B

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi 6,2-10,6 m yaitu sebesar 6,11 ton/ha dan terkecil berada masing-masing pada struktur tinggi < 6,2 m yaitu sebesar 1,51 ton/ha dan struktur tinggi > 19,2 m yaitu sebesar 0 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pada pola agroforestry B disajikan pada Gambar 2.



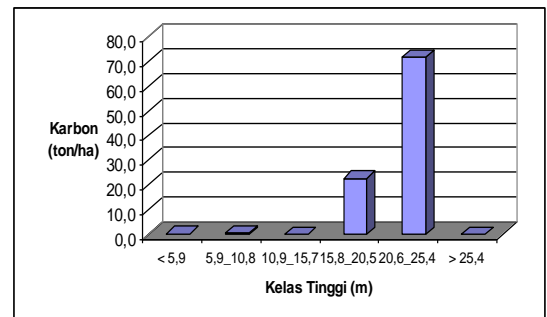
Gambar 2. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry B.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi menengah dan pada struktur tinggi kecil dan lebih besar tersimpan karbon yang lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh adanya dominasi tanaman cengkeh pada semua struktur tinggi. Tanaman cengkeh ditanam pada waktu yang sama, sehingga struktur tinggi relatif sama yaitu antara 6,2 – 19,2 m. Dengan demikian rata-rata jumlah karbon terbesar pada semua struktur tinggi juga didominasi oleh tanaman cengkeh.

3. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry C

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi 20,6-25,4 m yaitu sebesar 69,45 ton/ha dan terkecil berada masing-masing pada struktur tinggi < 5,9 m yaitu sebesar 0,29 ton/ha dan struktur tinggi > 25,4 m yaitu sebesar 0 ton/ha. Rata-Rata jumlah

karbon tersimpan pola agroforestry C disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry C.

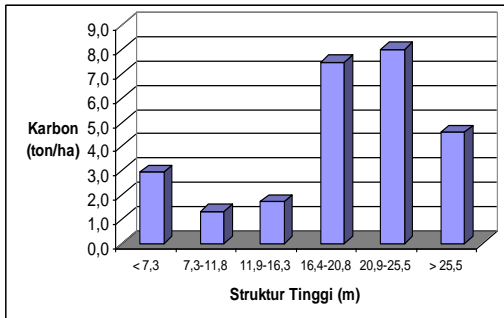
Gambar 3 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan hanya tersebar pada 2 struktur tinggi yaitu struktur tinggi 15,8-20,5 m sebesar 22,66 ton/ha dan struktur tinggi 20,6-25,4 m yaitu sebesar 69,45 ton/ha, dan pada struktur tinggi lainnya rata-rata jumlah karbonnya sangat kecil.

Hal ini disebabkan oleh tanaman pinus yang ditanam bersamaan, sehingga membentuk struktur tinggi yang relatif sama. Pola agroforestry ini didominasi tanaman pinus dan dikombinasikan dengan tanaman semusim berupa tanaman sayur-sayuran. Hal lain yang menyebabkan karbon tertumpuk pada dua struktur diameter (pinus) karena pola ini mengembangkan sayur-sayuran yang membutuhkan cahaya penuh, sehingga penanaman pohon jenis lainnya sangat terbatas dan walaupun dilakukan hanya ditanam pada bagian pinggir lahan sehingga jumlahnya sangat terbatas.

4. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry D

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar

berada pada struktur tinggi 20,9-25,5 m yaitu sebesar 8,31 ton/ha dan terkecil berada pada struktur tinggi 11,9-16,3 m yaitu sebesar 1,92 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pada pola agroforestry D disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry D.

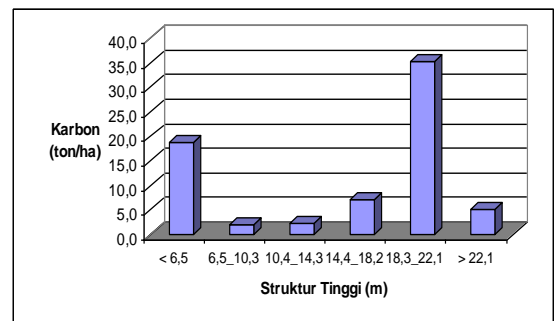
Gambar 4 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada 2 struktur tinggi yaitu struktur tinggi 16,4-20,8 m dan struktur tinggi 20,9-25,5 m dan pada struktur tinggi lainnya rata-rata jumlah karbonnya kecil.

Terdapat kesamaan trend simpanan karbon antara pola agroforestry C dan D yaitu jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada 2 struktur tinggi sebelah kanan kurva dan pada struktur tinggi lainnya rata-rata jumlah karbonnya kecil. Hal ini terjadi karena pola agroforestry ini adalah sistem agroforestry sederhana yang mengkombinasikan antara komponen hutan (tanaman ekaliptus) dengan komponen pertanian (tanaman sayur-sayuran). Tanaman ekaliptus dan tanaman lainnya ditanam hanya pada bagian pinggir kebun sehingga terbentuk seperti batas (border) dan di bagian tengah lahan ditanami tanaman sayur-

sayuran secara intensif sebanyak tiga kali setahun secara bergilir. Oleh karena tanaman lainnya hanya ditanam pada bagian pinggir kebun dan diantara tanaman ekaliptus maka jumlahnya sangat sedikit. Dengan demikian, rata-rata jumlah karbonnya juga sedikit. Hal lain yang menyebabkan karbon tertumpuk pada dua struktur diameter (ekaliptus) karena pola ini mengembangkan sayur-sayuran yang membutuhkan cahaya penuh, sehingga penanaman tanaman pohon lain hanya pada bagian pinggir lahannya.

5. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry E

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi 18,3-22,1 m yaitu sebesar 34,94 ton/ha dan terkecil berada masing-masing pada struktur tinggi 6,5-10,3 m yaitu sebesar 2,11 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pola agroforestry E disajikan pada Gambar 5.



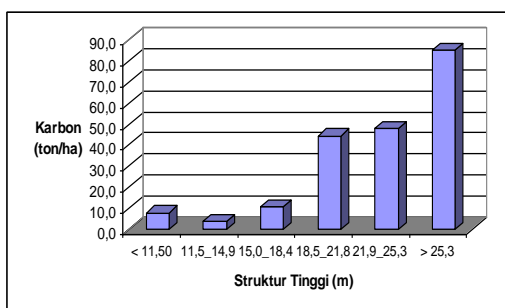
Gambar 5. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry E.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada 2 struktur tinggi yaitu struktur tinggi 18,3-22,1 m dan struktur tinggi < 6,5 m dan pada struktur tinggi lainnya rata-rata jumlah karbonnya kecil.

Karbon ditemukan tinggi pada struktur tinggi < 6,5 karena pada stratifikasi tajuk ini didominasi oleh kopi robusta dengan jumlah populasi yang tinggi yaitu mencapai 2.136 batang/ha, sehingga tajuk pohon pada stratum ini sangat rapat dan bersambung. Terdapat kesamaan struktur tinggi antara pola A dan E yaitu strata paling bawah didominasi oleh kopi robusta, sehingga jumlah karbon pada stratum ini cukup tinggi yaitu masing-masing 14,78 ton/ha untuk pola A dan 19,91 ton/ha untuk pola E. Begitu pula pada struktur tinggi 18,3-22,1 m mempunyai rata-rata jumlah karbonnya tinggi disebabkan oleh adanya tanaman dadap merah dengan populasi yang banyak dan tinggi batang yang besar serta adanya tanaman langsung dengan berat jenis kayu berkategori berat.

6. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry F.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi > 25 m yaitu sebesar 85,02 ton/ha dan terkecil berada masing pada struktur tinggi 11,51-14,94 m yaitu sebesar 3,93 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pada pola agroforestry F disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry F.

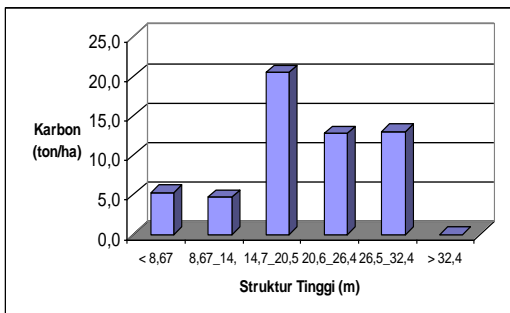
Gambar 6 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar cenderung berada pada struktur tinggi yang lebih besar dan sebaliknya pada struktur tinggi yang lebih kecil cenderung tersimpan karbon yang lebih kecil, sehingga membentuk kurva J.

Hal ini disebabkan oleh adanya dominasi tanaman pinus yang menempati struktur tinggi > 14,95 m. Tanaman pinus ditanam bersamaan pada tahun 1970 dan sekitar tahun 1994/1995 mulai ditanami tanaman buah-buahan dan kopi. Dengan adanya tanaman kopi ini sehingga struktur tinggi < 11,5 m pun tersimpan rata-rata jumlah karbon yang besar. Walaupun pola agroforestry F didominasi oleh tanaman pinus dan berstatus kawasan hutan, tetapi masyarakat telah berinisiatif menanam tanaman kopi dan jenis tanaman lainnya pada areal yang masih kosong, sehingga struktur tajuknya bervariasi. Bervariasinya struktur tajuk maka terjadi pemanfaatan ruang tumbuh yang relatif baik seperti pada pola agroforestry A dan E. Hal ini diduga sebagai faktor yang menyebabkan pola agroforestry F mempunyai kemampuan menyimpan karbon tertinggi.

Para ahli ekologi memberikan gambaran struktur tinggi (stratifikasi tajuk) hutan yang berbeda-beda pada setiap tipe hutan yang berbeda. Stratifikasi tajuk hutan pada daerah iklim sedang (temperate) dibedakan atas lapisan herba, semak, dan lapisan pohon (Olberg, 1952 dalam Unesco/UNEP/FAO, 1978). Hasil penelitian Rollet (1974) pada hutan hujan tropika dataran rendah di Guyana-Venezuelan, Amerika, Afrika, dan Asia menemukan bahwa dengan meningkatnya struktur tinggi pohon akan mengakibatkan menurunnya secara drastis jumlah pohon.

7. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry G

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi 14,7_20,5 m yaitu sebesar 20,41 ton/ha dan terkecil berada masing-masing pada struktur tinggi 8,67_14,6 m yaitu sebesar 4,72 ton/ha dan struktur tinggi < 5 m yaitu sebesar 19,1 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pola agroforestry G disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry G.

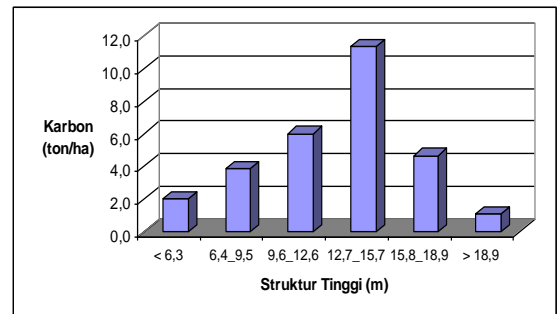
Gambar 7 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar cenderung berada pada struktur tinggi yang lebih besar dan pada struktur tinggi yang lebih kecil cenderung tersimpan karbon yang lebih kecil.

Hal ini disebabkan oleh adanya waktu penanaman yang berbeda antara jenis pinus, jatiputih dan bayam jawa. Pinus ditanam lebih awal tetapi jumlahnya sedikit dan inilah yang membentuk struktur tinggi > 26,5 m, jati putih dan bayam jawa ditanam relatif bersamaan dan inilah yang membentuk struktur tinggi 14,7-20,5 m dan 20,6-26,4 m, sehingga pada struktur tajuk ini terdapat rata-rata jumlah karbon yang lebih besar. Jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi paling bawah pola

agroforestry F dan G lebih rendah dibandingkan dengan pola agroforestry A dan E, walaupun jumlah populasi relatif sama. Hal ini diduga adanya perbedaan berat jenis kayu kopi robusta yang mendominasi pola agroforestry A dan E dan pola F dan G didominasi oleh kopi arabika.

8. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry H

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi 12,7-15,7 m yaitu sebesar 11,73 ton/ha dan terkecil berada masing-masing pada struktur tinggi < 6,3 m yaitu sebesar 2,01 ton/ha dan struktur tinggi > 18,9 m yaitu sebesar 1,08 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pada pola agroforestry H disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry H.

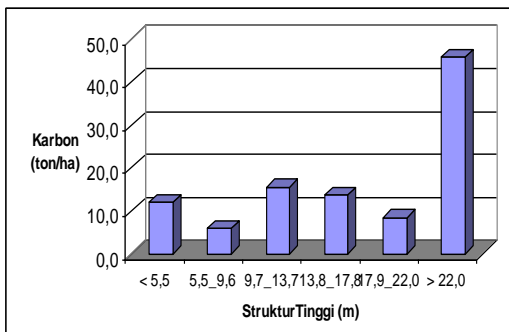
Gambar 8 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi menengah dan cenderung lebih rendah pada struktur tinggi yang lebih rendah dan struktur tinggi yang lebih tinggi, sehingga membentuk kurva berbentuk genta.

Hal ini disebabkan karena pola agroforestry ini didominasi oleh tanaman jati putih hasil penghijauan (proyek re-vegetasi bendung serbaguna bili-bili). Tanaman jati

putih ditanam bersamaan yaitu pada tahun 1999/2000 sehingga memiliki umur yang sama. Tanaman jati putih ditumpang-sarikan dengan tanaman pisang, kakao dan kopi. Populasi tanaman kopi dan kakao sangat sedikit, sehingga jumlah karbon yang ditemukan pada struktur tinggi < 6,3 m juga kecil.

9. Struktur Tinggi dan Simpanan Karbon Pola Agroforestry I

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berada pada struktur tinggi > 22 m yaitu sebesar 44,99 ton/ha dan terkecil berada pada struktur tinggi 5,5-9,6 m yaitu sebesar 6,14 ton/ha. Rata-Rata jumlah karbon tersimpan pada pola agroforestry I disajikan pada Gambar 9.



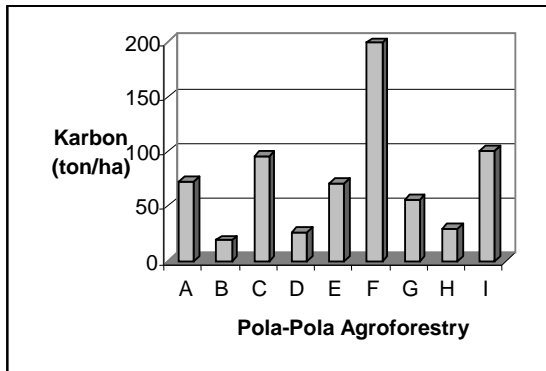
Gambar 9. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada struktur tinggi yang berbeda untuk pola agroforestry I.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa rata-rata jumlah karbon tersimpan pada setiap struktur tinggi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan. Jumlah karbon tersimpan terbesar cenderung berada pada struktur tinggi yang lebih besar dan sebaliknya pada struktur tinggi yang lebih kecil cenderung tersimpan karbon yang lebih kecil, sehingga membentuk kurva J.

Bentuk kurva J ini terjadi disebabkan oleh adanya berbagai jenis buah-buahan yang menempati struktur tajuk >22,0 m yaitu mangga macan, nangka, dan sukun yang memiliki jumlah batang, diameter batang dan tinggi pohon yang besar. Disamping memiliki populasi, diameter, dan tinggi pohon, juga nangka memiliki berat jenis kayu tergolong agak berat, sehingga sangat beralasan apabila pada struktur tinggi > 22,0 m memiliki simpanan karbon yang lebih besar. Walaupun ada kecenderungan semakin besar struktur tingginya maka semakin besar rata-rata jumlah karbonnya, tetapi pada struktur tinggi < 5,5 m juga rata-rata jumlah karbonnya relatif besar. Besarnya rata-rata jumlah karbon pada struktur tinggi < 5,5 m dikarenakan oleh adanya tanaman kopi robusta yang mengisi stratum ini. Tanaman kopi pada pola ini ditanam dengan jarak tanam rapat dan tidak teratur, sehingga jumlah pohonnya banyak yaitu mencapai 1.110 batang/ha. Dengan demikian jumlah karbonnya juga relatif besar.

B. Simpanan Karbon Pohon

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jumlah karbon yang tersimpan pada setiap pola agroforestry di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi sangat bervariasi. Dua pola agroforestry yang memiliki rata-rata jumlah karbon tersimpan terbesar berturut-turut yaitu Pola agroforestry Pinus-Kopi (F) sebesar 199,90 ton/ha dan pola agroforestry Buah-buahan-Kopi (I) sebesar 100,56 ton/ha, sedangkan pola agroforestry yang memiliki rata-rata karbon tersimpan terkecil adalah pola agroforestry Cengkeh-Tanaman semusim sebesar 18,39 ton/ha. Rata-rata jumlah karbon tersimpan pada tanaman pohon pola-pola agroforestry yang berbeda disajikan pada Gambar 10.



Gambar10. Rata-rata jumlah karbon yang tersimpan pada tanaman pohon pola-pola agroforestry di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi.

Gambar 10 memperlihatkan bahwa pola agroforestry yang memiliki potensi menyimpan karbon terbesar adalah pola agroforestry Pinus-Kopi (F) dan yang memiliki potensi terendah menyimpan karbon adalah pola agroforestry Cengkeh - Tanaman semusim (B). Seperti dijelaskan pada sub bab (A) bahwa pola agroforestry F memiliki nilai simpanan karbon terbesar disebabkan oleh adanya dominasi tanaman pinus pada strata atas dan adanya tanaman kopi yang berjumlah besar yang mengisi strata paling bawah. Jumlah tanaman pinus dengan diameter > 30 cm sebanyak 185 batang/ha, begitu pula tanaman kopi pada lapisan bawah sebanyak 1.378 batang/ha. Dengan adanya tanaman kopi dan tanaman lainnya pada lapisan bawah dapat memperbesar jumlah simpanan karbon dibandingkan dengan apabila hanya tegakan pinus. Nilai simpanan karbon rata-rata hasil penelitian ini relatif lebih besar apabila dibandingkan dengan hutan alam sekunder di Sumberjaya Lampung sebesar 177 dan 195 ton/ha dan hutan pinus murni tua (*near-mature Pinus stand*) di Malang sebesar 175

ton/ha, tetapi lebih kecil apabila dibandingkan dengan hutan primer sebesar 325 ton/ha (Delaney dan Roshetko, 1999 dan Hairiah dkk., 2002). Juga apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Brown (1999) pada hutan tinggi selalu hijau (*Tall evergreen forest*) di Bolivia dengan nilai karbon di atas permukaan sebesar 139,6 ton/ha. Demikian pula, jika dibandingkan dengan hasil uji coba "metode monitoring karbon" oleh Delaney and Roshetko (1999) pada home garden di Lampung Utara yang mendapatkan nilai rata-rata simpanan karbon di atas permukaan tanah sebesar 35,3 ton/ha dengan kisaran antara 6.3-84.0, sedangkan hasil penelitian ini berkisar antara 18,39-199.90 ton/ha dengan rata-rata 74.41 ton/ha, maka simpanan karbon pola agroforestry Pinus-Kopi dan Buah-buahan-Kopi di Kecamatan Tinggimoncong dan Parigi relatif lebih besar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem agroforestry yang umum diterapkan oleh masyarakat di lokasi penelitian adalah agrisilvikultur yang terdiri atas sembilan pola. Pengaturan ruang mengikuti pola acak (random) dan pagar (border) dengan jarak tanam komponen pohon tidak teratur.
2. Jumlah karbon tersimpan pada setiap kisaran struktur tinggi pola-pola agroforestry bervariasi. Pola agroforestry dadap-nangka-kopi, cengkeh-tanaman semusim, bayamjawa-kopi, dan jatiputih-pisang cenderung mengikuti kurva berbentuk genta atau karbon tersimpan terbanyak berada pada pohon berdiameter menengah, pola agroforestry pinus-tanaman sayuran, eukaliptus-sayuran, pinus-kopi, dan buah-buahan-kopi cenderung mengikuti kurva J atau karbon tersimpan terbanyak pada pohon berdiameter

besar, pola agroforestry dadap-kopi cenderung tidak beraturan.

3. Dua pola agroforestry yang memiliki potensi menyimpan karbon tertinggi pada tingkat pohon adalah pola agroforestry F dan I masing-masing sebanyak 199,87 ton/ha dan 100,54 ton/ha, dan pola agroforestry terendah adalah pola B yaitu sebesar 18,40 ton/ha.

Saran:

1. Dalam rangka pengembangan system agroforestry pada kawasan hutan dengan tujuan meningkatkan serapan karbon maka disarankan untuk menggunakan pola agroforestry pinus-kopi (F) pada lahan yang berstatus kawasan hutan, khususnya kawasan hutan yang berada pada ketinggian di atas 600 m dari permukaan laut.
2. Pola agroforestry buah-buahan-kopi berpeluang untuk dikembangkan pada lahan milik khususnya pada lahan-lahan yang memiliki ketinggian 300-900 m dari permukaan laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gowa, 2008. *Kabupaten Gowa Dalam Angka*.
- Brown, S. 1999. Guidelines for Inventorying and Monitoring Carbon offsets in Forest-Based Projects. Winrock International.
- Cacho, O., Wise, R., and MacDicken, K. 2002. Carbon Monitoring Cost and their Effect on Incentives to Sequester Carbon through Forestry. International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring, Taiwan Forestry Research Institute.
- Delaney, M. and Roshetko, J. 1999. Field test of Carbon Monitoring Methodes for Home Gardens in Indonesia. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute.
- Direktorat Bina Program Kehutanan. 1983. *Jenis-Jenis Pohon Disusun Berdasarkan Nama Daerah dan Nama Botaninya*. Buku 16. Sulawesi Tengah. Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Hairiah, K., dan Rahayu, S. 2007. Petunjuk Praktis Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World agroforestry Centre (ICRAF Southeast Asia). Bogor..
- Hairiah, K., Arifin, J., Berlian, Prayogo, C., and van Noorwijk, M. 2002. Carbon Stocck Assessment fo a Forest-to-coffee Conversion Landscape in Malang (East Java) and Sumber Jaya (Lampung) Indonesia. International Symposium
- Kettering, Q.M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagau, Y., and Palm, C.A. 2001. Reducing Uncertainty in the use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. *Journal of Forest Ecology and Management*. 146: 199-209.
- Murdiyarsa, D; Rosalina, U; Hairiah, K; Muslihat, L; Suryadiputra, I.N.N; dan Jaya, A. 2004. Petunjuk Lapangan Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Wetlands Interational Indonesian Program.
- Page, A. C. 2007. Summary of carbon uptake and storage potential of managed forest in New Englang. CO₂ recovery in managed forest. Option for the next century.
- Pusat Studi Lingkungan UNHAS, 2004. Studi Pengelolaan Terpadu DAS

Jeneberang. Kerjasama antara PSL UNHAS dengan CEPI. Makassar.

Rahayu, S., Lusianan, B., dan van Noordwijk, M. 2007. Pendugaan Cadangan Carbón di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. World agroforestry Centre (ICRAF).

Seng, O.D. 1990. Berat Jenis Dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu Untuk Keperluan Praktek. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Departemen Kehutanan. Bogor. (Terjemahan).

Unesco/UNEP/FAO, 1978. Tropical Forest Ecosystems. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Presses Universitaires de France, Vendome. France.