

Estimasi Karbon pada Tegakan Varietas Kopi Arabika (*Coffea arabica*) Di Lahan Agroforestri Precet Wilayah Resort Pemangkuan Hutan Wagir KPH Malang
Carbon Estimation in Stands of Arabica Coffee (*Coffea arabica*) Varieties in Precet Agroforestry Land in Wagir Forest Stakeholder Resort Area KPH Malang

Lailatul Istiqomah^{1*)}, Saimul Laili^{2**)}, Hasan Zayadi³

^{1,2,3}Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang, Indonesia

ABSTRAK

Pemanasan global yang menimbulkan perubahan iklim dikarenakan meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) dalam bentuk CO₂, CH₄ dan bentuk lainnya di atmosfer. Penerapan sistem agroforestri merupakan salah satu upaya untuk mengatasi kebutuhan lahan pertanian dengan mempertahankan fungsi hutan dan lingkungan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi karbon tersimpan pada tegakan varietas kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan untuk mengetahui faktor abiotik di lokasi tempat tumbuh tegakan varietas kopi Arabika (*Coffea arabica*) di lahan agroforestri. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan teknik sampling tegakan kopi menggunakan purposive sampling non-destructive. Tiap sampel tegakan diambil 25 pohon pada setiap varietas kopi Gayo 1, p88 dan Ateng sehingga jumlah sampel keseluruhan 75 pohon. Analisa data perhitungan meliputi allometrik Ketterings berat kering = 0,11 ρ D^{2,62} (2001) dan rumus allometrik Arifin = 0,281 D^{2,0635} (2001). Analisis data biomasa karbon = berat kering x 0,47. Hasil penelitian menunjukkan simpanan karbon terbesar terdapat pada varietas Gayo 1, kemudian varietas p88 dan simpanan karbon paling kecil terdapat pada varietas Ateng. Faktor abiotik di agroforestri kopi menunjukkan kelembaban tanah 18,3%, kelembaban udara 60-75%, pH tanah 7,5%, suhu tanah 21°C, Suhu udara 21-25°C dengan ketinggian 900-1100 mdpl. Faktor abiotik berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, dan intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap biomassa tanaman.

Kata kunci : *Agroforestri, Allometrik, Faktor Abiotik, Karbon, Varietas Kopi*

ABSTRACT

Global warming that causes climate change is due to increased emissions of greenhouse gases (GHG) in the form of CO₂, CH₄ and other forms in the atmosphere. The application of the agroforestry system is one of the efforts to overcome the need for agricultural land by maintaining the function of the forest and the environment. The purpose of this study was to determine the potential for carbon stored in Arabica coffee (*Coffea arabica*) stands and to determine abiotic factors in the locations where Arabica coffee (*Coffea arabica*) stands grow in agroforestry areas. This research used descriptive method and coffee stand sampling technique using non-destructive purposive sampling. For each stand sample, 25 trees were taken for each Gayo 1, p88 and Ateng coffee varieties so that the total sample size was 75 trees. Calculation data analysis includes allometric Ketterings dry weight = 0.11 D^{2.62} (2001) and Arifin allometric formula = 0.281 D^{2.0635} (2001). Analysis of biomass data carbon = dry weight x 0.47. The results showed that the largest carbon storage was found in the Gayo 1 variety, then the p88 variety and the smallest carbon storage was found in the Ateng variety. Abiotic factors in coffee agroforestry show soil moisture 18.3%, air humidity 60-75%, soil pH 7.5%, soil temperature 21°C, air temperature 21-25°C with an altitude of 900-1100 masl. Abiotic factors affect plant growth, and light intensity also affects plant biomass.

Keywords: *Agroforestry, Allometrics, Abiotic Factors, Carbon, Coffee Varieties*

^{*)} Lailatul Istiqomah, Program Studi Biologi FMIPA UNISMA, Jl. MT Haryono 193, Malang 65144 Telp. 081934645558 email: laitis089@gmail.com

^{**)} Ir. Saimul Laili M.Si, Program Studi Biologi FMIPA UNISMA Telp. 085259377845 e-mail: saimul.laili@unisma.ac.id

Diterima Tanggal 01 Agustus 2021 – Dipublikasikan Tanggal 01 Januari 2022

Pendahuluan

Pemanasan global yang menimbulkan perubahan iklim dikarenakan meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) dalam bentuk CO₂, CH₄ dan bentuk lainnya di atmosfer. Gas tersebut berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil, kebakaran hutan, konversi hutan dan aktivitas yang menyebabkan berkurangnya penutupan vegetasi yang menyebabkan penurunan penyerapan karbon [1]. \

Beralihnya hutan menjadi lahan-lahan pertanian atau perkebunan menyebabkan berkurangnya jasa lingkungan yang ditimbulkan oleh rendahnya keragaman dan kepadatan tanaman pada skala lahan usaha tani ataupun pada skala lansekap Daerah Aliran Sungai (DAS) dan global [2].

Optimalisasi penggunaan lahan yang sesuai merupakan salah satu solusi yang dilakukan agar luas hutan tidak berkurang akibat dari kerusakan hutan dan hutan tetap bisa melakukan fungsinya sebagai penyimpan karbon. Agroforestri merupakan sistem pengoptimalisasian yang tepat untuk lahan pertanian atau perkebunan [3].

Cadangan karbon menggunakan pengelolaan lahan agroforestri berbasis kopi mempunyai nilai karbon lebih tinggi dibandingkan lahan kopi monokultur untuk beberapa wilayah di Indonesia. Pada lahan agroforestri multistrata berbasis kopi cadangan karbonnya rata-rata adalah 43 ton C/ha, sedangkan pada lahan kopi monokultur cadangan karbonnya rata-rata hanya 13 ton C/ha [4].

Agroforestri berbasis kopi mempunyai peran dalam adaptasi perubahan iklim yang diwujudkan dalam bentuk konservasi lahan, air dan biodiversitas serta pengendalian iklim mikro, sedangkan mitigasi dalam bentuk penambahan cadangan karbon sehingga emisi CO₂ dapat dikurangi [5].

Precet merupakan salah satu desa yang terletak di kecamatan wagir Kabupaten Malang yang juga mengembangkan sistem agroforestri berbasis tegakan kopi. Agroforestri berbasis kopi berperan dalam konservasi tanah, air dan keanekaragaman hayati.

Pada suatu lahan perbedaan simpanan karbon ditentukan oleh umur tanaman dan varietas kopi Arabika (*Coffea arabica*) yang di tanam, sehingga diperlukan data tentang potensi simpanan karbon varietas Gayo 1, varietas p88 dan Varietas Ateng untuk menggambarkan konservasi simpanan karbon pada lahan agroforestri kopi di Precet kecamatan wagir Kabupaten Malang.

Material dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel kayu dari tiap spesies varietas Gayo 1, varietas p88 dan varietas Ateng.

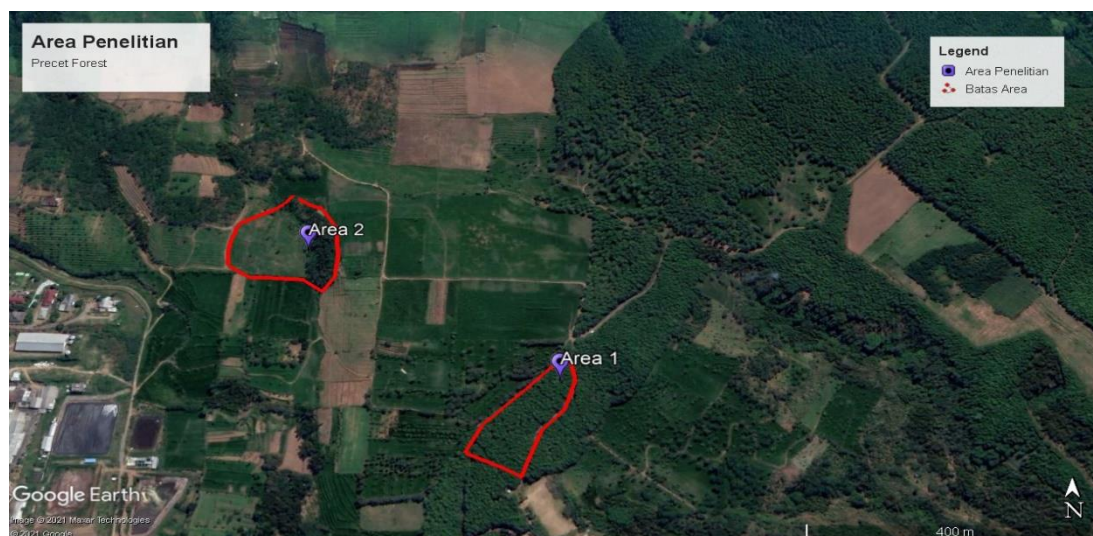
Alat yang digunakan yaitu : GPS (*Global Positioning System*), oven, alat ukur pH, kamera, alat tulis, tali rafia, phiband, dan meteran.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan teknik sampling tegakan kopi menggunakan purposive sampling *non-destructive*. Diambil sejumlah 25 tegakan dari setiap varietas gayo 1, varietas p88 dan varietas ateng sebagai sampel yang keseluruhannya berjumlah 75 tegakan varietas.

Pengukuran berat jenis kayu pada setiap varietas kopi dilakukan di Laboratorium Pusat Universitas Islam Malang. Sedangkan pengukuran biomassa dilakukan pada tegakan varietas kopi di lahan Agroforestri Precet wilayah resort pemangkuan hutan wagir KPH Malang.

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang diamati adalah nama varietas, dbh ($\pm 1,3$ m), umur tanaman, berat jenis kayu, faktor abiotik, diameter, dan biomassa. Data sekunder yang dikumpulkan antara lain rumus allometrik pendugaan karbon dan suhu.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Analisis Data: Menggunakan dua rumus allometrik sebagai pendugaan biomassa tanaman, kedua rumus tersebut meliputi Ketterings untuk pohon bercabang [6] dan Arifin untuk tanaman kopi [7]. Simpanan karbon menggunakan rumus sesuai Badan Standar Nasional, SNI 7724 [8].

Cara Kerja

Pengukuran Diameter Tanaman Kopi: Dilakukan penentuan sampel tegakan pada lahan – lahan pertanian yang telah diidentifikasi terdapat tiga jenis varietas kopi yakni varietas gayo 1, varietas p88 dan varietas ateng, dilakukan pengukuran berdasarkan pengukuran diameter batang (DBH $\pm 1,3$ m).

Pengukuran Berat Jenis Kayu: Sampel kayu dari tiap spesies diambil di salah satu cabang tegakan varietas kopi dengan berdiameter ≥ 2 cm dan panjang 10 cm dilahan agroforestri, dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 100°C (derajat) selama 48 jam kemudian ditimbang berat keringnya. Dari sampel tegakan didapatkan data volume kayu dan berat kering yang selanjutnya diketahui berat jenis kayu menggunakan rumus sebagai berikut [3] :

$$B_j (\text{g/cm}^3) = \frac{BK(\text{gr})}{V}$$

Dimana : BJ = Berat jenis (g/cm^3)

BK = Berat Kering

V = Volume

Sedangkan untuk mengetahui volume di hitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Volume (Cm}^3\text{)} : \pi R^2 T$$

Dimana : $\pi = 3,14$

R = Jari – jari potongan kayu/1/2 diameter

T = Panjang kayu

Rumus Biomassa

Allometrik Ketterings dan

$$BK = 0,11 \rho D^{2,62}$$

Dimana : BK = Berat kering (kg/pohon)

D = Diameter (cm)

Allometrik Arifin

$$BK = 0,281 D^{2,0635}$$

Dimana : BK = Berat kering (kg/pohon)

D = Diameter (cm)

ρ = Berat jenis kayu (g/cm^3)

Simpanan Karbon

Biomassa Karbon = BK x 0,47

Dimana : BK = Berat kering (Kg/pohon)

0,47 = Carbon fraction

Pengukuran Faktor Abiotik: faktor abiotik diukur secara langsung pada tegakan varietas kopi dengan mengambil tiga titik representatif selanjutnya diambil tiga kali pengulangan.

Hasil dan Diskusi

Pengukuran Berat jenis kayu : Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa nilai tertinggi dari varietas kopi arabika ditunjukkan pada varietas gayo 1 dengan nilai rata-rata 0,391g, rata-rata Varietas p88 memiliki nilai berat jenis 0,312g sedangkan nilai terendah pada ditunjukkan pada varietas ateng dengan nilai rata-rata 0,265g.

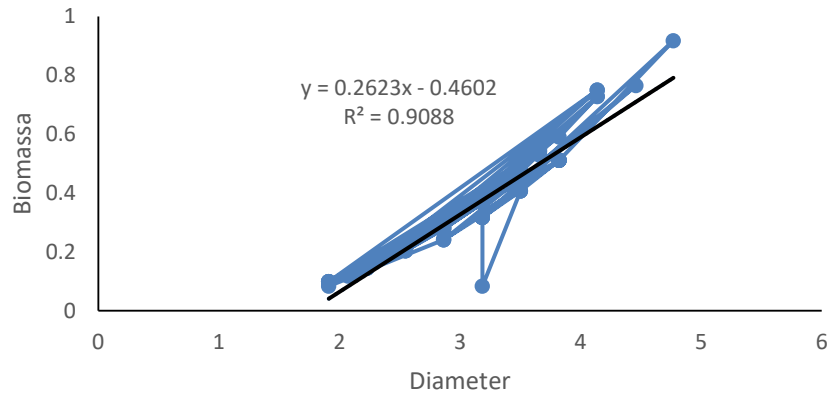
Tabel 1. Berat Jenis Tiga Vrietas Tegakan Kopi di Precet

No	Nama Spesies	R (Cm)	BB (kg)	Bk (kg)	T (Cm)	V (Cm ³)	Bj (g/cm ²)	Rata-rata Bj (g/cm ²)
1	Varietas Gayo 1	0,796	20,86	9,21	10	19,904	0,463	0,391
		0,955	17,57	7,92	10	28,662	0,329	
		0,859	16,84	7,62	10	23,217	0,383	
2	Varietas p88	0,796	20,49	8,53	10	19,904	0,33	0,312
		0,717	17,36	7,87	10	16,123	0,275	
		0,796	14,4	6,61	10	19,904	0,332	
3	Varietas ateng	0,876	19,7	8,34	10	24,084	0,346	0,265
		1,035	16,03	7,5	10	33,639	0,223	
		0,955	15,77	6,47	10	28,662	0,226	

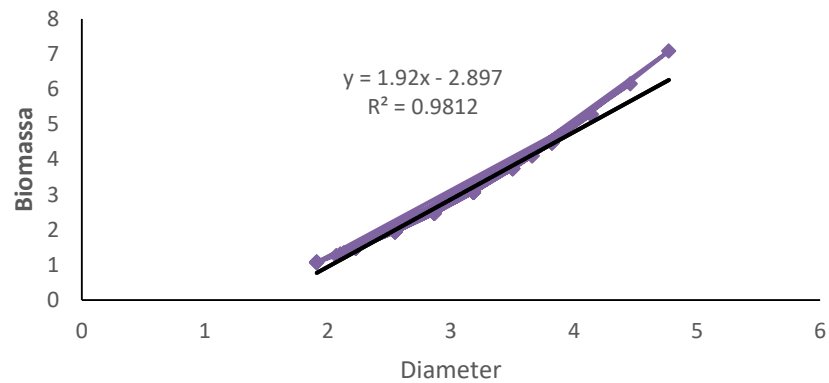
Sumber : Data primer

Keterangan : R = Jari-jari, BB = Berat Basah, BK = Berat Kering, T = Tinggi, V = Volume, BJ = Berat Jenis.

Hubungan Diameter dan Biomassa : pada gambar 2 dan 3 menunjukkan adanya hubungan yang signifikan diantara diameter biomassa (berat kering) pohon, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai R² pada kedua rumus allometrik. Pada rumus allometrik Ketterings memiliki nilai R² sebesar 0,9088 dan allometrik Arifin memiliki nilai R² sebesar 0,9012, dari dua rumus mempunyai nilai R² yang mendekati angka 1 menunjukkan nilai yang signifikan. Biomassa dan diameter berbanding lurus semakin besar diameter biomassa pohon maka semakin besar kandungan biomassa pohon.



Gambar 2. Hubungan Biomassa dan Diamter Allometrik Ketterings



Gambar 3. Hubungan Biomassa dan Diameter Allometrik Arifin

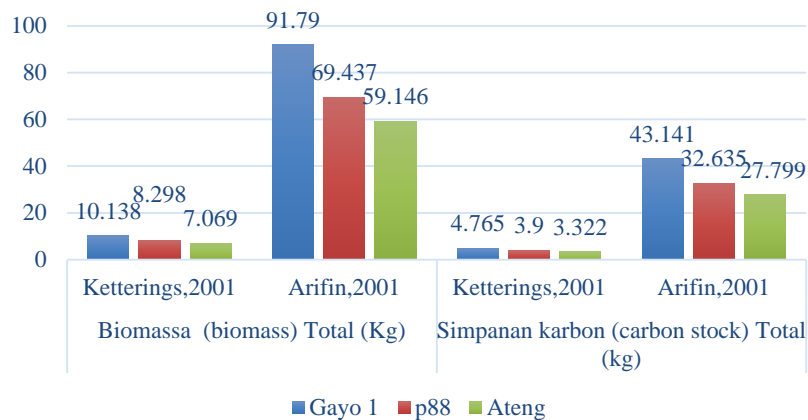
Estimasi Karbon Tersimpan : berdasarkan gambar 4, menunjukkan varietas gayo 1 memiliki total biomassa dan simpanan karbon lebih besar dibandingkan dengan varietas p88 dan varietas ateng. Varietas p88 menunjukkan jumlah biomassa dan karbon terbesar setelah varietas gayo 1 dan varietas ateng menunjukkan jumlah biomassa dan simpanan karbon paling rendah.

Tabel 2. Perhitungan Total Biomassa dan Karbon Tersimpan dengan Rumus Allometrik Ketterings

No.	Jenis Pohon (Tree spesies)	Tahun Tanam	Jumlah Pohon	Umur (th)	Biomassa (biomass) Total (kg)	Simpanan Karbon (carbon stock) Total (Kg)
1	Varietas Gayo 1	2018	25	3	10,138	4,765
2	Varietas p88	2018	25	3	8,298	3,9
3	Varietas Ateng	2018	25	3	7,069	3,322

Tabel 3 Perhitungan Total Biomassa dan Karbon Tersimpan dengan Rumus Allometrik Arifin

No.	Jenis Pohon (Tree species)	Tahun Tanam	Jumlah Pohon	Umur (th)	Biomassa (biomass) Total (kg)	Simpanan Karbon (carbon stock) Total (Kg)
1	Varietas Gayo 1	2018	25	3	91,79	43,141
2	Varietas p88	2018	25	3	69,437	32,635
3	Varietas Ateng	2018	25	3	59,146	27,799



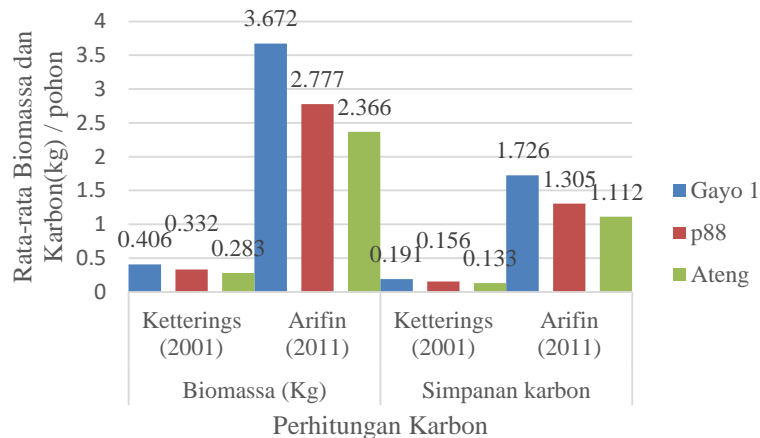
Gambar 4. Total Biomassa dan Simpanan Karbon

Tabel 4. Rata-Rata Biomassa dan Karbon Tersimpan Per Pohon dengan Rumus Allometrik Ketterings 2001

No	Jenis Pohon (Tree species)	Biomassa (biomass) (kg)	Simpanan Karbon (carbon stock) (Kg)
1	Varietas Gayo 1	0,406	0,191
2	Varietas p88	0,332	0,156
3	Varietas Ateng	0,283	0,133

Tabel 5. Rata-Rata Biomassa dan Karbon Tersimpan Per Pohon dengan Rumus Allometrik Arifin 2001

No	Jenis Pohon (Tree species)	Biomassa (biomass) (kg)	Simpanan Karbon (carbon stock) (Kg)
1	Varietas Gayo 1	3,672	1,726
2	Varietas p88	2,777	1,305
3	Varietas Ateng	2,366	1,112



Gambar 5. Perhitungan Rata-rata Biomassa dan Karbon Tersimpan Per Pohon

Pada gambar 4 menunjukkan rata-rata biomassa dan karbon tersimpan per pohon. Varietas gayo 1 memiliki rata-rata biomassa 0,406kg/pohon dan mempunyai simpanan karbon sebesar 0,191kg/pohon menggunakan rumus allometrik ketterings sedangkan nilai rata-rata biomassa 3,672/kg dengan simpanan karbon 1,726kg/pohon menurut Allometrik Arifin. p88 memiliki rata-rata Biomassa 0,332kg/pohon dengan simpanan karbon 0,156kg/pohon menggunakan allometrik ketterings dan mempunyai rata-rata biomassa 2,777kg/pohon dengan rata-rata simpanan karbon 1,305kg/pohon menurut allometrik Arifin. Pada varietas ateng yang menggunakan allometrik ketterings memiliki rata-rata simpanan karbon 0,283kg/pohon dengan rata-rata simpanan karbon 0,133kg/pohon, sedangkan pada penggunaan rumus allometrik arifin varietas ateng mempunyai nilai rata-rata simpanan karbon sebesar 2,366kg/pohon dengan simpanan karbon 1,112kg/pohon.

Menggunakan rumus allometrik ketterings karena rumus yang sering digunakan sebagai pendugaan karbon pada pohon bercabang, serta pada penelitiannya menerangkan tiap pohon memiliki berat jenis yang berbeda dengan mengasumsikan variabel dbh adalah variabel yang tepat. Dalam penelitian ketterings memprediksi biomassa pohon di atas tanah hutan sekunder campuran, tidak terdapat tanaman kopi (*coffea* sp) akan tetapi hanya kayu dengan berat jenis hampir sama yaitu kayu kacang (*Strombosia* sp), medang (*Dactylodaus* sp), patang buah (*Baccaurea* sp), dan maribungan (*Parinari* spp) [6].

Rumus allometrik Arifin digunakan karena rumus yang umum digunakan sebagai pendugaan karbon pada tanaman kopi, pada penelitian Arifin mengenai estimasi cadangan karbon pada berbagai sistem penggunaan lahan di kecamatan ngantang kabupaten Malang menghasilkan model allometrik untuk tanaman kopi dan pisang [7]. Penggunaan persamaan allometrik pada wilayah yang sama (lokal) serta berdasarkan tipe hutan yang sesuai dapat meningkatkan keakurasian dalam perhitungan suatu biomassa [8].

Parameter yang mempengaruhi biomassa akan berpengaruh juga terhadap simpanan karbon pada suatu tegakan. Parameter yang mempengaruhi biomassa pada suatu ekosistem ialah diameter batang, kerapatan individu, keragaman jenis pohon, umur tanaman, serta habitus tanaman [9].

Faktor Abiotik pada Agroforestri Kopi :

Tabel 6. Pengukuran Faktor Abiotik

No.	Faktor Abiotik	Nilai	Sumber
1	Kelembaban Tanah	6,5	Data primer
2	pH tanah (°C)	7,5	Data primer
3	Suhu udara (°C)	24-27	Data primer
4	Intensitas cahaya (Lux)	300-800	Data primer
5	Ketinggian (m dpl)	900-1.100	Data primer

Pada literatur tentang prospek pengembangan agroforestri di Indonesia menunjukkan beberapa faktor abiotik yang penting untuk tanaman kopi, dari pengukuran lapangan menunjukkan hasil yang sesuai untuk pertumbuhan varietas kopi arabika (*Coffea arabica*) 24-27°C, parameter pH sesuai dikarenakan menunjukkan nilai netral dengan ketinggian tempat yang sesuai untuk varietas kopi arabika (*Coffea arabica*) 900-1.100 m dpl [10]

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada lahan agroforestri preceq simpanan karbon terbesar terdapat pada varietas Gayo 1, kemudian p88 dan simpanan karbon paling rendah pada varietas ateng. Faktor abiotik berupa kelembaban tanah, pH tanah, suhu udara, intensitas cahaya dan ketinggian tempat juga mempengaruhi simpanan karbon pada tumbuhan.

Daftar Pustaka

- [1] Natalia, D., Yuwono, S. B., & Qurniati, R. 2014. Potensi Penyerapan Karbon Pada Sistem Agroforestri di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(1), 11-20.
- [2] Monde, A. 2009. Degradasi Stok Karbon (C) Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Kakao di Das Nopu, Sulawesi Tengah. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 16(2).
- [3] Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Petunjuk Praktis Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor : World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia.
- [4] Hairiah, K., & Rahayu, S. 2010. *Mitigasi Perubahan Iklim Agroforestri Kopi Untuk Mempertahankan Cadangan Karbon Lanskap*. Prosiding Simposium Kopi.
- [5] Hairiah, K. Dan S. Ashari. 2013. Pertanian masa depan: *Agroforestri, Manfaat dan Layanan Lingkungan*. Dalam Prosiding Seminar Nasional Agroforestri 2013. Malang 21 Mei 2013. Hlm 23-35.
- [6] Ketterings, Q. M., Coe, R., van Noordwijk, M., and Palm, C. A. 2001. Reducing Uncertainty in the use of Allometric Biomass Equations For Predicting Above-ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and management*, 146(1-3), 199-209.
- [7] Arifin, J. 2001. *Estimasi Penyimpanan C Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngantang*. Malang, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, 61pp.
- [8] SNI 7724 : 2011 *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan Untuk*

Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting).

- [9] Rahayu, S, Lusiana, B, van Noordwijk, M. 2007. *Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur*. World Agroforestry Centre. Bogor.
- [10] Yahmadi, M. 2007. *Rangkaian Perkembangan dan Permasalahan Budidaya dan Pengolahan Kopi di Indonesia*. Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia, Jawa Timur.