

**PENAKSIRAN CADANGAN KARBON PADA BERBAGAI SISTEM
HUTAN RAKYAT DI KAWASAN VOLKANIK MALANG
BARAT DAN TEKTONIK BLITAR**

**Oleh :
YENI SETYORINI
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2013**

**PENAKSIRAN CADANGAN KARBON PADA BERBAGAI SISTEM
HUTAN RAKYAT DI KAWASAN VOLKANIK MALANG
BARAT DAN TEKTONIK BLITAR**

Oleh :
YENI SETYORINI
0810480218

**MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2013**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juni 2013

Yeni Setyorini

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **PENAKSIRAN CADANGAN KARBON PADA BERBAGAI SISTEM HUTAN RAKYAT DI KAWASAN VOLKANIK MALANG BARAT DAN TEKTONIK BLITAR**

Nama Mahasiswa : **YENI SETYORINI**
NIM : 0810480218-48
Jurusan : TANAH
Minat : MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
Program Studi : AGROEKOTEKNOLOGI
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,



Ir. Widiyanto M.Sc.
NIP. 19530212 197903 1 002

Pembimbing Pendamping,



Prof. Ir. Kurmatun Hairiah, PhD
NIP. 19560410 198303 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Tanah



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan: 10 3 JUN 2013

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

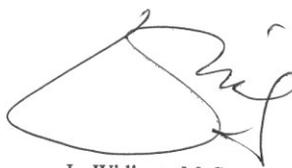
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

Penguji II



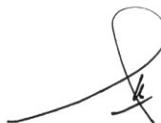
Ir. Widiyanto M. Sc
NIP. 19530212 197903 1 002

Penguji III



Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D
NIP. 19560410 198303 2 001

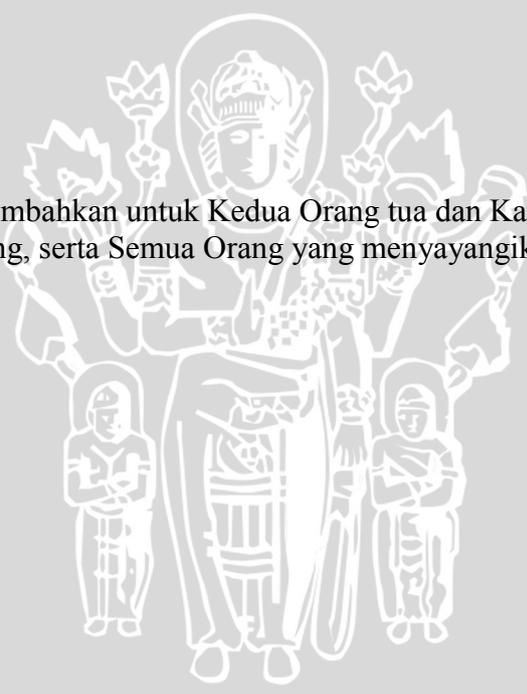
Penguji IV



Dr. Ir. Sudarto, MS
NIP. 19560317 198303 1 003

Tanggal Lulus : 02 JUL 2013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kupersembahkan untuk Kedua Orang tua dan Kakak-Kakakku tersayang, serta Semua Orang yang menyayangiku.

RINGKASAN

YENI SETYORINI. 0810480218. Penaksiran Cadangan Karbon Pada Berbagai Sistem Hutan Rakyat Di Kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar. Dibawah bimbingan Ir. Widiyanto M,Sc. dan Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D

Salah satu teknik alternatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) tetapi tetap memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat adalah dengan meningkatkan ekosistem hutan rakyat (HR); tetapi ketersediaan informasi tentang potensi HR sebagai penyerap/penyimpan karbon (C) masih terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah: (a) mengukur pertumbuhan jati muda di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar, (b) menaksir cadangan karbon pada berbagai jenis HR, dan (c) menetapkan nilai cadangan karbon rata-rata per siklus tanam (*time-averaged C stock* = TAC) dalam sistem HR di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.

Penelitian ini dilakukan pada berbagai sistem HR yang terdapat di kawasan Vulkanik Lereng Gunung Kawi, Kelud dan Tektonik Pegunungan Kapur Selatan. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, (1) pengambilan contoh di lapangan pada bulan Juni-Juli 2012, (2) analisis laboratorium dan analisis data pada bulan Agustus-September 2012. Kegiatan diawali dengan pengumpulan data-data skunder, kemudian observasi wilayah untuk menentukan plot pengukuran cadangan karbon yang dapat mewakili beberapa sistem hutan rakyat yang ada. Ada 3 sistem HR yang dipilih yaitu HR jati, sengon dan cengkeh. Plot pengamatan berukuran 20 m x 20 m digunakan untuk pengukuran contoh biomasa pohon (tajuk dan akar, dimana akar diestimasi dengan menggunakan rasio tajuk:akar yaitu 4:1) dan tumbuhan bawah, nekromasa (kayu mati, cabang, ranting dan seresah) dan bahan organik tanah. Konsentrasi C dari semua contoh jaringan tanaman (biomassa, nekromasa dan seresah) digunakan nilai terpasang 46%, kandungan C_{org} tanah ditetapkan dari contoh tanah yang diambil dari 3 kedalaman yaitu 0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cadangan karbon pada HR di kawasan Vulkanik (195 Mg ha^{-1}) lebih besar daripada HR di kawasan Tektonik (93 Mg ha^{-1}). Perbedaan jumlah cadangan karbon pada setiap lokasi plot penelitian disebabkan karena adanya perbedaan komponen penyusun, umur dan kerapatan populasi pohon pada plot tersebut. Cadangan karbon di atas permukaan tanah mengontribusi C rata-rata sekitar 73% ($60\text{--}170 \text{ Mg ha}^{-1}$), sedangkan bahan organik tanah hanya kontribusi C sekitar 27% saja ($33\text{--}80 \text{ Mg ha}^{-1}$). Cadangan karbon rata-rata per siklus tanam (*time averaged C stock*=TAC) tertinggi terdapat pada jati (174 Mg ha^{-1}) dengan peningkatan cadangan C sebesar $4,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$, sengon (82 Mg ha^{-1}) dengan peningkatan cadangan C sebesar $23 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ dan cengkeh (231 Mg ha^{-1}) dengan penurunan cadangan C sebesar $3,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Pada cengkeh dan jati lebih berpotensi menyimpan karbon di lahan lebih lama dibandingkan dengan HR sengon (82 Mg ha^{-1}), karena cengkeh dan jati yang memiliki siklus tanam yang panjang (80 dan 40 tahun) dibandingkan dengan sengon umur maksimal hanya 7 tahun.

SUMMARY

YENI SETYORINI. 0810480218. Estimation of Carbon Stocks of Various Farm Forest System in the Western Malang of Volcanic and Blitar of Tectonic area. Supervised by Ir. Widiyanto M,Sc. dan Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D

One of option to reduce emissions of greenhouse gases (GHGs) and still provide economic benefits for the community is through improving farm forest ecosystems (FF), however, the availability of information related to the potential of farm forest as a sink of C is still limited. The purpose of this study was: (a) to measure the growth of young teak in the Western Malang of Volcanic and Blitar of Tectonic area, (b) to estimate carbon stocks on different types of FF, and (c) to estimate the typical C stock or technically called as time-averaged C stock (= TAC) in the FF system in the Western Malang of Volcanic and Blitar of Tectonic area.

The research was conducted on various FF systems in the slopes of Gunung Kawi, Kelud and in the limestone area in Southern of Volcanic and Tectonic area. The research was conducted in two phases, (1) field sampling in June-July 2012, (2) laboratory analysis and data analysis in August-September 2012. The activity begins with the collection of secondary data, and field survey to select the sampling plots for measuring carbon stocks that can represent the existing farm forest system. There are three FF system that is selected is FF teak (*Tectona grandis*), sengon (*Paraserianthes falcataria*) and cloves (*Syzygium aromaticum*). The measurement was done in a plot of 20 x 20 m² to measure all components of the carbon stock i.e. biomass of trees (shoot and root, where root is estimated by using the default value, the shoot:root ratio is 4:1) and understorey, necromass (dead wood, branches, twigs and litter), and soil organic matter at the depth of 0-10 cm, 10-20 cm, and 20-30 cm. Carbon concentration of all plant tissue samples (biomass, necromass and litter) used the default value 46%, while soil C was determined by analyzing C_{org} content of each soil samples taken from the field.

The results showed that *C-stock* on FF (Farm Forest) in the Volcanic area (195 Mg ha⁻¹) larger than FF in the Tectonic area (93 Mg ha⁻¹). Difference in the amount of carbon stocks of each study plot due to differences in the composition, age and population density of trees within the plot. Average biomass C stock contributes approximately 73% (60– 170 Mg ha⁻¹), of the total C stock, and soil contributes approximately 27% (33–80 Mg ha⁻¹). The highest TAC is found in FF teak (174 Mg ha⁻¹) with C increment of 4,3 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹. TAC of FF sengon (82 Mg ha⁻¹) is 50% lower than in the teak, with increment about 23 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ and for cloves (231 Mg ha⁻¹) with a decrease in reserves of 3,5 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹. Farm forest teak and FF cloves potentially high to store carbon longer time in the system than the FF sengon (82 Mg ha⁻¹), it is because of teak and clove and oak has a long cropping cycles (80 and 40 years) compared to the maximum age of sengon only 7 years.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penaksiran Cadangan Karbon Pada Berbagai Sistem Hutan Rakyat di Kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar”** dengan baik berkat bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. BALITBANG Provinsi Jawa Timur yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk ikut serta dalam proyek penelitian ini.
2. Ir. Widiyanto M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan wawasan kepada penulis selama penyusunan skripsi
3. Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, PhD. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan pengarahan, semangat dan masukan kepada penulis selama penyusunan skripsi
4. Rika Ratnasari, SP selaku Tim Sukses dalam proyek “Pendugaan Cadangan Karbon” yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam pelaksanaan penelitian hingga pengolahan data.
5. Tohar, Anjar, Dimas, Suryadi, Tino dan Yulianto yang telah membantu selama kegiatan penelitian di lapang sehingga penelitian berjalan dengan lancar.
6. Teman-teman tim Karbon, Akma dan Candra selaku teman seperjuangan selama kegiatan penelitian.
7. Bapak Sarkam, Bapak Ngadirin dan Ibu Sri Wulandari selaku staf Laboratorium Biologi, Fisika dan Kimia Jurusan Tanah Universitas Brawijaya Malang, atas bantuan dan informasi yang diberikan kepada penulis selama analisa laboratorium.
8. Ayu Rahayu, Firdaus Ainum, Maharani Subandriya, Rizal Raditya dan Citra Dwi O yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penulisan skripsi ini.
9. Kedua orang tua, keluarga tercinta dan Reychel Vija Viriya atas segala bimbingan, doa dan dukungannya dalam setiap kesempatan.
10. Teman-teman Soiler, khususnya soiler 2008, terima kasih atas dukungan, perhatian dan bantuannya, serta semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang belum tercantum di atas.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, terutama BALITBANG Provinsi Jawa Timur. Penulis mengucapkan terima kasih atas berbagai saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.

Malang, Juni 2013

Penulis

RIWAYAT HIDUP

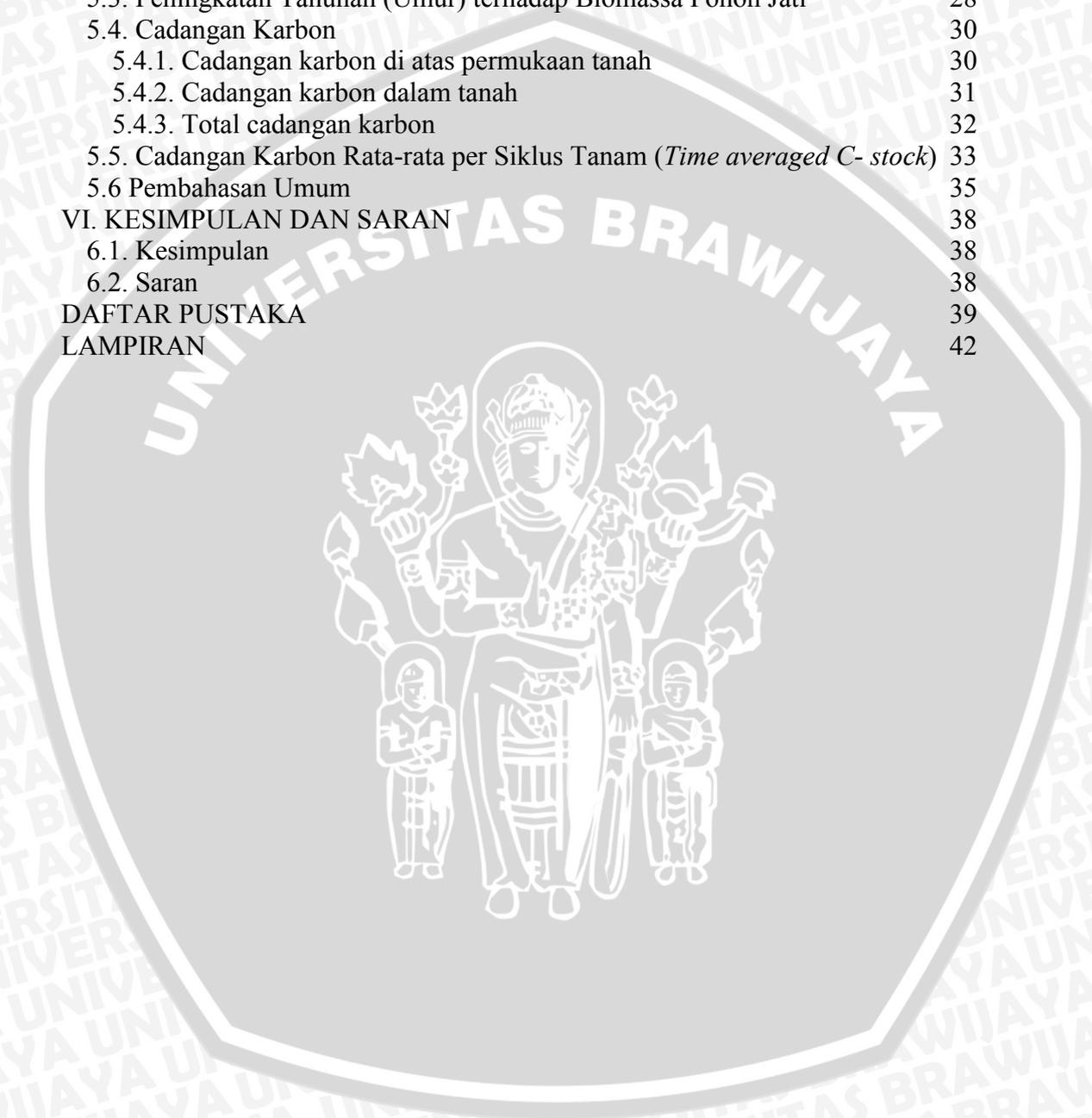
Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 14 September 1990 merupakan putri ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Tukijan dan Ibu Supartilah. Penulis menempuh pendidikan dimulai pada tahun 1995-1996 di TK Dharma Wanita, menempuh pendidikan dasar di SD Purwokerto 2 pada tahun 1996-2002, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Ngadiluwih pada tahun 2002-2005. Pada tahun 2005-2008 penulis melanjutkan ke SMUN 2 Kediri. Pada tahun 2008 penulis diterima sebagai Mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi Minat Manajemen Sumber Daya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Dasar Ilmu Tanah, Teknologi Produksi Tanaman, Manajemen Agroekosistem, Agroforestri dan Pertanian Berlanjut. Penulis pernah aktif dalam organisasi TEGAZS dan kepanitiaan di HMIT. Tahun 2012, penulis mendapatkan kesempatan penelitian atas kerja sama dengan BALITBANG Provinsi Jawa Timur.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Hipotesis Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hutan Rakyat	4
2.1.1 Definisi hutan rakyat	4
2.1.2 Bentuk-bentuk hutan rakyat	4
2.1.3 Fungsi hutan rakyat	5
2.1.4 Peran hutan rakyat dalam mempertahankan cadangan karbon	5
2.2 Biomassa dan Karbon Tersimpan	6
2.2.1 Konsep pengukuran dan monitoring cadangan karbon	6
2.2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biomassa dan karbon	6
2.3 Bentukan Lahan Vulkanik dan Tektonik	7
2.4 Bahan Organik Tanah	8
III. METODE PENELITIAN	9
3.1. Tempat dan Waktu	9
3.2 Kondisi Umum Wilayah	9
3.3 Alat dan Bahan	11
3.4 Metode dan Tahapan Penelitian	11
3.4.1 Persiapan	12
3.4.2 Pengecekan di lapangan (<i>Groundcheck</i>)	13
3.4.3 Pemilihan lahan untuk plot pengukuran	13
3.4.4 Penetapan petak pengukuran	14
3.4.5 Pengukuran biomassa pohon dan penghitungan BJ kayu	15
3.4.6 Biomassa tumbuhan bawah	16
3.4.7 Nekromassa	16
3.4.8 Pengambilan contoh tanah	17
3.4.9 Rata-rata karbon tersimpan per siklus tanam (<i>Time Averaged Carbon Stock</i>)	18
3.5 Analisis Laboratorium	18
3.6 Analisis Data	18
IV. KARAKTERISTIK LAHAN	19
4.1 Pemilihan Plot Untuk Pengukuran Cadangan Karbon	19
4.2 Sejarah Sistem Hutan Rakyat	19
4.2.1 Hutan rakyat jati	19
4.2.2 Hutan rakyat sengon	21

4.2.3 Agroforestri cengkeh	22
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
5.1 Karakteristik Lahan Hutan Rakyat	24
5.1.1 Kerapatan pohon dan basal area	24
5.1.2 Berat jenis kayu	26
5.2. Karakteristik Tanah	26
5.3. Peningkatan Tahunan (Umur) terhadap Biomassa Pohon Jati	28
5.4. Cadangan Karbon	30
5.4.1. Cadangan karbon di atas permukaan tanah	30
5.4.2. Cadangan karbon dalam tanah	31
5.4.3. Total cadangan karbon	32
5.5. Cadangan Karbon Rata-rata per Siklus Tanam (<i>Time averaged C- stock</i>)	33
5.6 Pembahasan Umum	35
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	38
6.1. Kesimpulan	38
6.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kriteria Kandungan Bahan Organik Tanah	10
2.	Alat dan Bahan Penelitian	12
3.	Rumus-rumus allometrik untuk menduga biomassa beberapa jenis tanaman yang umum ditanam pada hutan rakyat	23
4.	Jumlah spesies, jumlah pohon (kerapatan), basal area (BA) dan pengklasifikasian kelas kerapatan	23
5.	Sifat kimia tanah pada berbagai tipe HR di kawasan Lereng Kawi dan Pegunungan Kapur Selatan	23
6.	Cadangan karbon diatas permukaan tanah pada berbagai HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik	23
7.	Rata-rata cadangan karbon per siklus tanam pada berbagai HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik	23



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Skema Alur Pikir Pengaruh Kondisi dan Managemen Lahan terhadap Besarnya Cadangan Karbon.....	2
2	Grafik Curah Hujan Bulanan di Kawasan Malang Barat (a) Grafik Curah Hujan Bulanan di Kawasan Blitar (b). (Sumber Data: Stasiun Klimatologi Karangploso, 2012)	11
3	Diagram Tahapan Penelitian	13
4	Skema Pemilihan Plot Hutan Rakyat di Kawasan Lereng Kawi (Volkanik) dan Pegunungan Kapur Selatan (Tektonik).....	15
5	Sub Petak Pengambilan Contoh Biomassa Tumbuhan Bawah dan Seresah.....	16
6	Bentuk Kuadran Pengambilan Contoh Tumbuhan Bawah dan Seresah.....	17
7	Pengukuran Diameter dan Panjang Pohon Tumbang dalam Plot Pengamatan	18
8	Hutan Rakyat Jati Pada Landform Volkanik.....	21
9	Hutan Rakyat Jati Pada Landform Tektonik	22
10	Lahan Hutan Rakyat Sengon.....	23
11	Lahan Agroforestri Cengkeh Multistrata	24
12	Lahan agroforestri Cengkeh Sederhana	24
13	Separat Partikel Tanah per Kedalaman di Berbagai Tipe HR di Kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar	28
14	Rata-Rata Biomassa Pohon Jati pada Hutan Rakyat di Malang Dan Blitar sampai dengan Umur 15 tahun Sesudah Tanam dan Data Biomassa pohon dari Hasil Penelitian Basuki, 2005.....	30
15	Peningkatan Biomassa Pohon Jati Berbagai Periode Pertumbuhan Jati pada HR di Kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar	30
16	Persentase Komponen Penyusun Cadangan Karbon di atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem HR di Kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.....	32
17	Cadangan Karbon pada Berbagai Kedalaman Tanah pada Berbagai HR di Kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.....	32
18	Total Cadangan Karbon pada Berbagai Komponen Penyusun Cadangan Karbon di atas permukaan tanah dan dalam tanah (kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm).....	34

19 Cadangan Karbon pada Berbagai Umur Pohon untuk Menduga
Time Averaged C-Stock dari HR Jati, Sengon dan Cengkeh..... 36

20 Hubungan BOT dengan Biomassa Pohon Pada Berbagai Sistem
HR di Kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar 38



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Deskripsi Lokasi Plot Pengukuran Cadangan Karbon Di Kabupaten Malang Barat dan Blitar	43
2.	Analisis Ragam Biomassa Pohon	43
3.	Analisis Ragam Diameter Pohon	44
4.	Analisis Ragam Corganik	44
5.	Pengukuran Cadangan Karbon di Lapangan	45
6.	Peta Sebaran Titik Plot Pengamatan.....	46

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

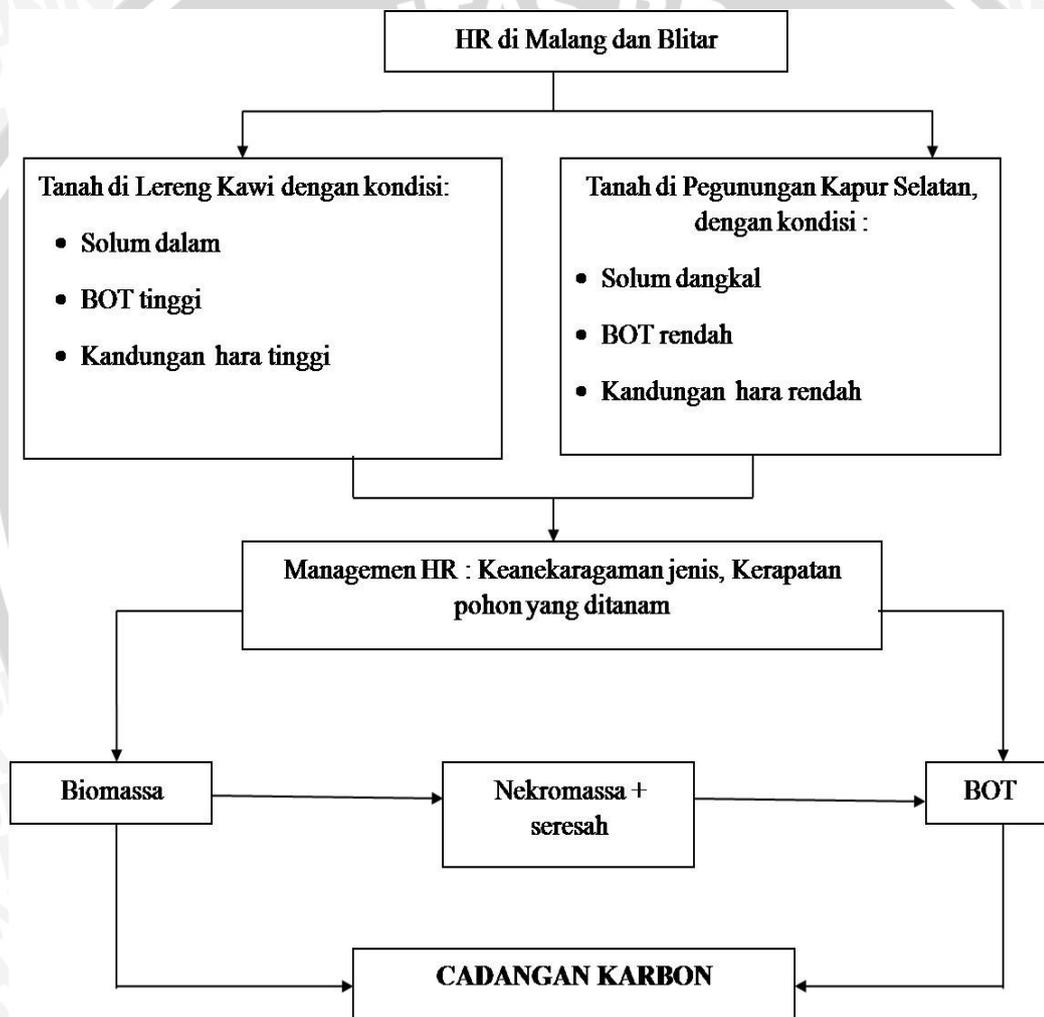
Peristiwa kebakaran hutan, penebangan liar dan konversi hutan telah menyebabkan kerusakan hutan yang berakibat karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan terlepas ke atmosfer dan kemampuan bumi untuk menyerap CO₂ dari udara melalui fotosintesis vegetasi hutan juga berkurang. Hal tersebut yang memicu terjadinya pemanasan global. Di Jawa Timur, keinginan masyarakat menanam pepohonan (timber) pada lahan pertanian semakin meningkat sehingga sangat berpotensi untuk mempertahankan pendapatan petani dan layanan ekosistem. Hal tersebut karena pada sistem hutan rakyat ditanam berbagai jenis pohon bernilai ekonomi tinggi, dengan daur hidup yang relatif lebih panjang dari pada tanaman semusim, sehingga hutan rakyat berpotensi besar dalam menyerap dan menyimpan karbon (Boer, 2001).

Kabupaten Malang memiliki luasan Hutan Rakyat (HR) yang cukup besar. Berdasarkan data Pemerintah Kabupaten Malang dan Blitar tahun 2012, menunjukkan bahwa HR di Kabupaten Malang sekitar 42.000 ha. Jenis komoditinya antara lain: jati, mahoni, sengon, cengkeh, kopi dan jenis lainnya, sedangkan luas lahan HR di daerah Blitar seluas 1.845 ha dengan jenis komoditi yang terdiri dari sengon, jati dan MPTS (*Multi Purpose Tree Species*).

Jumlah cadangan karbon antar lahan berbeda-beda, tergantung pada iklim, topografi, jenis tanah, keanekaragaman dan kerapatan vegetasi, umur serta cara pengelolanya. Cadangan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar jika kondisi kesuburan tanahnya baik, karena biomassa pohon meningkat sehingga meningkatkan jumlah karbon tersimpan di atas tanah (Hairiah dan Rahayu, 2007). Hubungan manajemen lahan hutan rakyat dengan besarnya cadangan karbon yang dihasilkan dijelaskan secara skematis dalam Gambar 1.

Di Kawasan Lereng Kawi (Volkanik) dan Pegunungan Kapur Selatan (Tektonik) terdapat kondisi tanah yang berbeda tingkat kesuburan tanahnya. Pada umumnya tanah dengan solum dalam mengikat C-organik lebih tinggi daripada tanah bersolum dangkal, sehingga ketersediaan air dan hara relatif lebih tinggi pula. Pada tanah bersolum dalam memiliki pori mikro yang tinggi, sehingga

memiliki kemampuan mengikat air maupun unsur hara yang tinggi (Jumin, 2002). Namun demikian, kemampuan tanah dalam meluluskan air tidak hanya dipengaruhi faktor ketebalan solum tetapi juga oleh ruang pori. Tanah dengan solum dalam akan memiliki kapasitas meluluskan air yang lebih besar dibandingkan dengan tanah bersolum dangkal. Hal itu berkaitan dengan pertumbuhan perakaran tanaman. Semakin tinggi porositas, semakin baik pertumbuhan perakaran tanaman. Dengan demikian, vegetasi lebih mudah tumbuh pada tanah bersolum dalam, sehingga biomasa pohon di kawasan Volkanik lebih tinggi dari pada di kawasan Tektonik.



Gambar 1. Skema alur pengaruh kondisi dan managemen lahan terhadap besarnya cadangan karbon (Keterangan: HR=Hutan rakyat, BOT=Bahan organik tanah)

Informasi kuantitatif besarnya perbedaan cadangan karbon pada kondisi tanah yang berbeda masih sangat terbatas. Informasi tersebut sangat penting

dalam penghitungan cadangan karbon rata-rata di HR kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar. Oleh karena itu fokus penelitian ini adalah melakukan pengukuran cadangan karbon pada berbagai sistem HR yang ada di sekeliling Lereng Kawi, Kelud dan Pegunungan Kapur Selatan.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mengukur pertumbuhan jati muda pada kondisi tanah di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.
2. Menentukan cadangan karbon pada HR di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.
3. Menetapkan nilai cadangan karbon rata-rata per siklus tanam pada HR di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.

1.3. Hipotesis Penelitian

Biomassa pohon pada HR di kawasan Vulkanik Malang Barat lebih besar daripada HR di kawasan Tektonik Blitar.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai potensi ekologi HR sebagai penyimpan cadangan karbon di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hutan Rakyat

2.1.1 Definisi hutan rakyat

Pengertian hutan rakyat menurut UU No. 41 Tahun 1999 adalah hutan yang tumbuh diatas tanah yang dibebani hak milik maupun hak lainnya dengan ketentuan luas minimum 0,25 ha dan penutupan tajuk tanaman berupa kayu-kayuan lebih dari 50 %. Berdasarkan jenis tanaman dan pola penanamannya hutan rakyat dapat digolongkan ke dalam bentuk hutan rakyat murni, hutan rakyat campuran dan hutan rakyat dengan pola wanatani (*agroforestry*). Menurut Fakultas Kehutanan IPB (2000) menjelaskan bahwa hutan rakyat adalah hutan yang kepemilikan lahannya oleh masyarakat dimana luasan minimal harus 0,25 hektar. Hal tersebut disebabkan karena rata-rata pemilikan lahan di Jawa sangat sempit.

2.1.2 Bentuk-bentuk hutan rakyat

Toha, 1987 (*dalam* Afwandi, 2011) menyatakan bahwa bentuk hutan rakyat dibagi menjadi tiga, antara lain: 1) Hutan rakyat murni, 2) Hutan rakyat campuran, dan 3) Hutan rakyat agroforestri.

1. Hutan rakyat murni

Hutan rakyat yang hanya terdiri satu jenis pohon berkayu yang ditanam dan diusahakan secara homogen. Hutan rakyat murni memiliki kelemahan tidak adanya diversifikasi komoditi, sehingga tidak diperoleh ragam pendapatan dari lahan tersebut karena hanya mengandalkan satu atau dua jenis tanaman kayu, misalnya jati saja.

2. Hutan rakyat campuran

Hutan yang ditanami lebih dari satu jenis tanaman kayu dan berbagai jenis pohon yang ditanam secara campuran dengan tanaman semusim. Hutan rakyat campuran memiliki diversifikasi tanaman sehingga diperoleh ragam pendapatan secara berkesinambungan.

3. Hutan rakyat agroforestri

Hutan rakyat yang terdiri dari kombinasi kehutanan dengan tanaman musiman, tanaman pangan dan peternakan secara terpadu pada satu lokasi. Hutan rakyat dengan sistem agroforestri memiliki nilai ekonomi dan ekologi yang cukup tinggi.

2.1.3 Fungsi hutan rakyat

Menurut Lahjie (2004), fungsi hutan rakyat ditinjau dari aspek biofisik adalah kemampuan lahan untuk menjaga dan mempertahankan kelestarian sumber daya alam dan lingkungan, antara lain: (a) sistem hutan rakyat mampu mempertahankan sifat fisik dan kesuburan tanah dengan cara menghasilkan seresah sehingga bisa menambahkan bahan organik tanah dan meningkatkan ketersediaan air dalam lapisan perakaran, (b) tutupan pohon dalam sistem hutan rakyat dapat mempengaruhi aliran air/fungsi hidrologi kawasan, (c) penanaman pepohonan dapat mempertahankan cadangan karbon sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, dan (e) sistem hutan rakyat biasanya memiliki banyak spesies pada sebidang lahan yang sama sehingga hutan rakyat dapat mempertahankan keanekaragaman hayati.

2.1.4 Peran hutan rakyat dalam mempertahankan cadangan karbon

Menurut Hairiah *et al.*, (2003) menjelaskan pengertian cadangan karbon (*C-stock*) adalah jumlah karbon yang terdapat dalam komponen biomasa dan nekromasa baik di atas permukaan tanah dan di dalam tanah (Bahan organik tanah, akar tanaman dan mikroorganisma) per satuan luasan lahan. Tanaman melakukan proses fotosintesis memerlukan sinar matahari, CO₂ dari udara, air dan hara dari dalam tanah untuk pertumbuhannya, sehingga adanya tanaman dapat mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer dan hasilnya berupa karbohidrat yang tersimpan dalam biomassa tanaman. Faktor yang mempengaruhi kemampuan ekosistem dalam mengurangi konsentrasi CO₂ antara lain: jenis ekosistem, komposisi spesies, struktur vegetasi, distribusi umur tanaman, iklim, kondisi tanah dan pengelolaan lahan. Salah satu solusi untuk meningkatkan cadangan karbon terutama pada tanah-tanah terdegradasi adalah dengan sistem hutan rakyat yang

dapat meningkatkan pendapatan petani dan mempertahankan keanekaragaman hayati (Hairiah *et al.*, 2003).

2.2 Biomassa dan Karbon Tersimpan

2.2.1 Konsep pengukuran dan monitoring cadangan karbon

Karbon di atas permukaan tanah tersimpan pada biomassa pohon, biomassa tumbuhan bawah, bagian pohon yang sudah mati (nekromassa) dan serasah. Penyimpanan karbon di bawah permukaan tanah meliputi biomassa akar dan bahan organik tanah (Hairiah *et al.*, 2007). Menurut Hairiah *et al.*, (2001) menjelaskan bahwa jenis vegetasi pada penggunaan lahan sangat mempengaruhi banyaknya karbon tersimpan. Ada beberapa cara untuk menaikkan penyerapan karbon yaitu dengan menjaga hutan agar dapat tumbuh secara alami, mengurangi pemanenan hutan, menambah jumlah pohon di dalam hutan yang pertumbuhannya cepat (Lusiana *et al.*, 2005).

2.2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biomassa dan karbon

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), bagian terbesar dari biomassa hutan adalah berupa batang pohon karena hasil akumulasi produksi bahan organik selama bertahun-tahun. Biomassa tegakan hutan dipengaruhi oleh kerapatan tegakan dan kualitas tempat tumbuh. Tegakan yang makin rapat jarak tanamnya akan mempunyai jumlah biomassa yang semakin besar. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi biomassa tegakan hutan antara lain seperti perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan hutan, suhu dan curah hujan.

Suhu dan ketersediaan air yang cukup akan mempercepat pertumbuhan vegetasi sehingga tinggi, diameter dan volume juga akan meningkat. Adanya peningkatan tersebut maka biomassa vegetasi atau tegakan akan semakin besar. Semakin tinggi suhu akan menyebabkan kelembaban udara relatif semakin berkurang. Kelembaban udara relatif bisa mempengaruhi laju fotosintesis. Hal ini disebabkan udara relatif yang tinggi akan memiliki tekanan udara uap air parsial yang lebih tinggi dibanding dengan tekanan udara parsial CO₂ sehingga memudahkan uap air berdifusi melalui stomata. Dampak selanjutnya laju fotosintesis akan menurun (Siringo dan Ginting, 1997 *dalam* Ojo; 2003). Jika dilihat dari segi komposisi dan struktur tegakan hutannya, semakin banyak

komposisi jenis dan struktur tegakan hutannya maka akan semakin besar biomassa yang terkandung.

2.3 Bentukan Lahan Vulkanik dan Tektonik

Bentukan lahan vulkanik terbentuk karena aktifitas volkan/gunung berapi. Bahan induk tanah penyusunnya adalah batuan dasit. Abu vulkan dapat meningkatkan kesuburan tanah dikarenakan material-material yang dikeluarkan oleh gunung api tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan sifat tanah. Dalam suatu aktivitas vulkanisme, material-material yang dikeluarkan berupa gas, cair dan padat. Gas-gas yang keluar antara lain uap air, O₂, N₂, CO₂, CO, SO₂, H₂S, NH₃ dan H₂SO₄. Materi cair yang dikeluarkan adalah magma yang keluar melalui pipa gunung yang disebut lava sedangkan materi padat yang disemburkan ketika gunung api meletus berupa bom (batu-batu besar), kerikil, pasir, abu dan debu halus (Munir, 1996).

Berdasarkan Plummer dan Carlson, 2002 (*dalam* Fiantis, 2006) menyatakan bahwa bahan letusan gunung api yang berupa padatan dapat disebut sebagai bahan piroklastik. Bahan padatan ini berdasarkan diameter partikelnya terbagi atas debu volkan (<0.26 mm) yang berupa bahan lepas dan halus, pasir (0.25-4 mm) yang lepas dan tumpul yang berbentuk bulat hingga persegi (>32 mm) yang bertekstur kasar. Adanya debu dan pasir vulkanik, yang masih segar yang menutupi lapisan atas tanah lambat laun akan melapuk dan dimulai proses pembentukan tanah yang baru. Debu vulkanik yang terdeposisi di atas permukaan tanah mengalami pelapukan kimiawi dengan bantuan air dan asam-asam organik yang terdapat di dalam tanah. Akan tetapi, proses pelapukan ini memakan waktu yang sangat lama yang dapat mencapai ribuan bahkan jutaan tahun bila terjadi secara alami di alam. Hasil pelapukan lanjut dari debu vulkanik mengakibatkan terjadinya penambahan kadar kation-kation (Ca, Mg, K dan Na) di dalam tanah hampir 50% dari keadaan sebelumnya (Fiantis, 2006). Debu vulkanik mengandung kation-kation basa yang dapat meningkatkan pH, KTK tanah serta Kejenuhan Basa (KB) yang mengakibatkan kesuburan tanah dan tanaman meningkat sehingga biomassa yang dihasilkan juga meningkat.

Bentukan lahan tektonik terbentuk karena adanya proses endogen atau proses tektonik yang berupa angkatan, lipatan, patahan dan pensesaran yang

membentuk berbagai macam relief. Adanya proses pelipatan dan patahan pada perselingan antara batu liat dan batu pasir yang sebagian bersifat tufaan, menghasilkan satuan tanah bereaksi masam. Dataran tektonik ini mempunyai bentuk wilayah agak datar sampai bergelombang, lereng antara 1-16%.

2.4 Bahan Organik Tanah

Bahan organik merupakan semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan yang telah mengalami dekomposisi baik sebagian/seluruhnya yang telah mengalami humifikasi maupun yang belum (Khasanah dan Lusiana, 2004). Kandungan bahan organik tanah sangat beragam berkisar antara 0,5%-5,0%, pada tanah-tanah mineral bahkan sampai 100% pada tanah organik (Histosol). Faktor yang mempengaruhi kandungan bahan organik tanah adalah iklim, vegetasi, topografi, waktu, bahan induk dan pola pertanaman. Sebaran vegetasi berkaitan dengan pola tertentu dari temperatur dan curah hujan. Pada daerah yang curah hujannya rendah, maka vegetasi juga jarang sehingga akumulasi bahan organik juga rendah (Sutanto, 2005). Pada satu jenis tanah yang sama pada kedalaman tanah yang berbeda kandungan bahan organiknya juga akan berbeda. Semakin dalam suatu tanah, maka kandungan bahan organiknya semakin rendah, demikian juga dengan pengolahan tanah, semakin sering tanah diolah, semakin berkurang kandungan bahan organik tersebut (Hasibuan, 2005). Menurut Suriadi dan Nazam (2005) kriteria C_{org} pada tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kandungan Bahan Organik Tanah

No.	Kandungan Bahan Organik (%)	Keterangan
1	<1	Sangat Rendah
2	1-2	Rendah
3	2-3	Sedang
4	3-5	Tinggi
5	>5	Sangat Tinggi

Bahan organik mempengaruhi sifat fisika dan kimia tanah, khususnya di daerah tropika (Kaufman *et al.*, 1998). Pada tanah berpasir dan berliat didominasi oleh mineral liat 1:1, sebagian besar nutrisi tanaman dan 90% kapasitas retensi unsur hara berasal dari bahan organik. Pada tanah yang tidak subur, bahan organik merupakan 90%-95% sumber N.

III. METODE PENELITIAN

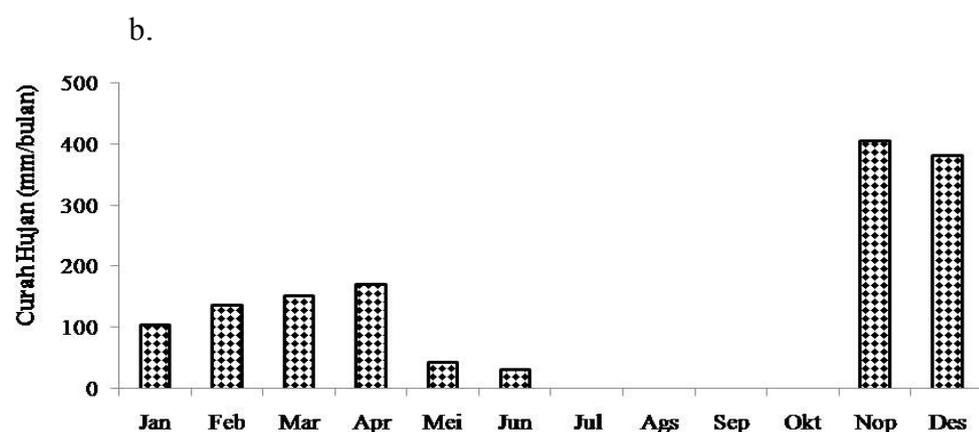
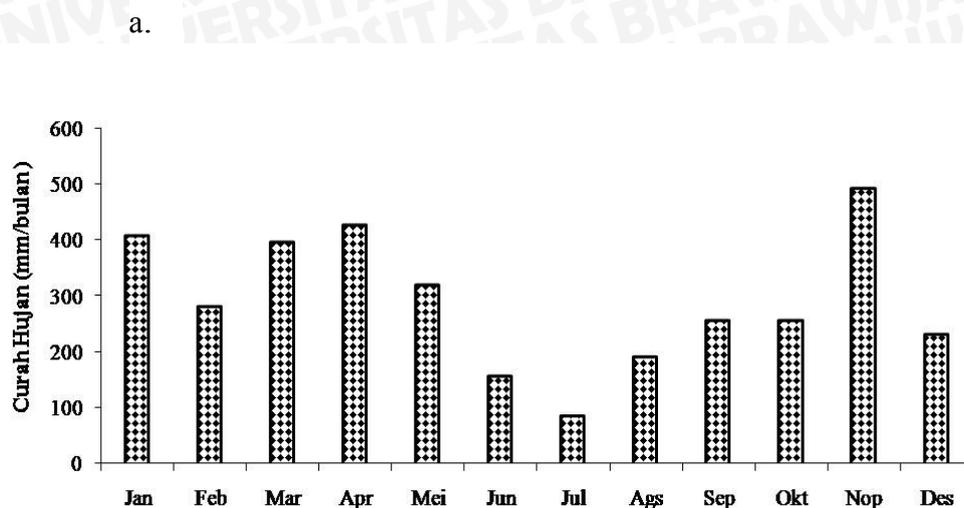
3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada berbagai sistem HR yang terdapat di kawasan Lereng Kawi, Kelud dan Pegunungan Kapur Selatan di Malang Barat dan Blitar (Lampiran 6). Penelitian dilakukan dalam 2 tahap, tahap pertama dilakukan pengambilan contoh di lapangan dilaksanakan selama satu bulan pada bulan Juni-Juli 2012. Tahap kedua yaitu analisis laboratorium dan analisis data yang dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan Agustus-September 2012.

3.2 Kondisi Umum Wilayah

Kondisi topografi di Malang Barat dan Blitar merupakan daerah pegunungan. Di kawasan Malang Barat (Volkanik) yang termasuk dalam pengukuran cadangan karbon ini meliputi: Kecamatan Ngajum, Wonosari, Kromengan, Pagak dan Wagir. Kondisi wilayah ini terletak pada ketinggian antara 332-824 m di atas permukaan laut (dpl), sedangkan di kawasan Blitar (Tektonik) meliputi: Kecamatan Selorejo, Doko, Resap ombo, Srengat, Bakung dan Kademangan. Kondisi wilayah ini terletak pada ketinggian 126-863 m di atas permukaan laut (dpl).

Wilayah di kawasan Malang Barat pada tahun 2011 memiliki curah hujan tahunan sebesar 3.499 mm/tahun dengan jumlah hari hujan sebesar 292 hari/tahun. Curah hujan tertinggi dalam bulan tersebut jatuh pada bulan November dengan intensitas 491 mm/bulan, terendah jatuh pada bulan Juli dengan intensitas 87 mm/bulan. Di kawasan Blitar memiliki curah hujan tahunan sebesar 1.427 mm/tahun dengan jumlah hari hujan 112 hari/tahun. Curah hujan tertinggi jatuh pada bulan November dengan intensitas 88 mm/bulan, sedangkan terendah curah hujannya jatuh pada bulan Mei dengan intensitas 11 mm/bulan (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik curah hujan bulanan di kawasan Malang Barat (a), grafik curah hujan bulanan di kawasan Blitar (b). (Sumber data: Stasiun Klimatologi Karangploso, 2012)

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini tercantum dalam tabel dibawah ini :

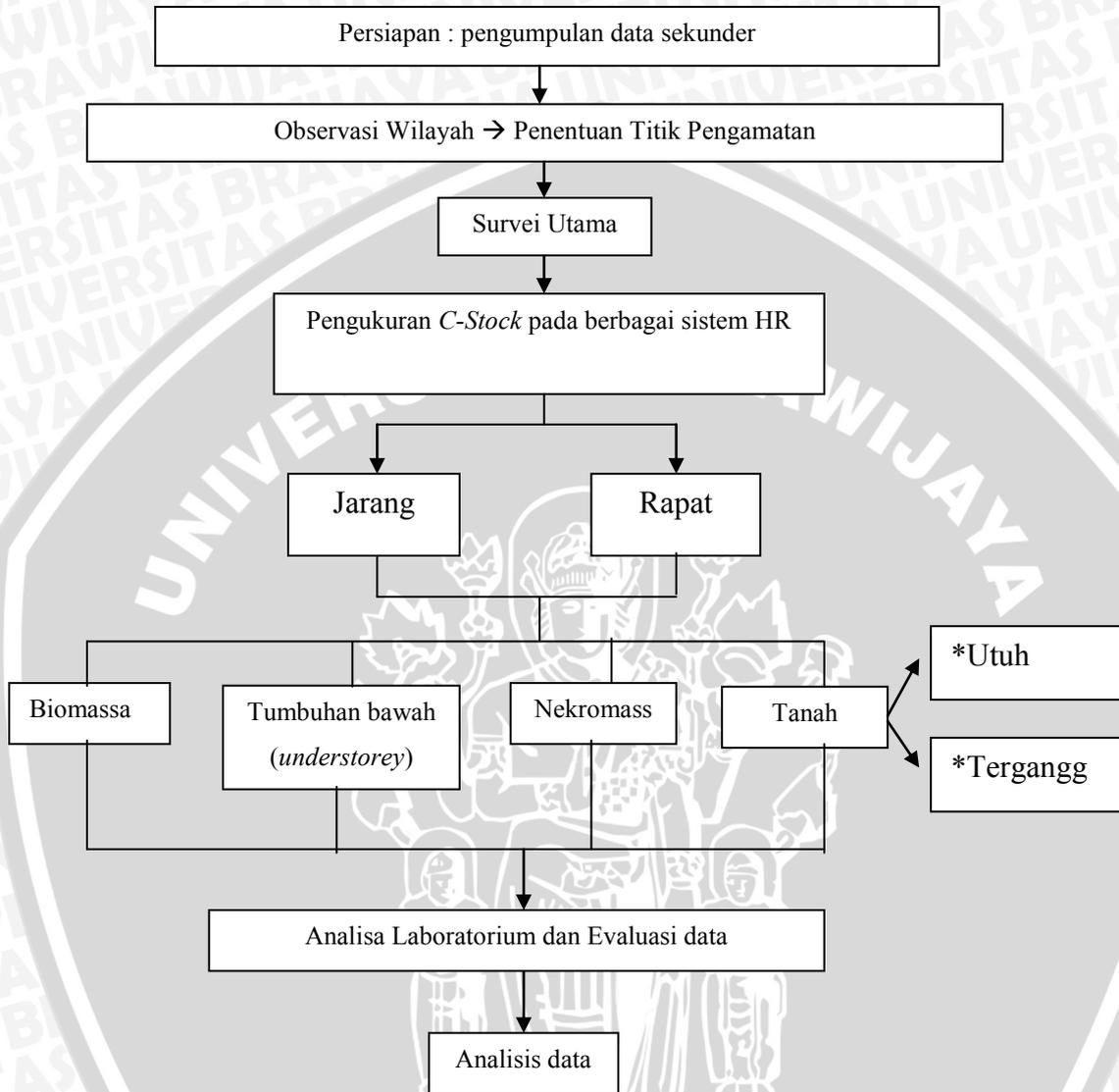
Tabel 2. Alat dan Bahan Penelitian

Biomassa
Biomassa
Biomassa
pH tanah
C organik
Berat I
Tekstur
N
P

3.4 Metode dan Tahapan Penelitian

Metode pengukuran cadangan karbon mengacu pada metode RaCSA (Rapid Carbon Stock Appraisal) untuk membandingkan seberapa besar karbon yang tersimpan pada masing-masing sistem penggunaan lahan (Hairiah *et al.*, 2011). Tahapan penelitian diawali dengan persiapan data-data skunder kemudian dilanjutkan observasi wilayah di kawasan Lereng Kawi, Kelud dan Pegunungan Kapur Selatan untuk menentukan titik pengamatan/plot penelitian. Selanjutnya, dilakukan survei pendahuluan untuk mengetahui macam-macam HR dan menentukan kerapatannya. Pada masing-masing plot diambil dan dihitung biomassa, tumbuhan bawah, nekromassa dan contoh tanah pada tiga kedalaman (0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm). Pengambilan contoh tanah ada dua macam

yaitu contoh tanah utuh dan terganggu. Setelah pengambilan contoh seresah dan tanah di lapang selesai lalu dilakukan analisa laboratorium dan pengolahan data.



Gambar 3. Diagram Tahapan Penelitian

3.4.1 Persiapan

Pada tahap persiapan ini mengumpulkan data-data skunder meliputi peta tutupan lahan dan peta jenis tanah Malang dan Blitar. Berdasarkan peta tutupan lahan yang diperoleh, dilakukan stratifikasi daerah dengan luasan HR berkisar dari rendah sampai tertinggi. Selanjutnya peta tutupan lahan ditimpalkan (*overlay*) pada peta jenis tanah untuk menentukan titik pengukuran HR yang mewakili

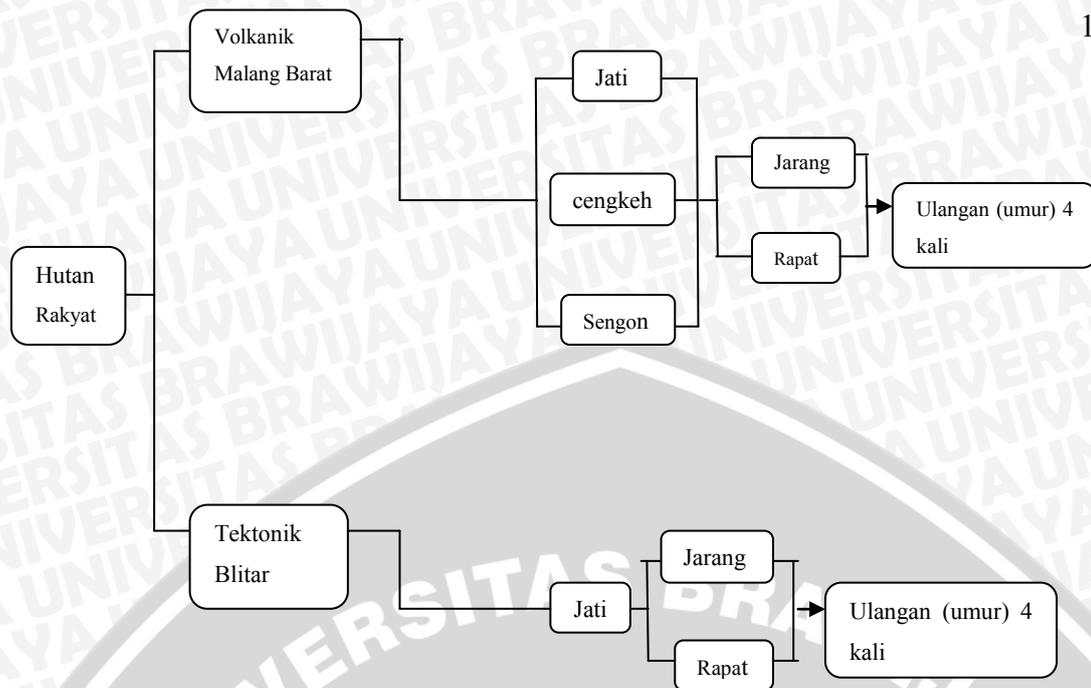
kondisi tanah di kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar. Tahapan berikutnya adalah memilih petak lahan berdasarkan jenis pohon dan kerapatannya setelah dilakukan pengecekan di lapangan, karena pengamatan menggunakan peta saja tidak bisa membedakan jenis dan kerapatan pohon yang ada.

3.4.2 Pengecekan di lapangan (*Groundcheck*)

Dalam pengecekan di lapangan hal-hal yang diperhatikan antara lain: mencatat jenis pohon yang dominan, tingkat kerapatan, kondisi wilayah dan sejarah penggunaan lahan. Hasil wawancara dengan pemilik lahan kita bisa mengetahui sejarah penggunaan lahan, manajemen lahan dan sebagainya.

3.4.3 Pemilihan lahan untuk plot pengukuran

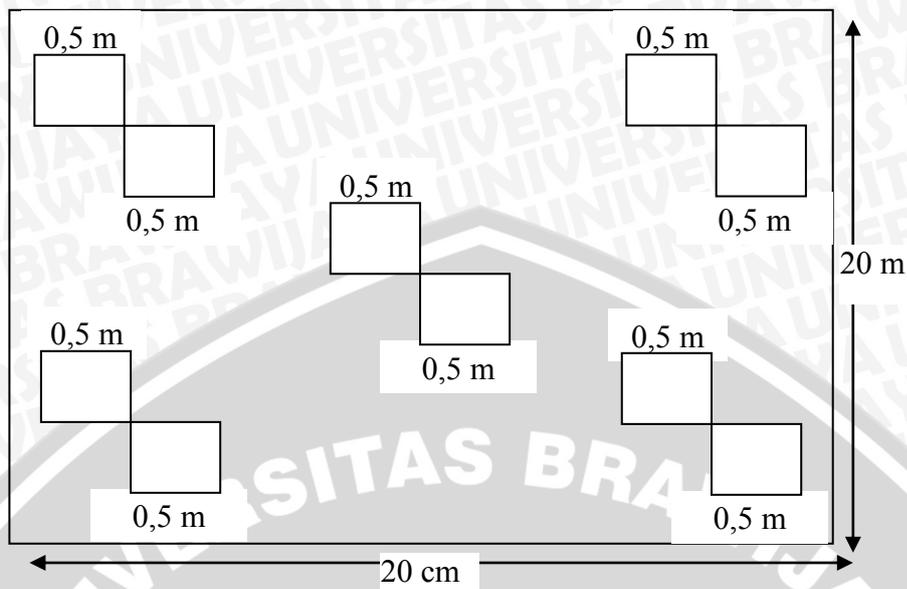
Pemilihan plot contoh pengukuran dilakukan berdasarkan SPL (sistem penggunaan lahan). Kriteria pemilihan sistem penggunaan lahan HR yang dipilih adalah berdasarkan pada: (1) jenis pohon yang ditanam, (2) kerapatan populasinya dan (3) umur pohon yang ditanam. Hierarki pemilihan penggunaan lahan disajikan dalam Gambar 4. Pemilihan lahan untuk plot pengukuran karbon di kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar ditemukan 3 sistem HR yang dominan, yaitu HR berbasis jati, sengon dan cengkeh. Selain sistem HR tersebut juga ditemukan HR berbasis jabon dan mahoni. Di kawasan Volkanik Malang Barat ditemukan HR berbasis jati, sengon dan cengkeh, sedangkan di kawasan Tektonik Blitar hanya ditemukan HR jati saja. Di kawasan Volkanik ditemukan umur dan kerapatan yang beranekaragam, sedangkan pada kawasan Tektonik sebaliknya.



Gambar 4. Skema Pemilihan Plot Hutan Rakyat di Kawasan Lereng Kawi (Vulkanik) dan Pegunungan Kapur Selatan (Tektonik)

3.4.4 Penetapan petak pengukuran

Pengukuran dilakukan pada petak berukuran $20\text{ m} \times 20\text{ m} = 400\text{ m}^2$, bila terdapat pohon berdiameter $> 30\text{ cm}$, petak pengamatan diperbesar menjadi $20\text{ m} \times 100\text{ m} = 2000\text{ m}^2$ untuk mengurangi bias (Hairiah *et al.*, 2011). Penentuan petak pengamatan ini diambil searah dengan mata angin atau menyesuaikan kondisi lahan. Penetapan titik pertama petak ialah dengan melakukan pelemparan tongkat dengan tujuan agar titik utama petak tidak ditentukan secara subyektif. Pemilihan petak ditentukan pada lokasi yang kondisi vegetasinya seragam dan menghindari tempat-tempat yang terlalu rapat atau terlalu jarang vegetasinya dengan mengikuti garis kontur (Prayogo, 2000). Pada luasan petak ini semua vegetasi diukur contoh biomassa, tumbuhan bawah, nekromassa baik secara destruktif maupun non destruktif. Contoh tanah baik secara terganggu (untuk analisis total C) maupun tak terganggu (untuk penentuan BI tanah). Pemilihan petak akan diambil 5 titik contoh pengukuran untuk pengambilan contoh tumbuhan bawah, serasah dan tanah dengan acak, setiap titik contoh pengukuran menggunakan kuadran ukuran $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$ (Gambar 5).



Gambar 5. Sub Petak pengambilan contoh biomassa tumbuhan bawah dan seresah

3.4.5 Pengukuran biomassa pohon dan penghitungan BJ kayu

Semua pohon yang terdapat dalam petak 20 m x 20 m diukur diameter pohon setinggi dada (setinggi 1,3 m dari permukaan tanah) atau disingkat DBH. Pengukuran dbh hanya pada pohon berdiameter 5-30 cm. Pohon dengan dbh < 5 cm diklasifikasikan sebagai tumbuhan bawah (Hairiah *et al.*, 2011). Data yang dihasilkan dimasukkan dalam suatu persamaan *allometrik* yang digunakan untuk menduga berat kering suatu tanaman.

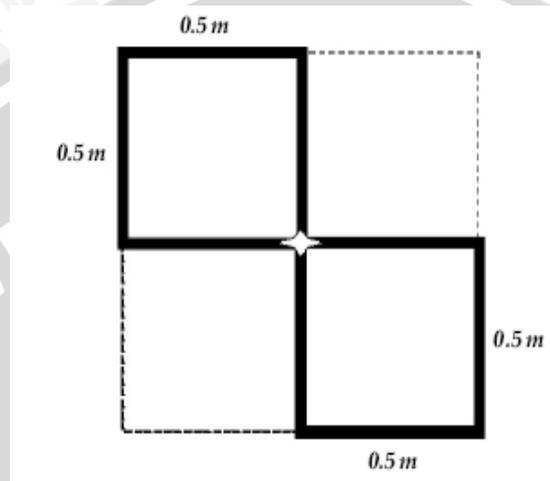
Tabel 3. Rumus-rumus allometrik untuk menduga biomassa beberapa jenis tanaman yang umum ditanam pada hutan rakyat (Hairiah *et al.*, 2011)

Jenis Pohon	Estimasi Biomassa pohon kg/pohon	Sumber
Hutan (Humid/Lembab)	$(AGB)_{est} = p \cdot \exp(-1,449 + 2,148 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$	Chave <i>et al.</i> , 2005
Kopi dipangkas	$(AGB)_{est} = 0,281 D^{2,06}$	Arifin, 2001
Pisang	$(AGB)_{est} = 0,030 D^{2,13}$	Arifin, 2001

Keterangan: $(AGB)_{est}$ = biomassa pohon bagian atas tanah, kg/pohon; D = DBH, diameter batang setinggi dada (cm)

3.4.6 Biomassa tumbuhan bawah

Pengambilan contoh pada biomassa tumbuhan bawah harus dilakukan dengan metode destruktif. Tumbuhan bawah yang diambil sebagai contoh adalah semua tumbuhan hidup berupa pohon yang berdiameter <math>< 5\text{ cm}</math>, herba dan rumput-rumputan (Hairiah *et al.*, 2011). Biomassa tumbuhan bawah diambil pada 5 titik contoh pengukuran yang ditata secara acak pada luasan



Gambar 6. Bentuk kuadran untuk pengambilan contoh tumbuhan bawah (*understorey*) dan Seresah (Hairiah *et al.*, 2011)

3.4.7 Nekromassa

Pengambilan contoh nekromassa (bagian tanaman mati) pada permukaan tanah dilakukan di dalam sub petak $20\text{ m} \times 20\text{ m}$. Nekromassa dibedakan menjadi dua kelompok: a) nekromassa berkayu dan b) nekromassa tidak berkayu.

a. Nekromassa berkayu

Pohon mati yang masih berdiri maupun yang roboh, tunggul-tunggul tanaman, cabang dan ranting yang masih utuh yang berdiameter 5 cm dan panjang $0,5\text{ m}$. Pengambilan nekromassa ini menggunakan metode *non destruktif*. Untuk pengukuran pohon yang telah mati yang terdapat dalam petak. Pengukuran dilakukan dengan mengukur diameter batang dan panjangnya yang masuk dalam transek $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ dan ambil contoh kayu ukuran $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$, timbang berat basah lalu masukkan dalam oven suhu $80\text{ }^\circ\text{C}$ selama 48 jam untuk menghitung berat keringnya.



Gambar 7. Pengukuran diameter dan panjang pohon tumbang dalam petak pengamatan (Hairiah *et al.* 2007)

b. Nekromassa tidak berkayu

Nekromassa tidak berkayu terdiri dari seresah daun yang masih utuh (seresah kasar) dan bahan organik lainnya yang telah terdekomposisi sebagian dan berukuran > 2 mm (seresah halus). Untuk pengambilan contoh seresah halus dengan cara mengambil seluruh seresah halus yang setebal 5 cm pada tiap-tiap kuadran (Hairiah *et al.*, 2007). Seresah halus yang di dapat dimasukkan ke dalam ayakan dengan lubang diameter 2 mm dan diayak. Seresah yang tertangkap ayakan ditimbang berat basahnya kemudian dioven pada suhu 80°C selama 48 jam untuk mendapatkan berat keringnya.

3.4.8 Pengambilan contoh tanah

Dalam pengambilan contoh tanah ada dua macam yang harus diambil yaitu: a) contoh tanah terganggu dan b) contoh tanah utuh.

- a. Contoh tanah terganggu dengan cara mengambil tanah pada 5 titik contoh pada kedalaman 0-10, 10-20 dan 20-30 cm dan dicampur rata kemudian diambil 1 kg yang mewakili tiap kedalaman. Pengambilan contoh tanah terganggu digunakan untuk penetapan analisa kimia, yakni pH KCl, *C-organik*, N total dan P tersedia serta analisa fisika, yakni tekstur. Analisa dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah, analisa pH tanah menggunakan metode electrode pH meter, analisa *C-organik* menggunakan metode *Walkey and Black* dan analisa tekstur menggunakan metode pipet (Roshetko *et al.*, 2002).

- b. Contoh tanah utuh (tidak terganggu) untuk pengukuran BI tanah. Pengambilan contoh dilakukan pada kedalaman 0-10, 10-20 dan 20-30 cm dengan menggunakan blok besi ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm.

3.4.9 Rata-rata karbon tersimpan per siklus tanam (*Time Averaged Carbon Stock*)

Rata-rata karbon tersimpan per siklus tanam diperlukan untuk membandingkan potensi berbagai sistem HR dalam menyimpan karbon. Cara mengestimasi rata-rata karbon tersimpan per siklus tanam dilakukan dengan mengukur cadangan karbon pada plot dengan variasi umur yang beragam yang dapat mewakili kategori umur muda, sedang dan tua. Bila di lapangan tidak terlalu banyak variasi umur, maka dipilih berbagai macam umur lahan minimal 3 kelas umur. Untuk menghitung rata-rata cadangan karbon per siklus tanam dengan mengalikan umur tengahnya dari umur pohon di panen dengan nilai peningkatan cadangan karbon per tahun. Estimasi cadangan karbon per siklus tanam untuk sistem monokultur dilakukan berdasarkan peningkatan jumlah cadangan karbon per tahun, sedangkan untuk sistem agroforestri dihitung melalui cadangan karbon rata-rata dari berbagai umur lahan setelah penebangan hutan (Hairiah *et al.*, 2011).

3.5 Analisis Laboratorium

Analisis kimia dan fisika tanah dilakukan di laboratorium fisika dan kimia tanah. Analisis tekstur tanah, berat isi dilakukan di laboratorium fisika tanah dan pada laboratorium kimia tanah dilakukan analisis *C-organik*, N total, P tersedia dan analisis pH KCl. Masing-masing variabel pengukuran tersebut digunakan untuk mengetahui bahan organik tanah yang terkandung di dalam tanah yang dapat mempengaruhi kandungan biomassa dan cadangan karbon pada suatu sistem hutan rakyat.

3.6 Analisis Data

Analisis sidik ragam (Anova) dilakukan dengan menggunakan program Genstat versi 15.1 dengan derajat kepercayaan 5%. Analisis regresi korelasi dilakukan untuk mengetahui adanya korelasi antar variabel pengukuran yang relevan.

IV. KARAKTERISTIK LAHAN

4.1 Pemilihan Plot Untuk Pengukuran Cadangan Karbon

Pemilihan plot hutan rakyat untuk pengukuran cadangan karbon berdasarkan kriteria antara lain: landform, umur dan kerapatan pohon. Pada landform vulkanik dipilih hutan rakyat jati kisaran umur pohon antara 5-15 tahun dengan kerapatan jarang sampai dengan rapat, hutan rakyat sengon kisaran umur 2-5 tahun dan cengkeh dengan kisaran umur 20-25 tahun. Pada landform tektonik hanya dipilih hutan rakyat berbasis jati dipilih kisaran umur 2-8 tahun.

4.2 Sejarah Sistem Hutan Rakyat

4.2.1 Hutan rakyat jati

Lahan hutan rakyat jati pada landform vulkanik terletak di Kecamatan Wonosari, Wagir, Ngajum, Doko, Srengat dan Selorejo, sedangkan pada landform tektonik di Kecamatan Kademangan dan Bakung. Plot hutan rakyat jati terletak pada ketinggian antara 131-855 m dari permukaan laut (mdpl). Pada landform vulkanik dan tektonik masing-masing dipilih delapan plot yang mewakili sistem hutan rakyat jati. Pada landform vulkanik kebanyakan pohon jati berumur antara 5-15 tahun, sedangkan pada landform tektonik rata-rata pohon jati lebih muda umurnya sekitar 2-8 tahun. Sistem penanaman jati pada landform tektonik pada umumnya monokultur, dari delapan plot yang dipilih hanya di tiga plot saja yang menunjukkan adanya tanaman selingan. Tanaman selingan tersebut antara lain waru, sengon dan mahoni yang jumlahnya antara 2-5 pohon dalam satu plot, sedangkan pada landform vulkanik ada empat plot sistem hutan rakyat jati yang menunjukkan adanya tanaman selingan dan jenisnya lebih beragam antara lain pisang, sengon, waru, mahoni dan mangga yang jumlahnya antara 3-10 pohon dalam satu plot.

Menurut informasi dari pemilik lahan, pada hutan rakyat jati landform vulkanik dan tektonik lahan tersebut dulunya sebelum dilakukan pembukaan lahan masih berupa semak belukar, rerumputan dan lahan pertanian. Cara pembukaan lahan dengan menggunakan sistem tebang pilih dan ada juga yang menggunakan sistem tebang bakar. Pada landform vulkanik pada umumnya pembukaan hutan rakyat jati dimulai tahun 1997, sedangkan pada landform tektonik pembukaan

lahan baru mulai tahun 2004. Luas lahan hutan rakyat jati pada landform vulkanik dan tektonik berkisar antara $\frac{1}{4}$ -2 ha. Alasan masyarakat pada umumnya menanam jati adalah dari segi ekonomi batangnya dapat dijual dengan harga yang mahal.

Pada landform tektonik, pada umumnya pengolahan tanah menggunakan pupuk Kandang, TSP dan Phonska. Pupuk kandang diberikan pada saat pembuatan lubang tanam. Pupuk kandang diberikan dengan dosis kurang lebih 200-400 kg ha⁻¹. Pemupukan berikutnya diberikan pupuk TSP dan Phonska dengan dosis 300-600 kg ha⁻¹, sedangkan pada landform vulkanik masyarakat cenderung menggunakan pupuk kandang, Urea dan ZA. Pupuk kandang diberikan dengan dosis 200-600 kg ha⁻¹ pada saat awal tanam, pada tahun kedua dilakukan pemupukan dengan urea dan ZA dengan dosis antara 500-700 kg ha⁻¹.



Gambar 8. Hutan rakyat jati pada landform vulkanik



Gambar 9. Hutan rakyat jati pada landform tektonik

4.2.2 Hutan rakyat sengon

Lahan hutan rakyat sengon tersebar di Kecamatan Srengat, Doko, Pagak dan Selorejo. Pengukuran hutan rakyat sengon hanya dipilih empat plot pengukuran saja, berumur antara 2-5 tahun. Sistem penanaman sengon pada umumnya monokultur. Penggunaan lahan sebelum dibuka adalah semak belukar dan lahan pertanian. Sistem pembukaan lahan masyarakat sana menggunakan tebang pilih. Pada tahun 2005, baru dibuka menjadi hutan rakyat sengon. Luas lahan hutan rakyat sengon di kawasan vulkanik berkisar antara $\frac{1}{4}$ -1 ha. Pemupukan di lahan ini dilakukan pada tahun pertama, kedua, keempat dan kelima. Pada awal masa pertumbuhan menggunakan pupuk kandang sebanyak 400 kg ha^{-1} . Pada tahun kedua menggunakan pupuk Urea dan ZA sebanyak $500\text{-}800 \text{ kg ha}^{-1}$, pada tahun keempat menggunakan pupuk kandang sebanyak $500\text{-}750 \text{ kg ha}^{-1}$, pada tahun kelima menggunakan pupuk TSP sebanyak $500\text{-}900 \text{ kg ha}^{-1}$. Pada tahun kedua dilakukan penjarangan agar sengon dapat tumbuh dengan optimal. Daerah pengukuran hutan rakyat sengon terletak pada ketinggian antara 255-338 m di atas permukaan laut (dpl). Pemanenan dilakukan pada sengon berumur 7 tahun.



Gambar 10. Lahan hutan rakyat sengon

4.2.3 Agroforestri cengkeh

Pada lahan agroforestri ini ditemukan di daerah Kecamatan Resapombo dimana penanamannya dilakukan di daerah perbukitan. Pada lokasi tersebut dibuka menjadi lahan agroforestri berbasis cengkeh mulai tahun 1950. Sekitar tahun 1980 masyarakat mencoba menanam tanaman semusim di lahan tersebut, tetapi mengalami kerugian akibat gagal panen disebabkan karena kekurangan air, tanahnya kering dan unsur hara yang rendah sehingga masyarakat sekitar mulai menanam lagi cengkeh, karena dianggap merupakan tanaman yang cocok di daerah lahan kering dan perbukitan. Luas lahan agroforestri cengkeh berkisar antara 1-5 ha.

Mulai tahun 2000 terjadi serangan hama kutu loncat dan ulat bulu sehingga petani banyak mengalami kerugian akibat cengkehnya banyak yang tidak tumbuh. Pemupukan yang dilakukan sebagian besar berasal dari kotoran sapi dan pupuk urea kurang lebih $100\text{-}250\text{ kg ha}^{-1}$. Pohon cengkeh dapat menghasilkan 1 ton ha^{-1} tiap panennya dan dapat dijual dengan harga Rp 75.000,00/kg.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapang pada agroforestri cengkeh ditemukan 2 macam agroforestri cengkeh sederhana dan multistrata. Pada agroforestri cengkeh multistrata terdapat beranekaragam jenis pohon antara lain cengkeh, mahoni, pepaya, jati, pisang dan mangga. Pada agroforestri cengkeh yang ditemukan di lapang berada pada kisaran umur 20-25 tahun.



Gambar 11. Lahan agroforestri cengkeh multistrata



Gambar 12. Lahan agroforestri cengkeh sederhana

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Lahan Hutan Rakyat

Berkaitan dengan pengukuran cadangan karbon, evaluasi karakteristik lahan tidak hanya ditentukan oleh tingkat penutupan kanopi yang dicerminkan oleh tingkat populasi pohonnya saja, tetapi juga dipengaruhi oleh ukuran diameter batangnya dan berat jenis kayunya (Chave *et al.*, 2005). Hortson, 1976 (*dalam* Yefri, 1987) mengemukakan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap diameter batang adalah jenis dan umur pohon. Keanekaragaman jenis dan umur pohon biasanya ditunjukkan dengan nilai basal area (luas bidang dasar) yaitu luasan lahan yang tertutup oleh batang pohon ($m^2 ha^{-1}$).

5.1.1 Kerapatan pohon dan basal area

Penghitungan kerapatan populasi pohon di setiap plot dilakukan selain untuk penaksiran cadangan karbon, juga untuk memberikan gambaran kuantitatif dari stratifikasi penggunaan lahan yang dilakukan di awal pemilihan lahan untuk plot perwakilan cadangan karbon. Berdasarkan klasifikasi kualitatif (visual) sebelum pengukuran di lapangan, terdapat 3 klas yaitu jarang, sedang dan rapat (Tabel 4). Namun demikian, secara kuantitatif klasifikasi tersebut bisa berubah dimana klas kerapatan yang awalnya jarang bisa menjadi sedang atau rapat dan sebaliknya.

Tabel 4. Jumlah spesies, jumlah pohon (kerapatan), basal area (BA) dan pengklasifikasian kelas kerapatan

Tan. Pokok	Kisaran Umur (tahun)	Jumlah Pohon/ha	Jumlah Spesies	Basal Area (BA)		BAP/BAT %	Klas Kerapatan
				Total (BAT) $m^2 ha^{-1}$	Tan. Pokok (BAP) $m^2 ha^{-1}$		
Jati	10-12	850	2	15.31	14.52	95	Sedang
Jati	5-15	1325	2	18.87	18.35	97	Sedang
Jati	2-12	1925	1	14.42	14.42	100	Tinggi
Sengon	2-5	1125	2	14.87	13.97	94	Sedang
Cengkeh_S	20-25	450	1	49.64	49.64	100	Rendah
Cengkeh_M	24-25	550	4	33.71	31.52	93	Rendah

Komposisi pohon dalam sistem HR di kawasan vulkanik cukup beragam, sangat jarang dijumpai lahan milik petani hanya ditanami satu jenis pohon saja seringkali ditanam pula jenis pohon lainnya walaupun jumlahnya hanya sedikit.

Untuk membedakan sistem monokultur dengan sistem campuran, maka dilakukan penghitungan rasio basal area (BA) tanaman pokok dengan tanaman selingan. Berdasarkan hasil di lapang menunjukkan bahwa keseluruhan nilai BA tanaman pokok $>90\%$. Menurut Hairiah *et al.*, (2006) bila nilai BA tanaman pokok $>80\%$ berarti penggunaan lahan tersebut monokultur. Tetapi bila rasio BA tanaman pokok : BA total $< 80\%$ menunjukkan bahwa sistem penggunaan lahan tersebut adalah sistem agroforestri. Dari hasil perhitungan rasio BAP : BAT (Tabel 5) ternyata HR di kawasan vulkanik dan tektonik yang dipilih termasuk kelas monokultur. Alasan petani menanam pohon secara monokultur didasarkan pada tingkat ekonomi dari tanaman kayu-kayuan yang dapat meningkatkan penghasilan sehari-hari dan untuk tabungan jangka panjang.

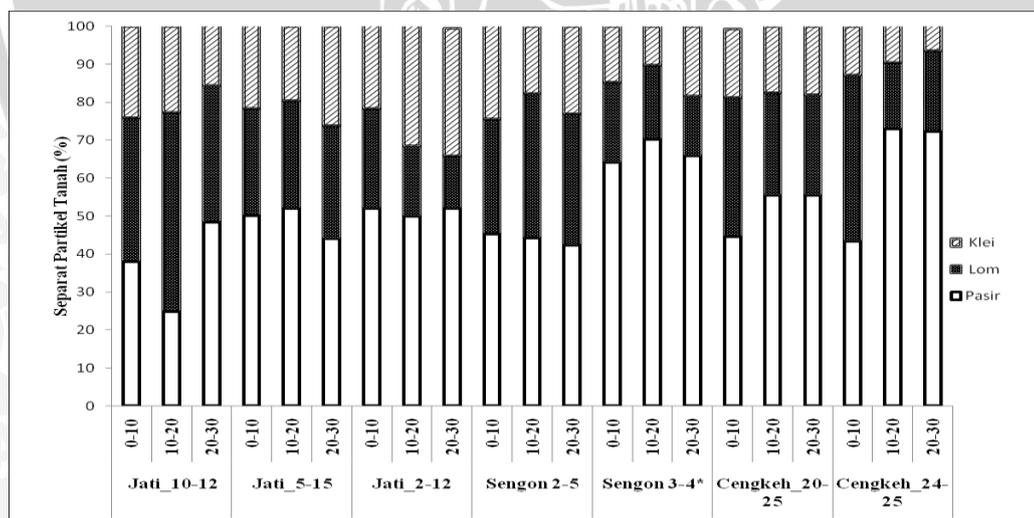
Berdasarkan hasil penelitian di lapang menunjukkan bahwa pada agroforestri cengkeh umur >20 tahun dengan kerapatan rendah (jumlah pohon antara 450 - 550 pohon/ha) memiliki basal area tertinggi (33,71-49,64 m² ha⁻¹) dibandingkan dengan jati umur $< 10-15$ tahun (jumlah populasi antara 850-1925 pohon/ha) yang memiliki basal area yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah pohon tidak mempengaruhi basal area tetapi dominansi pohon yang menutupi luasan area tersebut yang berpengaruh terhadap basal area. Keanekaragaman basal area dipengaruhi oleh jenis pohon, umur pohon dan kecepatan tumbuhnya. Pada jati umur 2-12 tahun memiliki kerapatan tinggi dikarenakan belum dilakukan penjarangan, sedangkan pada jati umur 5-15 tahun sudah dilakukan penjarangan sehingga jumlah pohonnya juga menurun. Berdasarkan penelitian Basuki (2005) menyatakan bahwa semakin bertambahnya umur pohon jati, maka semakin menurun jumlah pohon per hektar karena dilakukannya penjarangan guna memperbesar diameter.

5.1.2 Berat jenis kayu

Berat jenis (BJ) kayu menunjukkan kecepatan pertumbuhan pohon. Pohon yang tingkat pertumbuhannya cepat biasanya memiliki nilai berat jenis (BJ) kayu yang rendah sehingga kualitasnya kurang bagus. Data berat jenis kayu berbagai jenis pohon yang terdapat di hutan rakyat dapat diperoleh dari database berat jenis kayu ICRAF (2007). Sebagian besar (96%) pohon yang tumbuh di kawasan HR di kawasan Vulkanik seperti jati (*Tectona grandis*), sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan cengkeh (*Syzygium aromaticum*) termasuk dalam kategori kayu sedang dengan BJ kayu sekitar $0,64 - 0,75 \text{ g cm}^{-3}$ dan hanya sedikit ditemukan tanaman selingan. BJ kayu tertinggi ($0,75 \text{ g cm}^{-3}$) terdapat pada pohon jati (*Tectona grandis*) dan cengkeh (*Syzygium aromaticum*). BJ kayu terendah ($0,55 \text{ g cm}^{-3}$) terdapat pada pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*).

5.2. Karakteristik Tanah

Tekstur tanah berkaitan erat dengan distribusi ukuran partikel tanah. Rata-rata separasi partikel tanah per kedalaman di berbagai tipe HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik disajikan pada Gambar 13. Sebaran rata-rata persentase partikel tanah antar kedalaman lapisan tanah juga menunjukkan adanya variasi yang dijumpai dalam ketujuh sistem penggunaan lahan yang diukur.



*Sengon pada Penelitian Said, 2013

Gambar 13. Separasi partikel tanah per kedalaman di berbagai tipe HR di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar

Berdasarkan hasil analisis tekstur tanah menunjukkan bahwa di kawasan lereng Kawi dan Semeru (penelitian Said) dominan berpasir. Kandungan pasir tertinggi sebesar 73% pada cengkeh umur 24-25 tahun. Komponen penyusun tekstur tanah di lokasi penelitian adalah lom klei berpasir, lom berpasir dan lom berdebu. Tanah yang didominasi oleh pasir mempunyai luas permukaan yang kecil, sehingga sulit menyerap atau menahan air dan unsur hara sehingga pada musim kemarau mudah kekurangan air. Bila jumlah pasir tidak terlalu banyak maka pengaruhnya terhadap tanah akan baik. Hal ini disebabkan karena tanah cukup longgar, air akan mudah diserap dan udara tanah mudah masuk ke dalam tanah (Hasibuan, 2005). Ukuran fraksi tanah berhubungan erat dengan kadar P dalam tanah. Kadar P akan semakin tinggi bila ukuran partikel tanah semakin halus. Faktor yang mempengaruhi ketersediaan P tanah adalah kandungan liat, pH tanah, suhu dan bahan organik tanah.

Hasil perhitungan C_{org}/C_{ref} pada masing-masing tipe HR di kawasan Lereng Kawi pada umumnya < 1 (baik pada kedalaman 0-10 sampai 20-30 cm) kecuali pada HR cengkeh (Tabel 6). Pada cengkeh kedalaman 10-20 cm memiliki kandungan C_{org}/C_{ref} tertinggi (1,07%). Hal ini disebabkan karena pada cengkeh ada masukan bahan organik ke dalam tanah yang terus menerus dari daun, ranting dan cabang yang berguguran sebagai seresah, selain itu di HR cengkeh memiliki pH KCl dan perbedaan ketinggian tempat yang lebih tinggi dibandingkan dengan di HR sengon. Menurut Van Noordwijk *et al.*, (1997) menjelaskan bahwa kandungan BOT biasanya diukur dari kadar total C_{org} , dimana jumlahnya dipengaruhi oleh tekstur tanah (kandungan liat dan debu), pH tanah dan ketinggian tempat. Semakin besar kandungan liatnya biasanya terdapat kandungan C_{org} yang tinggi pula. Dengan demikian data kadar total C_{org} harus dikoreksi dengan kandungan liat dan pH tanah yang selanjutnya disebut C_{ref} .

Tabel 5. Sifat kimia tanah pada berbagai tipe HR di kawasan Volkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar

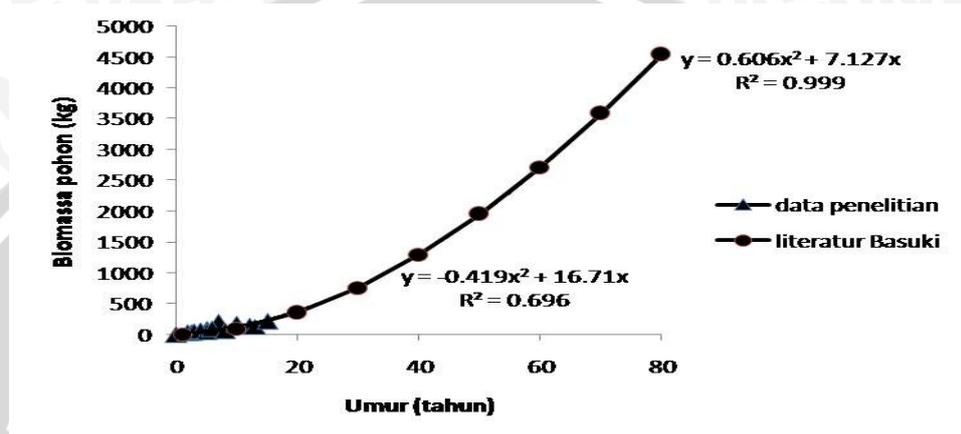
Hutan Rakyat (HR)	Kedalaman (cm)	C _{org}	C _{org} /C _{reff} ----- %	N total	P-tersedia (mg kg ⁻¹)	pH KCl
Jati	0-10	1.35	0.41	0.17	17.41	5.25
	10-20	0.82	0.32	0.15	16.92	5.28
	20-30	0.92	0.28	0.44	6.32	5.22
Sengon	0-10	0.89	0.25	0.11	2.89	4.91
	10-20	0.77	0.20	0.10	2.23	4.51
	20-30	0.64	0.17	0.09	1.21	4.71
Cengkeh	0-10	3.37	0.87	0.49	1.01	5.15
	10-20	3.55	1.07	0.43	0.58	5.37
	20-30	3.57	1.05	0.42	0.69	5.27

Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa kesuburan tanah pada masing-masing HR telah mengalami degradasi. Hal ini disebabkan karena bahan organik dapat mempengaruhi tingkat ketersediaan unsur hara bagi tanaman, misalnya Nitrogen, Phospor dan sulfur. Berdasarkan perhitungan di atas menunjukkan bahwa peningkatan kadar bahan organik tanah diikuti dengan peningkatan kadar N total tanah. Kandungan N total berdasarkan tabel di atas termasuk kategori rendah sampai tinggi, sedangkan P dalam tanah dominan rendah. Berdasarkan penelitian Fauzi, 2005 menjelaskan bahwa kadar nitrogen normal yaitu sekitar 0,21-0,30 %. Unsur N dan P mempunyai peran penting dalam pertumbuhan tanaman karena dapat merangsang pertumbuhan vegetatif dan metabolisme fosfat dalam jaringan tanaman (Gardner *et al.*, 1991). Kandungan hara N dan P sangat menentukan kualitas bahan organik (Heal *et al.*, 1997).

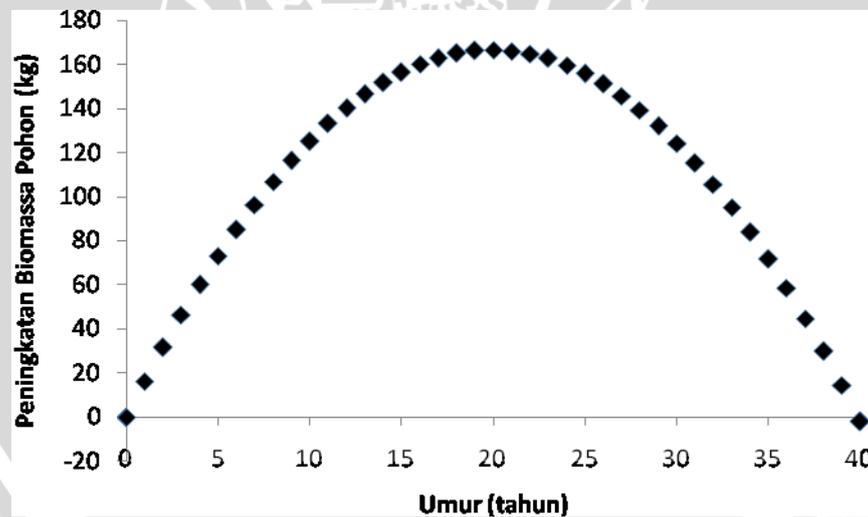
5.3. Peningkatan Tahunan (Umur) terhadap Biomassa Pohon Jati

Kurva pertumbuhan pohon jati menggambarkan perubahan ukuran pohon per satuan waktu yang ditunjukkan oleh volume kayu, diameter pohon atau tinggi pohon (Husch *et al.*, 1982). Semakin bertambahnya umur pohon jati maka biomassa pohon akan semakin besar pula. Hal ini ditunjukkan adanya rata-rata peningkatan biomassa pohon jati sebesar 63,92 kg/tahun. Hal ini berbeda dengan penelitian Basuki *et al.*, 2005 menjelaskan bahwa peningkatan biomassa pohon jati rata-rata sekitar 197 kg/tahun. Data peningkatan biomassa pohon jati per tahun disajikan dalam Gambar 15. Berdasarkan persamaan yang diperoleh maka dapat

dihitung besarnya peningkatan biomassa pohon pada berbagai fase pertumbuhan. Peningkatan biomassa pohon terbesar ($13,78 \text{ kg th}^{-1}$) terjadi di awal pertumbuhan (umur 1-6 tahun), selanjutnya menurun menjadi $9,17 \text{ kg th}^{-1}$ dan $4,14 \text{ kg th}^{-1}$ pada saat pohon berumur 7-11 tahun dan antara 12-18 tahun, sedangkan pada periode generatif mendekati panen terjadi penurunan biomassa pohon yang tinggi, sekitar $10,94 \text{ kg th}^{-1}$.



Gambar 14. Rata-rata biomassa pohon jati pada HR di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Tektonik Blitar sampai dengan umur 15 tahun sesudah tanam dan data biomassa pohon dari hasil penelitian Basuki, 2005



Gambar 15. Peningkatan biomassa pohon jati pada berbagai periode pertumbuhan Jati pada HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik

5.4. Cadangan Karbon

5.4.1. Cadangan karbon di atas permukaan tanah

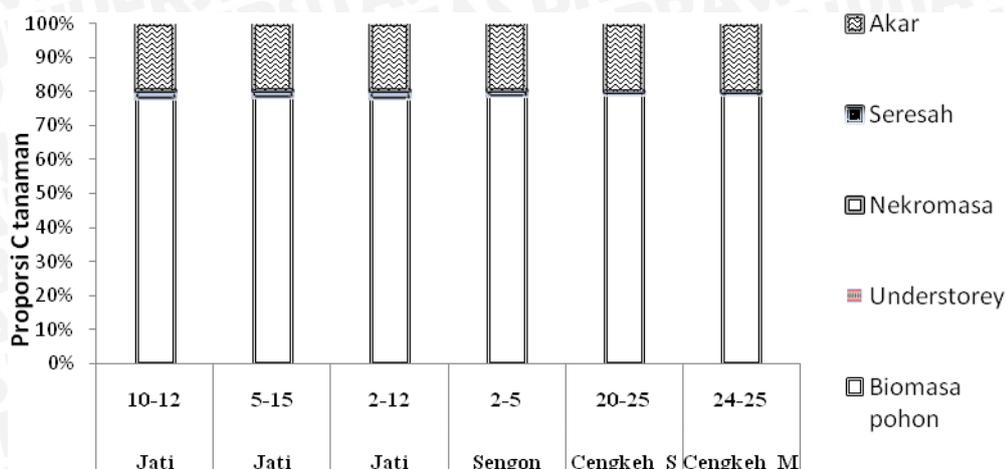
Cadangan karbon setiap komponen tanaman diestimasi dengan mengalikan berat kering dengan konsentrasi karbon dalam bahan organik (46 %) (Hairiah *et al.*, 2007). Cadangan karbon diatas permukaan tanah (biomasa pohon, nekromasa, tumbuhan bawah, seresah, dan akar) disajikan dalam Tabel 7. Kontribusi akar cukup besar bila dibandingkan dengan nekromassa, tumbuhan bawah dan seresah, biomassa akar diperoleh dengan menggunakan nilai terpasang nisbah tajuk : akar yaitu 4 : 1 (Hairiah *et al.*, 2007). Berdasarkan Brown (1997) menjelaskan bahwa nilai potensi karbon ditetapkan 50 % dari nilai biomassa.

Tabel 6. Cadangan karbon diatas permukaan tanah pada berbagai HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik

Hutan rakyat (HR)	Kisaran Umur (tahun)	Biomasa pohon	Understorey	Nekromasa Seresah Akar			Biomassa Total
				(Mg ha ⁻¹)			
Jati	10-12	132.21	0.49	0.0026	3.02	33.05	168.77
Jati	5-15	168.77	0.10	0.0008	3.16	42.19	214.23
Jati	2-12	104.16	0.04	0.0002	2.82	26.04	133.07
Sengon	2-5	115.94	0.24	0.0012	1.75	28.98	146.92
Cengkeh_S	20-25	481.90	0.12	0.0000	0.73	120.48	603.23
Cengkeh_M	24-25	290.88	0.02	0.0021	0.71	72.72	364.34

Keterangan : *Akar diperoleh dengan menggunakan nilai terpasang (*default value*) nisbah tajuk : akar yaitu 4 : 1 (Hairiah *et al.*, 2007).

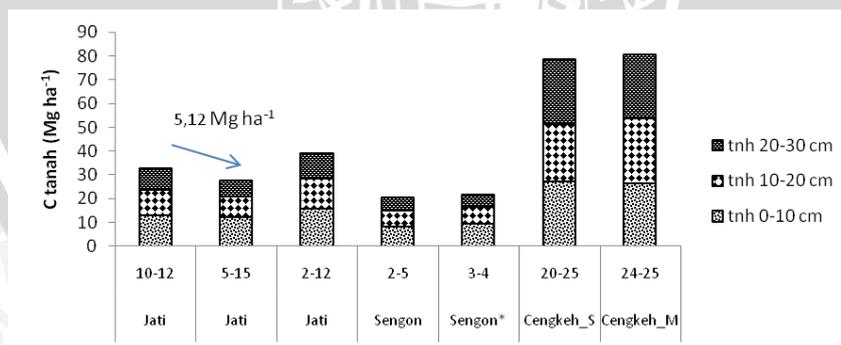
Perbedaan cadangan karbon dipengaruhi oleh biomassa tiap jenis pohon. Biomassa pohon tidak tergantung pada jumlah pohon tetapi tergantung pada ukuran diameter pohon dan BJ kayunya. Berdasarkan Tresnawan (2002) menyatakan bahwa ukuran individu pohon mempengaruhi jumlah biomassa individu pohon tersebut. Kontribusi dari masing-masing komponen penyusun karbon berbeda antar lahan (Gambar 16). Biomasa pohon memberikan kontribusi yang besar (79 %) terhadap total cadangan karbon diatas permukaan tanah. Total kontribusi seresah, nekromassa, tumbuhan bawah dan akar adalah sekitar 21 % dari total karbon di atas permukaan tanah. Hal ini dikarenakan ukuran tumbuhan bawah jauh lebih kecil dibanding dengan biomassa pohon. Nekromassa (kayu mati) berkontribusi karbon rata-rata hanya sekitar < 0,1 %. Tumbuhan bawah dan seresah berkontribusi C rata-rata sekitar 0,06 % dan 0,7 %.



Gambar 16. Persentase komponen penyusun cadangan karbon di atas permukaan tanah pada berbagai sistem HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik

5.4.2. Cadangan karbon dalam tanah

Cadangan karbon dalam tanah yang diamati terdiri dari 3 kedalaman, yaitu kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm (Gambar 13). Total cadangan karbon dalam tanah paling tinggi terdapat pada cengkeh kisaran umur 24 - 25 tahun ($80,43 \text{ Mg ha}^{-1}$), sedangkan paling rendah terdapat pada HR sengon ($20,51 \text{ Mg ha}^{-1}$). Penurunan kandungan BOT akan menyebabkan penurunan cadangan karbon dalam tanah. Perbedaan jenis tanah dan manajemen pengelolaan lahan pada HR jati umur 10-12 dan 5-15 tahun mengakibatkan adanya perbedaan kandungan karbon sekitar $5,12 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Gambar 17).



Keterangan : *Data yang diperoleh dari penelitian Said (2013)

Gambar 17. Cadangan karbon pada berbagai kedalaman tanah pada berbagai HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik

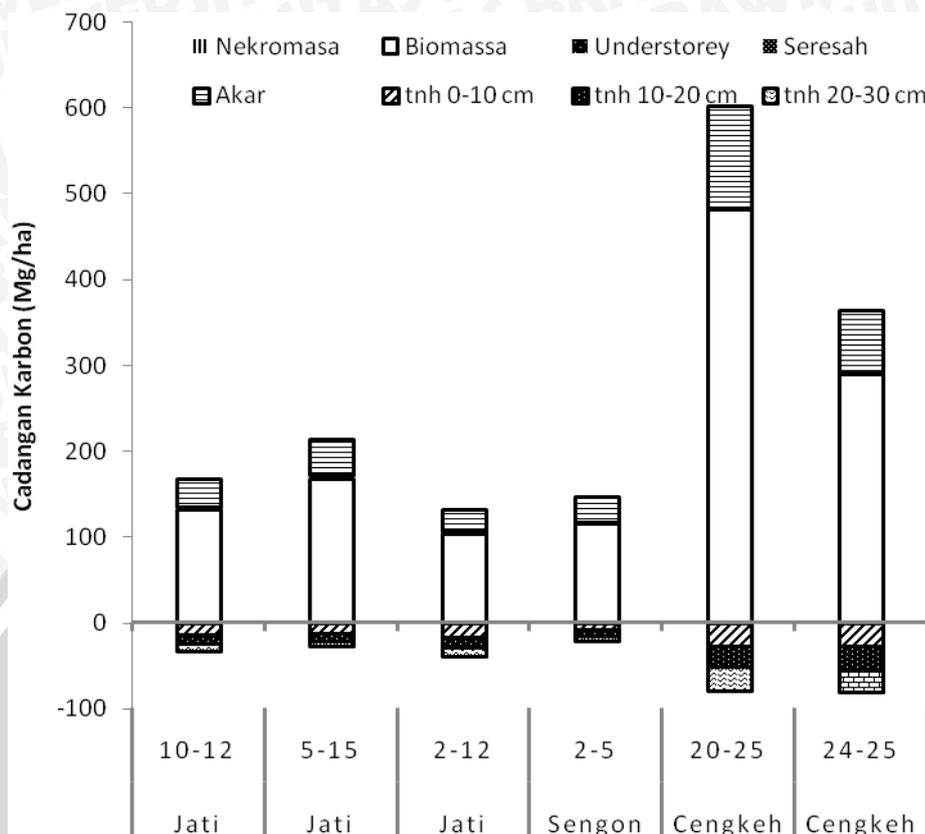
Berdasarkan data di lapang menunjukkan bahwa jumlah karbon di dalam tanah pada sengon di kawasan lereng Kawi tidak ada perbedaan yang signifikan dengan di kawasan Semeru ($20,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ dan $21,51 \text{ Mg ha}^{-1}$). Potensi karbon

organik tanah pada cengkeh cukup tinggi dikarenakan pengelolaan HR cengkeh telah berlangsung cukup lama, sehingga terjadi akumulasi karbon yang tinggi di dalam tanah. Peningkatan karbon dalam tanah juga dapat dikarenakan adanya masukan bahan organik berupa seresah yang ada di permukaan tanah yang sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah sehingga melapuk dengan tanah.

5.4.3. Total cadangan karbon

Cadangan karbon rata-rata tertinggi terdapat pada cengkeh umur 20-25 tahun ($355,94 \text{ Mg ha}^{-1}$), sedangkan cadangan karbon terendah terdapat pada hutan rakyat sengon ($74,95 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Gambar 18). Hal ini disebabkan karena pada cengkeh (umur 20-25 tahun) memiliki cabang yang banyak, diameter yang besar dan umur yang bervariasi, sehingga nilai karbon juga besar. Cadangan karbon pada sistem penggunaan lahan dipengaruhi oleh jenis vegetasinya. Suatu sistem penggunaan lahan yang terdiri dari pohon dengan spesies yang memiliki nilai kerapatan kayu tinggi, biomasanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan kayu rendah (Rahayu *et al*, 2007).

Nilai karbon yang tersimpan dalam tumbuhan menunjukkan banyaknya karbon (*netto*) yang diserap oleh tumbuhan dan disimpan dalam bentuk karbohidrat di dalam biomasa. Jumlah karbon yang telah tersimpan pada saat ini diupayakan tidak lepas ke udara guna mengurangi dampak merugikan pemanasan global, dengan demikian dapat diprediksi berapa banyak tumbuhan yang harus ditanam pada suatu lahan untuk mengimbangi karbon yang terbebas di udara.



Gambar 18. Total cadangan karbon pada berbagai komponen penyusun cadangan karbon diatas permukaan tanah dan dalam tanah (kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm)

Berdasarkan data di lapang menunjukkan bahwa karbon yang tersimpan dalam tanah tidak berkontribusi besar terhadap total cadangan karbon hanya sekitar 27%. Hal ini disebabkan seresah dan bahan organik tidak banyak ditemukan di lokasi penelitian sehingga proses dekomposisi sedikit menyebabkan masukan karbon ke dalam tanah kecil. Pada hutan rakyat pada umumnya petani membersihkan seresah dan dibuang secara teratur. Hal ini mengakibatkan tidak terjadinya proses dekomposisi seresah sehingga nilai karbon yang tersimpan kecil.

5.5. Cadangan Karbon Rata-rata per Siklus Tanam (*Time averaged C- stock*)

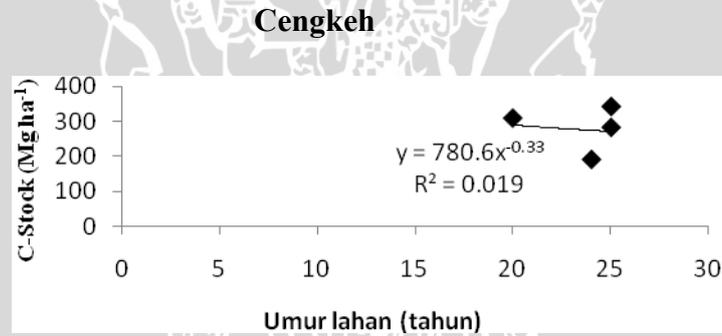
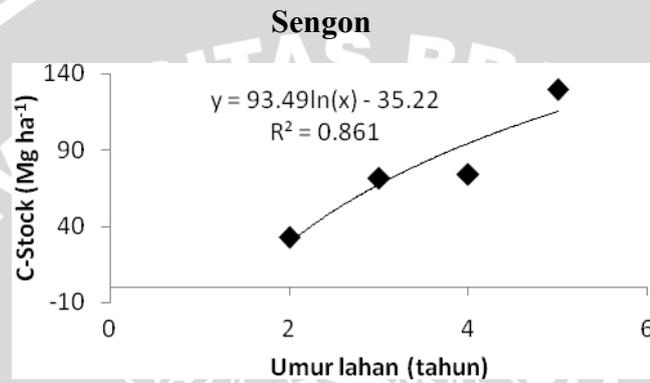
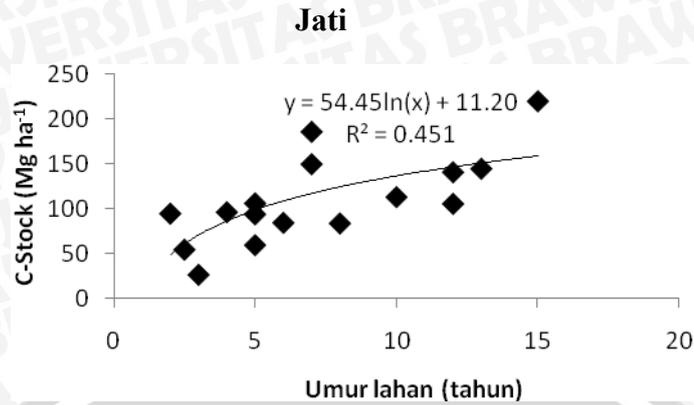
Cadangan karbon rata-rata per siklus tanam (*time averaged-C-stock*) dihitung dari rata-rata cadangan karbon tersimpan di seluruh plot pengukuran berdasarkan umur. Cadangan karbon rata-rata per siklus tanam untuk HR jati adalah 174,32 Mg ha⁻¹, sengon adalah 81,9 Mg ha⁻¹ dan cengkeh adalah 231,07 Mg ha⁻¹. Pada cengkeh dan jati lebih berpotensi menyimpan karbon di lahan lebih

lama dibandingkan dengan HR sengon ($81,9 \text{ Mg ha}^{-1}$). Hal ini disebabkan sengon mempunyai pertumbuhan yang cepat sehingga lebih banyak menyerap karbon ($23,42 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$) bila dibandingkan dengan cengkeh dan jati yang memiliki siklus tanam yang panjang (80 dan 40 tahun), sengon umur maksimal hanya 7 tahun. Cadangan karbon rata-rata per siklus tanam dihitung dari cadangan karbon rata-rata dari berbagai umur lahan setelah penebangan hutan (Hairiah *et al.*, 2011).

Tabel 7. Rata-rata cadangan karbon per siklus tanam pada berbagai HR di kawasan Vulkanik dan Tektonik

Hutan rakyat (HR)	Umur lahan -----tahun-----	Umur max	Cadangan C -----(Mg ha^{-1})-----	Time Averaged C
Jati	2-15	40	110.69	174.32
Sengon	2-5	7	76.69	81.90
Cengkeh	20-25	80	281.31	231.07

Peningkatan umur pohon pada hutan rakyat jati diikuti oleh peningkatan cadangan karbon dengan persamaan $y = 54,45\ln(x)+11,20$ ($R^2 = 0,451$), dimana y adalah peningkatan cadangan karbon (Mg ha^{-1}) dan x adalah umur lahan (tahun), sengon dengan persamaan $y = 93,49 \ln(x)-35,22$ ($R^2 = 0,861$) dan cengkeh dengan persamaan $y = 780,6x^{-0,33}$ ($R^2 = 0,019$). Penyerapan cadangan karbon tertinggi terdapat pada sengon ($23,42 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$), sedangkan penyerapan karbon jati $4,29 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Pada cengkeh terjadi penurunan cadangan karbon sebesar $3,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$. Hal ini disebabkan pada cengkeh umur 20 tahun ke atas sudah dilakukan penjarangan sehingga jumlah pohon semakin sedikit dan cadangan karbonnya semakin menurun.



Gambar 19. Cadangan karbon pada berbagai umur pohon untuk menduga *time averaged C-stock* (TAC) dari hutan rakyat jati, sengon dan cengkeh

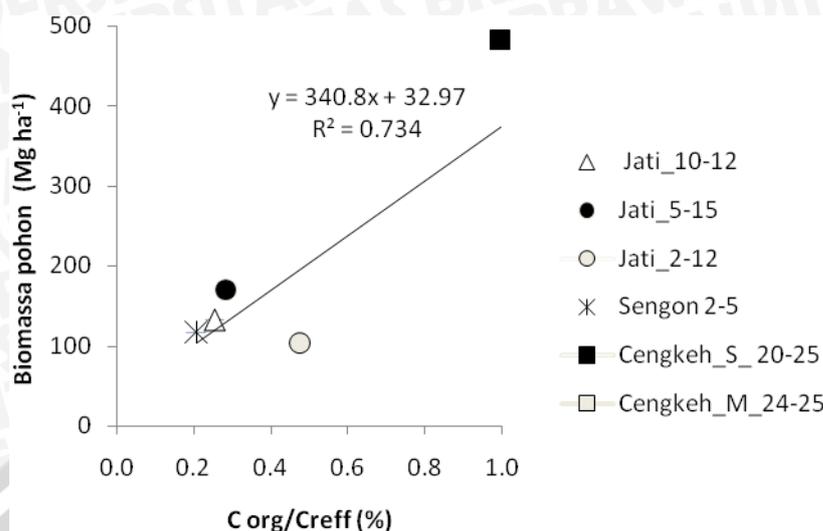
5.6 Pembahasan Umum

Total cadangan karbon ditentukan oleh besarnya cadangan karbon diatas permukaan tanah (biomasa, nekromassa, tumbuhan bawah, seresah, dan akar) dan di dalam tanah (Hairiah *et al.*, 2006). Tingkat penyimpanan karbon antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman jenis pohon, kepadatan, jenis tanah dan pengelolaannya (Hairiah *et al.*, 2010). Selain itu umur juga mempengaruhi jumlah

cadangan karbon pada sistem hutan rakyat tersebut. Semakin bertambahnya umur pohon jati maka biomassa pohon akan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan penelitian Basuki *et al.*, 2005 menjelaskan bahwa seiring dengan pertambahan umur akan meningkatkan biomassa pohon jati.

Pepohonan dapat memberikan masukan bahan organik melalui daun, ranting dan cabang yang telah gugur di atas permukaan tanah. Bahan organik umumnya ditemukan di permukaan tanah. Bahan organik tanah berperan dalam mempertahankan ketersediaan hara dapat secara langsung dilihat pada pertumbuhan tanaman (biomasa pohon). Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah kesuburan tanah. Kesuburan tanah ini sangat erat hubungannya dengan ketersediaan unsur hara yang cukup. Ketersediaan unsur hara bagi tegakan hutan lebih banyak diberikan oleh serasah berupa bahan organik. Dekomposisi bahan organik ini menghasilkan kation dan anion yang dapat digunakan oleh tanaman (Pritchett, 1976). Penambahan serasah sebagai bahan organik pada tanah dapat meningkatkan agregasi dan kemampuan tanah menahan air serta penambahan unsur hara di dalam tanah (Soepardi, 1973).

Peran bahan organik tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman (biomasa pohon). Bahan organik tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap biomassa pohon selain itu juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti sinar matahari (proses fotosintesis), air, suhu udara, dan nutrisi yang tersimpan dalam tanah (Hardjowigeno, 1995). Menurut Suprayogo *et al.*, (2003) menjelaskan bahwa kualitas bahan organik berhubungan dengan kandungan N dan nisbah C/N yang merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan kecepatan dekomposisi. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa pada masing-masing HR $C_{org}/C_{ref} < 1$ menunjukkan bahwa kesuburan tanah pada masing-masing HR telah mengalami degradasi. Penurunan kandungan bahan organik tanah (BOT) ini menyebabkan terjadi menurunnya kesuburan tanah (Hairiah *et al.*, 2000). Tanah dikatakan subur jika tanah tersebut mengandung bahan organik tanah minimal 2,5-4% (Hairiah *et al.*, 2000). Kandungan BOT ini dipengaruhi oleh tekstur tanah (kandungan liat dan debu), pH tanah dan ketinggian tempat (Van Noordwijk *et al.*, 1997).



Keterangan: S= Sederhana, M= Multistrata

Gambar 20. Hubungan BOT dengan biomasa pohon pada berbagai sistem HR di kawasan Vulkanik Malang Barat dan Blitar

Kontribusi cadangan karbon di atas permukaan tanah cukup tinggi sebesar 73 %, sedangkan cadangan karbon di dalam tanah hanya 27 %. Hasil ini berbeda bila dibandingkan dengan hasil penelitian di sub DAS Kali Konto dengan kontribusi cadangan karbon di atas dan di dalam tanah masing-masing sebesar 50% (Hairiah *et al.*, 2010). Perbedaan ini disebabkan adanya perbedaan topografi, geologi, komponen penyusun dan umur pohon.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Kontribusi nekromasa, tumbuhan bawah, dan seresah terhadap total cadangan karbon relatif kecil bila dibandingkan dengan kontribusi biomasa pohon. Cadangan karbon diatas permukaan tanah mengontribusi karbon rata-rata sekitar 73 % (60– 170 Mg ha⁻¹), sedangkan bahan organik tanah hanya kontribusi karbon sekitar 27 % saja (33–80 Mg ha⁻¹).
2. Biomassa pohon pada kawasan Vulkanik pada HR jati umur 5-15 tahun kerapatan sedang memiliki biomassa tertinggi sebesar 169 Mg ha⁻¹.
3. Cadangan karbon pada HR di kawasan Vulkanik (195 Mg ha⁻¹) lebih besar daripada HR di kawasan Tektonik (93 Mg ha⁻¹).
4. Cadangan karbon rata-rata per siklus tanam di kawasan Vulkanik dan Tektonik tergantung pada umur pohon untuk HR jati sebesar 174 Mg ha⁻¹ dengan siklus tanam selama 40 tahun, sengon sebesar 82 Mg ha⁻¹ dengan siklus tanam 7 tahun dan cengkeh yaitu 231 Mg ha⁻¹ dengan siklus tanam 80 tahun.
5. Penyerapan cadangan karbon tertinggi di kawasan Vulkanik dan Tektonik terdapat pada sengon (23 Mg ha⁻¹ th⁻¹) diikuti oleh penyerapan karbon jati 4,3 Mg ha⁻¹ th⁻¹ sedangkan cengkeh terjadi penurunan cadangan karbon sebesar 3,5 Mg ha⁻¹ th⁻¹.

6.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi umur pohon yang berbeda dari umur muda sampai tua sehingga bisa mewakili cadangan C dalam satu siklus tanam untuk menghitung time averaged *C-stock*.
2. Penelitian cadangan karbon jangan hanya memperhatikan faktor umur dan kerapatan saja tetapi lebih diperluas dengan memperhatikan faktor variasi diameter dan ketinggian tempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Shaye, N.A. 2001. The Combined of Clay and Moisture Content on the Behavior of Remoiled Unsaturated Soil. *Engineering Geology* (62): 319-342.
- Arief, A. 2005. *Hutan dan Kehutanan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Arifin, J. 2001. *Estimasi Cadangan Karbon Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngantang, Malang*. Skripsi S1. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Basuki, T.M., Dwi, R.H., dan Sukresno. 2005. *Kajian Kuantifikasi Kandungan Karbon Pada Hutan Tanaman Jati (Tectona grandis LINN)*. Balai Penelitian Kehutanan Solo. Surakarta.
- Boer, E., and Ella, A.B. 2001. *Plant Resources of South-East Asia 18 : Plant Producing Ekudates*. Bogor: Prosea Foundation.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forest*. FAO. Forestry Paper No. 134. FAO, USA Foth.
- Fakultas Kehutanan IPB. 2000. *Hutan Rakyat di Jawa: Peranannya dalam Perekonomian Desa*. Program Penelitian Pengembangan Kehutanan Masyarakat (P3KM). Bogor.
- Fiantis, D. 2006. *Laju Pelapukan Kimia Debu Vulkanis Gunung Talang dan Pengaruhnya Terhadap Proses Pembentukan Mineral Liat Non-Kristalin*. Universitas Andalas, Padang.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., dan Mitcell, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- Hairiah, K., Widiyanto., Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noordwijk, M., and Cadisch, G. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi*. International Center for Research Agroforestry. Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K., Sitompul. S.M., Van Noordwijk, M., and Palm, C.A. 2001. *Methods For Sampling Carbon Stocks above and below ground*. International Center for Research in Agroforestry. Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K., Utami, S.R. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office. Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K., Andree, E., Sari, R.R., dan Subekti, R. 2011. *Petunjuk Praktis Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan*. World Agroforestry Centre-ICRAF. Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K., Van Noordwijk, M., dan Prayogo, C. 2000. *Kuantifikasi Modal dan Distribusi Karbon dalam System Tebang Bakar pada Lahan Berlereng di Rantau Pandan, Jambi*. *Agrovita* 22 (2): 91-102.
- Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu Tanah*. Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.

- _____. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- _____. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Husch, B., Miller, C.I., and Beers, T.W. 1982. *Forest Measurement*. Jont Willey and Sons. New York.
- International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). 2007. Wood Density. <http://www.worldagroforestry.org/sea/index.asp>. Diakses pada tanggal 1 Desember 2012.
- Jumin, H.B. 2002. *Agroekologi: Suatu Pendekatan Fisiologis*. Rajawali Press. Jakarta. 179 hal.
- Kaufman, J.B., and Cummings, D.L. 1988. Fire in the Venezuelan Amazon: Fuel Biomass and Fire Chemistry in the Evergreen Rainforest of Venezuela. *Oikos*. 53:167–175.
- Khasanah, N., Lusiana, B., Farida., dan Van Noordwijk, M. 2004. Simulasi Limpasan Permukaan dan Kehilangan Tanah pada Berbagai Umur Kebun Kopi. *Agrivita* 26 (1): 81-89.
- Lahjie, A.M. 2004. *Teknik Agroforestri*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Lasco, R.D., Pulhin, F.B., Roshetko, J.M., and Banaticla, MRN. 2004. LULUCF Climate Change Mitigation Project in the Philippines. World Agroforestry Centre. Southeast Asia Regional Research Programme.
- Lusiana, B., Van Noordwijk, M., and Utami, S.R., 2005. 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. Bogor. Indonesia.
- Munir, M. 1996. *Tanah Ultisol – Tanah Ultisol Di Indonesia*. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Mutuo, P.K., Cadisch, G., Albrecht, A., Palm, C.A., and Verchot, L. 2005. Potential of Agroforestry for Carbon Sequestration and Mitigation of Greenhouse Gas Emissions from Soils in the Tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 71 (1), 43–54.
- Nazam, M., Suriadi. A., Hendra, S., Prisdimmingo., Adi, P., dan Marwan, H. 2005. *Pewilayahan Komoditas Pertanian Berdasarkan Zona Agroekologi Skala 1: 50.000 KSB*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Mataram.
- Ojo. 2003. *Potensi Simpanan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Tanaman Jati di KPH Madiun*. Bogor : Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Pritchett, W.L. 1976. *Properties and Management of Forest Soils*. John Wiley and Sons, New York.
- Roshetko, J.M., Delaney, M., Hairiah, K., and Purnomosidhi, P. 2002. Carbon Stocks in Indonesian Homegarden Systems: Can Smallholder Systems

be Targeted for Increased Carbon Storage. *American Journal of Alternative Agriculture* 17 (2), 1–11.

- Siregar, C.A. 2007. Potensi Serapan Karbon di Taman Nasional Gede Pangrango, Cibodas, Jawa Barat. *Info Hutan* IV (3): 233-244. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suprayogo, D., Hairiah, K., Wijayanto, Van Noordwijk, M., dan Sunaryo. 2003. Peran Agroforestry pada Skala Plot: Analisis Komponen Agroforestri Sebagai Kunci Keberhasilan Atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan. World Agroforestry Centre - ICRAF. Jakarta.
- Sutanto, R. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan. Kanisius. Yogyakarta.
- Tresnawan, H., and Rosalina, U. 2002. Estimating Aboveground Biomass in the Primary and Logged Over Forest Ecosystem (case study Dusun Aro forest, Jambi) in Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* (1): 15-29.
- Van Noordwijk, M., Cerri, C., Woomer, P.L., Nugroho, K., and Bernoux, M., 1997. Soil Carbon Dynamics in the Humid Tropical Forest Zone. *Geoderma* 79: 187-225
- Yefri, N. 1987. Struktur Pohon Hutan Bekas Tebangan Di Air Gadang Pasaman. Tesis Sarjana Biologi FMIPA. Universitas Andalas. Padang.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Lokasi Plot Pengukuran Cadangan Karbon di Kabupaten Malang dan Blitar

Hutan Rakyat (HR)	Kabupaten	GPS		Ketinggian (m dpl)	Umur (th)
		X	y		
HR_Sengon	Blitar	657053	9102580	338	2
HR_Sengon	Blitar	648140	9105048	255	3
HR_Sengon	Blitar	659958	9100114	324	4
HR_Sengon	Malang	663441	9101371	332	5
HR Jati_S	Malang	664265	9111950	824	6
HR Jati_J	Malang	670135	9114863	732	12
HR Jati_J	Blitar	651325	9105999	528	10
HR Jati_S	Blitar	657462	9100703	323	5
HR Jati_S	Blitar	614673	9104817	132	7
HR Jati_R	Blitar	614527	9104358	126	12
HR Jati_S	Malang	666900	9107645	524	15
HR Jati_S	Blitar	614630	9104699	131	13
HR Jati_S	Blitar	621604	9094757	529	3
HR Jati_S	Blitar	621459	9094722	529	5
HR Jati_S	Malang	668042	9090523	530	7
HR Jati_S	Blitar	618099	9087538	152	8
HR Jati_R	Blitar	623167	9093726	260	2
HR_Jati_R	Malang	664848	9084487	427	4
HR Jati_R	Blitar	621960	9089879	526	5
HR_Jati_R	Blitar	621883	9094172	261	2.5
AF Cengkeh_S	Blitar	657824	9113897	855	20
AF Cengkeh_S	Blitar	657897	9114058	531	25
AF Cengkeh_M	Blitar	657856	9113918	863	24
AF Cengkeh_M	Blitar	658253	9114523	528	25

Lampiran 2. Analisis sidik ragam Biomassa Pohon

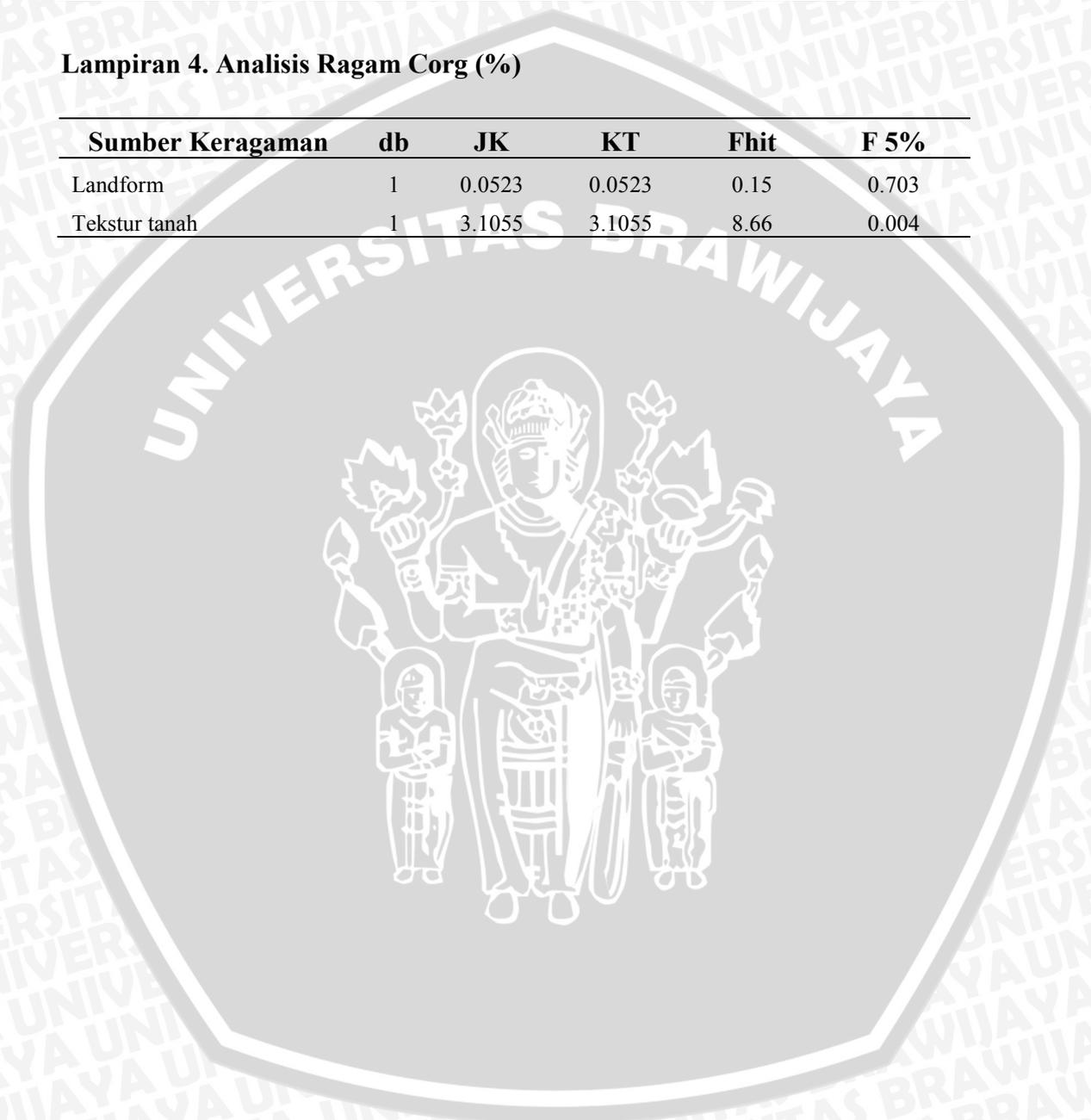
Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	F 5%
Umur	3	806242	268747	25.22	<.001
Landform	1	1059	1059	0.06	0.81
Kerapatan	1	262.98	262.98	10.32	0.003
Tekstur tanah	1	3403	3403	0.39	0.535

Lampiran 3. Analisis sidik ragam Diameter Pohon

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	F 5%
Landform	1	1.72	1.72	0.05	0.819
Tekstur tanah	1	90.9	90.9	2.77	0.1

Lampiran 4. Analisis Ragam Corg (%)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	F 5%
Landform	1	0.0523	0.0523	0.15	0.703
Tekstur tanah	1	3.1055	3.1055	8.66	0.004



Lampiran 5. Pengukuran Cadangan Karbon di Lapangan



Lampiran 6. Peta Sebaran Titik Plot Pengamatan

