

III. METODE PENELITIAN

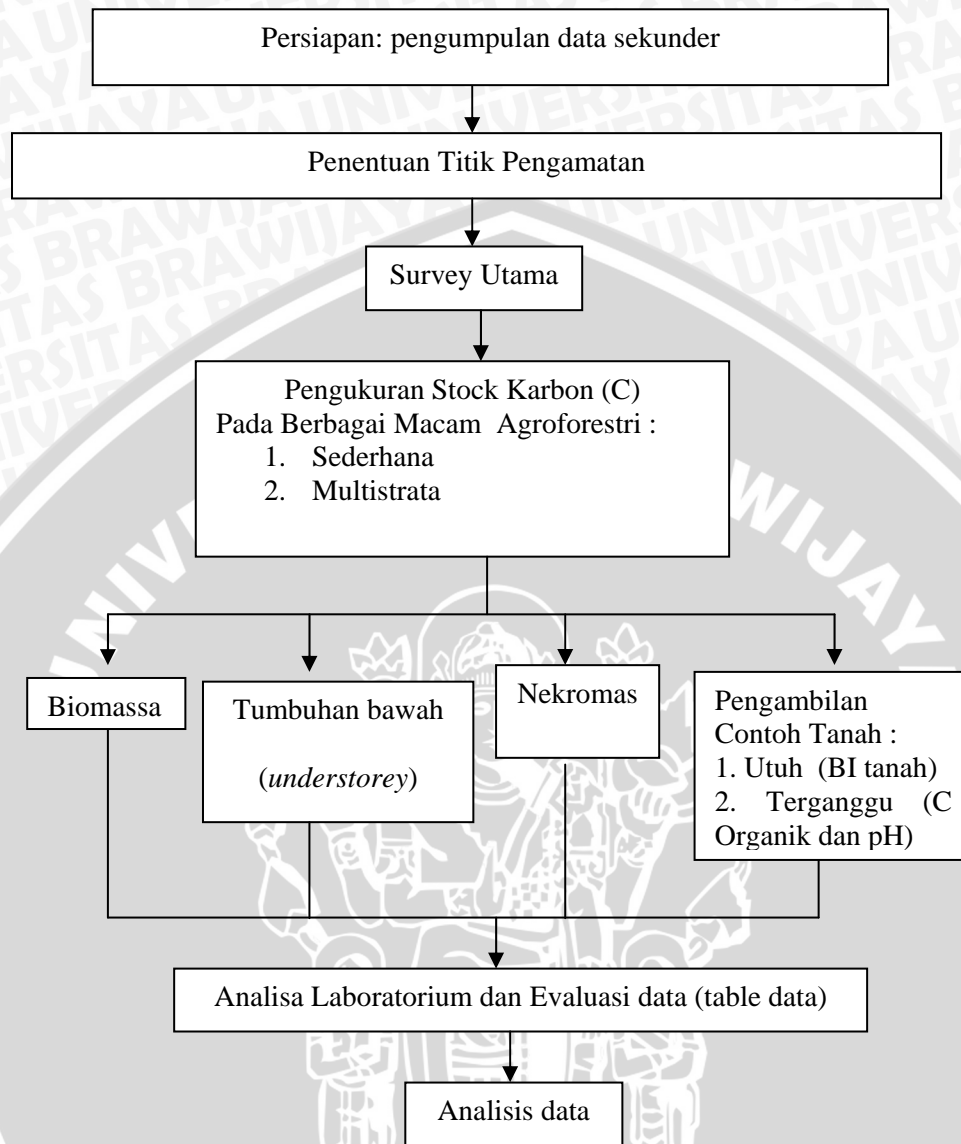
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Kali Konto Hilir, di Desa Bayem dan Pait Kecamatan Kasembon, Kabupaten Malang. Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam 2 tahap, yaitu:

1. Pengamatan di lapang dilakukan pada bulan November 2012-Januari 2013 dengan mengukur cadangan karbon (*C stock*) dan pengambilan contoh tanah.
2. Analisis laboratorium dan analisis data dilaksanakan di laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya pada bulan Januari-Februari 2013.

3.2 Tahap Penelitian

Tahap awal penelitian dimulai persiapan data awal survei yaitu pengumpulan data sekunder (peta tutupan lahan di Kabupaten Malang). Berdasarkan peta tutupan lahan yang diperoleh, dilakukan stratifikasi daerah dengan luasan agroforestri berkisar dari rendah sampai tertinggi. Selanjutnya dari peta tutupan lahan menentukan titik pengukuran agroforestri yang mewakili kondisi penggunaan lahan lokasi penelitian. Selanjutnya dilakukan observasi wilayah (*groundcheck*) untuk menentukan plot pengamatan. Tahapan penelitian ini secara garis besar disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

3.3 Metode Penelitian

Estimasi cadangan karbon pada sistem agroforestri ini mengacu pada metode RaCSA (Rapid Carbon Stock Appraisal) yang dikembangkan untuk mengukur karbon dari berbagai komponen dari berbagai macam penggunaan lahan (Hairiah *et al*, 2011).

3.3.1 Pemilihan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan yang dipilih adalah penggunaan lahan dominan yakni, agroforestri sederhana (dalam suatu lahan terdapat kurang dari 5 spesies tanaman) dengan tanaman dominan (Sengon, Jati, Mahoni, Kopi) dan agroforestri multistrata (dalam suatu lahan terdapat lebih dari 5 spesies tanaman) dengan tanaman dominan (Sengon, Mahoni, Durian, Kopi). Masing-masing penggunaan lahan diulang empat kali. Pemilihan tersebut berdasarkan penggunaan lahan yang sering dijumpai pada daerah penelitian.

3.3.1.1 Persiapan survei

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan survei di lapang diantaranya: persiapan pengumpulan data sekunder, klasifikasi penggunaan lahan (jenis agroforestri), perijinan lokasi pengamatan persiapan alat dan bahan. Perijinan dibutuhkan karena dalam kegiatan penelitian terdapat metode dengan melakukan pengrusakkan pada plot dalam pengambilan contoh. Permohonan ijin ditujukan kepada pemilik lahan dengan ijin kurang lebih selama satu bulan. Beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan yang digunakan selama penelitian

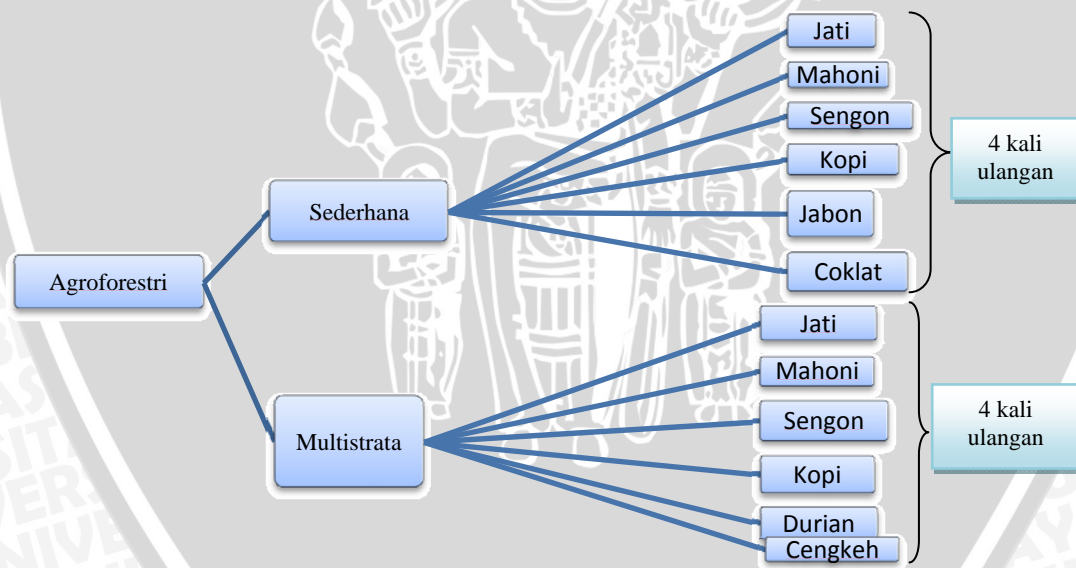
Variabel pengukuran	Alat dan bahan
Biomassa pohon	Meteran (50m), tali rafia (40m x 5m), tongkat kayu/bambu (1,3m), meteran (5m), jangka sorong, spidol, alat pengukur tinggi pohon, blangko pengamatan
Biomasa Tumbuhan bawah, nekromasa dan seresah	Gunting tanaman, spidol, kantong plastik, kantong kertas,semen, kuadran ukuran 0.5m x 0.5m, nampan, timbangan, ayakan ukuran diameter lubang 2 mm.
pH tanah	Contoh tanah, botol film, timbangan, mesin pengaduk, pH meter, H ₂ O
Berat Isi Tanah	Blok besi, timbangan, plastik, meteran, kaleng timbangan, oven
C organik	Contoh tanah, timbangan, labu erlemeyer, gelas ukur, pipet, alat titrasi
Tekstur tanah	Survey set, segitiga tekstur, labu erlemeyer, gelas ukur, pipet, hot plate, oven, kaleng timbang

3.3.1.2 Pengecekan di Lapangan (*Groundcheck*)

Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah inventarisasi penggunaan lahan (*landuse*), keanekaragaman pohon, deskripsi lokasi serta pencarian informasi mengenai sejarah penggunaan lahan.

3.3.1.3 Pemilihan Lahan Untuk Plot Pengukuran

Sistem penggunaan lahan (SPL) yang dipilih adalah beberapa penggunaan lahan yang umum ditemui di lokasi penelitian. Beberapa penggunaan lahan yang dominan antara lain: agroforestri sederhana (kopi, sengon, mahoni, jati, durian kakao, jabon), sedangkan agroforestri multistrata (sengon, mahoni, kopi, jati, durian, cengkeh). Kriteria pemilihan sistem penggunaan lahan (SPL) agroforestri antara lain adalah berdasarkan pada: (1) penyusun tegakannya (jenis tanaman), (2) kerapatannya dan (3) memiliki umur pohon yang berbeda-beda. Pencatatan geoposisi dilakukan pada masing-masing plot perwakilan dari setiap jenis penggunaan lahan. Pengukuran dari setiap jenis penggunaan lahan diulang 4 kali. Hirarki pemilihan penggunaan lahan disajikan dalam Gambar 2



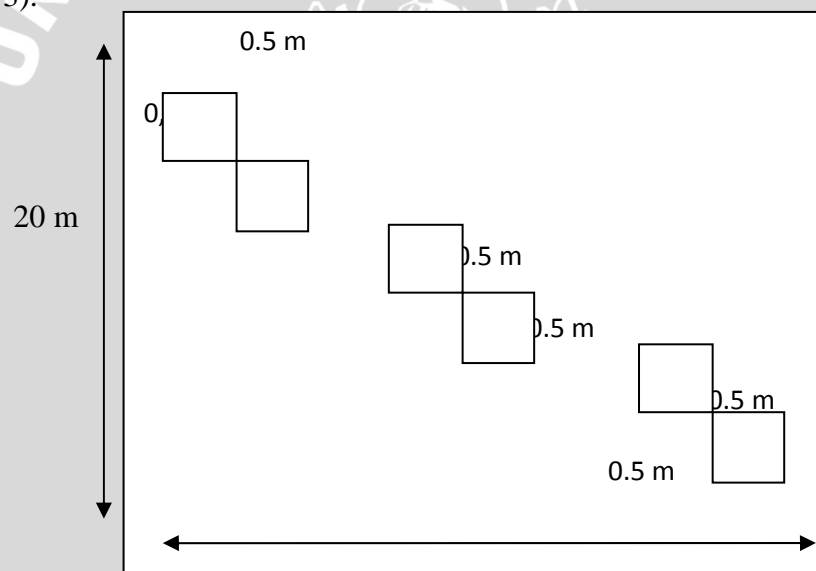
Gambar 2. Hierarki Plot Agroforestri Hasil Temuan Di Lapangan (*Groundcheck*)

3.3.1.4 Penetapan Plot Pengukuran

Pengukuran plot perwakilan (contoh) dilakukan pada setiap sistem penggunaan lahan (SPL). Pengukuran dilakukan dengan membuat plot berukuran

20 m x 20 m = 400 m² yang disebut sub-plot. Untuk SPL yang memiliki pohon dengan diameter batang lebih dari 30 cm atau lingkaran batang lebih dari 95 cm, ukuran plot diperlebar menjadi 20 m x 100 m = 2000 m² (Hairiah *et al.* 2011). Pemilihan plot ditentukan pada lokasi yang kondisi vegetasinya seragam dan menghindari tempat-tempat yang terlalu rapat atau terlalu jarang vegetasinya. Pada luasan plot ini semua vegetasi diukur dan dilakukan pengambilan contoh biomassa, tumbuhan bawah (*understorey*), nekromassa baik secara *destruktif* maupun *non destruktif* dan contoh tanah baik secara terganggu maupun tak terganggu.

Setiap plot ditentukan 6 titik contoh pengukuran untuk pengambilan contoh tumbuhan bawah, seresah dan tanah secara acak. Pengambilan contoh tumbuhan bawah dan seresah dilakukan dengan menggunakan frame berukuran 0.5m x 0.5m (Gambar 3).



Gambar 3. Sub Plot dan Penempatan Kuadran (titik contoh pengukuran) Untuk Tumbuhan Bawah (*understorey*) dan Seresah.

3.3.1.5 Kriteria Pemilihan Lahan

Pemilihan lahan didasarkan pada nilai basal area. Basal area merupakan luasan tanah yang tertutup oleh luasan batang pohon. Basal area didapatkan dari pengukuran diameter batang pohon yang diukur secara melintang setinggi 1,3 m dari permukaan tanah. Diameter batang pohon tersebut didapat dari hasil pengukuran lingkaran lilit batang pohon. Berikut merupakan rumus penghitungan basal area pada level individu pohon:

$$\text{Basal Area (m}^2\text{)} = \frac{1}{4} p \times \text{dbh}^2 \times 10^{-4}$$

dimana:

dbh = Diameter pohon setinggi 1,3 m dari permukaan tanah (cm)

Sedangkan penghitungan basal area pada level plot tercantum dalam persamaan berikut :

$$\text{Basal Area (m}^2 \text{ ha}^{-1}\text{)} = \frac{\sum \text{Basal Area (m}^2\text{)} \times 104}{\text{Luas Plot (m}^2\text{)}}$$

3.3.2 Pengukuran Karbon dan Metode yang Digunakan

3.3.2.1 Biomassa

Semua pohon yang berada dalam plot 20 m x 20 m di ukur DBH pohon (*diameter at breast height*) dengan metode non destruktif (tidak merusak bagian tanaman). Biomasa pohon diestimasi dengan mengukur diameter batang setinggi dada (1,3 m dari tanah). Pengukuran DBH hanya pada pohon berdiameter 5 cm hingga 30 cm. pohon dengan DBH < 5 cm diklasifikasikan sebagai tumbuhan bawah (Hairiah *et al.*, 2007). Data yang dihasilkan akan dimasukkan dalam suatu persamaan allometrik yang digunakan untuk menduga berat kering suatu pohon (Tabel 2).

Tabel 2. Rumus-Rumus Allometrik untuk Menduga Biomasa Beberapa Jenis Tanaman yang Umum Ditanam pada Lahan Agroforestri. (Hairiah *et al.* 2011)

Jenis pohon	Rumus allometrik	Sumber
Kopi di pangkas	$(\text{AGB})_{\text{est}} = 0.280 D^{2.06}$	Arifin, 2001
Pisang	$(\text{AGB})_{\text{est}} = 0.030 D^{2.13}$	Arifin, 2001

Keterangan: (AGB) = biomasa pohon bagian atas tanah, kg/pohon; D = DBH, diameter batang setinggi dada, cm; H = tinggi pohon, m; = BJ kayu, g/cm²

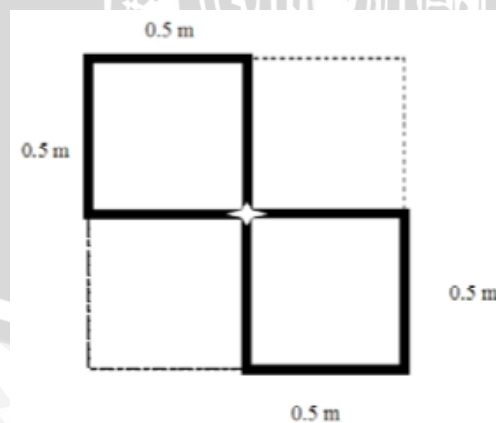
Tabel 3. Rumus-rumus allometrik untuk menaksir biomasa pohon di hutan berdasarkan zona iklimnya (Chave *et al.*, 2005).

Curah hujan (mm/tahun)	Rumus allometrik
Humid/Lembab (1500 - 4000)	1. $(AGB)_{est} = 0.0509 \times _D2H$ 2. $(AGB)_{est} = \pi^* \exp(-1.499+2.148 \ln(D)+0.207(\ln(D))^2 - 0.0281 (\ln(D))^3)$

Keterangan: $(AGB)_{est}$ = biomasa pohon bagian atas tanah, kg/pohon; D=DBH, diameter batang setinggi dada, cm; H = tinggi pohon, m; $_$ = BJ kayu, g/cm
Persamaan no.1 digunakan apabila memiliki data tinggi dan diameter pohon; Persamaan no.2 digunakan apabila hanya memiliki data diameter pohon.

3.3.2.2 Tumbuhan Bawah (*Understorey*)

Pengambilan contoh biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan metode destruktif, yakni dengan merusak bagian tanaman. Tumbuhan bawah yang diambil sebagai contoh adalah semua tumbuhan hidup yang memiliki diameter batang < 5 cm, herba dan rumput-rumputan (Hairiah *et al.*, 2006). Biomassa tumbuhan bawah diambil pada 6 titik contoh pengukuran yang dilakukan secara skematik pada luasan 0,5 m x 0,5 m (Gambar 4). Semua tumbuhan bawah yang ada pada luasan tersebut dipotong rata dengan permukaan tanah kemudian dimasukkan dalam kantong kertas yang diberi kode label untuk dikering oven dengan suhu 80 °C.



Gambar 4. Bentuk Kuadran untuk Pengambilan Contoh Tumbuhan Bawah (*understorey*) dan Seresah.

3.3.2.3 Nekromasa

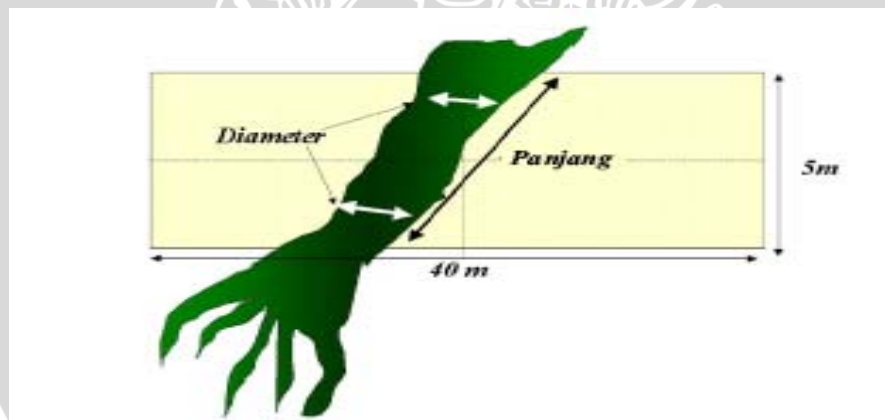
Nekromasa merupakan bagian pohon yang telah mati yang terdapat dipermukaan tanah. Pengambilan contoh nekromasa dilakukan di dalam plot berukuran 20 m x 20 m dengan metode destruktif dan non destruktif. Nekromasa dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu:

a) Nekromasa Berkayu

Nekromasa berkayu terdiri dari 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 m. Pengambilan nekromasa ini menggunakan metode *non destruktif*. Untuk pengukuran pohon yang telah mati dalam plot, pengukuran dilakukan dengan mengukur diameter batang dan panjangnya yang masuk dalam transek 20m x 20 m.

$$\text{Biomassa} = \pi r^2 (\text{cm}^2) \times \text{panjang (cm)} \times \text{BJ kayu (g cm}^{-3}\text{)}$$

Keterangan: BJ kayu menggunakan database ICRAF.



Gambar 5. Pengukuran Diameter dan Panjang Pohon Tumbang dalam Plot Pengamatan (Hairiah *et al.* 2007).

b) Nekromasa Tidak Berkayu

Nekromasa tidak berkayu terdiri dari seresah daun yang masih utuh (seresah kasar), dan bahan organik lainnya yang telah terdekomposisi sebagian dan berukuran >2 mm (seresah kasar). Pengambilan contoh seresah kasar diambil pada kuadran yang sama pada pengambilan contoh biomassa tumbuhan bawah. Seresah kasar (daun-daun, ranting yang gugur yang terdapat di tiap kuadran) diambil dan dimasukkan dalam kantong

kertas yang telah diberi kode label. Selanjutnya seresah tersebut dikeringkan di bawah sinar matahari, bila sudah kering goyang-goyangkan agar tanah yang menempel pada seresah rontok dan terpisah dengan seresah, setelah itu di oven pada suhu 80°C selama 48 jam untuk mendapat berat keringnya.

Untuk pengambilan seresah halus dengan cara mengambil seluruh seresah halus, biasanya setebal 5cm (Hairiah *et al.* 2007) pada tiap-tiap kuadran. Seresah halus yang di masukkan ke dalam ayakan dengan lubang diameter 2mm dan diayak. Seresah yang tertangkap ayakan ditimbang berat basahya kemudian di oven pada suhu 80°C selama 48 jam untuk mendapat berat keringnya.

3.3.2.4 Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan dua metode, yakni contoh tanah terganggu (*disturbed soil sample*) dan contoh tanah utuh (*undisturbed soil sample*).

3.3.2.4.1 Contoh Tanah Tidak Terganggu (*Undisturbed Soil Sample*)

Pengambilan contoh tanah tidak terganggu dilakukan dengan menggunakan blok besi dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm pada lapisan atas tanah di tiap-tiap sistem penggunaan lahan (SPL) pada kedalaman 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm. Pengambilan contoh tanah utuh digunakan untuk penetapan berat isi tanah. Perhitungan berat isi menggunakan prinsip perbandingan antara massa padatan dengan volume tanah. Proses pengambilan contoh tanah dijelaskan sebagai berikut (Hairiah *et al.* 2011).

1. Menentukan titik pengambilan contoh yang dapat mewakili kondisi lahan secara keseluruhan. Hindari tempat-tempat yang telah mengalami pemadatan (misalnya jalan setapak, atau tempat-tempat yang terinjak-injak selama pengambilan contoh tanaman atau seresah).
2. Membersihkan permukaan tanah dari seresah-seresah kasar yang ada di atasnya, tancapkan blok besi berukuran 20 cm x 20 cm x 10 cm ke permukaan tanah, tekan perlahan-lahan. Dengan bantuan kayu hingga masuk ke dalam tanah dengan kedalaman 0-10 cm.
3. Untuk memudahkan pengambilan gali tanah sekitar blok besi.

4. Jika mengalami kesulitan saat membenamkan blok besi (misalnya ada akar pohon berukuran besar atau batu), ulangi sekali lagi dengan jalan memindahkan blok besi pada tanah di sampingnya.
5. Gali tanah menggunakan lempak sekitar 5 cm jaraknya dari blok besi, lanjutkan dengan memukul blok besi pelan-pelan menggunakan palu karet hingga blok besi masuk secara sempurna ke dalam tanah. Tutuplah bagian atas blok tanah tersebut dengan plastik dan ikatlah dengan karet gelang. Dengan tujuan agar tidak tercampur dengan tanah yang ada disekitarnya.
6. Potong tanah di bawah blok menggunakan lempak atau pisau tanah, setelah tanah terpotong angkatlah perlahan-lahan agar tanah tetap berada utuh di dalam blok.
7. Balikkan blok tanah dan rebahkan perlahan-lahan di atas permukaan tanah yang datar.
8. Buang tanah yang ada di permukaan luar blok besi menggunakan pisau hingga bersih. Ratakan tanah pada bagian atas dan bawah blok menggunakan scrap atau pisau tanah.
9. Keluarkan semua tanah yang ada dalam blok besi, tampunglah dalam kantong plastik dan timbang berat basahnya (volume 4000 cm³). Catat beratnya dalam lembar pengamatan yang disediakan.
10. Lanjutkan pengambilan contoh tanah pada kedalaman 10-20 cm dan 20-30 cm dengan cara yang sama (langkah 1 sampai dengan 9).
11. Ambil sub-contoh tanah dan timbang sekitar 50 g. Keringkan sub-contoh tanah tersebut dalam oven pada suhu 105 °C selama 48 jam, dan timbang berat keringnya. (Hairiah *et al.*2011)

3.3.2.4.2 Contoh Tanah Terganggu (*Disturbed Soil Sample*)

Pengambilan contoh tanah terganggu diambil pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm pada tiap-tiap sistem penggunaan lahan di tiap plot yang telah ditentukan. Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan pada masing-masing titik contoh pengukuran pada tiap plot pengukuran. Contoh tanah terganggu yang telah diambil dicampur rata dari semua titik pengambilan menurut kedalaman masing-masing lalu dikering udarakan dan diayak menggunakan ayakan

lubang diameter 2mm. Contoh tanah yang lolos ayakan diambil sebanyak 200 – 500g untuk keperluan analisa laboratorium sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Pengukuran pH tanah dilakukan dengan metode electrode pH meter, C-organik tanah dengan metode *walkey and black*, tekstur tanah dengan metode pipet dengan pendispersi Natrium Pirofosfat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) (Hairiah *et al.* 2001).

Kandungan bahan organik tanah yang optimal harus dikoreksi dengan kandungan liat dan pH tanahnya (Cref). Perhitungan sederhana telah dikembangkan oleh Van Noordwijk *et al.* (1997) adalah sebagai berikut.

$$\text{Cref} = (\text{Zcontoh} / 7.5) 0.42 \exp(1.333 + 0.00994 * \% \text{liat} + 0.00699 * \% \text{debu} - 0.156 * \text{pHKCl} + 0.000427 * \text{ketinggian tempat})$$

Persamaan 2.

di mana: Zcontoh = kedalaman pengambilan contoh tanah, cm

Ketinggian tempat = m di atas permukaan laut.

Persamaan ini berlaku untuk semua lahan kering dan tanah vulkanik muda. Dengan demikian dapat ditetapkan kejenuhan bahan organik tanah (C_{total}/C_{ref}) yaitu nisbah antara kandungan total bahan organik tanah (C_{total} atau C_{org}) pada kondisi sekarang dengan kandungan bahan organik tanah yang dikoreksi (C_{ref}).

3.3.2.5 Rata-rata Karbon Tersimpan per Siklus Tanaman

Rata-rata karbon tersimpan per siklus tanaman (*time averaged C stock*) perlu dihitung untuk membandingkan potensi berbagai sistem penguunaan lahan (SPL) dalam menyerap karbon dari udara. Nilai *time averaged C stock* ini diperlukan karena umur lahan sangat beragam tergantung dari produktivitas pohon.

C tersimpan rata-rata per siklus tanam :

$$C_{avg} = 0.5 \times (C_{max} + C_{min})$$

Dimana :

C_{avg} = C tersimpan rata-rata siklus tanaman

C_{max} = Jumlah C tersimpan maksimum

C_{min} = Jumlah C tersimpan minimum

Estimasi *time average C* 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).

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa data hasil pengukuran di lapang maupun di laboratorium dicatat pada tabel yang telah disiapkan, dihitung jumlah karbonnya, dan dibuat sebaran berupa grafik untuk menginformasikan besar total cadangan C pada masing-masing sistem penggunaan lahan (SPL) dengan menggunakan Microsoft Excel. Hasil perhitungan parameter dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (Anova) yang digunakan untuk mengetahui pengaruh pada perlakuan. Apabila terdapat perbedaan yang nyata pada analisis ragam maka dilanjutkan dengan uji BNT dengan derajat kepercayaan 5% menggunakan program Genstat versi 15.

3.5 Luaran Hasil Penelitian

1. Data cadangan karbon pada berbagai jenis agroforestri di DAS Konto Hilir.
2. Data rata-rata cadangan karbon per siklus tanam di agroforestri sederhana dan multistrata.