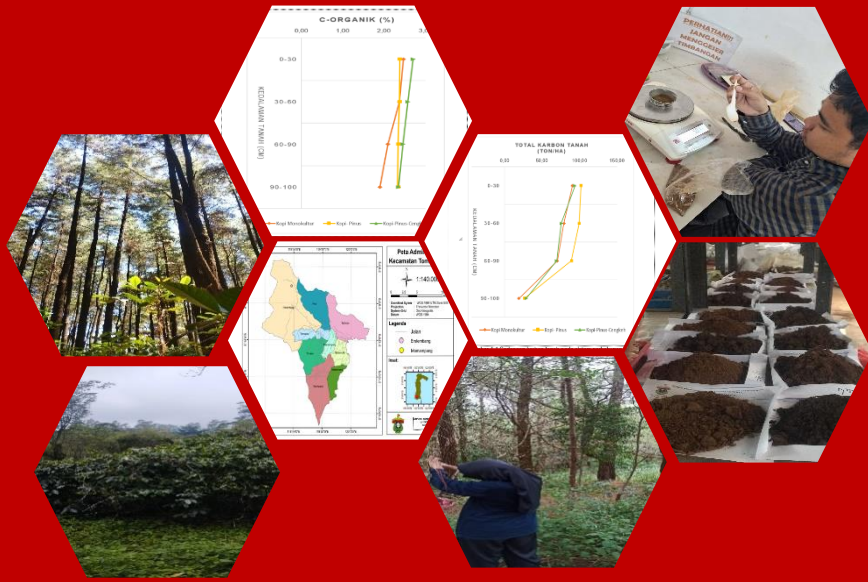


ANALISIS KARBON ORGANIK TANAH PADA SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS KOPI



ERWIN WIJAYA

G011 18 1064



PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

DEPARTEMEN ILMU TANAH

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**ANALISIS KARBON ORGANIK TANAH PADA SISTEM AGROFORESTRI
BERBASIS KOPI**

**ERWIN WIJAYA
G011 18 1064**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KARBON ORGANIK TANAH SISTEM AGROFORESTRI
BERBASIS KOPI**

ERWIN WIJAYA

G011 18 1064

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Agroteknologi

Pada

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

DEPARTEMEN ILMU TANAH

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

SKRIPSI
ANALISIS KARBON ORGANIK TANAH PADA SISTEM AGROFORESTRI
BERBASIS KOPI

ERWIN WIJAYA
G011 18 1064

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian
Univeristas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Ir. Sartika Laban, SP., MP., Ph.D
NIP. 19821028 200812 2 002



Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP.
NIP. 19590926 198601 1 001

Mengetahui:

Ketua Program Studi Agroteknologi

Ketua Departemen Ilmu Tanah



Dr. Ir. Abd. Haris B., M. Si
NIP. 19670811 199403 1 003



Dr. Ir. Asmita Ahmad, S.T., M. Si
NIP. 19731216 200604 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CI PTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Karbon Organik Tanah Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Ir. Sartika Laban, SP., MP., Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Muh. Jayadi, MP sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya oranglain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Agustus 2024



ERWIN WIJAYA
NIM G011181064

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala kemudahan yang telah diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya yang berjudul “Analisis Karbon Organik Tanah Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi” sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan dan memperoleh gelar sarjana pertanian pada Program Studi Agroteknologi, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada ibu Ir. Sartika Laban, SP., MP., Ph.D. selaku pembimbing utama dan bapak Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P. selaku pembimbing pendamping, atas segala ilmu yang telah diberikan serta sangat sabar meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini.

Terima kasih juga kepada teman-teman kuliah yang telah menemani, memberikan saran, mengingatkan, dan memberikan semangat selama ini. Serta rekan-rekan saya selama melakukan penelitian ini khususnya Nurhikma S.Ak, Tasya Hadel Pritami S.,P Febry Zulqoidah S.,P, Milenia Saputri Bandaso, Andi Massalangka Tenri Dolong S.P., Yabes Kurniawan Playukan S.P., Arfa S.P., Riskayanti S.P., Arif Mualim S.P., Moh. Nur Faiz S.P., Nurfitriah Islamiah S.P., dan A. Nurhalizah Amanah S.P.

Akhirnya, saya ucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua orang tua saya atas kasih sayang dan doa serta segala pengorbanan yang telah saya terima dari kalian. Terima kasih kepada keluarga besar saya atas doa dan semangat serta masukan-masukan yang senantiasa di berikan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis,

ERWIN WIJAYA

ABSTRAK

ERWIN WIJAYA. “Analisis Karbon Organik Tanah Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi (dibimbing oleh SARTIKA LABAN dan MUH. JAYADI).

Latar Belakang: Konversi lahan hutan dalam skala luas menjadi lahan pertanian dan perkebunan dapat berperan menurunkan cadangan karbon tanah. Pemanfaatan lahan oleh masyarakat harus dievaluasi salah satunya dengan sebuah riset untuk mengetahui kondisi tanah dan cadangan karbon tanah organik. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jumlah stok karbon pada beberapa model kebun kopi. **Metodologi:** Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Bonto Bonto Desa Bonto Somba Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros, di Desa Mamampang Kec Tombolo Pao Kabupaten Gowa, di Desa Erelembang Kecamatan Tompobulu Kabupaten Gowa. Analisis sampel tanah akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Kegiatan penelitian berlangsung dari Juli hingga September 2023. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan bor pada 3 kedalaman 0-30 cm, 30-60 cm dan 60-100 cm, selanjutnya dilakukan analisis kandungan C-organik dan untuk analisis beberapa sifat kimia dan sifat fisik tanah. Pengambilan sampel tanah utuh menggunakan *ring soil sampler*, untuk mengetahui kerapatan lindak. Sampel tanah dianalisis di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, **Hasil:** Total kandungan biomassa tumbuhan terbesar terdapat pada perkebunan kopi-pinus di Bonto-Bonto yaitu 4475,96 ton/ha. Kandungan C-organik tertinggi terdapat pada perkebunan kopi kopi-pinus-cengkeh di Desa Erelembang pada kedalaman 0-30 cm dengan kandungan C-organik yaitu 2,70 % dan Cadangan karbon tertinggi terdapat perkebunan kopi-pinus di Bonto-Bonto pada kedalaman 0-30 cm yaitu 102,02 ton/ha **Kesimpulan:** Perkebunan kopi kopi-pinus-cengkeh di Desa Erelembang pada kedalaman 30-60 cm memiliki persentase C-organik sebesar 2,70 % dan perkebunan kopi-pinus di Bonto-Bonto pada kedalaman 0-30 cm memiliki stok karbon sebesar 102,02 ton/ha

Kata kunci: Agroforestri, serasah, nekromasa, biomassa, tumbuhan bawah,

ABSTRACT

ERWIN WIJAYA. Analysis of Organic Carbon in Coffee Plantations with Different Coffee Agroforestry Systems (supervised by SARTIKA LABAN and MUH. JAYADI).

Background: Conversion of forest land on a large scale into agricultural land and plantations can play a role in reducing soil carbon stocks. Land use by the community must be evaluated, one of which is through research to determine soil conditions and organic soil carbon reserves. Objective: This research aims to analyze the amount of carbon stock in several coffee plantation models. Methodology: This research was carried out in Bonto Bonto Hamlet, Bonto Somba Village, Tompobulu District, Maros Regency, in Mamampang Village, Kuncio Pao District, Gowa Regency, in Erelembang Village, Tompobulu District, Gowa Regency. Soil sample analysis will be carried out at the Soil Chemistry and Fertility Laboratory, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Hasanuddin University. Research activities will take place from July to September 2023. Soil samples were taken using a drill at 3 depths of 0-30 cm, 30-60 cm and 60-100 cm, then analyzed for C-organic content and for analysis of several chemical and physical properties. land. Whole soil samples were taken using a ring soil sampler, to determine the soil density. Soil samples were analyzed at the Soil Chemistry and Fertility Laboratory. Results: The largest total plant biomass content was found in the coffee-pine plantations in Bonto-Bonto, namely 4475.96 tons/ha. The highest organic C content is found in the coffee-pine-clove coffee plantations in Erelembang Village at a depth of 30-60 cm with an organic C content of 2.70% and the highest carbon reserves are found in the coffee-pine plantations in Bonto-Bonto at a depth of 0- 30 cm, namely 102.02 tons/ha. Conclusion: Coffee-pine-clove coffee plantations in Erelembang Village at a depth of 0-30 cm have a C-organic percentage of 2.70% and coffee-pine plantations in Bonto-Bonto at a depth of 0-30 cm has a carbon stock of 102.02 tonnes/ha

Keywords: Agroforestry, litter, necromass, biomass, undergrowth,

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CI PTA.....	Error!
Bookmark not defined.	
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Landasan Teori.....	3
BAB II METODE PENELITIAN.....	6
2.1 Tempat dan Waktu.....	6
2.2 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	7
2.3 Alat dan Bahan.....	8
2.4 Alur Penelitian.....	9
2.5 Metode Penelitian.....	9
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN.....	12
3.1 Hasil.....	12
3.2 Pembahasan.....	16
BABI IV KESIMPULAN.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	20
LAMPIRAN.....	23

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian	8
Tabel 2. Jenis dan Metode Analisis Tanah.....	10
Tabel 3. Kriteria Kandungan Karbon Organik Berdasarkan Penelitian Staf Pusat Penelitian Tanah	11
Tabel 4. Biomassa Tanah.....	12
Tabel 5. Sifat Fisik Tanah.....	13

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kebun Kopi Monokultur dan Kebun Kopi-Pinus-Cengkeh di Kabupaten Gowa.	6
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Kebun Kopi Monokultur dan Kebun Kopi-Pinus di Kabupaten Maros.....	7
Gambar 3. Kandungan C-Organik Pada Sistem Perkebunan Kopi.	15
Gambar 4. Cadangan Karbon Tanah Pada Sistem Perkebunan Kopi.....	16

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Tabel Lampiran 1. Tabel Informasi Titik Pengamatan	23
Tabel Lampiran 2. Analisis Organik Pada Kebun Kopi Dengan Sistem Agroforestri Kopi Yang Berbeda.	24

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konversi lahan hutan dalam skala luas menjadi lahan pertanian dan perkebunan dapat berperan menurunkan cadangan karbon tanah. Pemanfaatan lahan oleh masyarakat harus dievaluasi salah satunya dengan sebuah riset untuk mengetahui kondisi tanah dan cadangan karbon tanah organik. Karbon tanah organik (*SOC=soil organic carbon*) menurut Nishina, et al. (2013) merupakan stok karbon terbesar di ekosistem darat dan memainkan peran kunci dalam umpan balik biosfer untuk peningkatan karbon dioksida atmosfer di dunia, sehingga atmosfer bumi akan menjadi lebih hangat. Menurut Stockmann, et al (2012), menyatakan tanah mengandung kurang lebih 2.344 Gt (1 Gigaton = 1 Milyar ton) dari karbon organik secara global dan merupakan teresterial terbesar cadangan karbon organik. Perubahan kecil dalam stok karbon organik tanah bisa berdampak signifikan terhadap konsentrasi karbon di atmosfer.

Studi tentang simpanan karbon tanah telah menjadi perhatian dalam rangka menilai kualitas tanah akibat aktivitas pertanian yang cenderung menyebabkan degradasi tanah. Di dalam tanah, C-organik merupakan bagian dari sistem tanah yang kompleks dan dinamis. Sifatnya yang sangat labil dan kandungannya dapat berubah sangat cepat tergantung manajemen pengelolaan tanah. Jumlah C-organik dalam tanah mencerminkan kandungan bahan organik dalam tanah yang merupakan tolak ukur yang penting untuk pengelolaan tanah-tanah pertanian. Bahkan C-organik dipercaya sebagai kunci ketahanan terhadap kekeringan dan kelestarian produksi pangan (Bot dan Benites, 2005).

Jumlah C-organik setiap penggunaan lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara pengelolannya. Perubahan penggunaan lahan (*land use*) dan perbedaan pola tanam dapat mempengaruhi jumlah karbon tanah. Konversi hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan penurunan jumlah C-organik tanah. Demikian pula, pola tanam monokultur dan rotasi dapat menyebabkan perbedaan jumlah C-organik tanah. Simpanan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar apabila kondisi kesuburan tanahnya baik, atau jumlah karbon yang tersimpan di atas tanah (biomasa tanaman) ditentukan oleh besarnya jumlah karbon tersimpan di dalam tanah (C-organik) (Hairiah et al., 2007).

Beberapa hasil penelitian mengindikasikan bahwa sebagian besar lahan pertanian intensif telah mengalami degradasi dan penurunan produktivitas lahan, terutama terkait dengan sangat rendahnya kandungan C-organik yaitu kurang dari 2%. Padahal untuk memperoleh produktivitas yang optimal dibutuhkan C-organik tanah lebih dari 2%. Penurunan jumlah C-organik tanah di lahan kering sangat cepat apabila residu tanaman dikeluarkan dari lahan produksi ataupun di bakar seperti yang banyak dilakukan oleh petani. Di lain pihak, lahan-lahan pertanian tropis dengan pemanfaatan yang intensif tanpa adanya upaya konservasi, dapat menyebabkan kehilangan C-organik sebesar 60 - 80% (Lal, 2002).

Hasil penelitian Siringoringo (2014), yang menyatakan bahwa Peningkatan kandungan C-organik tanah pada kedalaman atas tanah (0-30 cm) terjadi karena sebagian besar pasokan/input C organik tanah adalah dari serasah yang berada pada bagian atas tanah, sehingga bahan organik tanah cenderung terkonsentrasi pada kedalaman atas tanah. Saleilei1 et al (2022) juga menambahkan vegetasi yang tumbuh berperan sebagai penambah bahan organik tanah melalui batang, ranting, dan daun-daun yang jatuh ke permukaan tanah. Oleh sebab itu bahan organik banyak ditemukan pada kedalaman atas tanah, karena semakin ke bawah bahan organik semakin berkurang. Hal ini disebabkan adanya akumulasi bahan organik pada kedalaman atas tanah.

Yassir (2011) menjelaskan bahwa cadangan karbon tanah menurun akibat adanya degradasi dan deforestasi hutan. Ohta et al. (2000) menyebutkan bahwa stok karbon tanah keseluruhan tidak menurun akibat degradasi hutan bahkan meningkat pada setiap kedalaman selama konversi hutan menjadi padang rumput. Dari berbagai hasil penelitian perlu dikuatkan dengan berbagai informasi terutama pada lahan pertanian atau lahan konversi dari hutan ke lahan budidaya. Hal tersebut dibutuhkan untuk mengetahui apakah alih fungsi lahan hutan menjadi berbagai lahan budidaya atau pertanian dapat menurunkan stok karbon tanah organik.

Salah satu daerah yang masyarakatnya mengubah alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian adalah kabupaten Maros dan Kabupaten Gowa. Tanaman kopi adalah salah satu komoditi yang ditanam pada daerah tersebut. Pada dasarnya tanaman kopi memerlukan tanaman pendamping untuk menunjang pertumbuhan dan stabilitas tanah. Pada dasarnya tanaman kopi memerlukan tanaman pendamping untuk menunjang pertumbuhan dan stabilitas tanah. Oleh sebab itu, pengembangan agroforestri dibutuhkan agar tanaman kopi dilengkapi dengan pohon-pohon hutan maupun tanaman jenis lain yang dapat berfungsi sebagai sistem perkebunan kopi (Martini, et al., 2017).

Implementasi sistem agroforestri dapat menjadi solusi yang tepat untuk permasalahan perubahan iklim, karena terdapat upaya penjagaan kawasan hutan tidak memerlukan lahan baru untuk dijadikan sebagai lahan perkebunan. Langkah tersebut juga dipandang sebagai upaya penyediaan tempat simpanan karbon yang sangat dibutuhkan untuk menyerap karbondioksida di atmosfer. Oleh sebab itu, pengembangan agroforestri kopi dibutuhkan agar tanaman kopi dilengkapi dengan pohon-pohon hutan maupun tanaman jenis lain yang dapat berfungsi sebagai sistem perkebunan kopi. Pada wilayah kabupaten Gowa dan Maros memiliki sistem model budidaya tanaman kopi yang berbeda beda baik dari jenis kopi yang ditanam maupun tanaman pendamping yang digunakan sebagai tanaman sistem perkebunan kopi.

Keragaman tumbuhan penabung adalah salah satu fenomena menarik pada perkebunan agroforestri kopi. Keanekaragaman ini adalah fungsi dari faktor faktor biofisik (iklim, kesesuaian lahan, pemencaran benih), budaya dan kepentingan ekonomi. Secara sosial, aneka ragam tanaman pada sistem agroforestri kopi menyediakan sumber pendapatan alternatif dari hasil-hasil kebun yang dapat dipanen, menjaga keamanan pangan keluarga dan masyarakat, menyediakan aneka

bahan-bahan (terutama kayu dan bambu) untuk konstruksi sipil, dan tabungan bagi kebutuhan ekonomi dan bahan-bahan lainnya di masa mendatang (Hakim, 2021). Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui jumlah karbon tanah disetiap lahan perkebunan kopi tentunya akan berbeda beda berdasarkan jenis sistem perkebunan kopi yang ataupun sistem model pertanaman yang digunakan

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk untuk menganalisis jumlah stok karbon pada beberapa model kebun kopi

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Karbon Tanah

Karbon merupakan unsur penting pembangun bahan organik, karena sebagian besar (58%) bahan kering tanaman terdiri dari bahan organik (BO). Karbon organik (C-organik) yang ada dalam bahan organik telah lama dikenal sebagai salah satu penciri kesuburan tanah dan lahan produktif. Sebaliknya, tanah merupakan tempat pencadangan karbon terbesar dalam ekosistem darat yang berperan penting dalam siklus karbon global. Setengah dari jumlah karbon yang diserap tanaman masuk ke dalam tanah melalui sisa tanaman (serasah), akar tanaman yang mati dan organisme tanah lainnya yang akan mengalami dekomposisi sehingga terakumulasi dalam kedalaman tanah (Ruddiman, 2007). C-organik berperan penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan terutama sebagai indikator basis kesuburan tanah, menjaga ketersediaan hara, perbaikan sifat fisik tanah, serta menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme tanah (Smith et al. 2013).

Karbon organik tanah merupakan komponen kunci siklus karbon global yang mendukung keberlanjutan ekosistem darat (Agus 2013; Siringoringo 2014). C-organik terbentuk selama beberapa tahap penguraian bahan organik. Keberadaan C-organik tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal seperti jenis tanah, curah hujan, suhu, pasokan bahan organik dari biomassa di atas permukaan tanah, proses antropogenik, pengolahan tanah dan konsentrasi CO₂ di atmosfer (Hairiah et al 2011). Perubahan status C-organik akibat proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik tanah berkaitan dengan sifat-sifat tanah seperti tekstur, pH, kandungan nitrogen tanah dan kapasitas tukar kation (Augustin dan Cihacek, 2017).

Siklus hara dan ketersediaan unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman seperti N, P, S, Ca, Mg, Zn dan Fe juga memiliki keterkaitan dengan kandungan karbon sebagai reservoir hara dari hasil dekomposisi bahan organik (Hairiah et al. 2000; Powlson et al. 2015). Selain berperan dalam meningkatkan KTK melalui aktivasi gugus karboksil, karbon merupakan sumber energi bagi organisme tanah dalam membentuk proses biologis yang menjadi faktor penentu dari proses transformasi hara (Powlson et al. 2015; McCauley et al. 2017). Tanah yang telah dimanfaatkan untuk budidaya pertanian cenderung memiliki nilai karbon yang lebih rendah akibat penggunaan pupuk anorganik dan pestisida berlebihan, pengolahan tanah, serta kehilangan biomassa karena terangkut panen (Don et al. 2011)

Jumlah C-organik setiap penggunaan lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara

pengelolaannya. Perubahan penggunaan lahan (*land use*) dan perbedaan pola tanam dapat mempengaruhi jumlah karbon tanah. Konversi hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan penurunan jumlah C-organik tanah. Demikian pula, pola tanam monokultur dan rotasi dapat menyebabkan perbedaan jumlah C-organik tanah. Simpanan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar apabila kondisi kesuburan tanahnya baik, atau jumlah karbon yang tersimpan di atas tanah (biomasa tanaman) ditentukan oleh besarnya jumlah karbon tersimpan di dalam tanah (C-organik) (Hairiah et. al., 2007)

Di dalam ekosistem tanah, C-organik merupakan komponen penting yang mempengaruhi sifat-sifat tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, yaitu sebagai sumber energi bagi organisme tanah dan pemicu ketersediaan hara bagi tanaman. Menurut Collins et al., (1992), salah satu indikator keberhasilan pengelolaan lahan pertanian adalah tetap terjaganya cadangan C-organik tanah, sehingga keseimbangan dalam tanah, lingkungan dan keanekaragaman hayati tetap terjaga dan lestari.

1.3.2 Sistem Agroforestri kopi

Agroforestri adalah salah satu karya cipta manusia yang diakui lebih berkelanjutan dalam menghasilkan pangan dibandingkan bentuk-bentuk pengelolaan lahan lainnya. Kopi adalah salah satu komoditas penting, dimana usaha budidayanya dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan. Dalam upaya menghasilkan biji-biji kopi untuk konsumsi dan kopi sebagai komoditas perdagangan, terdapat dua pendekatan umum dalam budidaya, yaitu : (1) budidaya kopi di bawah sistem perkebunan kopi, atau kopi dibudidayakan dalam sistem agroforestri, dan (2) kopi dibudidayakan secara intensif tanpa sistem perkebunan kopi atau dengan sistem perkebunan kopi terbatas dan terkendali (Hakim, 2021).

Aneka ragam spesies tanaman, terutama pohon, yang ditanam Bersama-sama dengan tanaman kopi di kebun adalah ciri khas dari agroforestri kebun kopi. Derajat keragaman tersebut sangat tinggi, baik secara struktur maupun fungsinya. Aneka ragam tanaman dalam sistem agroforestri mempunyai fungsi baik secara fisik, biologi, sosial dan ekonomi. Secara mendasar, agroforestri kopi dapat dibedakan dalam dua bentuk, sederhana dan kompleks (Hakim, 2021).

- a. Agroforestri kopi sederhana, dicirikan dengan jenis dan jumlah pohon sistem perkebunan kopi yang sedikit, cenderung homogen dan dalam komposisi teratur. Tanaman penabung sengaja di tanam dengan pola-pola tertentu untuk menciptakan situasi kebun yang mendukung produktivitas kopi. Kultivasi kopi di bawah tegakan kelapa dan jenis-jenis penabung tertentu yang teratur adalah salah satu bentuk agroforestri sederhana. Tajuk-tajuk pohon dipelihara untuk menjamin distribusi dan kecukupan sinar matahari untuk optimalisasi proses fotosintesis tanaman kopi sebagai kunci dari produktivitas buah-buah kopi.
- b. Agroforestri kopi kompleks, dicirikan dengan jenis dan jumlah pohon yang beragam dengan susunan acak. Banyak jenis pohon bahkan terkesan tumbuh liar tanpa pengelolaan. Berbagai jenis tumbuhan penabung yang di tanam adalah upaya menjamin keberlanjutan pendapatan ekonomi keluarga

petani, serta tabungan-tabungan sumberdaya untuk keperluan ekonomi dan lainnya. Produktivitas buah-buah kopi yang dihasilkan lebih rendah, tetapi keluarga petani mendapatkan kompensasi dari produk-produk pertanian lainnya dari sistem agroforestri kopi yang kompleks.

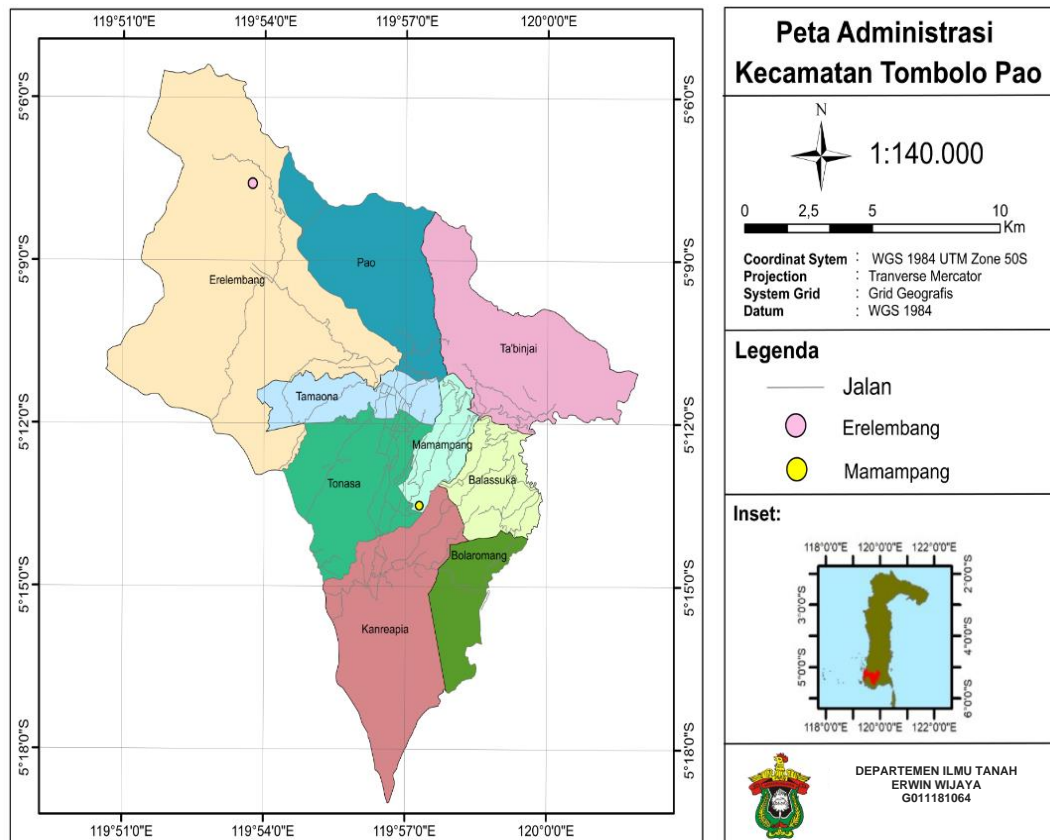
Sistem budidaya kopi dalam sistem perkebunan kopi pohon adalah sistem pertanian yang relative stabil dibandingkan sistem pertanian kopi tanpa/sedikit pohon penabung. Sistem ini juga berasosiasi dengan polusi dan degradasi lahan. Secara ekonomi, petani kopi dengan sistem tersebut adalah kelompok petani riskan karena menghadapi potensi turunnya produktifitas biji-biji kopi dan ketidakpastian harga biji kopi di pasaran. Secara fisik, sistem perkebunan kopi berfungsi untuk mengurangi paparan sinar matahari secara langsung yang berdampak pada ketahanan hidup pohon kopi. Secara biologik, hal ini penting dan berpengaruh pada fisiologi pertumbuhan kopi. Sistem perkebunan kopi tanaman pelindung menjaga kelembaban tanah dan memberi pengaruh penting dalam konservasi air pada ekosistem agroforestri kopi (Hakim, 2021).

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa lokasi, lokasi pertama yakni kebun kopi dengan sistem perkebunan kopi pinus Dusun Bonto Bonto Desa Bonto Somba Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros, lokasi kedua di kebun kopi monokultur Desa Mamampang Kec Tombolo Pao Kabupaten Gowa, dan lokasi terakhir kebun kopi dengan sistem perkebunan kopi pinus dan cengkeh di Desa Erelembang Kec Tompobulu Kab Gowa. Analisis sampel tanah akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Kegiatan penelitian berlangsung dari Juli hingga September 2023.



Gambar 2.1 Peta lokasi penelitian kebun kopi monokultur dan kebun kopi-pinus-cengkeh di Kabupaten Gowa

2.2 Deskripsi Lokasi Penelitian

2.2.1 Kebun Kopi Monokultur

Perkebunan kopi monokultur terletak di dusun Mamampang dengan ketinggian 1205 mdpl. Kopi ditanam dengan jarak tanam 2,5m x 1m. Tanaman kopi dirawat dengan melakukan pemangkasan pada pucuk sehingga tinggi tanaman kopi hampir seragam (rata-rata 1,61 m) dan memiliki banyak cabang produktif hingga cabang antar pohon hampir saling menutupi. Kondisi lahan pada kebun ini termasuk terjal dengan kemiringan 25%-45% sehingga petani membuat terasering. Setiap terasering terdiri atas dua baris tanaman kopi.

2.2.2 Kebun Kopi-Pinus

Perkebunan kopi pada daerah ini menggunakan sistem pertanaman agroforestri, namun hanya agroforestri sederhana yang didalamnya hanya tanaman kopi dan pinus. Kebun ini berada pada ketinggian 253 Mdpl dengan kemiringan lereng 25 - 45%.

2.2.3 Kebun Kopi-Pinus-Cengkeh

Perkebunan ini terletak di Dusun Erelembang dengan ketinggian 1287 mdpl. Pada kebun tersebut, tanaman kopi dibudidayakan sebagai tanaman utama dengan jarak tanam 2m x 3m. Tanaman kopi dinaungi berbagai tanaman naungan seperti cengkeh (*Syzygium aromaticum*), dan pinus (*Pinus merkusii*). Pada saat melakukan pengamatan, tanaman kopi masih berumur sekitar 8 bulan. Kondisi lahan pada kebun ini juga cukup terjal dengan kemiringan 15%-30%, namun petani tidak membuat terasering untuk budidaya tanaman kopi.

2.3 Alat dan Bahan

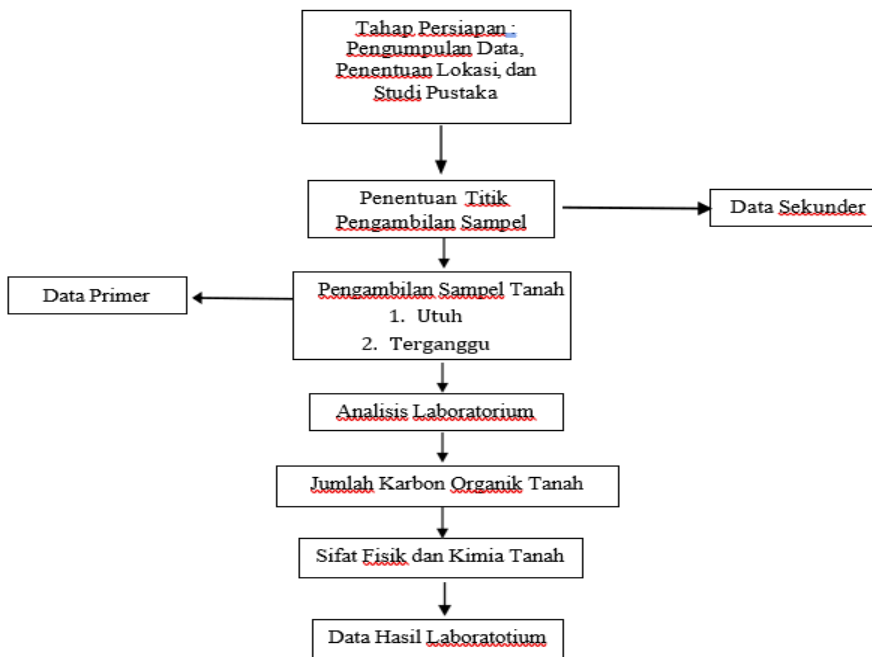
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahan	Peruntukan
Alat:	
GPS (<i>Global positioning system</i>)	Menentukan letak/titik objek penelitian
Ring sampel	Mengambil sampel tanah utuh
Bor tanah	Mengambil sampel tanah terganggu
Skop tanah	Membersihkan sampel tanah
Cangkul	Menggali tanah
Meteran	Mengukur panjang dan lebar plot
Alat tulis	Mencatat data data
Parang/ <i>cutter</i>	Membersihkan tempat pengambilan sampel/Memotong tali
Kamera	Mendokumentasikan kegiatan
Bahan:	
Tali rapia	Membuat plot 60x125m
Plastik sampel	Mengemas sampel tanah

2.4 Alur Penelitian

Tahap persiapan dilakukan pengumpulan data, penentuan lokasi, dan studi pustaka. Kemudian dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder. Kemudian dilakukan pengambilan sampel tanah sesuai titik yang telah ditentukan berdasarkan peta pengambilan titik sampel. Setelah dilakukan pengambilan sampel tanah, selanjutnya sampel tanah tersebut dilakukan analisis laboratorium untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah. Kemudian hasil analisis tersebut dilakukan olahdata yaitu perhitungan jumlah karbon organik tanah. Skema alur penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Skema Alir Penelitian

2.5 Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

2.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yaitu berupa perancangan rencana penelitian, studi pustaka, penyusunan usulan penelitian, perizinan dan survei lokasi tempat penelitian, serta persiapan alat dan bahan.

2.5.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data menggunakan teknik non-probability sampling. Menurut Teddlie dan Yu (2009), menjelaskan teknik *non-probability sampling* disebut juga *purposive*

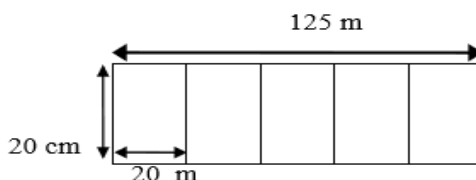
sampling atau tujuan pengambilan sampel secara sengaja terutama untuk penelitian kualitatif.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu data primer berupa data yang dikumpulkan dari hasil survei lapangan analisis C-organik *bulk density*, dan tekstur tanah.

2.5.3 Tahap Survei Lapangan

Metode yang digunakan di lapangan ada beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Penentuan plot contoh dilakukan secara sengaja (*purposive*). Berikut gambar plot untuk pengambilan contoh tanah:



2. Pengambilan sampel tanah dilakukan tahapan yang mengacu standar dari BSN (2011) sebagai berikut:
 - a. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan bor pada 3 kedalaman 0-30 cm, 30-60 cm dan 60-100 cm, selanjutnya dilakukan analisis kandungan C-organik dan untuk analisis beberapa sifat kimia dan sifat fisik tanah.
 - b. Pengambilan sampel tanah utuh menggunakan *ring soil sampler*, untuk mengetahui kerapatan lindak (*Bulk Density*). Setiap titik pengambilan sampel tanah tersebut, diamati pula titik koordinatnya pada GPS.
 - c. Sampel tanah dianalisis di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah,

2.5.4 Tahap Analisis Laboratorium

Pada analisis sampel tanah laboratorium digunakan sampel tanah yang telah diambil dari masing-masing wilayah penelitian. Metode yang digunakan untuk analisis sampel tanah di laboratorium diuraikan dalam tabel 2.2

Tabel 2-2. Jenis Dan Metode Analisis Tanah

Parameter	Metode
C-organik	Walkley and Black
<i>Bulk Density</i>	Gavimetri
Tekstur Tanah	<i>Hydrometer</i>

Metode Penentuan C organik dengan Walkley and Black:

1. Menimbang sampel tanah sebanyak 0,50 gram
2. Sampel tanah tersebut kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer
3. Tambahkan larutan K_2Cr_2 sebanyak 5 ml
4. Tambahkan larutan asam sulfat sebanyak 5 ml
5. Kemudian sampel tersebut dihomogenkan dan tunggu selama 10 menit
6. Tambahkan aquades sebanyak 50 ml
7. Tambahkan indikator pp sampai sampel berubah warna biru keunguan
8. Titrasi menggunakan AM Fe (II) sampai sampel berubah warna menjadi hijau
9. Catat hasil yang didapatkan

2.5.5 Analisis Data

Metode perhitungan karbon tanah organik berdasarkan perkalian dari persentase C-organik, kerapatan lindak (*bulk density*) dan kedalaman tanah yang mengacu pada persamaan (BSN, 2011). Perhitungan tersebut juga pernah diterapkan oleh Olsson *et al* (2009), dan Abera dan Meskel (2013) sebagai berikut:

$$C_t = K_d \times p \times \% C_{\text{organik}} \dots \dots \dots (\text{gram/cm}^2)$$

Keterangan:

C_t = kandungan karbon tanah (gram/cm^2)

K_d = kedalaman contoh tanah (cm)

P = kerapatan lindak/ *bulk density* (g/cm^3).

%C organik = nilai persentase kandungan karbon, menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 100 \dots (\text{ton/ha})$$

Keterangan :

C_{tanah} = kandungan organic per hektar (ton/ha)

C_t = kandungan karbon tanah (g/cm^2)

100 = faktor konversi dari g/cm^2 ke ton/ha.

Tabel 3-3. Kriteria kandungan karbon organik berdasarkan penilaian Staf Pusat Penelitian Tanah (1993), sebagai berikut:

No.	Kriteria Karbon Organik	Ton/ha	Persen (%)
1.	Sangat Rendah	< 10,08	< 1,00
2.	Rendah	10,08-20,16	1,00-2,00
3.	Sedang	20,16-30,24	2,01-3,00
4.	Tinggi	30,34-50,40	3,01-5,00
5.	Sangat Tinggi	> 50,40	> 5,00

Sumber: Staf Pusat Penelitian Tanah, 1993

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Keberagaman vegetasi pada lahan secara langsung akan berpengaruh terhadap jumlah biomassa dan kadar cadangan karbon. Vegetasi dengan biomassa yang besar maka semakin besar pula cadangan karbon yang tersimpan. Selain biomassa, cadangan karbon juga tersimpan dalam bentuk nekromasa dan serasah. Namun, jumlah cadangan karbon paling besar dicadangkan oleh biomassa vegetasi utamanya tanaman pepohonan (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Biomassa Tanaman

Kebun	Biomassa (ton/ha)				Total Biomassa Tumbuhan (ton/ha)
	Pohon	Tumbuhan Bawah	Nekromasa	Serasah	
Kopi Monokultur	31,38	0,03	2,26	4,58	38,27
Kopi - Pinus	4467,7	0,04	4,42	3,76	4475,96
Kopi - Pinus - Cengkeh	1842,5	0,19	3,21	4,06	1850,01

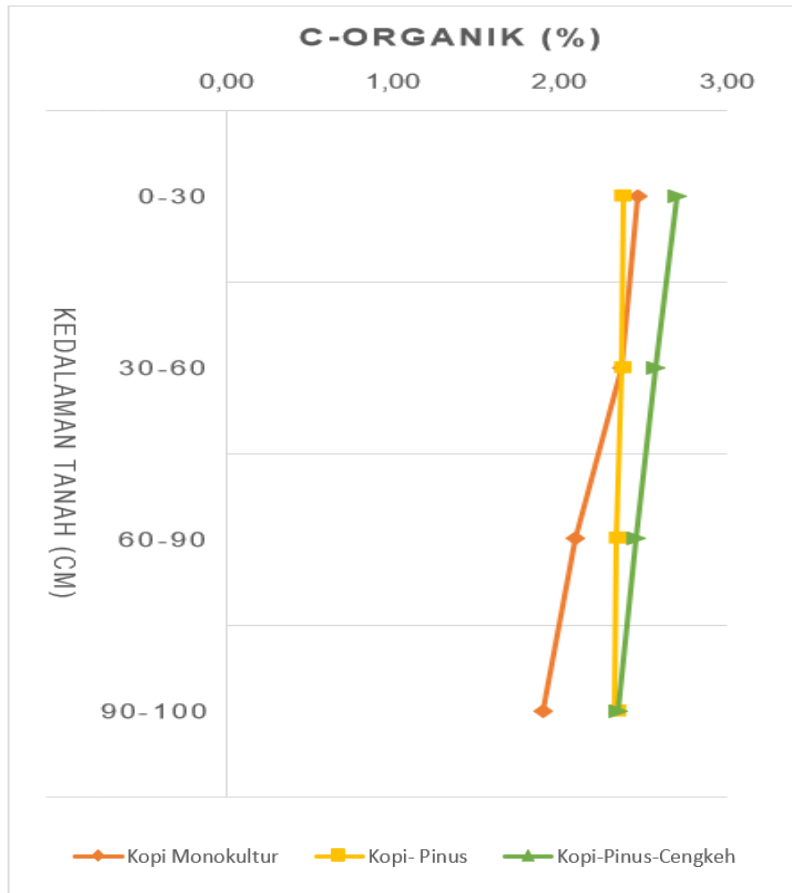
Sumber: Islamiah, 2024

Tekstur tanah dan *bulk density* tanah menunjukkan bahwa adanya perbedaan pada setiap jenis sistem perkebunan kopi. Pengolahan kopi monokultur di Desa Mamampang, kopi-pinus di Desa Bonto-bonto, dan kopi-pinus-cengkeh di Desa Erelembang memiliki tekstur tanah yang sama yaitu lempung liat berdebu sampai liat berdebu dengan nilai *bulk density* tertinggi terdapatkan pada kebun kopi monokultur di Desa Mamampang yaitu 1,60 g/cm³ (Tabel 3.2.)

Tabel 4.2. Sifat Fisika Tanah

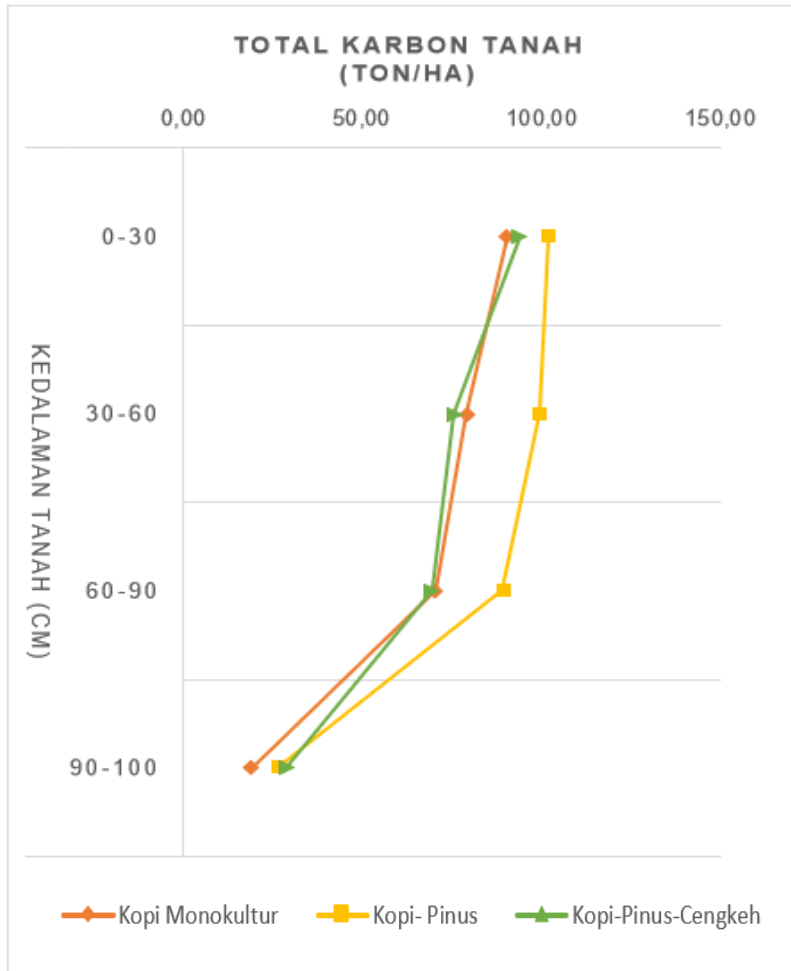
	Lapisan (cm)	Fraksi (%)				Kelas Tekstur	<i>Bulk Density</i> (g/cm ³)
		Pasir	Pasir Halus	Debu	Liat		
Kopi Monokultur	0-30	4	9	53	34	Lempung liat berdebu	1,19
	30-60	4	10	49	36	Lempung liat berdebu	1,34
	60-90	2	4	33	61	Liat	1,46
	90-100	1	2	40	58	Liat berdebu	1,6
Kopi - Pinus	0-30	2	4	47	47	Liat berdebu	1,25
	30-60	1	3	38	58	Liat	1,4
	60-90	3	6	38	53	Liat	1,45
	90-100	3	8	51	38	Lempung liat berdebu	1,13
Kopi - Pinus – Cengkeh	0-30	5	12	50	33	Lempung liat berdebu	0,86
	30-60	8	20	43	29	Lempung berliat	0,98
	60-90	4	8	34	54	Liat	1,27
	90-100	4	10	45	40	Liat Berdebu	1,23

Kandungan C-organik tertinggi didapatkan pada kebun kopi dengan sistem perkebunan kopi kopi-pinus-cengkeh di Desa Erelembang pada kedalaman 0-30 cm dengan kandungan C-organik yaitu 2,70 % dibandingkan perkebunan kopi lainnya (Gambar 3.3).



Gambar 3.2 Kandungan C-organik pada sistem perkebunan kopi

Cadangan karbon pada gambar 3.3 menunjukkan bahwa perkebunan kopi-pinus di Bonto-Bonto pada kedalaman 0-30 cm memiliki cadangan karbon tanah tertinggi yaitu 102,02 ton/ha dibandingkan perkebunan kopi lainnya



Gambar 3.3 Cadangan karbon tanah pada sistem perkebunan kopi

4.2 Pembahasan

Cadangan karbon tanah terbesar terdapat pada perkebunan kopi pinus yaitu 102,02 ton/ha (Gambar 4.4) daripada kebun kopi monokultur dan kebun kopi pinus cengkeh. Tingginya cadangan karbon pada kebun kopi pinus disebabkan oleh tingginya nekromasa pada kebun kopi pinus (Tabel 4.1). Jumlah simpanan karbon dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis tanah, keragaman vegetasi tanaman, dan pola pengolahan lahan dan curah hujan merupakan beberapa faktor pendukung pembentukan karbon pada pohon atau tanaman. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Edwin (2016), yang menyatakan bahwa total kandungan karbon tanah dipengaruhi oleh curah hujan, topografi, kondisi dan keragaman vegetasi, tipe pengolahan tanah dan pemupukan.

Jumlah pasokan biomassa dan karbon dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu perbedaan jenis pohon, diameter pohon, tinggi pohon, berat kering pohon dan faktor fisik pada lingkungan penelitian yaitu perbedaan suhu,

kelembaban udara, kelembaban tanah dan pH tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nurfansya et al., (2019) yang menyatakan bahwa besarnya biomassa salah satunya dipengaruhi oleh kesuburan tanah, semakin subur tanah maka biomasanya akan semakin tinggi dan perbedaan jumlah biomassa tersebut juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu antara lain faktor genetik, lokasi dan kondisi tanah. Drupadi et al.,(2021) juga menambahkan bahwa parameter tinggi dan diameter pohon dapat meningkatkan biomassa, dan nilai biomassa dapat mempengaruhi nilai dari karbon. Faktor lingkungan yang mempengaruhi yaitu bahwa semakin banyak kerapatan pohon pada suatu lingkungan, maka akan menyebabkan radiasi matahari tidak langsung sampai ke bumi tetapi akan bertahan di tajuk pohon, menyebabkan suhu udara menjadi turun atau rendah.

Tutupan lahan pinus memiliki nilai karbon organik tanaman yang tinggi karena komponen penyimpanan karbon didalamnya dapat bekerja secara maksimal, seperti nilai serasah, nekromassa dan biomassa pohon yang cukup tinggi. Nilai biomassa pada suatu tanaman dapat diartikan sebagai banyaknya bahan organik yang tersimpan dalam suatu tanaman. Adinugroho (2013) juga menjelaskan bahwa sistem agroforestri dengan komponen tanaman berkayu yang lebih besar cenderung memiliki potensi persediaan karbon yang lebih besar. Parerung (2021), menjelaskan bahwa Secara umum 70% potensi biomassa permukaan tanah sangat penting dalam perhitungan karbon hutan. Sebagaimana diketahui karbon hutan tersimpan didalam biomassa tumbuhan sebagai hasil dari proses fotosintesis. Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa 50% dari karbon hutan tersimpan di dalam biomassa tumbuhan.

Jumlah total biomassa karbon pada kebun kopi-pinus lebih besar. Siswartama et al (2012), menjelaskan nilai *bulk density* pada tanah terbuka memiliki tingkat yang lebih tinggi yang berkaitan dengan jumlah simpanan karbon tanah. Perbedaan ini dimungkinkan karena perbedaan kandungan bahan organik. Perbedaan *bulk densitys* tanah di bawah tegakan pinus selain erat kaitannya dengan ketersediaan bahan organik juga terkait dengan tumbuhan bawah. Semakin banyak tumbuhan bawah semakin banyak kandungan bahan organik, sehingga pertumbuhan tegakan Pinus mempengaruhi tingkat kepadatan tanah.

Tingginya jumlah stok karbon tanah berbanding lurus dengan persentase kandungan liat tanah (Tabel 4.2). Hubungan tekstur tanah dengan simpanan karbon tanah dapat dilihat pada kemampuan liat dalam menahan karbon tanah. Hal ini sejalan hasil penelitian Siringoringo (2014), yang menyatakan bahwa semakin tinggi % tekstur liat semakin tinggi nilai *bulk density* tanah, sehingga semakin besar kemampuan tanah untuk menahan karbon. Tipe terkecil dari liat melapisi bahan organik membentuk agregat stabil, secara fisik melindungi bahan organik dari dekomposisi mikroba.

Analisis cadangan karbon tanah (gambar 4.4), diketahui bahwa perkebunan kopi-pinus di Desa Bonto-Bonto merupakan tertinggi pengamatan cadangan karbon tanah jika dibandingkan dengan pengamatan lainnya yaitu sebesar 102,02 ton/ha. Hal tersebut dikarenakan cadangan karbon pada kedalaman tanah bagian atas ikut bersama aliran air sampai pada kedalaman tanah tertentu. Peningkatan kandungan

karbon tanah pada kedalaman atas tanah (0-30 cm) terjadi karena sebagian besar pasokan/input karbon tanah adalah dari serasah yang berada pada bagian atas tanah, sehingga bahan organik tanah cenderung terkonsentrasi pada kedalaman atas tanah. Saleilei1 et al (2022) juga menambahkan vegetasi yang tumbuh berperan sebagai penambah bahan organik tanah melalui batang, ranting, dan daun-daun yang jatuh ke permukaan tanah. Oleh sebab itu bahan organik banyak ditemukan pada kedalaman atas tanah, karena semakin ke bawah bahan organik semakin berkurang. Hal ini disebabkan adanya akumulasi bahan organik pada kedalaman atas tanah. Namun terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kondisi dimana tanah memiliki cadangan karbon pada kedalaman tanah yang lebih dalam. Hal ini didukung oleh Siringoringo (2014), yang menjelaskan bahwa faktor yang menyebabkan penurunan simpanan karbon permukaan tanah adalah pencucian karbon organik terlarut hingga terbawa pada kedalaman tertentu tanah, penurunan agregasi tanah, dan penurunan perlindungan fisik bahan organik tanah, peningkatan erosi tanah, pencucian karbon organik terlarut dan respirasi oleh akar tanaman.

BABI IV

KESIMPULAN

Kandungan C-organik tertinggi didapatkan pada sistem perkebunan kopi kopi-pinus-cengkeh di Desa Erelembang pada kedalaman dengan kandungan C-organik yaitu 2,70 %, kemudian kebun kopi monokultur dan kebun kopi-pinus yang masing-masing sebesar 2,47 % dan 2,38 % sedangkan cadangan karbon tanah tertinggi didapatkan pada sistem perkebunan kopi-pinus di Bonto-Bonto dengan nilai karbon tanah yaitu 102,02 ton/ha kemudian kebun kopi-pinus-cengkeh dan kebun kopi monokultur yang masing-masing sebesar 93,99 ton/ha dan 90,59 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Abera, G dan E.W. Meskel. 2013. Soil Properties, and Soil Organic Carbon Stocks of Tropical Andosol under Different Land Uses. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2013.3301>. Journal of Soil Science, 3, 153-162.
- Adinugroho, C, W., Andry, I., Supriyanto, & Hasi, S, A. 2013. Kontribusi Sistem Agroforestri Terhadap Cadangan Karbon Di Hulu DAS Kali Bekasi. Jurnal Hutan Tropis. Vol 1(3) : 242-249.
- Augustin C., Cihacek. 2017. Relation Between Soil Carbon And Soil Teksture in The Norhtern Great Plains. Soil Science.
- Azurianti. I. D. Lestariningsih., S. Prijono., A. D. Anggara., S. Lathif. 2023. Studi Dampak Tutupan Lahan Terhadap Simpanan Karbon Di Kawasan Hutan Cempaka, Kecamatan Prigen, Pasuruan, Jawa Timur. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol 10 No 2: 255-264
- Bot, A., Benites, J. 2005. The Importance Of Soil Organic Matter. Key To Drought-Resistant Soil And Sustained Food And Production. FAO Soils Buletin 80. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 95 pp
- BSN, 2011. Pengukuran Dan Penghitungan Cadangan Karbon –Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). SNI (Standar Nasional Indonesia), Badan Standadisaai Nasional, Jakarta.
- Colins, H. P., Rasmunssen, P. E., Douglas, Jr. C. 1992. Crop Rotation And Recidues Management Effect, On Soil Organic Carbon And Microbial Dynamics. Soil Sci. Soc.Am. J. 56:783-788 hal.
- Damanik, M & Khaerul, A. 2022. Carbon Stocks Potential And Economic Value Valuation Of Carbon Stocks In Ebony Stand. Journal of natural Resources and Environmental Management. Vol 12(4) : 696 – 705.
- Don, A., Schumacher, J., & Freibauer, A. 2011. Impact Of Tropical Land-Use Change On Soil Organic Carbon Stocks ± A Meta-Analysis. Global Change Biology 17(4), 1658- 1670.
- Drupadi, T. A., Ariyanto, D. P., & Sudadi, S. 2021. Pendugaan Kadar Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Berbagai Kemiringan dan Tutupan Lahan di KHDTK Gunung Bromo UNS. Agrikultura, 32(2), 112.
- Edwin, M. 2016. Penilaian Stok Karbon Tanah Organik Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Kutai Timur, Kalimantan Timur. Jurnal Agrifor Volume XV Nomor 2. ISSN P 1412-6885 ISSN O 2503-4960
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., Rahayu, S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi ke 2. Bogor: Agroforestry Centre.

- Hairiah, K., Murdiyarso, D. 2007. Alih Guna Lahan dan Neraca Karbon Terrestrial. Word Agroforestry Centre-ICRAF. SE. Asia. Bogor- Indonesia. 88 hal.
- Hakim, L. 2021. Agroforestri Kopi: Mendorong Taman Hayati dan Wisata Kopi. Malang: Media Nusa Creative.
- Hardjana, AK. 2009. Biomass and Carbon Potential of Forest Plantation of Acacia Mangium in HTI PT. Surya Hutani Jaya, East kalimantan. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan.. Vol 7(4) : 237-249.
- Islamiah, N. 2024. Estimasi Cadangan Karbon Perkebunan Kopi (*Coffea* sp.) Monokultur Dan Agroforestri Di Kabupaten Gowa. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Lal, R. 2006. Soil Carbon Dynamics In Cropland And Rangeland. Environmental Pollution. 116: 353 – 362
- Lestari, K. W., L. N. Dewi. 2023. Potensi Simpanan Karbon Pada Beberapa Tipe Agroforestri Berbasis Kopi Robusta Di Desa Rowosari, Jember. Jurnal Silvikultur Tropika Vol. 14 No. 02 Hal 150-157
- Martini, E., Riyandoko, J. M. Roshetko. 2017. Pedoman Membangun Kebun Agroforestry Kopi.
- McCauley A, Jones C, Olson-Rutz K. 2017. Soil pH and organic matter. Nutrient Management Module No.8. Montana State University.
- Nishina, K., et al. 2013. Umpan Balik Biosfir Untuk Peningkatan Karbon Dioksida Atmosfer Di Dunia Masa Depan Yang Lebih Hangat. <http://www.earth-systdynamdiscuss.net/4/1035/2013/esdd4-1035-2013>.
- Nurfansya., E, Yayan, H, Adhya, I. 2019. Potensi Karbon Tersimpan pada Tegakan Pinus (*Pinus Merkusii*) di Blok Pasir Batang Kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai. Jurnal Wanaraksa, 13(1).
- Ohta, S., Morisada, K., Tanaka, N., Kiyono, Y., Effendi, S., 2000. Are soil in degraded Dipterocarp forest ecosystem deteriorated? A comparison Imperata grasslands, degraded secondary forests, and primary forests. https://www.researchgate.net/publication/251373697_Are_Soils_in_Degrad_Dipterocarp_Forest_Ecosystems_Deteriorated_A_Comparison_of_Imperata_Grasslands_Degraded_Secondary_Forests_and_Primary_Forests.
- Olsson M. T., et al. 2009. "Organic Carbon Stocks in Swe-dish Podzol Soils in Relation to Soil Hydrology and Other Site Characteristics," *Silva Fennica*, Vol. 43, No. 2, 2009, pp. 209-222.
- Parerung, G. L. 2021. Potensi Simpanan Karbon Pada Tegakan Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese) dengan Umur Berbeda Di Kecamatan Mengkendek Kabupaten Tana Toraja. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Makassar.

- Powlson DS, Cai Z, Lemanceau P. 2015. Soil Carbon Dynamics and Nutrient Cycling, dalam Banwart, S.A., E. Noellemeyer, E. Milne (Editor), Soil carbon: science, management and policy for multiple benefits. SCOPE series. 71: 98-107
- Priyadarshini, R., K.Hairiah., D. Suprayogo., J.B.Baon. 2011. Keragaman Pohon Penaung Pada Kopi Berbasis Agroforestri dan Pengaruhnya Terhadap Layanan Ekosistem. Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus: 7F (81–85),
- Ruddiman, W. 2007. Losses of Soil Carbon Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate.
- Ruddiman., W. 2007. Losses Of Soil Carbon Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control Of Climate. Princeton, NJ: Princeton University Press. 202 pp.
- Saleilei, A. A., Salampak., N. Yulianti., F. F. Adji. , Z. Damanik., Giyanto. 2022. Studi Kandungan C-Organik, Kadar Abu, Dan Bobot Isi Gambut Pedalaman Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (Khdtk) Tumbang Nusa, Kalimantan Tengah. Jurnal Ilmu Lingkungan, Vol 16 (1) : 59-66
- Schmitt-Harsh, M., T.P. Evans, E. Castellanos, and J. C. Randolph. 2013. Carbon stocks in coffee agroforests and mixed dry tropical forests in the western highlands of Guatemala. *Agroforest Syst.*, 86:141–157.
- Siringoringo H. H. 2014. Peranan Penting Pengelolaan Penyerapan Karbon Kedalam Tanah. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*.
- Siringoringo, H. H. 2014. Potensi Sekuestrasi Karbon Organik Tanah Pada Pembangunan Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vol. 10 No. 2: 193-213
- Staf Pusat Penelitian Tanah. 1993. Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Stockmann, U., M. A. Adams, J. W. Crawford, D. J. Field, N. Henakaarchchi, M. Jenkins, B. Minasny, A. B. McBratney, V. de R. de Courcelles, K. Singh, I. Wheeler, L. Abbott, D. A. Angers, J. Baldock , M. Bird, P. C. Brookesf, C. Chenu, J. D. Jastrow, R. Lal, J. Lehmann, A. G. O'Donnell, W. J. Partonl, D. Whitehead, M, Zimmermann.. 2012. The Knowns, Known Unknowns and Unknowns of Sequestration of Soil Organic Carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Elsevier, 164; 80-99
- Supriadi, H., Diby, P. 2015. Prospek Pengembangan Agroforestri Berbasis Kopi Di Indonesia. *Perspektif* Vol 14 No. 2 : 135 -150 ISSN: 1412-8004

Teddlie, C dan F. Yu. 2009. Mixed Methods Sampling: A Typology With Examples. *Journal of Mixed Methods Research*. DOI: 10.1177/2345678906292430. 2007; 1; 77.

Widianto, H. Kurniatun, S. Didik, A. S. Mustofa. 2003. *Fungsi dan Peran Agroforestri*. World Agroforestry Centre (ICRAF)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Informasi Titik Pengamatan

Lokasi	Titik	Perkebunan	Kedalaman (cm)
	K2U1L1		0-30
Bonto-Bonto (kebun kopi- pinus)	K2U1L2	Kopi – Pinus	30-60
	K2U1L3		60-90
	K2U1L4		90-100
	K3U1L1		0-30
Mamampang (Kebun kopi monokltur)	K3U1L2	Kopi Monokultur	30-60
	K3U1L3		60-90
	K3U1L4		90-100
	K4U1L1		0-30
Erelembang (Kebun kopi- pinus- cengkeh)	K4U1L2	Kopi – Pinus – Cengkeh	30-60
	K4U1L3		60-90
	K4U1L4		90-100

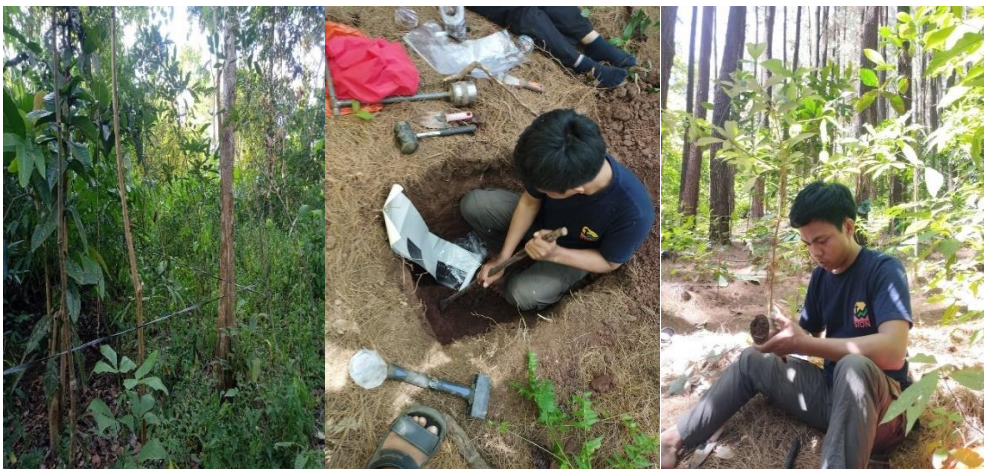
Lampiran 2. Tabel Analisis Organik Pada Kebun Kopi Dengan Sistem Agroforestri Kopi Yang Berbeda

Laboratorium	BD (g/cm ³)	C- organik (%)	Kedalaman (cm)	Ct (gr/cm ²)	C tanah (ton/ha)
Bonto-Bonto (Kebun kopi- pinus)	1,25	2,38	30	1,020	102,02
	1,40	2,37	30	0,994	99,38
	1,45	2,34	30	0,891	89,11
	1,13	2,33	10	0,264	26,44
Mampang (Kebun kopi monokultur)	1,19	2,47	30	0,906	90,59
	1,34	2,37	30	0,792	79,21
	1,46	2,09	30	0,704	70,38
	1,6	1,90	10	0,191	19,13
Erelembang (Kebun kopi- pinus-cengkeh)	0,86	2,70	30	0,940	93,99
	0,98	2,57	30	0,758	75,78
	1,27	2,46	30	0,696	69,62
	1,23	2,35	10	0,289	28,91

Dokumentasi Penelitian



Lampiran Gambar 1. a.) Kebun Kopi berbasis agroforestri sederhana Desa Bonto-Bonto, b.) Kebun kopi monokultur Desa Mamampang, c.) Kebun Kopi berbasis agroforestri sederhana Desa Erelembang



Lampiran Gambar 3. a.) Penentuan dan pembuatan plot titik penelitian, b.) Pengambilan sampel tanah terganggu, c.) Pengambilan sampel tanah utuh.

