

**SIMPANAN KARBON TANAH DAN EMISI KARBON DIOKSIDA
TANAH PADA PENGGUNAAN LAHAN HUTAN DAN PERTANIAN
DI WILAYAH DAERAH ALIRAN SUNGAI TANRALILI**

**SOIL CARBON STORAGE AND SOIL CARBON DIOXIDE
EMISSIONS IN FOREST AND AGRICULTURAL LAND USE IN
TANRALILI WATERSHED AREA**

MARSELIANTI

P032202003



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**SIMPANAN KARBON TANAH DAN EMISI KARBON DIOKSIDA
TANAH PADA PENGGUNAAN LAHAN HUTAN DAN PERTANIAN
DI WILAYAH DAERAH ALIRAN SUNGAI TANRALILI**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup

Disusun dan diajukan oleh

MARSELIANTI

P032202003

Kepada

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS**SIMPANAN KARBON TANAH DAN EMISI KARBON DIOKSIDA TANAH
PADA PENGGUNAAN LAHAN HUTAN DAN PERTANIAN
DI WILAYAH DAERAH ALIRAN SUNGAI TANRALILI**

Disusun dan diajukan oleh

MARSELIANTI
NIM: P032202003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Pengelolaan Lingkungan Hidup
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin

pada tanggal 10 Agustus 2023

dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama


Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair., MS.
NIP. 19540828 198302 1 001

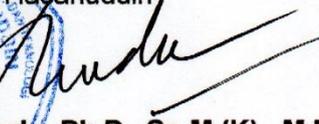
Pembimbing Pendamping

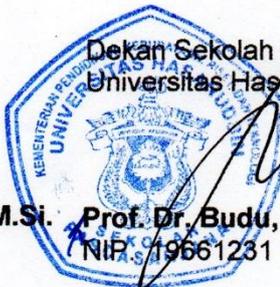

Prof. Dr. Ir. Rismaneswati., SP., MP.
NIP. 19760302 200212 2 002

Ketua Program Studi
S2 Pengelolaan Lingkungan Hidup


Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi., M.Si.
NIP. 19650810 199103 1 006

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Budu, Ph.D., Sp.M (K), M.MedEd.
NIP. 19661231 199503 1 009



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Simpanan Karbon Tanah dan Emisi Karbon Dioksida Tanah pada Penggunaan Lahan Hutan dan Pertanian di Wilayah Daerah Aliran Sungai Tanralili” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S. sebagai Pembimbing Utama dan Prof. Dr. Ir. Rismaneswati, S.P., M.P. sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupaun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah disubmit di konferensi internasional “Food Security and Sustainable Agriculture in the Tropics” (FSSAT 4) Makassar sebagai artikel dengan judul “Simpanan Karbon Tanah pada Penggunaan Lahan Hutan dan Pertanian di Daerah Aliran Sungai Tanralili”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 20 Agustus 2023



Marselianti
P032202003

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih dan penyertaan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Tesis ini merupakan syarat untuk menyelesaikan studi pada program pascasarjana, program studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, Universitas Hasanuddin.

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana atas bimbingan, diskusi dan arahan dari Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S sebagai Pembimbing Utama dan Prof. Dr. Ir. Rismaneswati, S.P, M.P sebagai Pembimbing Pendamping. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka untuk waktunya dalam memberikan ilmu kepada penulis sejak rencana penelitian hingga rampungnya tesis ini. Terima kasih kepada Pimpinan Universitas Hasanuddin dan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program magister serta para dosen dan civitas akademik Pascasarjana.

Kepada kedua orang tua dan saudara saya, Ayahanda Anis, Ibunda Marta Kalembe, S.Pd. kakak saya Michael Tarra', S.T. adik saya Desrianti Tarra', S.Ft., Physio. saya sangat berterima kasih atas segala doa yang tiada henti, motivasi, dukungan baik secara moril dan materil selama saya menempuh pendidikan magister di Universitas Hasanuddin.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini selama pengambilan sampel di lapangan dan analisis laboratorium, terima kasih untuk waktu dan tenaga yang telah diluangkan untuk membantu dan mendukung penelitian ini.

Akhir kata semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan mohon maaf atas segala kekurangan dari tesis ini. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Makassar, 20 Agustus 2023



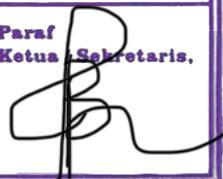
Marselianti

ABSTRAK

Marselianti. *Simpanan Karbon Tanah dan Emisi Karbon Dioksida Tanah pada Penggunaan Lahan Hutan dan Pertanian di Wilayah Daerah Aliran Sungai Tanralili* (dibimbing oleh **Hazairin Zubair** dan **Rismaneswati**).

Tanah merupakan penyimpan karbon jangka panjang dalam ekosistem terestrial dan memegang peran penting dalam siklus karbon global. Tanah dapat bertindak sebagai sumber (CO_2 , CH_4 dan N_2O) atau penyerap (CO_2 dan CH_4) dan berbagai gas rumah kaca, tergantung pada penggunaan dan pengelolaan lahan. Sekuestrasi karbon tanah dianggap sebagai salah satu strategi mitigasi perubahan iklim dan terkait dengan penyimpanan karbon kedalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis status karbon tanah pada penggunaan lahan hutan dan pertanian (2) mengukur dan menganalisis emisi CO_2 yang dihasilkan oleh penggunaan lahan hutan dan pertanian. Lokasi penelitian dilakukan di wilayah DAS Tanralili. Dalam studi ini, pengambilan sampel tanah dan sampel gas diulang tiga kali secara *purposive sampling* pada penggunaan lahan hutan dan pertanian. Sampel tanah diambil menggunakan *box soil sampler* dan sampel gas diambil menggunakan metode *chamber base*. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini yaitu sifat kimia dan fisik tanah yaitu c-organik tanah, nitrogen total tanah, respirasi tanah, berat isi tanah, tekstur tanah, kadar air tanah dan porositas tanah. Variabel lingkungan seperti suhu tanah, kelembaban tanah, suhu udara, dan kelembaban udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata karbon tanah yang tertinggi terdapat pada penggunaan lahan hutan kering sekunder 97 ton/ha/tahun dan terendah pada penggunaan lahan pertanian hortikultura 43 ton/ha/tahun. Ketersediaan karbon tanah dapat dilihat dari C/N rasio, semakin meningkat C/N maka akan mengurangi kemampuan penyerapan karbon tanah. Emisi CO_2 tertinggi pada penggunaan lahan pertanian jagung 7,92 g/m²/hari, pertanian hortikultura 6,85 g/m²/hari, dan terendah pada penggunaan lahan hutan kering sekunder 2,72 g/m²/hari. Pola emisi CO_2 setiap pengukuran dari masing-masing penggunaan lahan dipengaruhi oleh curah hujan dan sifat fisik tanah yaitu porositas tanah. Uji korelasi terhadap faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap emisi CO_2 adalah suhu tanah dan suhu udara.

Kata kunci : *emisi karbon, tanah, hutan, pertanian, DAS Tanralili*

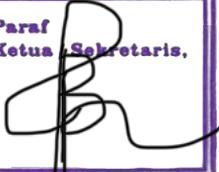
 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : _____	Paraf Ketua / Sekretaris. 

ABSTRACK

Marselianti. *Soil Carbon Storage and Soil Carbon Dioxide Emissions in Forest and Agricultural Land Use In The Tanralili Watersed area* (supervised by **Hazairin Zubair** and **Rismaneswati**).

Soil is a long-term carbon store in terrestrial ecosystems and is vital in the global carbon cycle. Depending on land use and management, soil can act as a source (CO_2 , CH_4 , and N_2O) or absorber (CO_2 and CH_4) of various greenhouse gases. Sequestration of soil organic carbon is considered one of the climate change mitigation strategies and is related to carbon storage in the soil. The objectives of this study were (1) analyze soil carbon status in forest and agricultural land use (2) measure and analyze CO_2 emissions produced by forest and agricultural land use. This research was conducted in Tanralili Watershed area. In this study repeated soil and gas sampling three repetitions using purposive sampling method on forest and agricultural land use. Soil samples were taken using a box soil sampler, and gas samples using the chamber base method. The parameters analyzed in this study were the chemical and physical properties of the soil, namely soil c-organic, soil total nitrogen, soil respiration, soil bulk density, soil texture, soil water content, and soil porosity. Environmental variables such as soil temperature, soil moisture, and air temperature and air humidity. The results showed that the highest average soil carbon was found in secondary dry forest land use at 97 tons/ha/year and the lowest in horticultural agricultural land use at 43 tons/ha/year. The availability of soil carbon can be seen from the C/N ratio. Increasing C/N will reduce the ability of soil carbon absorption. The highest CO_2 emissions were for corn farming 7,92 $\text{g/m}^2/\text{day}$, horticulture farming 6,85 $\text{g/m}^2/\text{day}$, and the lowest for dry secondary forest land use 2,72 $\text{g/m}^2/\text{day}$. The CO_2 emission pattern for each measurement of each land use is influenced by rainfall and soil physical properties, namely soil porosity. The correlation test for the environmental factors most influencing CO_2 emissions is soil temperature and air temperature.

Keywords : *carbon emission, soil, forest, agriculture, DAS Tanralili.*

 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
<p>Abstrak ini telah diperiksa.</p> <p>Tanggal : _____</p>	<p>Paraf Ketua / Sekretaris,</p> 

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Karbon Tanah	4
2.1.1 Bahan Organik dan Karbon Organik Tanah	5
2.1.2 Siklus Karbon tanah	6
2.1.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Karbon Tanah	7
2.2 Emisi CO ₂ Tanah	9
2.2.1 Emisi CO ₂ dari Respirasi Mikroba Tanah (Heterotrofik)	11
2.2.2 Emisi CO ₂ dari Aktifitas Respirasi Akar	12
2.3 Pengelolaan Sumberdaya lahan pada Daerah Aliran Sungai	13
2.4 Kerangka Berfikir	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.2 Bahan dan Alat	18
3.3 Metode Penelitian	19

3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.1 Tahapan Persiapan dan Penentuan Lokasi Pengamatan.....	19
3.4.2 Kegiatan Survei	22
3.4.3 Analisis Laboratorium	24
3.4.4 Analisis dan Pengolahan Data.....	24
3.5 Parameter Pengamatan	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Simpanan Karbon Tanah di setiap Penggunaan Lahan	28
4.2 Hubungan C-organik dan Berat Isi Tanah Terhadap Simpanan Karbon Tanah	32
4.3 Keterkaitan Antara Sifat Kimia Tanah Terhadap Ketersediaan Karbon Tanah	34
4.4 Emisi CO ₂ Berdasarkan Penggunaan Lahan	37
4.5 Pola Emisi CO ₂ Selama Periode Pengamatan.....	41
4.6 Hubungan Antara Emisi CO ₂ dengan Variabel Lingkungan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam survei.....	18
Tabel 3.2 Bahan dan Alat yang digunakan dalam analisis tanah dan gas di laboratorium	18
Tabel 3.3 Lokasi Pengamatan.....	22
Tabel 4.1 Simpanan karbon tanah pada penggunaan lahan hutan	28
Tabel 4.2 Simpanan karbon tanah pada penggunaan lahan pertanian	28
Tabel 4.3 Uji korelasi karbon tanah dengan c-organik dan berat isi tanah pada kedalaman tanah 0-30 cm.....	32
Tabel 4.4 Sifat kimia tanah pada lahan hutan	34
Tabel 4.5 Sifat kimia tanah pada lahan pertanian	34
Tabel 4.6 Emisi CO ₂ pada setiap penggunaan lahan	37
Tabel 4.7 Sifat fisik tanah pada lokasi pengamatan	44
Tabel 4.8 Uji Korelasi antara Emisi CO ₂ dengan variabel lingkungan.....	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Potensi simpanan, pasokan, dan kehilangan karbon tanah.....	8
Gambar 2.2 Proses pembentukan dan pembuangan GRK dalam ekosistem.....	10
Gambar 2.3 Sumber utama CO ₂ tanah dari respirasi dari akar (autotrofik) dan organisme heterotrofik	11
Gambar 2.4 Kerangka berfikir	16
Gambar 3.1. Lokasi DAS Tanralili	17
Gambar 3.2. Peta Satuan Lahan DAS Tanralii	21
Gambar 3.3 Modifikasi alat Chamber Base	23
Gambar 3.4 Bagan alur penelitian.....	27
Gambar 4.1 Ilustrasi perbedaan karbon tanah antara pohon berdaun lebar dan berdaun jarum.....	31
Gambar 4.2. C-organik (a) dan respirasi heterotrofik (b) pada lokasi pengamatan	40
Gambar 4.3. Curah hujan bulanan di lokasi penelitian selama periode pengamatan.....	41
Gambar 4.4. Pola emisi CO ₂ selama periode pengamatan.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Perhitungan karbon tanah	59
2. Pengolahan data Emisi CO ₂	62
3. Variabel pengamatan kondisi iklim mikro lokasi penelitian	71
4. Curah hujan lokasi penelitian.....	72
5. Hasil wawancara petani	73
6. Peta tutupan lahan DAS Tanralili.	75
7. Peta Kemiringan lereng DAS Tanralili	76
8. Peta sebaran curah hujan DAS Tanralili.....	77
9. Foto lokasi pengamatan	78
10. Foto pengambilan sampel tanah	80
11. Foto pengambilan sampel gas	81
12. Foto kegiatan laboratorium.....	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan sumber daya lahan akan meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas manusia dalam melangsungkan kehidupan. Sumber daya alam, lahan atau tanah merupakan bagian dari lingkungan hidup dan memainkan peran penting dalam berbagai kebutuhan manusia. Fungsi lahan akhirnya berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia (Sartohadi, 2007).

Tanah menyimpan karbon untuk waktu yang lama dalam ekosistem terestrial dan memainkan peran penting dalam siklus karbon global, karena tanah mengakumulasi lebih banyak karbon daripada jumlah karbon dalam biomassa tanaman dan atmosfer. Selain itu, karbon yang tersimpan di tanah berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca (Tamocai et al., 2009).

Tanah dapat berfungsi sebagai penyerap (CO_2 , CH_4 , dan N_2O) atau sebagai sumber (CO_2 , CH_4 , dan N_2O) dan berbagai gas rumah kaca, tergantung pada penggunaan dan pengelolaan lahan (Widiatmaka et al., 2012). Pelepasan karbon ke atmosfer memiliki efek ganda terhadap lingkungan. Efek pertama adalah penurunan kualitas atau produktivitas tanah, yang berdampak pada efisiensi penggunaan pasokan bahan organik, pengurangan hasil pertanian, dan peningkatan kerawanan pangan. Efek kedua adalah peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, yang akan mempercepat pemanasan global (Dahal et al., 2010).

Sekuestrasi karbon organik tanah dianggap sebagai salah satu cara untuk mengurangi perubahan iklim, dan terkait dengan penyimpanan karbon dalam tanah (Lal, 2009). Semakin banyak karbon yang tersimpan dalam tanah, semakin sedikit karbon yang ada di atmosfer, yang membantu mengurangi masalah pemanasan global dan perubahan iklim (Chan, 2008).

Sektor *land use, land use change and forestry* (LULUCF) merupakan salah satu sumber emisi terbesar di Indonesia, menyumbang 63% dari emisi total (Sidik et al., 2017). Konversi lahan dan pengolahan tanah sangat terkait dengan dinamisasi karbon tanah. Sekitar 14% emisi gas rumah kaca (GRK) di dunia berasal dari sektor pertanian, yang terdiri dari gas CO_2 , N_2O , dan CH_4 , dan 7% pada skala nasional (Ariani et al., 2014).

Konversi lahan menjadi lahan pertanian memicu kehilangan karbon akibat meningkatnya dekomposisi bahan organik di lapisan olah tanah. Proses dekomposisi bahan organik menghasilkan CO₂ melalui respirasi tanah. Dua komponen utama penyebab hilangnya karbon tanah di lahan pertanian adalah intensitas lahan pertanian dan pengelolaan lahan seperti olah tanah, rotasi tanaman, dan pemupukan, akan memengaruhi dinamika cadangan karbon tanah (Bellamy et al., 2005). Pengolahan tanah yang intensif dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah, yang mengurangi stabilitas cadangan karbon tanah (Siringoringo, 2014) karena karbon dalam tanah memainkan peran penting dalam menentukan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, penyimpanan karbon dalam tanah dipengaruhi oleh sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Six et al., 2002). Jika kondisi kesuburan tanah baik maka simpanan karbon di dalam tanah juga meningkat.

1.2 Perumusan Masalah

Tidak dapat dipungkiri bahwa kebutuhan akan lahan pada wilayah daerah aliran sungai (DAS) semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan manusia untuk melangsungkan kehidupan, namun tanpa disadari eksploitasi sumberdaya alam tidak dapat dihindarkan terutama dalam pemanfaatan lahan dan pengolahan lahan terus berlanjut tanpa terkendali, maka fungsi dan daya dukung lahan serta lingkungan akan terus menerus mengalami penurunan. Proses ini akan membawa kemerosotan pada pertumbuhan ekonomi yang tadinya akan menjadi sumber ekonomi bagi manusia. Bukan hanya terjadi kemerosotan pada pertumbuhan ekonomi namun juga sebagai penyumbang emisi gas rumah kaca (GRK). Pola penggunaan lahan di wilayah DAS merupakan salah satu bagian yang paling krusial dalam pengelolaan DAS. Jika upaya pemanfaatan, pengolahan lahan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat yang beraktivitas pada wilayah DAS dapat disinergikan, maka keberlanjutan dan kelestarian lingkungan akan terjaga.

Ancaman ini dapat terjadi di wilayah DAS Tanralili, dimana konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian yang semakin luas. Beberapa penelitian telah mengkaji perubahan penggunaan lahan di DAS Tanralili. Pada tahun 2000, sekitar 8548 ha atau 33,28% dari total area DAS Tanralili, memiliki tutupan lahan dengan kerapatan vegetasi tinggi. Namun, setelah 13 tahun, tingkat kerapatan vegetasi tinggi menurun menjadi hanya 2329 ha atau 9,07%, yang menunjukkan

penurunan kepadatan vegetasi sekitar 24,21%, atau 6,219 ha. Penurunan ini terutama disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan, terutama semak dan rumput menjadi pertanian lahan kering campuran (Hasnawir et al., 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Surahman, (2021) menemukan bahwa luas hutan tanaman industri menurun sebesar 126,81 ha dari tahun 2010 hingga 2020.

Berbagai aktivitas berbasis lahan yang ada di daerah DAS mendatangkan keuntungan ekonomi seringkali mengakibatkan berkurangnya cadangan karbon. Apabila tidak direncanakan dengan baik, aktivitas pemanfaatan lahan dapat berkontribusi pada peningkatan emisi karbon atau akan berdampak buruk bagi pertumbuhan ekonomi dan ketahanan pangan (Dewi et al., 2013).

Berdasarkan uraian diatas, dapat diidentifikasi rumusan permasalahan yang disederhanakan dalam bentuk pertanyaan yaitu :

1. Bagaimana ketersediaan karbon tanah pada penggunaan lahan hutan dan pertanian di wilayah DAS Tanralili ?
2. Bagaimana tingkat emisi karbon dioksida (CO₂) dari penggunaan lahan hutan dan pertanian di wilayah DAS Tanralili ?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis status karbon tanah pada penggunaan lahan hutan dan pertanian di wilayah DAS Tanralili.
2. Mengukur dan menganalisis emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh penggunaan lahan hutan dan pertanian di wilayah DAS Tanralili.

Manfaat dari penelitian yaitu :

1. Sebagai bahan masukan bagi pemilik atau pengguna lahan untuk mengelola lahannya serta instansi terkait lainnya dalam pengelolaan sumber daya lahan di wilayah DAS Tanralili.
2. Memperkaya literatur dan bahan informasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka mencakup kajian teori dari beberapa penelitian yang telah ada sebelumnya. Kajian tersebut menjadi faktor penting dalam penelitian ini. Berikut kajian teori yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Karbon Tanah

Tanah mengandung kolam karbon (C) terbesar ketiga, berkisar dari 2500 Pg hingga kedalaman 1 m, dengan sekitar 1550 Pg C karbon organik dan kira-kira 950 Pg C karbon anorganik. Karbon aktif dan humus adalah komponen karbon organik tanah (Lal, 2009). Tanah memainkan peran yang sangat penting dalam dinamika karbon biosfer dan memiliki potensi besar sebagai sumber atau penyimpan karbon atmosfer, karena tanah menyimpan sekitar 81% karbon di ekosistem terestrial (Mendham et al., 2003).

Terdapat 3 (tiga) pemasok karbon utama yang menyumbang karbon ke tanah, yaitu : (a) tajuk tanaman pohon dan tanaman semusim yang masuk sebagai serasa dan sisa panen; (b) akar tanaman, melalui kematian akar, ujung akar, ekskresi akar, dan respirasi akar; dan (c) biota, biota heterotrofik mengubah serasa dan akar mati yang masuk ke dalam tanah dengan cepat dan kemudian masuk ke kantong bahan organik tanah (Mini & Rao, 2011).

Sebagian besar karbon tanah yang berasal dari bahan organik tanah berfungsi sebagai indikator keberlanjutan, kesuburan, dan produktivitas tanah di ekosistem darat. Dengan kata lain, karbon tanah, yang lebih sering disebut sebagai karbon organik tanah, merupakan indikator penting untuk keberlanjutan ekosistem darat. Ini akan memengaruhi iklim dunia di masa depan (Govers et al., 2012). Tanah terkait erat dengan perubahan komposisi atmosfer, iklim, dan tutupan lahan karena tanah adalah gudang karbon terbesar yang dapat menyimpan dan melepaskan karbon organik di darat (Jobba'gy et al., 2000). Dengan demikian, perubahan (penurunan atau peningkatan) jumlah karbon organik tanah di lahan dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap perubahan iklim secara global (Mendham et al., 2003).

Karbon dalam bentuk organik maupun anorganik karbon disimpan dalam tanah. Melalui pelapukan, pelarutan, dan penguapan karbonat, karbon dioksida

(CO₂) atmosfer berinteraksi dengan komponen anorganik tanah dan memainkan peran penting dalam kondisi CO₂ atmosfer dalam jangka waktu yang lama. Secara global, pelapukan menghasilkan 0,4 Pg C CO₂ per tahun. Akibatnya, laju pelapukan dan konsumsi karbon dioksida dinyatakan secara lokal berdasarkan laju perkembangan tanah. Dalam kebanyakan kasus, laju konsumsi karbon yang disebabkan oleh pelapukan lebih rendah daripada laju penyerapan karbon di bagian kerak bumi yang meluruh dalam jangka waktu yang lama (Trumbore et al., 2003).

Simpanan karbon tanah, juga dikenal sebagai stok karbon bawah permukaan, adalah jumlah karbon yang tersimpan di dalam tanah di suatu wilayah. Data utama yang diperlukan untuk menghitung data simpanan karbon tanah disuatu wilayah adalah (1) berat isi (BI) atau densitas massa (BD), yaitu berat tanah dalam volume tertentu (gr/cm³ atau kg/dm³ atau ton/meter kubik); (2) kandungan karbon organik dalam tanah (persen berat atau g/g atau kg/kg); (3) ketebalan lapisan tanah (cm atau m); dan (4) luas lahan di mana cadangan karbon diperkirakan (Agus et al., 2011). Cadangan karbon tanah biasanya terkonsentrasi di permukaan tanah, terutama pada kedalaman kurang dari 30 cm pada tanah mineral, berbeda dengan tanah gambut yang karbon tanahnya terkonsentrasi di semua kedalaman (Siringoringo, 2014).

2.1.1 Bahan organik dan karbon organik tanah

Dalam fungsi pertanian yaitu produksi dan ekonomi serta fungsi lingkungan, seperti pengikatan dan penyimpanan karbon dan kualitas air, bahan organik tanah merupakan indikator penting kualitas tanah. Selain itu, bahan organik dan aktivitas biologis memengaruhi sifat fisik dan kimia tanah. Penambahan bahan organik ke tanah dapat meningkatkan kohesi dan kestabilan struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan dan menahan air, dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi air dan angin. Bahan organik juga meningkatkan dinamika dan ketersediaan unsur hara yang diperlukan tanaman. (Robert, 2001) .

Bahan organik tanah telah lama dianggap sebagai sumber dan penyerap gas rumah kaca, dan merupakan salah satu penyerap karbon terbesar dalam hal pertukaran dengan CO₂ atmosfer (Trumbore et al., 2003). Karbon organik tanah dibuat oleh bioma yang terdekomposisi, yang menyuburkan tanah dan menyerap CO₂ dari atmosfer, mengurangi dampak gas rumah kaca (GRK).

Dalam ekosistem, tingkat karbon organik tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk iklim, tanah, vegetasi, dan waktu namun dalam kondisi tertentu, tingkat keseimbangan dapat dicapai. Input karbon dan kehilangan karbon yang disebabkan oleh mineralisasi karbon dioksida dan erosi mengimbangi penyimpanan karbon organik tanah secara bertahap. Potensi penyerapan karbon organik tanah, atau potensi karbon, menentukan perbedaan antara tingkat kesetimbangan karbon organik tanah dan tingkat kehilangan saat ini. Potensi karbon adalah jumlah yang secara teoretis dapat dikembalikan ke tanah (Chan, 2008).

Sebagian besar, tingkat karbon organik tanah dipengaruhi oleh praktik pengelolaan yang memengaruhi input dan output karbon. Praktik-praktik ini termasuk produksi primer bersih; kualitas residu organik; pengelolaan residu (seperti pembakaran atau penebangan); dan pengelolaan tanah (seperti persiapan lahan). Jumlah karbon terdiri dari karbon organik dan karbon anorganik, masing-masing ditemukan dalam bahan organik tanah dan mineral karbonat. Cadangan karbon terdiri dari tiga bagian utama yaitu biomassa, yang merupakan bagian dari vegetasi hidup; nekromasa, yang merupakan bagian dari vegetasi mati; dan bahan organik tanah, yang merupakan sisa-sisa makhluk hidup yang mengalami pelapukan sebagian atau seluruhnya dan merupakan bagian penuh dari tanah (Hairiah & Murdiyarso, 2007).

2.1.2 Siklus karbon tanah

Karbon mengalir ke dalam dan ke luar dari tanah secara konsisten; ini menunjukkan keseimbangan antara proses akumulasi dan kehilangan yang berlawanan (Liddicoat et al., 2010). Kualitas, ketersediaan, dan stabilitas karbon organik tanah sangat beragam dan tidak terdistribusi secara merata di antara sel-sel tanah. Karena siklus karbon tanah berinteraksi dengan siklus air dan hara, serta biota tanah, sifat senyawa karbon organik di tanah sangat beragam, mulai dari senyawa yang sangat mudah terdegradasi hingga senyawa yang secara fisik tahan terhadap dekomposisi atau secara molekuler sangat stabil. Berdasarkan ukuran dalam kemudahan dekomposisi, sifat kimia dan fisik, jenis atau fraksi karbon atau bahan organik tanah biasanya diklasifikasikan menjadi cepat, lambat, atau pasif. Kategori ini menunjukkan seberapa cepat mereka terurai dan digantikan oleh materi baru (Corsi et al., 2012).

Secara umum, fotosintesis mengubah karbon dioksida atmosfer menjadi karbohidrat; pertumbuhan tunas di atas permukaan tanah dan pertumbuhan akar

di bawah permukaan tanah menyediakan dua rantai makanan. Ketika tanaman tumbuh dengan baik, akar dan jamur membantu mikroba lain dan meningkatkan karbon organik tanah. Karbon dalam eksudat akar membantu biota tanah. Dekomposer (bakteri, jamur, dan biota yang lebih besar) juga tumbuh dan berkembang biak, mengkonsumsi karbon organik tanah dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih stabil dan akhirnya menjadi humus. Selama aktivitas biota tanah, sebagian karbon dibentuk dan didaur ulang menjadi karbon organik dan kemudian hilang ke atmosfer (Liddicoat et al., 2010).

Jumlah karbon organik tanah tidak berubah secara bersih ketika pasokan dan kehilangan karbon seimbang. Jumlah karbon organik di tanah akan terus meningkat jika karbon yang dihasilkan dari fotosintesis melebihi karbon yang hilang (Ontl & Schulte, 2012). Pasokan karbon akan mengikuti penurunan atau penundaan produksi tanaman. Jika tidak ada pasokan karbon dari proses fotosintesis, dekomposer seperti bakteri, jamur, dan biota yang lebih besar akan mendominasi, yang berarti karbon organik di tanah rendah. Karena karbon organik selalu dipecah oleh mikroorganisme, jumlah yang tersimpan dalam tanah secara bertahap berkurang jika tidak ada pasokan karbon organik yang konstan. Karbon organik tanah hampir selalu tetap dan terus berubah, secara bertahap menanggapi perubahan lingkungan, dan bergerak menuju tingkat keseimbangan baru saat lingkungan berubah (Liddicoat et al., 2010).

2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi karbon tanah

Siringoringo, (2014) memberikan penjelasan tentang kemungkinan penyimpanan, pasokan, dan kehilangan karbon di dalam tanah. Prosesnya dapat dianalogi dengan sebuah ember sebagai potensi simpanan, proses ini memiliki kran pasokan sisa tumbuhan dan kran kehilangan karena mineralisasi dan dekomposisi mikroba (Broos & Baldock, 2008) pada Gambar 1.

Persediaan atau pasokan karbon tanah dipengaruhi oleh vegetasi di atasnya. Tipe tanaman yang tumbuh, jumlah bahan kering tanaman yang terakumulasi selama masa pertumbuhan, dan faktor lingkungan yang mengontrol produksi tanaman memengaruhi pasokan karbon tanah (Sanderman et al., 2011).

Keberadaan vegetasi mempengaruhi jumlah karbon yang diberikan ke tanah dan kualitasnya. Tanah yang terbentuk di bawah vegetasi hutan biasanya mengandung jumlah bahan organik setidaknya dua kali lebih banyak daripada jumlah bahan organik yang terus ditambahkan ke lapisan atas tanah.

Dalam beberapa jenis tanah, aktivitas dan keragaman pengurai dan hewan tanah seperti cacing tanah, semut, dan rayap dapat meningkatkan jumlah karbon organik yang stabil (SOC). Sebaliknya, peningkatan produksi biomassa tanaman meningkatkan SOC, sedangkan penambahan residu tanaman dengan rasio karbon (C): nitrogen (N) yang lebih tinggi dan rasio N: lignin yang lebih rendah mengurangi laju dekomposisi residu dan dapat mempertahankan atau meningkatkan SOC.

Pasokan (<i>Input</i>)	Simpanan karbon tanah (<i>Soil carbon stock</i>)	Kehilangan (<i>Output</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Net primary productivity</i>/NPP (fotosintesis) - Tambah bahan organik dari luar Faktor: <ul style="list-style-type: none"> - curah hujan/irigasi yang cukup - kesuburan tanah - komposisi tanaman - pertanian konservasi - tanaman hidup selama beberapa tahun (<i>perennials</i>) - menahan residu tanaman (misalnya hindari pembakaran, pemotongan jerami, dan penggembalaan berlebihan) 	 <p>Simpanan karbon tanah merespon perubahan terhadap pasokan dan kehilangan - sering bergerak secara lambat menuju keseimbangan baru</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Konversi karbon tanah ke CO₂ selama dekomposisi - Pemindahan bahan organik Faktor: <ul style="list-style-type: none"> - suhu tinggi - aktifitas mikroba - pengolahan lahan - masa bera - erosi

Gambar 2.1 Potensi simpanan, pasokan, dan kehilangan karbon tanah

Sumber : (Siringoringo, 2014)

Potensi penyimpanan karbon tanah dianalogikan seperti ember bocor yang akan terus terisi hingga mencapai titik tertingginya. Ukuran ember dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, seperti kandungan liat, kedalaman, dan kerapatan massa tanah atau berat isi. Ukuran ember menunjukkan jumlah total karbon yang dapat disimpan oleh tanah.

Kemampuan tanah untuk menahan karbon berkorelasi positif dengan persentase tekstur lempung, atau tekstur yang lebih berat. Bahan organik ditutupi oleh jenis liat terkecil untuk membentuk agregat stabil yang secara fisik melindunginya dari pembusukan mikroba. Di tanah dengan sedikit atau tidak ada liat, bahan organik bergerak dengan cepat. Hal ini menjelaskan kesulitan meningkatkan karbon organik pada tanah berpasir dengan tekstur kasar (Gupta et al., 2008).

Jumlah simpanan karbon organik tanah berkurang sebagai akibat dari aktivitas manusia. Contohnya termasuk pengelolaan hutan, penggundulan hutan, dan kegiatan pertanian, di mana biomassa yang dikembalikan ke tanah berkurang baik di atas maupun di bawah tanah. Perubahan dalam status

kelembaban dan suhu tanah juga menyebabkan dekomposisi bahan organik menjadi lebih cepat. Pengolahan tanah, penurunan aglomerasi tanah dan perlindungan fisik bahan organik tanah, peningkatan erosi dan respirasi akar tanaman (Lal, 2005).

Karbon organik selalu terdekomposisi oleh mikroorganisme, jumlah yang tersimpan dalam tanah akan secara bertahap menurun jika tidak ada pasokan karbon organik yang konstan (Carson et al., 2010). Proses dekomposisi terjadi ketika mikroorganisme menggunakan karbon organik yang ada dalam tanah untuk mendapatkan karbon, nutrisi, dan energi. Sekitar setengah dari karbon organik ini diubah oleh mikroba menjadi karbon dioksida, yang kemudian hilang dari tanah. Bahan organik akan terurai lebih cepat di tempat yang lebih hangat jika ada cukup kelembapan.

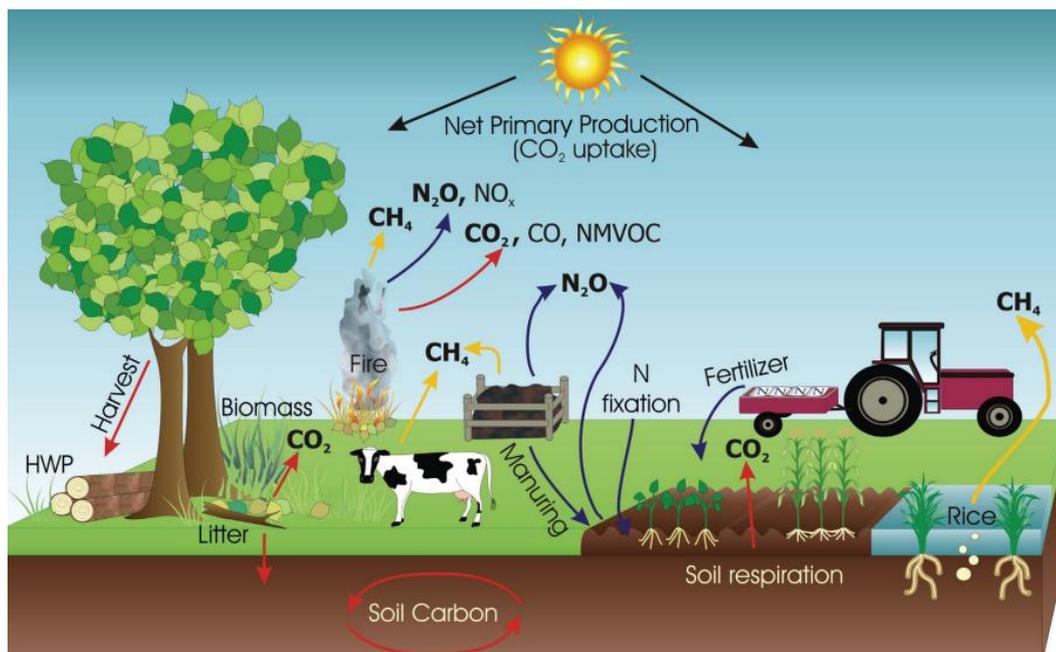
Kehilangan karbon organik tanah melalui erosi permukaan juga dapat berdampak besar pada jumlah karbon organik yang tersimpan di dalam tanah, karena karbon organik terkonsentrasi di lapisan atas tanah dalam bentuk partikel kecil yang rentan terhadap erosi (Carson et al., 2010). Penggunaan herbisida yang lama untuk pengendalian gulma juga dapat menyebabkan karbon organik tanah berkurang (Chan, 2008).

2.2 Emisi CO₂ Tanah

Salah satu gas rumah kaca terpenting adalah karbon dioksida (CO₂), dianggap sebagai salah satu gas rumah kaca yang paling penting dan potensial, gas ini tidak dapat terkondensasi, menyumbang 80% dari radiasi yang menyebabkan gas rumah kaca bertahan di atmosfer (Hanson & Gunderson, 2009).

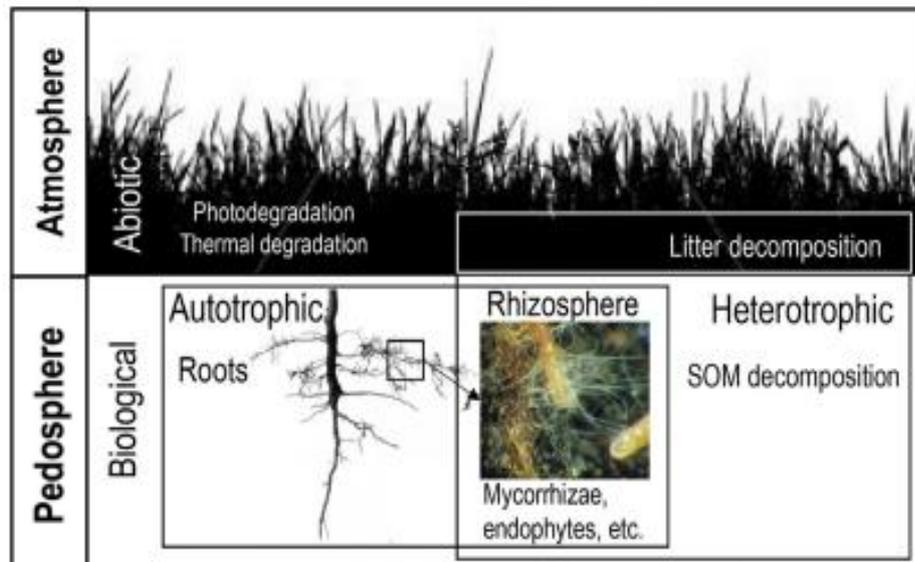
Pada Gambar 2.2. menunjukkan bagaimana CO₂ dipancarkan dari tanah ke atmosfer. Tanah merupakan bagian dari sistem yang mengatur konsentrasi CO₂ di atmosfer. Setiap tahun, hampir 10% karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer dari tanah (Raich & Schlesinger, 1992). Pengelolaan lahan yang buruk menyebabkan peningkatan konsentrasi CO₂. Menurut Paustian et al., (2004), gas rumah kaca antropogenik seperti CO₂, N₂O, dan CH₄ menyumbang 10-12% dari produksi pertanian. Indonesia didominasi oleh tanah mineral, tetapi penelitian tentang emisi karbon terutama berfokus pada tanah organik, atau tanah gambut, di daerah tropis. Hanya sekitar 14,9 juta hektar dari 188 juta hektar lahan gambut di Indonesia.

Pengolahan tanah intensif menyebabkan bahan organik menjadi lebih cepat oksidasi, yang meningkatkan pelepasan gas karbon dioksida ke atmosfer. Kondisi lingkungan dalam sistem pertanian intensif mendukung aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik. Respirasi tanah adalah proses di mana proses dekomposisi bahan organik dan mineralisasi unsur, termasuk emisi karbon dioksida ke udara, berjalan lebih cepat ketika aktivitas mikroba tanah meningkat (Putri et al., 2014).



Gambar 2.2. Proses pembentukan dan pembuangan gas rumah kaca dalam ekosistem
Sumber : (IPCC, 2016)

Salah satu indikator ekosistem yang sangat penting antara ekosistem darat dan atmosfer adalah respirasi tanah. Ini mencakup semua aktivitas di dalam tanah, termasuk konversi bahan organik tanah menjadi CO_2 , dekomposisi sisa tumbuhan, dan proses metabolisme (Comstedt et al., 2011). Respirasi tanah juga telah digunakan untuk menunjukkan mineralisasi dan stabilisasi karbon tanah setelah penambahan bahan organik. Menurut Rochette et al., (2000), ada dua komponen utama respirasi tanah adalah respirasi akar (autotrofik) dan respirasi mikroba tanah dari degradasi bahan organik.



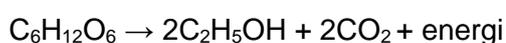
Gambar 2.3 Sumber utama CO₂ tanah dari respirasi dari akar (autotrofik) dan organisme heterotrofik

Sumber : (Phillips & Nickerson, 2015)

Tergantung pada ketersediaan oksigen, respirasi tanah dapat berlangsung secara aerobik atau anaerobik. Jika ada oksigen, respirasi aerobik terjadi, yang melepaskan karbon dioksida ke udara atau air di sekitarnya melalui reaksi (Gaur, 1986) :



Pada keadaan tanpa oksigen, respirasi anaerobik yang terjadi, yang melepaskan metan ke lingkungan sekitarnya yang akhirnya berpindah ke ke udara dengan reaksi :



2.2.1 Emisi CO₂ dari respirasi mikroba tanah (heterotrofik)

Jaringan tumbuhan meliputi daun, batang (misalnya kayu untuk pepohonan), dan akar. Daun dan akar biasanya hidup selama beberapa bulan sampai beberapa tahun sebelum mati, sedangkan jaringan kayu dapat tumbuh selama ratusan tahun di hutan. Bahan tanaman mati, seperti serasah, diuraikan oleh mikroorganisme, untuk menyediakan energi untuk pertumbuhan mikroba dan aktivitas lainnya. Pada saat yang sama, karbon dioksida dilepaskan kembali ke

atmosfer melalui respirasi mikroba. Biomassa mikroba hidup bercampur dengan residu organik tanaman mati dan mikroorganisme mati untuk membentuk bahan organik tanah.

Pertumbuhan tanaman yang lebih baik juga menghasilkan biomassa yang lebih banyak, sekitar 40% dari biomassa (berupa daun, ranting, ranting dan akar) akan tetap berada di tanah dan meningkatkan bahan organik tanah (Djajakirana et al., 2012). Bahan organik tanah dapat menyimpan karbon di dalam tanah selama ratusan dan ribuan tahun, yang kemudian dipecah menjadi karbon dioksida melalui respirasi mikroba.

Respirasi komponen heterotrof mencerminkan aktivitas mikroorganisme tanah dan hewan dalam kondisi aerobik atau anaerobik. Kegiatan ini berkaitan dengan kandungan karbon di dalam tanah. Ketersediaan bahan organik tanah merupakan sumber energi bagi perkembangan mikroba. Del Grosso et al., (2005) menekankan perbedaan ukuran karbon pool aktif dan labil, termasuk serasah segar, serat ranting dan akar, serta biomassa mikroba sebagai sumber penting respirasi heterotrofik.

2.2.2 Emisi CO₂ dari aktifitas respirasi akar

Menurut Hanson & Gunderson, (2009), aktivitas respirasi akar merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam respirasi tanah, dengan kontribusi antara 10% dan 90% dari total respirasi tanah. Dalam penelitiannya di padang rumput Coleman, (1973), menemukan bahwa 6-16% dari komponen yang mendorong respirasi tanah berasal dari dekomposisi serasah, 8-17% dari akar, dan 67-80% dari aktivitas mikroba rizosfer.

Respon dinamika akar tanaman terhadap peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer, peningkatan suhu, dan perubahan curah hujan dapat menjadi penghubung utama antara pertumbuhan tanaman dan perubahan jangka panjang bahan organik tanah dan keseimbangan karbon ekosistem. Oleh karena itu, akar penting bagi tanaman dan ekosistem darat. Zona akar atau rizosfer adalah pusat populasi dan aktivitas mikroba, karena eksudat akar yang melimpah berkontribusi pada pelepasan CO₂ oleh autotrof. Respirasi akar adalah bagian dari respirasi autotrofik. Respirasi akar berhubungan dengan struktur akar, yang mempengaruhi perolehan unsur hara dan air dari tanah.

Dibandingkan dengan tanah yang tidak dipengaruhi oleh keberadaan akar tanaman, komunitas mikroba dan proses dekomposisi lebih tinggi di rizosfer. Ekberg et al., (2007), menyatakan bahwa ini disebabkan oleh tiga faktor: (1)

peningkatan ketersediaan substrat, seperti akar mati di rizosfer, yang meningkatkan kualitas komunitas dekomposer; (2) peningkatan ketersediaan eksudat akar dan derivatnya, yang akan meningkatkan dekomposisi lignin; dan (3) komposisi struktural karbon organik terlarut. Gas CO₂ merupakan produk akhir dari proses dekomposisi, proses dekomposisi yang lebih cepat ini menyebabkan fluks CO₂ yang lebih tinggi di rizosfer.

Pada tutupan hutan alam, Richards, (1974) menemukan bahwa respirasi akar mempengaruhi 35% respirasi tanah, dekomposisi serasah mempengaruhi 48%, dan respirasi lain di dalam tanah mempengaruhi 17%. Dalam siklus krebs, tumbuhan menjalani respirasi akar untuk menghasilkan energi, berbagai asam amino dan nukleotida untuk pertumbuhan tanaman, dan NADPH, juga dikenal sebagai Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate, untuk biosintesis jaringan (Lambers et al., 1979).

Kuswandora (2012), menemukan bahwa aktivitas respirasi tanah, khususnya aktivitas tumbuhan, sangat mempengaruhi tingkat emisi CO₂ pada tanah mineral. Tanah mineral yang ditanami kacang tanah, jagung, dan singkong menghasilkan emisi CO₂ 13,23 ton/ha, 8,11 ton/ha, dan 9,73 ton/ha, sedangkan lahan bera di antara baris tanaman menghasilkan emisi CO₂ 1,72 ton/ha, 1,96 ton/ha, dan 0,90 ton/ha.

2.3 Pengelolaan Sumberdaya lahan pada Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografis dibatasi oleh punggung gunung yang menerima, menampung, dan menyimpan air hujan, yang kemudian disalurkan ke laut melalui sungai-sungai utama. Ekosistem DAS terbuka terdiri dari topografi, curah hujan, jaringan sungai, kondisi tanah, dan penggunaan lahan. Dalam ekosistem DAS terjadi interaksi antara faktor biotik, abiotik, dan manusia. Ekosistem DAS selalu menerima masukan air melalui curah hujan atau irigasi, serta masukan energi atau bahan anorganik dan organik (biomassa). Setiap kali ada masukan ke dalamnya, proses yang terjadi dalam ekosistem dapat dievaluasi dengan melihat keluarannya. Dalam ekosistem DAS, vegetasi, tanah, dan saluran/sungai berfungsi sebagai pengolah. Curah hujan merupakan komponen masukan, dan debit air dan muatan sedimen merupakan komponen keluaran (Suripin, 2011).

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia untuk mengendalikan hubungan timbal balik antara sumber daya alam dan kegiatan manusia di dalam DAS dan

segala aktivitasnya dengan tujuan meningkatkan kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan oleh manusia. Tujuan utama pengelolaan DAS adalah pengelolaan sumber daya alam secara rasional dan optimal agar dapat dimanfaatkan secara opsional oleh manusia (Zubair et al., 2018).

Dimensi biofisik, seperti perubahan penggunaan lahan, pengendalian erosi, reboisasi lahan kritis, dan pengelolaan lahan pertanian konservatif, selalu menjadi fokus dalam manajemen DAS. Tiga tujuan utama pengelolaan DAS adalah sebagai berikut: (1) pemulihan lahan kosong atau lahan yang masih produktif tetapi telah direklamasi tanpa mempertimbangkan prinsip konservasi; (2) perlindungan lahan yang biasanya rentan terhadap erosi dan longsor atau lahan yang diperkirakan memerlukan rehabilitasi di masa mendatang; (3) pengembangan atau peningkatan sumber daya air untuk: a) meningkatkan stabilitas tata air, b) meningkatkan stabilitas tanah, meningkatkan pendapatan petani, dan d) meningkatkan perilaku masyarakat kearah kegiatan konservasi (Asdak, 2002).

Salah satu masalah terbesar dalam pengelolaan sumber daya lahan adalah menciptakan mekanisme pembangunan berkelanjutan yang dapat mengimbangi keberadaan sumber daya alam, keberlanjutan pemanfaatan, dan keberadaan sumber daya alam (Asdak, 2010).

Sumber daya lahan di wilayah DAS dikelola sesuai dengan prinsip kelestarian sumber daya, yang berarti menggabungkan prinsip produktivitas dan konservasi sumber daya lahan untuk mencapai beberapa tujuan pengelolaan DAS, yaitu: (a) memastikan pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan, seperti hutan, satwa liar, dan lahan pertanian; (b) memastikan keseimbangan ekologi lingkungan sebagai sistem penyangga kehidupan; dan (c) menjamin kuantitas dan kualitas air yang tersedia untuk sumber daya; (d) mengendalikan aliran permukaan dan banjir; (e) mengendalikan erosi tanah dan proses degradasi lahan (Ramdan, 2004).

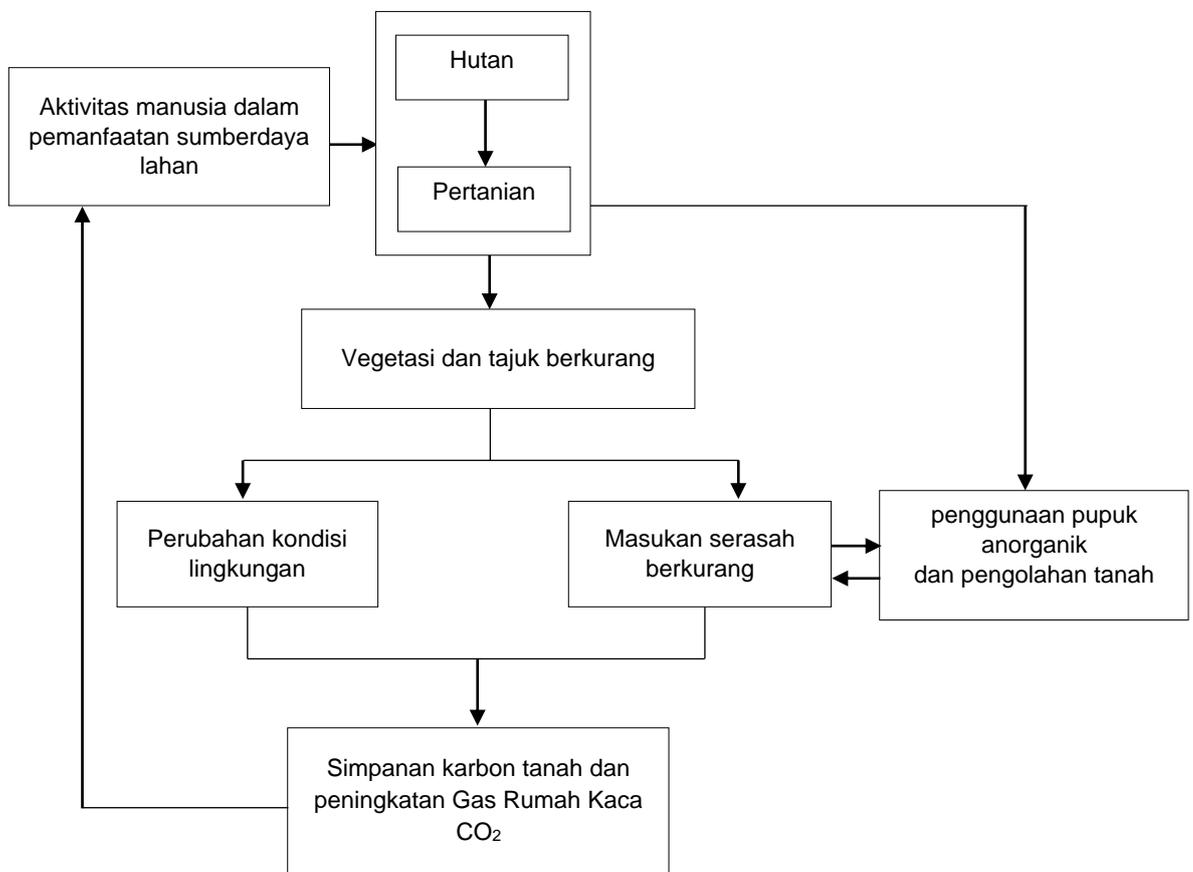
Sistem pertanian berkelanjutan adalah mekanisme pengelolaan sumber daya alam yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia, mempertahankan dan meningkatkan kualitas lingkungan. Sistem ini berfokus pada perubahan teknologi dan kelembagaan untuk memastikan bahwa kebutuhan generasi sekarang dan mendatang terpenuhi. Sistem pertanian yang tidak merusak, seimbang dengan lingkungan, dan mengikuti aturan alamiah adalah esensinya.

2.4 Kerangka Berfikir

Pemanasan global telah menjadi masalah lingkungan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Berbagai publikasi menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer dianggap sebagai penyebab utama pemanasan global. CO₂ sebagai salah satu penyebab utama dan diperkirakan berkontribusi lebih dari 50% dari pemanasan global. Akhir-akhir ini, pendapat berkembang bahwa pertanian juga menjadi salah satu sumber emisi GRK, dengan kontribusi 14% dari total emisi.

Pemanfaatan lahan di wilayah DAS semakin meningkat, termasuk pertanian lahan kering. Berkurangnya simpanan karbon (C) di permukaan dan di dalam tanah merupakan salah satu masalah lingkungan yang dapat terjadi di lahan kering, yang terkait tidak hanya dengan masalah perubahan iklim tetapi juga dengan masalah lingkungan global lainnya. Alih fungsi hutan menjadi lahan pertanian, dapat mengurangi simpanan karbon, mengemisikan karbon dalam jumlah besar, sehingga mempercepat pemanasan global, dan hilangnya tegakan berdampak pada peningkatan karbon di atmosfer.

Kegiatan pertanian seperti pembukaan dan pembersihan lahan memicu peningkatan emisi CO₂ karena perubahan kondisi lingkungan seperti kadar air tanah, suhu, dan kelembaban tanah serta udara. Pelepasan karbon, terutama gas karbon dioksida dari respirasi tanah, disebabkan oleh kegiatan pertanian tersebut. Praktik pertanian seperti pemupukan anorganik pada lahan pertanian, banyak diminati oleh para petani untuk meningkatkan hasil produksi. Hal ini menyebabkan petani mulai ketergantungan dalam penggunaan pupuk anorganik tanpa mempertimbangkan dampaknya terhadap ekosistem di masa depan, jika digunakan secara berlebihan dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca, salah satunya karbondioksida (CO₂).



Gambar 2.4 Kerangka berfikir