ISBN 978-602-1327-15-9

AGRO INOVASI

PETUNJUK TEKNIS

PENGUKURAN EMISI GAS RUMAH KACA DAN CADANGAN KARBON PADA LAHAN PERKEBUNAN



KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR LITBANG SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
2019

PETUNJUK TEKNIS
PENGUKURAN EMISI GAS RUMAH KACA DAN CADANGAN KARBON PADA LAHAN PERKEBUNAN

Penyusun:
Aprian Aji Santoso
Nourma Al Viandari
Sarah
Terry Ayu Adriany
Ali Pramono

Penyunting:
Anicetus Wihardjaka

Tata Letak/Lay Out:
Yono

BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
BALAI BESAR LITBANG SUMBER DAYA LAHAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN

2019

ISBN:.....

KATA PENGANTAR

Petunjuk teknis "Pengukuran Emisi Gas Rumah Kaca dan Cadangan Karbon pada Lahan Perkebunan"ini disusun agar menjadi acuan dalam pengukuran secara manualemisi GRK dan cadangan karbon dari sub-sektor perkebunan.Secara umum,petunjuk teknis ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, metode pengukuran, pengolahan data dan pelaporan.Dengan petunjuk teknis inidiharapkan data tersedia di lapangan dan pelaksana kegiatan dapat memahami maksuddantujuan,sasaran,sertamemiliki kesamaanpersepsidalam mengimplementasikankegiatanpengukuran emisi dan mitigasi gas rumah kaca pada sub-sektor perkebunan secaraefektif danefesien.Kepada semua pihak yangtelahmembantu dalam penyelesaian petunjuk teknis ini diucapkan banyak terima kasih.

Pati, Desember 2019
Kepala Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

Ir. Mas Teddy Sutriadi, M.Si
NIP.19630509 198903 1 001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR iv

I. PENDAHULUAN 1

II.PENGUKURAN EMISI GAS RUMAH KACA PERKEBUNAN 5

III. PENGUKURAN CADANGAN KARBON PADA LAHAN PERKEBUNAN 17

IV. PENUTUP 32

DAFTAR PUSTAKA 33

LAMPIRAN 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kontribusi Gas Rumah Kaca dalam Persen 5
Gambar 2. Siklus Karbon dioksida 9
Gambar 3. Siklus N 11

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perhitungan biomasa pohon dengan allometrik.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR ISTILAH

Gas rumah kaca (GRK) adalah gas-gas yang berada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca. Gas rumah kaca tersebut antara lainmetana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), karbon dioksida (CO_2), sulfurheksaflorida (SF_6), hidroflorokarbon (PFCs).

Fluksadalah kecepatan aliran gas rumah kaca dari permukaan tanah ke atmosfer dalam satuan berat gas per luas permukaan tanah dalam satuan waktu tertentu.

***Global warming potential*(GWP)** adalah indeks yang membandingkan potensi gas rumah kaca di atmosfer dengan potensi karbon dioksida.

Denitrifikasi adalah proses mikrobial reduksi nitrat menjadi bentuk nitrogen.

Nitrifikasi adalah proses oksidasi enzimatik yang dilakukan oleh mikroorganisme dengan mengubah ammonium menjadi nitrit dibantu dengan bakteri Nitrosomonas dan Nitrosococcus serta mengubah nitrit menjadi nitrat dibantu bakteri Nitrobacter.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan manusia (antropogenik) menyebabkan perubahan iklim yang mengakibatkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GHG) seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) di atmosfer.Dampak perubahan iklim terjadi pada semua sektor, termasuk sektor pertanian.Dampak perubahan iklim di Indonesia adalah akibat dari perubahan pola curah hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem, serta kenaikan suhu udara dan permukaan air laut (Surmaini *et al.*, 2011).Bagi sektor pertanian di Indonesia, perubahan iklim seperti itu merupakan ancaman yang sangat serius.Kondisi cuaca ekstrem dan perubahan pola curah hujan akibat perubahan iklim dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman.Pertanian dan perubahan iklim mempunyai kaitan yang sangat erat.Sektor pertanian sangat bergantung dan rentan terhadap perubahan iklim.Menurut Pramono dan Sadmaka (2018), sektor pertanian dapat berperan sebagai korban terdampak, penyumbang gas rumah kaca (GRK), dan penyerap GRK.Perkebunan merupakan salah satu sub-sektor pertanian yang berperan sebagai korban terdampak, penyumbang GRK dan penyerap GRK.

Dampak perubahan iklim yang menonjol terhadap tanaman perkebunan, terutama kelapa sawit, karet dan kopi adalah penurunan produksi akibat perubahan pola curah hujan dan kejadian iklim ekstrim.Kekeringan sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas hasil kelapa sawit, karet, kako, kopi dan tebu (Balitbangtan, 2011).Meningkatnya kejadian iklim ekstrim seperti kekeringan akibat *El Niño* mengakibatkan penurunan produksi kopi 10%.Sebaliknya, musim hujan yang panjang akibat *La Niña* menurunkan produksi kopi hingga 80%. Dampak tidak langsung perubahan iklim adalah meningkatnya serangan hama penggerek buah kopi dan penyakit karat daun yang menyebabkan penurunan produksi sekitar 50%. Akibat kenaikan suhu, sentra produksi kopi diproyeksikan akan berpindah ke wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi (Syakir dan Surmaini, 2017).

Menurut data Direktorat Jenderal Perkebunan (2007), dampak kekeringan nyata menurunkan produksi tandan sawit. Apabila kelapa sawit mengalami defisit air 200-300 mm/tahun maka produksi TBS menurun sebesar 21-32% dan penurunan produksi TBS mencapai 60% jika defisit air terus berlanjut hingga lebih besar dari 500 mm/tahun. Kekeringan juga dapat memicu kebakaran lahan, baik langsung maupun tidak langsung, yang berdampak terhadap penurunan produksi.Sub-sektor perkebunan mempunyai peranan strategis dalam pengembangan bahan bakar nabati (BBN), seperti biodiesel, bioetanol, dan biogas yang juga

berfungsi menurunkan emisi GRK, terutama melalui pengurangan penggunaan bahan bakar minyak dari energi fosil. Tanamanutama penghasil biodiesel adalah kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, dan kemirisutan, sedangkan sumber bioetanol adalah tanaman penghasil pati (sagu, ubi-ubian) dan gula (tebu, nira).Perubahan iklim mempengaruhi sistem produksi komoditas-komoditas tersebut (Balitbangtan, 2011).

Menurut Hairiah *et al.* (2011), dalam rangka mitigasi perubahan iklim, langkah awal yang dilakukan adalah inventarisasi cadangan karbon pada berbagai tipe ekosistem melalui pengukuran dan pendugaan (estimasi) biomassanya dengan menggunakan metode-metode yang telah distandarisasi. Pengukuran jumlah karbon yang tersimpan dalam tubuh tanaman hidup dapat dijadikan acuan untuk mengetahui banyaknya CO_2 di atmosfer yang diserap oleh tanaman.Sedangkan pengukuran cadangan karbon yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati (nekromasa) secara tidak langsung menggambarkan CO_2 yang tidak dilepaskan ke udara lewat pembakaran.

Besarnya dampak perubahan iklim terhadap tanaman perkebunan belum diimbangi dengan upaya mitigasi yang sepadan.Hal ini karena masih sedikitnya data aktivitas yang diperlukan untuk mengetahui langkah mitigasi yang harus dilakukan. Pengetahuan akantingkat emisi GRK dapat dijadikan

untukmenentukan kebijakan yang akan diambil sehingga pada satu sisi dapat tetap memenuhi kebutuhan hidup manusia namun pada sisi lainnya dapat seoptimal mungkin mengurangi dampak perubahan iklim.Namun demikian belum banyak diketahui estimasi emisi GRK dan cadangan karbon dari lahan perkebunan. Selain itu metode pengukuran emisi GRKdari lahan perkebunan juga masih sedikit.Oleh karena itu, pembuatan petunjuk teknis untuk mengetahui besarnya emisi GRK dan cadangan karbon dari lahan perkebunan merupakan suatu hal yang penting.Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengurangi emisi GRK dari sektor perkebunan.

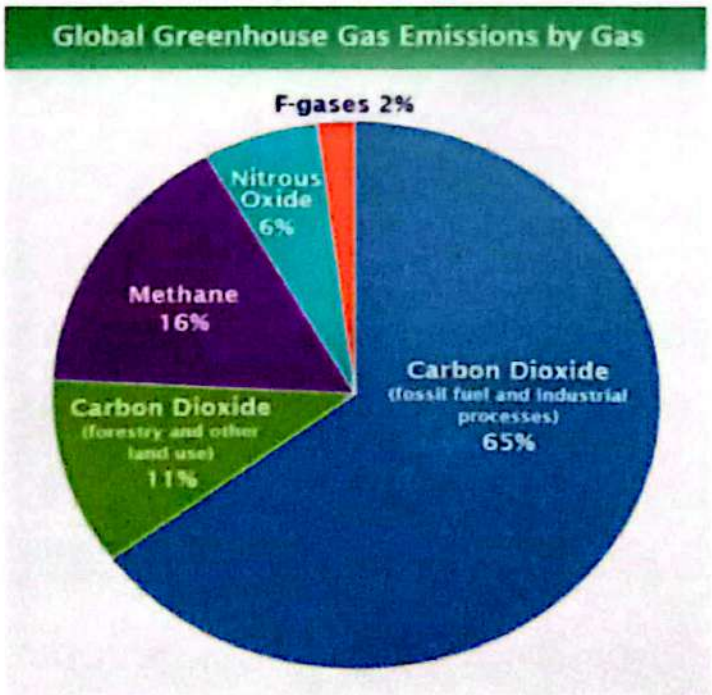
1.2. Tujuan

Petunjuk teknis ini merupakan acuan dalam pengukuransecara manual konsentrasi GRK dan cadangan karbon dari sub-sektor perkebunan.Metode standar ini menjabarkan pendekatan dan metode yang digunakan untuk penghimpunan data, analisis data, pengendalian mutu (*quality control/QC*), penjaminan mutu (*quality assurance/QA*), pemodelan dan pelaporan.Penggunaan metode standar menjamin konsistensi metode yang diterapkan untuk setiap inventarisasi GRK yang dilakukan pada sektor berbasis lahan (seperti kehutanan), terlepas dari cakupan wilayah geografis ataupun waktu.

II. PENGUKURAN EMISI GAS RUMAH KACA PERKEBUNAN

2.1. Pendahuluan

Gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari kegiatan pertanian di lahan perkebunan di antaranya gas dinitrogen oksida (N_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Gas CO_2 memiliki kontribusi terhadap pemanasan global melalui pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lain sebesar 11% sedangkan gas N_2O memiliki kontribusi sebesar 6% (IPCC, 2014; EPA, 2017). Meskipun memiliki kontribusi yang rendah, namun N_2O dapat bertahan di atmosfer lebih dari 114 tahun dengan indeks potensi pemanasan global atau *Global Warming Potential* (GWP) sebesar 298 kali lebih besar dari CO_2 (EPA, 2017).



Gambar 1. Kontribusi gas rumah kaca dalam persen (IPCC, 2014; EPA, 2017)

Salah satu penyebab emisi gas rumah kaca pada sistem pertanian di lahan perkebunan yaitu penggunaan lahan dan alih fungsi lahan. Risk (2014) menyebutkan pembentukan gas CO_2 dan N_2O dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain nutrisi, ketersediaan oksigen, iklim mikroyangmeliputi suhu dan kandungan air tanah, sumber karbon (C), dan faktor biologi tanah. Selain hal tersebut, aktivitas budidaya pertanian seperti aplikasi pupuk dan pemberian bahan organik untuk menstimulasi pertumbuhan dan meningkatkan hasil akan mempengaruhi produksi CO_2 dan N_2O dalam tanah. Bahan organik dan pemupukan berpengaruh terhadap berat produksi bersih biomassa, jumlah bahan organik dalam tanah yang tentunya akan berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme yang akan mempengaruhi produksi CO_2 dan N_2O dalam tanah (Shimizu *et al.*, 2013).

Mulyani *et al.*(2004) menyatakan bahwa 78% dari total lahan pertanian berada pada jenis tanah mineral termasuk di dalamnya lahan perkebunan. Bukan hanya berada pada jenis tanah mineral, sistem pertanian perkebunan di Indonesia berada di berbagai jenis tanah termasuk gambut. Bahkan sebagian lahan yang digunakan berasal dari lahan alang-alang dan hutan primer yang berjenis tanah gambut (Misbahuddin *et al.*, 2018).

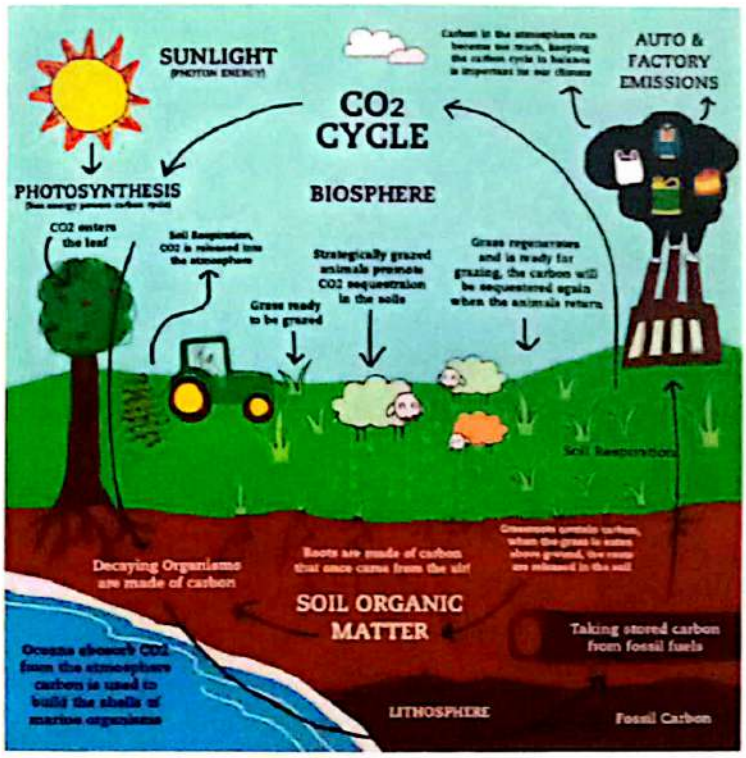
Banyak anggapan bahwa emisi gas rumah kaca terutama terutama emisi CO_2 lebih banyak di hasilkan pada sistem pertanian perkebunan di lahan gambut. Tanah gambut menyimpan karbon lebih banyak daripada tanah mineral. Pada tanah mineral, jumlah cadangan karbon pada lapisan tanah 0-1m berkisar antara 20 sampai 300 ton/ha, tetapi pada kedalaman lebih dari1 m jumlah karbon yang tersimpan sudah sangat rendah sehingga dapat diabaikan (Agus *et al.,* 2009). Jumlah karbon yang bersumber pada tanaman dapat melebihi jumlah karbon pada tanah, yang bergantung pada jenis vegetasi dan kerapatan tanaman.

Emisi CO_2 pada lahan gambut di area terbuka atau tanpa vegetasi tidak jauh berbeda dengan emisi yang dihasilkan dari tanah mineral berbahan organik rendah tanpa tanaman dan serasah (Sumawinata, 2012). Hasil penelitian menunjukkan emisi CO_2 pada lahan gambut sebesar 11,06 ton CO_2/ha/tahun dan tidak jauh berbeda dengan yang diemisikan dari tanah mineral sebesar 144,90 mg CO_2/m^2/jamsetara 12.69 ton CO2/ha/tahun,sehingga pengukuran emisi gas rumah kaca pertanian perkebunan dengan jenis tanah mineral tidak dapat diabaikan.

2.1.1CO_2 di dalam Tanah

Berdasarkan IPCC (2006), emisi CO_2 berasal dari: a) perubahan stok karbon pada tanah mineral akibat alih fungsi lahan; b) emisi CO_2 pada tanah organik akibat aktivitas pertanian;

c) pengapuran. Fiksasi karbon dilakukan tanaman melalui proses fotosintesis dan diperkirakan setengah dari jumlah karbon yang terfiksasi hilang melalui respirasi akar dan tajuk (*auto respiration).* Kehilangan karbon pada suatu ekosistem juga terjadi melalui respirasi oleh organisme selain tanaman yang hidup di dalam tanah dan lapisan serasah (respirasi heterotropik). Organisme tersebut menguraikan bahan organik yang berasal dari guguran biomassa tanaman, kotoran, organisme yang mati dan akar. Respirasi heterotropikjuga meliputi karbon yang dilepaskan karena dekomposisi kayu dari tanaman yang masih berdiri tegak (Kirschbaum *et al*., 2001).



Gambar 2. Siklus karbon dioksida (Sumber: image.search.yahoo.com)

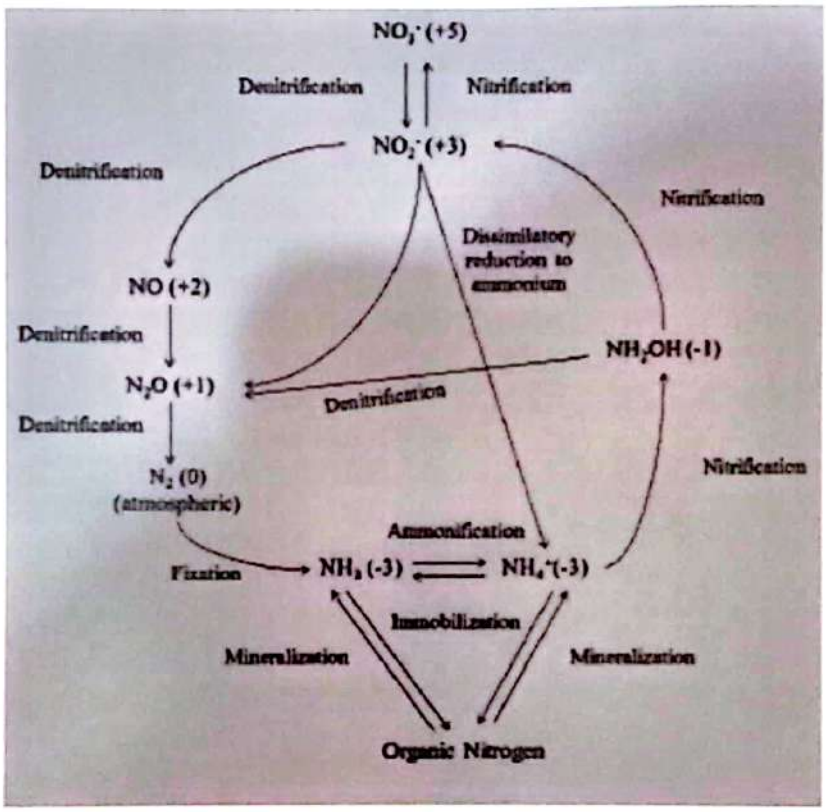
Emisi CO_2 menjadi indikator penting untuk menentukan aliran energi maupun aktivitas dalam tanah seperti mineralisasi nutrisi dan juga jumlah bahan organik yang terdekomposisi. Emisi CO_2 dalam tanah menunjukkan tingginya aktivitas mikroorganisme dalam tanah yang tentunya akan mempengaruhi iklim mikro di dalam tanah (Matteucci *et al.*, 2000).

2.1.2 Sintesis N_2O di Tanah

Proses pembentukan dinitrogen oksida dipengaruhi oleh proses mikrobiologisdalam tanah melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrogen (N_2) diubah menjadi ammonia (NH_3) melalui simbiosis antara bakteri dan *archaea* yang menggunakan enzim nitrogenase untuk memutus ikatan N. Di dalam tanah, NH_3 dapat terkonversi menjadi ion ammonium (NH_4^+) yang akan teroksidasi menjadi ion nitrat (NO_3^-) atau yang biasa disebut dengan nitrifikasi. Ion nitrit (NO_2^-) and ion NO_3^- tereduksi menjadi N_2 dengan bantuan empat enzim yang menghasilkan NO_2^-, NO, N_2O.

Gas N_2Oterbentuk hasil dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, yang dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti aerasi, temperatur, kelembaban, pH, bahan organik, N-tersedia, rasio C/N, tekstur tanah dan rotasi tanaman. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi pembentukan N_2O dalam tanah yaitu kenaikan pH dan bahan organik tanah diiringi dengan kelembaban tanah (dari

tanah kering menuju kapasitas lapang) (Bremmer, 1997). Konsentrasi N_2O akan meningkat pada kondisi anaerobik (Khalil *et al.*, 2004).Jumlah N_2O yang dilepaskan dari dalam tanah ke atmosfer dapat langsung dikatakan sebagai N_2O teremisikan karena gas N_2O tidak diserap tanaman



Gambar 3. Siklus N (Thomson *et al.*, 2012)

2.2 Metode Pengambilan Sampel Gas dengan Menggunakan *Closed Chamber*

Pengambilan sampel dan perhitungan emisi gas rumah kaca ada beberapa metode, antara lain metode biometric dan *Eddy Covariance* (EC). Metode biometric adalah mengukur setiap komponen dalam suatu ekosistem yang berfungsi melepas

maupun yang menyerap karbon. Komponen yang melepaskan karbon meliputi *autotrophic* dan *heterotrophicrespiration* yang diukur menggunakan metode *closed chamber* (Toma danHatano, 2007). Pengukuran menggunakan *closed chamber*(sungkup tertutup) relatif lebih mudah diaplikasikan dan dapat digunakan di berbagai macam kondisi terutama pada saat kondisi tidak mendukung penggunaan teknik EC.

Teknik *closed chamber*dapat dilakukan dengan teknik manual ataupunotomatis. Pengukuran menggunakan teknik manual dapat mempermudah pengguna untuk melakukan pengamatan pada berbagai macam gas rumah kaca pada tanah dan pengaruh lingkungan terutama saat masa pertumbuhan tanaman namun penggunaan teknik manual tidak dapat mengukur secara konsisten dan spesifik musim seperti musim kemarau atau musim hujan. Sedangkan penggunaan *chamber* otomatis memiliki kelebihan dapat mengukur secara langsung dalam jangka waktu yang relatif lama tanpa perlu mempertimbangkan waktu maupun musim (Korkiakoski *et al.,* 2017). Baik jenis otomatis dan manual pada teknik pengambilan menggunakan *closed chamber* memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing bergantung pada kondisi dan kebutuhan pengguna.

Prinsip umum dari metode *closed chamber* yaitu gas yang dilepaskan oleh tanah untuk sementara waktu dikumpulkan di suatu ruang tertutup dengan ukuran tertentu (*chamber*) dan diukur

konsentrasinya pada suatu interval waktu. Gas yang sudah diambil selanjutnya diukur dengan *infra red gas analyzer* (IRGA) atau *gas chromatography* (GC).

2.2.1 Peralatan Pengambilan Sampel

1. Sungkup tertutup (*Closed Chamber*) berukuran 40x20x30 cm^3atau ukuran lain yang disesuaikan dengan kondisi lapangan, dilengkapi dengan *headspace* yang berfungsi untuk mengetahui tinggi ruang udara pada sungkup. Sungkup dilengkapi dengan dua lubang pada bagian atas yaitu lubang yang ditutup dengan septum untuk pengambilan sampel gas dan lubang untuk pemasangan termometer.
2. Syringe BD ukuran 10 ml dengan jarum ukuran 23 G ¼ TW (0,6 mm x 32 mm). Syringe dibalut dengan kertas perak. Pembungkus berupa kertas perak berfungsi untuk mengurangi adanya pengaruh sinar matahari terhadap konsentrasi sampel yang ada di dalam syringe. Selain itu syringe juga dilengkapi dengan label sampel, dan penutup jarum yang berfungsi untuk menghindari kebocoran sampel gas.
3. Vial/ampul yang telah di. Vial/ampul ini satu paket dengan tutup karet dan logam.

4. Termometer dipasang pada lubang bagian atas sungkup yang berfungsi untuk mengukur perubahan temperatur di dalam sungkup. Data temperatur tersebut digunakan dalam perhitungan fluks dan emisi GRK.
6. Alat tulis dan blanko Pengamatan. Blanko pengamatan digunakan untuk merekam perubahan temperatur dalam sungkup.
7. Stopwatch digunakan untuk menentukan interval waktu pengambilan sampelgas.
8. Gas kromatografi yang digunakan untuk menganalisis gas N_2O dan CO_2 yang telah diambil di lapangan.

2.2.2. Teknik Pengambilan Gas di Lapangan

Teknik pengambilan sampelgas N_2O dan CO_2 di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Setiap petak percobaan yang diambil sampel gas, dipasang satu penampang sungkup dan sungkup. Pemasanganpenampang dilakukan paling lambat satu hari sebelum pengambilan sampel. Penampang diletakkan pada tanah yang rata kemudian diisi dengan air. Sungkup diletakkan di atas penampang. Pemasangan sungkup dipastikan tepat dan rapat agar tidak terjadi kebocoran gas.
2. Termometer dipasang pada lubang yang terletak di bagian atas sungkup.

3. Setelah sungkup ditutup dan termometer dipasang,septum pada bagian atas sungkup dibiarkan terbuka selama ± 2-3 menit agar konsentrasi udara yang ada di dalam sungkup stabil.
4. Selanjutnya, tutupseptum dipasang. Perhitungan waktu dimulai sejak tutup septum dipasang. Pengambilan gas dilakukan pada interval 10, 20, 30, 40, dan 50 dalam satu rangkaian pengambilan sampel gas. Pengambilan sampel gas dilakukan memasang *syringe* atau injektor yang disuntikkan pada septum. Saat pengambilan gas dipastikan syringe berada pada posisi tegak lurus.
5. Syringe ditutup dengan septum secepat mungkin untuk menghindari kebocoran. Sampel dimasukkan ke dalam vial dan dihindarkan dari sinar matahari langsung.
6. Temperatur dalam sungkup selalu diamati dan dicatat saat pengambilan sampel gas.
7. Sampel gas segera dibawa ke laboratorium dan dianalisis konsentrasinya menggunakan alat kromatofrafi gas dengan detektor tertentu.
8. Pengambilansampel dilakukan dengan memperhatikan umur dan waktu pemupukan. Waktu pengambilan terbaik adalah pagi hari (06.00-08.00), namun pengambilan sampel juga dapat dilakukan pada siang atau sore hari.

2.3. Perhitungan Emisi

Sebelum dilakukan analisis fluks, terlebih dahulu dianalisis konsentrasi gas CO_2 dan N_2O dengan metode kromatografi gas (Chen *et al.*, 2010). Rumus yang digunakan untuk menghitung fluks berdasarkan International Atomic Energy Agency (IAEA, 1992) adalah sebagai berikut

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{Vch}{Ach} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273,2}{273,2 + T}$$

Keterangan:

E : Emisi gas CO_2 atau N_2O ($mg/m^2/hari$)

dc/dt : Perbedaan [CO_2 atau N_2O] per waktu (ppm/menit)

Vch : Volume sungkup/*chamber* (m^3)

Ach : Luas sungkup/*chamber* (m^2)

mW : Berat molekul CO_2 atau N_2O (g)

mV : Tetapan volume molekul (22,41 l)

T : Suhu rata-rata selama pengambilan sampel (°C)

*) Nilai 273,2: Tetapan suhu kelvin.

III. PENGUKURAN CADANGAN KARBON PADA LAHAN PERKEBUNAN

3.1 Metode Pengukuran

Simpanan karbon pada lahan perkebunan dibagi menjadi dua jenis berdasarkan lokasi, yaitu di atas permukaan (*above*) dan di bawah permukaan (*under*) tanah.Simpanan karbon setiap lahan memiliki jumlah yang berbeda-beda, tergantung dari jenis vegetasi, kerapatan tanaman, jenis tanah, pengelolaan lahan, kondisi iklim dan ketinggian tempat, serta lama penggunaan lahan untuk jenis tertentu. Bila suatu lahan terdiri dari pohon yang mempunyai kerapatan tanaman tinggi, maka biomassa akan lebih tinggi dibandingan dengan kerapatan yang rendah (Nurzakiah *et al.*, 2017).

Pengukuran simpanan karbon dilakukan dengan dua cara yaitu:

a. Metode destruktif (dengan perusakan)

   Metode ini dilakukan dengan cara merusak biomassa, ditimbang dan diukur kandungan karbon setiap bagian tanaman.

b. Metode non destruktif(tanpa perusakan)

   Metode ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi jenis tanaman, mengukur sampel tanaman, lalu dihitung dengan menggunakan persamaan allometrik.

3.2 Pengukuran simpanan karbon di atas permukaan tanah

Pengukuran simpanan karbon di atas permukaan tanah terdiri dari empat tahapan, yaitu membuat plot pengukuran, mengukur biomassa tanaman hidup, mengukur biomassa tanaman mati (tanaman mati yang masih tegak atau telah tumbang di atas permukaan tanah, dan seresah), serta mengukur kandungan karbon tanaman di laboratorium (Nurzakiah *et al.*, 2017).

3.2.1 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalampengukuran simpanan karbon di lahan perkebunan meliputi:

- Meteran dengan panjang 50 m
- Jangka sorong
- Tongkat kayu untuk penciri sub plot/ plot besar
- Tali rafia
- Timbangan dengan kapasitas 10 kg dan 1 kg
- Klinometer
- Gunting dan parang
- Kantong plastik, kantong kertas, dan kertas label
- Ember dan cetok tanah
- ATK dan blanko pengamatan
- GPS
- Kuadran 0,5 m × 0,5 m
- Nampan
- Ember
- Palu
- Ayakan pori 2 mm

3.2.2 Teknik dan Metode Pengambilan Sempel

1) Membuat plot sampel pengukuran

Menurut Hairiah *et al.* (2011), tahapan pembuatan plot di lahan perkebunan meliputi:

- Menentukan lokasi dengan vegetasi yang seragam yang dapat mewakili kondisi lahan
- Membuat plot utama pada lahan dengan ukuran 40 m × 5 m (plot utama bisa lebih dari satu jika kondisi vegetasi dan tanahnya beragam)
- Membuat plot kedua dengan ukuran 20 m × 100 m, jika lahan yang diamati terdapat pohon besar (diameter >30 cm atau lingkar batang >95 cm)
- Menentukan minimal 6 titik pengambilan sempel pada setiap sub plot untuk pengambilan sampeltumbuhan bawah, seresah, dan tanah.

2) Mengukur biomassa tanaman hidup

➢ Biomassa pohon

Berdasarkan penjelasan dari Hairiah dan Rahayu (2007), pengukuran simpanan karbon pada biomassa tanaman hidup dilakukan dengan metode non destruktif atau tanpa perusakan. Cara yang dilakukan adalah:

1. Membagi sub plot menjadi 2 bagian dengan memasang tali dibagian tengah sehingga plot menjadi berukuran 40 m × 2,5 m
2. Mencatat setiap nama pohon yang berada di sub plot dan mengukur diameter setinggi dada (dbh = *diameter at breast height* = 1,3 m dari permukaan tanah) pada pohon yang memiliki diameter 5cm hingga 30 cm dengan menggunakan jangka sorong. Pohon dengan dbh <5 cm dikategorikan sebagai tumbuhan bawah. Hal perlu yang diketahui saat melakukan pengukuran:
   - Jika pohon yang terletak pada lahan berlereng, maka letakkan ujung tongkat 1.3 m pada lereng bagian atas
   - Jika pohon memiliki cabang sebelum ketinggian 1.3 m, maka harus mengukur dbh semua cabang pohon
   - Jika pada ketinggian 1,3 m terdapat benjolan, banir dan akar tunggang maka pengukuran dbh dilakukan pada ketinggian 0,5 m setelahnya.
   - Bila banir pohon hingga ketinggian >3m maka pengukuran dbh dilakukan dengan menggunakan tangga
3. Mengukur dan mencatat keliling batang atau lingkar batang dengan menggunakan meteran dengan posisi meteran harus sejajar disetiap arah

4. Mengukur diameter dan tinggi pohon hidup bekas tebangan jika memiliki tinggi >50 cm dan diameter >5 cm. Bila pada pohon terdapat cabang, maka perlu diukur semua cabang yang berdiameter >5cm. Jika terdapat banyak cabang <5 cm maka jumlah semua cabang dihitung, cabang (2-3 buah) dipotong, berat basah ditimbang, dan di-oven pada suhu 80° C selama 48 jam, kemudian ditimbang berat keringnya.
5. Menetapkan berat jenis (BJ) pohon dengan melihat data BJ yang telah tersedia
6. Semua data yang diperoleh diisikan pada blanko (lampiran).

➢ Biomasa tumbuhan bawah

Pengambilan sampel biomasa tumbuhan bawah menggunakan metode destruktif (perusakan).Tumbuhan bawah yang diambil adalah semua tumbuhan hidup yang berdiameter <5cm dan rumput-rumputan (Hairiah *et al.*, 2011).Menurut Hairiah *et al.* (2011), cara untuk mengambil sampel tumbuhan yakni:

a) Menempatkan kuadran bambu pada sub plot 5 m×40 m secara acak
b) Memotong semua tumbuhan <5cm dan rumput-rumputan di dalam kuadran (pisahkan antara daun dan batang)

c) Tanaman sampeldimasukan ke dalam kantong kertas per plot
d) Berat basah daun dan batang ditimbang dan dicatat
e) Mengambil sub sampel tanaman sekitar 100-300 gram
f) Di-oven pada suhu 80°C selama 48 jam
g) Ditimbang dan dicatat berat keringnya.

3) Mengukur biomasa tanaman mati (tanaman mati yang masih tegak atau telah tumbang di atas permukaan tanah, dan seresah)

Menurut Pramudita *et al.* (2011), mengambil sampel nekromasa pada permukaan tanah diambil pada sub plot (5m ×40) atau plot besar (20 m×100 m). Pengambilan nekromasa yang berdiameter 5-30 cm dilakukan pada sub plot, sedangkan batang dengan diameter >30 cm dilakukan pada plot besar. Pengambilan sempel dilakukan dengan cara:

- Pengukuran Nekromasa Berkayu
  a) Mengukur diameter, lingkar batang, dan panjang (tinggi) pohon mati yang masih berdiri maupun yang telah roboh, tunggul tanaman mati, cabang, dan ranting
  b) Dicatat pada blanko pengukuran, dipisahkan antara diameter 5-30 cm dengan diameter >30 cm

c) Jika dalam subplot maupun plot besar terdapat batang melintang, maka diameter batang diukur pada posisi pangkal dan ujung, dan panjang batang diukur hanya pada bagian yang masuk ke dalam sub plot dan/atau plot besar

d) Menghitung BJ dengan mengambil sedikit kayu ukuran 10 cm ×10 cm × 10cm, di timbang berat basahnya, dan di-oven pada suhu 80°C selama 48 jam

e) Berat nekromasa kayu dihitung dengan menggunakan rumus allometrik seperti pohon hidup

➢ Pengukuran Nekromasa Non-Kayu

a) Seresah kasar

- Mengambil seresah kasar (sisa tanaman mati, daun, dan ranting) dapat dilakukan setelah mengambil biomasa tumbuhan bawah, dilakukan pada kuadran yang sama
- Seresah dikeringkan di bawah sinar matahari, jika sudah kering kotoran yang menempel pada seresah dihilangkan
- Seresah kering matahari ditimbang (g/0,25 cm^2)
- Mengambil sampel seresah sebanyak 100-300 g, dan di-oven pada suhu 80° C selama 48 jam
- Ditimbang, dicatat, dan dihitung berat keringnya.

b) Seresah halus

- Diambil seresah halus di permukaan tanah sampai batas atas tanah mineral. Batas antara tanah mineral dengan seresah ditandai dengan warna tanah mineral yang lebih terang
- Seresah diayak dengan ayakan 2mm. Seresah halus dan akar yang tertinggal di atas ayakan diambil
- Ditimbang seresah halus dam ambil 100 g untuk dikeringkan dalam oven suhu 80°C selama 48 jam Ditimbang, dicatat, dan dihitung berat keringnya.

4) Mengukur kandungan karbon tanaman di laboratorium

1. Pengukuran Biomassa (Hairiah dan Rahayu, 2007)

Biomassa pohon dihitung dengan menggunakan rumus allometrik seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan biomasa pohon dengan allometrik

Jenis Pohon	Biomassa pohon	Keterangan
Pohon bercabang	$BK = 0{,}11 \times \rho \times D^{2,62}$	BK = Berat kering D = Diamater (cm) H = Tinggi pohon (cm) P = BJ (g/cm^3)
Pohon tidak bercabang	$BK = \pi \times \rho \times H \times D^2/40$	
Kopi dipangkas	$BK = 0{,}281 \times D^{2,06}$	
Pisang	$BK = 0{,}030 \times D^{2,13}$	
Bambu	$BK = 0{,}131 \times D^{2,28}$	

Sumber: (Hairiah dan Rahayu, 2007)

Jika terdapat jenis pohon yang belum memiliki rumus allometriknya, maka rumus allometrik yang dipakai adalah standar untuk daerah tropis di Indonesia, yaitu $\mathbf{Y = a.D^b}$ dengan a=0,0661 dan b=2,591 (Ketterings *et al.*, 2001 *dalam* Daud *et al.*, 2015).

a) Menghitung biomassa pohon besar
b) Menghitung biomassa pohon sedang
c) Menghitung TOTAL biomassa = biomassa pohon besar + sedang

2. Pengukuran Berat Jenis pohon (Hairiah dan Rahayu, 2007)

Jika BJ pohon belum tersedia pada data BJ maka perlu menghitung BJ kayu dengan cara:

- Memotong kayu dari salah satu cabang
- Mengukur panjang dan diameter kayu
- Menimbang berat basah kayu
- Mengoven kayu pada suhu 100° C selama 48 jam
- Menghitung volume dan BJ kayu dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \pi\, R^2\, T$$

$$\text{BJ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat kering (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

Dimana:

R = jari-jari potongan kayu = ½ × diameter (cm)

T = panjang kayu (cm)

3. Perhitungan simpanan karbon

   Menurut Daud *et al.* (2015), perhitungan karbon dari biomasa menggunakan rumus:

$$CB = B \times \%\ C\ organik$$

   Dimana:

   Cb: kandungan karbon dari biomassa (kg)

   B: total biomassa (kg)

   % C-organik : nilai presentase kandungan karbon

4. Menghitung total berat kering tumbuhan bawah per kuadran

$$\text{Total BK (g)} = \frac{\text{BK subsampel (g)}}{\text{BB subsampel (g)}} \text{ x Total BB (g)}$$

   Nb: jika pengambilan sampel tumbuhan dilakukan pada lebih dari satu kuadran, maka total berat kering tumbuhan bawah adalah nilai rata-rata bukan nilai penjumlahan seluruh plot kuadran.

5. Menghitung total berat kering seresah non kayu (halus dan kasar)

$$\text{Total BK (g)} = \frac{\text{BK subsampel (g)}}{\text{BB subsampel (g)}} \text{ x Total BB (g)}$$

3.3 Pengukuran simpanan karbon di bawah permukaan tanah

3.3.1 Alat yang digunakan untuk mengambil sampeltanah

- Cangkul + lempak
- Box besi ukuran 20 cm× 20 cm× 10 cm 2 buah
- Palu
- Pisau tanah
- Kayu ukuran 25cm× 10 cm × 10 cm
- Ember ukuran 30 kg
- Kantong plastik ukuran 5kg
- Spidol
- Timbangan
- Karet gelang
- Bor tanah

3.3.2 Teknik dan Metode Pengambilan Sempel

Pengukuran simpanan karbon di bawah permukaan pada lahan perkebunan terdiri dari tiga tahap:

a) Menentukan titik pengambilan sampel

Pengambilan sampeltanah dapat dilakukan pada sub plot yang sama dengan pengambilan tumbuhan bawah dan seresah.

b) Mengambil sampeltanah

Pengambilan sampeltanah dilakukan dengan dua cara, yaitu pengambilan tanah secara utuh (tidak terusik) dan sampeltanah terusik. Struktur tanah tidak terusik memilki struktur yang hampir sama dengan kondisi di lapangan dan sampel tanah terusik yaitu sampel tanah yang strukturnya berbeda dengan kondisi di lapang. Tanah tidak terusik dapat diambil menggunakan bor, ring tanah, dan sampel tanah bongkahan, sedangkan sampel tanah terganggu dapat diambil dengan menggunakan bor tanah, cangkul atau parang (Agus *et al.*, 2011).

- Pengambilan sempel tanah terusik (Hairiah *et al.*, 2007)
  - Dalam satu plot dapat diambil tiga titik dengan tiga kedalaman, yaitu 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm menggunakan bor tanah
  - Masukkan sampel tanah perkedalaman dari tiga titik ke dalam ember dan campur rata
  - Masukkan ke dalam ke kantong plastik dan diberi kode
- Pengambilan sempel tanah tidak terusik (Hairiah *et al.*, 2007)
  - Sampel tanah dapat diambil berdekatan dengan sempel tanah terusik, hindari tempat yang telah terinjak

- Singkirkan seresah-seresah kasar, tancapkan box besi ke atas tanah, letakkan box besi ke dua diatas box besi pertama, pukul dengan kayu
- Tanah di dalam box digali dengan menggunakan lempak dengan jarak 5 cm dari box besi
- Pukul box besi sampai box besi masuk sempurna ke dalam tanah
- Tutup bagian atas besi dengan plastik dan ikat dengan karet gelang
- Potong tanah dibagian bawah box dengan hati-hati
- Balikkan box tanah dan taruh di permukaan tanah yang datar
- Buang tanah yang ada di pinggir box besi, ratakan tanah bagian atas dan bawah box
- Keluarkan tanah dari box besi dan timbang BB
- Lanjutkan untuk kedalaman 10-20 cm dan 20-30 cm

c) Menganalisis sampel dan perhitungan simpanan karbon dalam tanah

➢ Sampel tanah terusik (Hairiah *et al.*, 2007)

- Sampel tanah dikeringanginkan, tumbuk, dan ayak dengan ayakan 2 mm. Tanah yang lolos ayakan 2 mm dimasukkan ke dalam plastik untuk nantinya dianalisis di laboratorium

- Analisis sampel dengan uji pH tanah (H_2O dan KCL), C-organik, N total, dan tekstur tanah.

➢ Sampel tanah tidak terusik (Hairiah *et al.*, 2007)

- Sampel tanah tidak terusik yang sudah diambil ditimbang sebanyak 50 g
- Oven tanah pada suhu 105°C selama 48 jam, kemudian timbang dan catat BK
- Hitung berat isi/ berat volume tanah

3.3.3 SampelPerhitungan

Jika diambil lapisan tanah dengan kedalaman 0-30 cm, dengan memiliki Berat Isi masing-masing lapisan 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm adalah 1,00 g/cm^3, 1,1 g/cm^3, dan 1,2 g/cm^3 dengan kandungan karbon dari hasil pengujian laboratorium adalah 3%, 3%, dan 2%, maka berapa cadangan karbon yang dimiliki oleh tanah tersebut?

Jawab:

- Langkah 1 (menghitung berat tanah per ha)

  Lapisan 0-1- cm = 100 x 100 x 0,10 x 1 = 1000

  Lapisan 10-20 cm = 100 x 100 x 0,10 x 1,1 = 1100

  Lapisan 20-30 cm = 100 x 100 x 0,10 x 1,2 = 1200

- Langkah 2 (menghitung kadar C-organik per ton tanah)

- Lapisan 0-10 cm → C-organik 3% artinya setiap 100 g tanah mengandung 3 g C. jadi 3% C = 30 g C/kg tanah = 0,03 ton C/ton tanah
- Lapisan 10-20 cm → C-organik 3% artinya setiap 100 g tanah mengandung 3 g C. jadi 3% C = 30 g C/kg tanah = 0,03 ton C/ton tanah
- Lapisan 20-30 cm → C-organik 2% artinya setiap 100 g tanah mengandung 2 g C. jadi 2% C = 20 g C/kg tanah = 0,02 ton C/ton tanah

- Langkah 3 (menghitung simpanan karbon untuk 1 ha tanah)

Kandungan C/ha = berat tanah x kandungan C

- Lapisan 0-10 cm = 1000 x 0,03 C/ton = 30 ton C/ha
- Lapisan 10-20 cm = 1100 x 0,03 C/ton = 33 ton C/ha
- Lapisan 20-30 cm = 1200 x 0,03 C/ton = 36 ton C/ha
- Jadi kandungan C pada lapisan tanah 0-30 cm seluas 1 ha adalah 30+33+36 = 99 ton.

IV. PENUTUP

Keakuratan data emisi dan aktivitas merupakan komponen penting dalam mengestimasi besarnya emisi GRK dan cadangan karbon dari sub-sektor perkebunan.Ketersediaan data emisi dan data aktivitas digunakan sebagai pertimbangan dalam upaya mitigasi emisi gas rumah kaca dari sectorpertanian, termasuk subsector perkebunan. Kegiatan mitigasi bertujuan untuk mengurangiemisi gas rumah kaca melalui strategi penurunanemisi gas rumah kaca dan peningkatanpenyerapan CO_2 dan cadangan karbon. Perkebunan mempunyai posisi sangat strategisdalam rencana aksi nasional mitigasi GRK disektor pertanian, karena memiliki kemampuanbesar dalam menyerap CO_2.

Pengukuran emisi gas rumah kacaCO_2 menjadi indikator penting untuk menentukan aliran energi maupun aktivitas dalam tanah.Pembentukan N_2O juga dipengaruhi oleh kondisi aktivitas tanah.Pengukuran menggunakan *closed chamber* relatif lebih mudah diaplikasikan dan dapat digunakan di berbagai macam kondisi.Pengukuran cadangan karbon dari perkebunandibagi menjadi dua, yakni pengukuran di atas permukaan dan di bawah permukaan tanah.

Jumlah cadangan karbon di lokasidapat dihitung dari jumlah biomassa pohon, tumbuhan bawah dan serasah, pemberian input bahan organik, sehingga diperoleh total sekuestrasi karbonnya.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F., E. Runtunuwu, T. June, E. Susanti, H. Komara, I. Las. andM. van Noordwijk. 2009. Carbon budget in land use transitions to plantation. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 29(4): 119-126.

Agus, F., K. Hairiah, dan A. Mulyani. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut. Petunjuk Praktis. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Bogor, Indonesia. 58p.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. Pedoman Umum: Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian. Kementerian Pertanian. 73 hal

Bremner, J.M. 1997. Sources of nitrous oxide in soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49(1-3): 7-16.

Chen, G.C., N.F.Y.Tam,andY. Ye. 2010. Summer fluxes of atmospheric greenhouse gases N_2O, CH4andCO2frommangrove soil in South China. *Science of the Total Environment* 408: 2761 –2767.

Daud, M., H. Latifah, Hikmah, dan J. Imran. 2015. Potensi cadangan dan serapan karbondioksida di hutan pendidikan Universitas Muhammadiyah Makassar Desa Bissoloro Kabupaten Gowa. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 5 (3): 1-13.

Davidson, E.A. dan W.T. Swank. 1986. Environmental parameters regulating gaseous nitrogen losses from 2 forested ecosystems via nitrification and denitrification.

Applied and Environmental Microbiology 6(52): 1287-1292.

Direktorat Perlindungan Perkebunan. 2007. Perubahan iklim global akibat emisi gas rumah kaca berkaitan dengan usaha perkebunan. Http://ditjenbun.Deptan.go.id/web/perlinbun.

Environmental Protection Agency (EPA). 2017. Understanding Global Warming Potential. United States of America.

Hairiah K., A. Ekadinata., R.R. Sari, dan S. Rahayu. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon: dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan. *Petunjuk Praktis*. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia 110 hal

Hairiah, K., dan S. Rahayu. 2007. Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia.77 p.

Hervani, A dan C.O.S Handayani. 2012. Pengambilan sampel gas rumah kaca dengan metode sungkup (*Closed Chamber*). Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Pati. Jawa Tengah.25 hal.

International Atomic Energy Agency (IAEA).1992. Manual on Measurement ofMethane and Nitrous Oxide Emissions from Agriculture, Vienna, Austria.

Ketterings, Q.M., R. Coe., M. van Noordwijk., Y. Ambaqau and C.A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management (146) *dalam*Daud, M., H.

Latifah, Hikmah, dan J. Imran. 2015. Potensi cadangan dan serapan karbondionsida di hutan pendidikan Universitas Muhammadiyah Makassar Desa Bissoloro Kabupaten Gowa. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 5(3): 1-13.

Khalil, K., B. Mary, and P. Renault. 2004. Nitrous oxide production by nitrification and denitrification in soil aggregates as affected by O_2 concentration. *Soil Biology & Biochemistry* 36(4): 687-699.

Kirschbaum, M.U.F., D. Eamus, R.M. Gifford, S.H. Roxburgh, andP.J. Sands. 2001. Definitions of some ecological terms commonly used in carbon accounting. In: M.U.F. Kirschbaum, and R. Mueller (eds). Net Ecosystem Exchange Workshop Canberra. Cooperative Research Center for Greenhouse Accounting. 18-20.

Korkiakoski, I., J.P. Tuovinen., M. Aurela., M. Koskinen., K. Minkkinen., P. Ojanen.,T. Penttila., J. Rainne., T. Laurila, and A.Lohila. 2017. Methane exchange at the peatland forest floor – automatic chambersystem exposes the dynamics of small fluxes. *Biogeosciences* 14: 1947-1967.

Matteucci, G., S. Dore, C. Rebmann, S. Stivanello, andN. Buchmann. 2000. Soil Respiration in Beech dan Spruce Forest in Europe: Trends, Controlling Factors, Annual Budgets and Implications for The Ecosystem Carbon Balance. p. 217-236.

Misbahuddin, M., E. Ariyanti, E. Purnamasari, I. Permanasari, M. Irfan, dan A. T. Aminudin. 2018. Emisi CO_2 pada perkebunan kelapa sawit (*Elaesis guineensis* Jacq.) yang ditumpangsarikan dengan tanaman pangan fase berbeda di tanah mineral. *Jurnal Agroteknologi* 8(2): 31-36.

Mulyani, A., Hikmatullah, dan H. Subagyo. 2004. Karakteristik dan potensi tanah masam lahan kering di Indonesia. 1-32 dalam Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Nugroho, P.A. 2016. Emisi gas rumah kaca di perkebunan karet. *Warta Perkaretan*. 35(2): 157-166.

Nurzakiah, S., N. Wakhid, dan D. Nursyamsi. 2017. Stratifikasi simpanan karbon di atas permukaan tanah pada lahan gambut pasang surut dan lebak. *Berita Biologi* 16(3): 289-296.

Pramono, A., dan Sadmaka. 2018. Emisi gas rumah kaca, cadangan karbon serta strategi adaptasi dan mitigasi pada perkebunan kopi rakyat di Nusa Tenggara Barat. *Menara Perkebunan* 86(2): 62-71.

Pramudita, S., N. D. Atmojo, A. Sucipto, D. Astanafa, A. E. Firnandus, dan K. Efendi. 2011. Potensi Karbon di Taman Nasional Meru Betiri.*Laporan Teknis*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.

Risk, N., D. Snider, andC. Wagner-Riddle. 2013. Mechanisms leading to enhanced soil nitrous oxide fluxes induced by freezethaw cycles. Canadian Journal of Soil Science 93(4): 401-414.

Shimizu, M, T. Arita, R. Hatano, andY. Kouda. 2013. The Effect of fertilizer and manure application on CH_4 and N_2O emissions from managed grasslands in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*59(1): 69-86

Surmaini, E., E. Runtunuwu, dan I. Las. 2011. Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1): 1-7

Thomson, A.J., G. Giannopoulos, J. Pretty, E.M. Baggs, andD.J. Richardson. 2012. Biological sources and sinks of nitrous oxide and strategies to mitigate emissions.*Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, London, v. 367, n. 1593, p. 1157-1168

Toma, Y., and R. Hatano. 2007. Effect of crop residue C:N Ratio on N_2O emissions from gray lowland soil in Mikasa, Hokkaido, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition* 53(2):198-205.

BLANKO 1

BLANKO PENGUKURAN BIOMASA

Diameter dan Tinggi Pohon-Pohon Berukuran Besar

(Diameter >30 cm)

Nama Lokasi : _____

Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____

Jenis Penggunaan Lahan : _____

Nama Pengukur : _____

Tanggal/Bulan/Tahun : _____

Lokasi (GPS) : _____

Ukuran plot sampel 20 m × 100 m = 2000 m²

No	Nama Pohon	Bercabang / Tidak	Keliling pohon (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	ρ (g/cm³)	BK- Biomasa (kg/pohon)	Keterangan
1								
2								
3								
4								
100								
	TOTAL BIOMASSA POHON (a)							
	Biomasa pohon perluasan = a/ ukuran plot sampel							

BLANKO 2

BLANKO PENGUKURAN BIOMASSA
Diameter dan Tinggi Pohon-Pohon Berukuran Sedang
(Diameter 5-30 cm)

Nama Lokasi : _____
Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____
Jenis Penggunaan Lahan : _____
Nama Pengukur : _____
Tanggal/Bulan/Tahun : _____
Lokasi (GPS) : _____
Ukuran plot sampel 5 m × 40 m = 200 m²

No	Nama Pohon	Bercabang/ Tidak	Keliling pohon (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	ρ (g/cm³)	BK-Biomassa (kg/pohon)	Keterangan
1								
2								
3								
4								
100								
	TOTAL BIOMASA POHON SEDANG (b)							
	Biomasa pohon perluasan = b/ ukuran plot sampel							

BLANKO 3

BLANKO PENGUKURAN BIOMASA
Pengambilan Sampel Tumbuhan Bawah

Nama Lokasi : _____
Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____
Jenis Penggunaan Lahan : _____
Nama Pengukur : _____
Tanggal/Bulan/Tahun : _____
Lokasi (GPS) : _____
Ukuran plot sampel 0,5 m × 0,5 m = 0,25 m²

No	Berat Basah (kg)		Berat Basah (g)		Berat Kering		Total BK	
	Daun	Batang	Daun	Batang	Daun	Batang	g/0,25 m²	g/m²
1								
2								
3								
4								
....								
TOTAL								

BLANKO 4

BLANKO PENGUKURAN BIOMASA
Blanko Pengamatan Nekromasa Berkayu Besar
(Diameter >30 cm)

Nama Lokasi : _____
Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____
Jenis Penggunaan Lahan : _____
Nama Pengukur : _____
Tanggal/Bulan/Tahun : _____
Lokasi (GPS) : _____
Ukuran plot sampel 20 m × 100 m = 2000 m²

No	Panjang (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Pelapukan		BK (gr)
				Rendah	Tinggi	

BLANKO 5

BLANKO PENGUKURAN NEKROMASA
Blanko Pengamatan Nekromasa Berkayu Besar
(Diameter 5-30 cm)

Nama Lokasi : _____
Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____
Jenis Penggunaan Lahan : _____
Nama Pengukur : _____
Tanggal/Bulan/Tahun : _____
Lokasi (GPS) : _____
Ukuran plot sampel _____

No	Panjang (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Pelapukan		BK (gr)
				Rendah	Tinggi	

BLANKO PENGUKURAN NEKROMASA

Blanko Pengamatan Nekromasa Berkayu Besar

Nama Lokasi : _____

Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____

Jenis Penggunaan Lahan : _____

Nama Pengukur : _____

Tanggal/Bulan/Tahun : _____

Lokasi (GPS) : _____

Ukuran plot sampel _____

No	Total BB (kg)	Sub sampel BB (gr)	Sub sampel BK (gr)	Total BK seresah halus	
				Kg/0,25 m²	Kg/m
1					
2					
3					
4					
5					

BLANKO 7

BLANKO PENGUKURAN BAHAN ORGANIK TANAH

Nama Lokasi : _____
Umur Perkebunan Setelah Pembukaan Lahan : _____
Jenis Penggunaan Lahan : _____
Nama Pengukur : _____
Tanggal/Bulan/Tahun : _____
Lokasi (GPS) : _____
Ukuran plot sampel _____

No	Kedalaman Tanah (cm)	W_1 (gr)	W_2 (gr)	W_3 (g)	V (cm^3)	BKO tanah/g/4000 cm^{-3} (W)	BI (g/cm^3)
1							
2							
3							
4							
5							

Keterangan: W_1 = berat basah total tanah; W_2 = berat basah sub sampel tanah ; W_3 = berat kering sub sampel tanah ; V = volume tanah ; W = total berat kering sampel tanah ; Berat Isi tanah (BI) = W/V

Lampiran Gambar



Foto 1.Pengambilan sampel GRK dari lahan perkebunan kopi di Dusun Rumbuk, Desa Batu Mekar,Kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok Barat,Nusa Tenggara Barat.

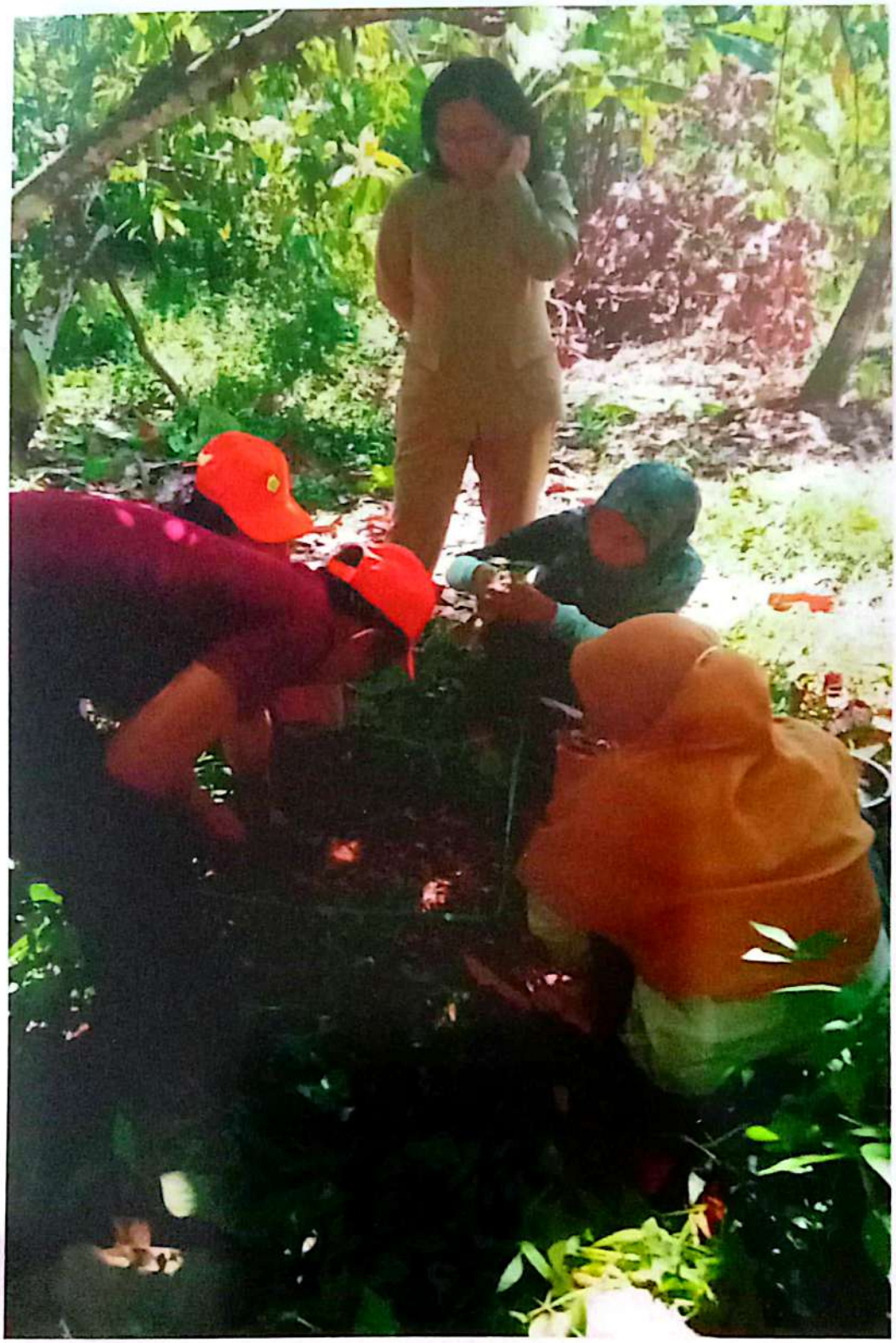


Foto 2.Pengambilan sampel seresah dari lahan perkebunan kopi di Dusun Rumbuk, Desa Batu Mekar,Kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok Barat,Nusa Tenggara Barat

ISBN 978-602-1327-15-9