

TA/TL/2020/1234

TUGAS AKHIR
POTENSI EMISI GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂)
PADA RESTORASI KARST DENGAN PEMBENAH
TANAH DI DALAM PERSEMAIAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ADIB KHUSNI RIZKI
16513062

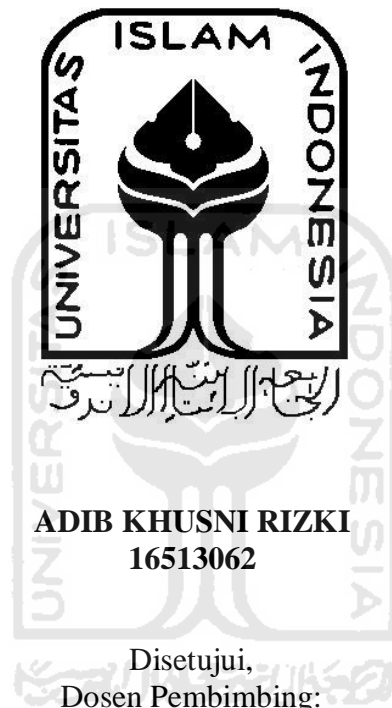
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

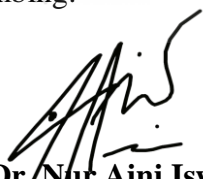


TUGAS AKHIR
POTENSI EMISI GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂)
PADA RESTORASI KARST DENGAN PEMBENAH
TANAH DI DALAM PERSEMAIAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan




Azham Umar Abidin, S.K.M. M.P.H.
NIK. 165131303
Tanggal: 26/10/2020


Dr. Nur Aini Iswati Hasanah
NIK. 185130403
Tanggal: 11/11/2020

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



HALAMAN PENGESAHAN

**POTENSI EMISI GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂)
PADA RESTORASI KARST DENGAN PEMBENAH
TANAH DI DALAM PERSEMAIAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

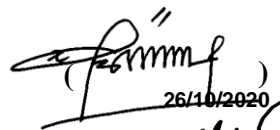
Hari : Rabu

Tanggal : 11 November 2020



Tim Penguji :

Azham Umar Abidin, S.K.M. M.P.H.

()
26/10/2020

Dr. Nur Aini Iswati Hasanah

()

Dewi Wulandari Ph.D.

()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 5 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Adib Khusni Rizki

NIM: 16513062

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2019 ini ialah mengenai emisi dari lahan karst dengan judul: Potensi Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Pada Restorasi Karst Dengan Pembena Tanah Di Dalam Persemaian. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi tugas akhir penyelesaian program sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Laporan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang berkat anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Hanif Visiyanto S.E. dan Ibu Wiwik Rif'atun Aliyah selaku orangtua penulis yang selalu memberikan dukungan, nasehat serta doa mulai dari penelitian sampai penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Qorry Nugrahayu, S.T., M.T selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan arahan mulai dari penelitian sampai penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H selaku dosen pembimbing I pada saat pendadaran sampai dengan selesai.
5. Ibu Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan dan arahan mulai dari penelitian sampai penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Dewi Wulandari, Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada penelitian sampai dengan penyusunan laporan akhir.
7. Laboratorium Gas Rumah Kaca Jakenan Pati yang telah membantu menganalisis sampel penelitian.
8. Teman-teman satu tingkat dalam Program Studi Teknik Lingkungan angkatan 2016 yang selalu memberikan dukungan selama penelitian sampai penulisan tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang telah membantu sampai pada saat ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar laporan ini menjadi lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat dijadikan sebagai referensi penelitian berikutnya.

Yogyakarta, 5 November 2020

Adib Khusni Rizki

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



ABSTRAK

ADIB KHUSNI RIZKI. Potensi Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Pada Restorasi Karst Dengan Pembenh Tanah Di Dalam Persemaian. Dibimbing oleh AZHAM UMAR ABIDIN, S.KM., MPH. dan DR. NUR AINI ISWATI H., S.T., M.SI.

Diperlukan adanya kegiatan restorasi karst agar ekosistem dapat berfungsi kembali. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan penambahan bahan pembenh tanah seperti biochar dan pupuk kandang pada tanah asli karst. Penambahan *biochar* dan pupuk kandang dapat meningkatkan kualitas tanah baik secara fisik, kimia, maupun biologi. Namun, penambahan *biochar* dan pupuk kandang juga dapat berdampak pada fluks gas CO₂. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan pembenh tanah dan juga kondisi lingkungan mikro terhadap fluks gas CO₂. Pengukuran fluks CO₂ dari dalam tanah dilakukan dengan metode chamber tertutup. Pada media 2 dengan perlakuan penambahan bahan pembenh tanah menghasilkan perbedaan hasil fluks gas CO₂, dan dibuktikan pada total fluks media 2 menunjukkan hasil yang signifikan berbeda dibandingkan dengan media 1 dengan kondisi yang disesuaikan dengan lahan karst. Selain penambahan bahan pembenh tanah, terdapat faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi fluks CO₂, yaitu kondisi lingkungan mikro. Pengaruh temperatur udara dan temperatur tanah terhadap fluks CO₂ pada kedua media berkorelasi positif dan pengaruh potensial reduksi dan oksidasi berkorelasi negatif. Pengaruh kelembapan tanah, pH, dan daya hantar listrik tanah pada media 1 berkorelasi positif terhadap fluks CO₂ dan berkorelasi negatif pada media 2. Faktor lainnya yaitu pada kelembapan udara berkorelasi negatif pada media 1 dan berkorelasi positif pada media 2.

Kata kunci: bahan pembenh tanah, fluks CO₂, kondisi lingkungan mikro, restorasi karst

ABSTRACT

ADIB KHUSNI RIZKI. *Carbon Dioxide (CO₂) Emission Potential on Restorated Karst with Soil Amendment in Nursery. Supervised by AZHAM UMAR ABIDIN, S.KM., MPH. and DR. NUR AINI ISWATI H., S.T., M.SI.*

Karst restoration is needed in order for the ecosystem to regain its functions. This can be done with the help of soil amendments such as biochar and fertilizer added to the original soil. The addition of biochar and fertilizer can improve soil quality from a physical, chemical, and biological perspective. However, it can also have an impact on CO₂ gas flux. The purpose of this study is to determine the effects of soil amendment and micro-environmental conditions on CO₂ gas flux. The measurement of CO₂ flux from the soil is done using the closed chamber method. The addition of soil amendment materials which is applied to media 2 can produce different results in term of CO₂ gas flux, and its proven the total flux in media 2 shows a significantly different result compared to media 1

which is adjusted to the karst conditions. In addition to soil amendment, there are other factors that can affect CO₂ fluxes, such as micro-environmental conditions. The impact of air temperature and soil temperature on CO₂ fluxes in both media is positively correlated and the effect of reduction and oxidation potential is negatively correlated. The influence of soil moisture, pH, and soil electrical conductivity in media 1 is positively correlated to CO₂ fluxes and negatively correlated to media 2. Another factor is that air humidity is negatively correlated to media 1 and positively correlated to media 2.

Keywords: CO₂ gas flux, karst restoration, micro-environment conditions, soil enhancers.



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SINGKATAN	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kawasan Karst	5
2.2 Restorasi Tanah Karst.....	6
2.3 Gas CO ₂	7
2.4 Emisi Gas CO ₂ dengan Kondisi Lingkungan Mikro	8
2.5 <i>Eucalyptus sp.</i>	8
2.6 Penelitian Terdahulu	9
BAB III	11
METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat.....	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.2.1 Alat.....	11
3.2.2 Bahan.....	14
3.3 Tahapan Penelitian.....	15
3.3.1 Pembuatan Media.....	15
3.3.2 Pengukuran dan Analisis <i>Micro-Environmental Condition</i>	16
3.3.3 Analisisa Tekstur Tanah.....	16
3.3.4 Pengambilan Sampel Gas.....	18
3.3.5 Analisis Sampel Gas dan Perhitungan Fluks CO ₂	19

3.4 Definisi Oprasional	20
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian	23
4.2 Fluks Gas CO ₂	23
4.2.1 Analisis Emisi Gas CO ₂	23
4.2.2 Nilai Fluks Emisi Gas CO ₂	24
4.2.3 Total Fluks Emisi Gas CO ₂	27
4.3 Hubungan Kondisi Lingkungan Mikro Dengan Fluks Gas CO ₂	29
4.3.1 Hubungan Temperatur Udara Dengan Fluks Gas CO ₂	29
4.3.2 Hubungan Kelembapan Udara Dengan Fluks Gas CO ₂	30
4.3.3 Hubungan Temperatur Tanah Dengan Fluks Gas CO ₂	31
4.3.4 Hubungan Kelembapan Tanah Dengan Fluks Gas CO ₂	32
4.3.5 Hubungan pH Dengan Fluks Gas CO ₂	34
4.3.6 Hubungan Potensial Reduksi-Oksidasi Dengan Fluks Gas CO ₂	35
4.3.7 Hubungan Daya Hantar Listrik Dengan Fluks Gas CO ₂	36
BAB V	39
KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

1 Studi Penelitian Terdahulu

9



DAFTAR GAMBAR

1 Area <i>Nursery</i> di Gunung Plencing	11
2 Desain <i>Base Chamber</i> Tampak Depan	12
3 Desain <i>Base Chamber</i> Tampak Samping	12
4 Desain <i>Base Chamber</i> Tampak Atas	12
5 Desain <i>Upper Chamber</i> Tampak Depan	13
6 Desain <i>Upper Chamber</i> Tampak Atas	13
7 Desain <i>Upper Chamber</i> Tampak Dalam	13
8 Prosedur Penelitian	15
9 Segitiga Tekstur	17
10 Kondisi Lokasi Penelitian Pada Saat Pengambilan Sampel Gas	19
11 Fluks Emisi Gas CO ₂ dan Grafik Akumulasi pada 4 jenis perlakuan media	26
12 Total Fluks Emisi CO ₂	27
13 Grafik hubungan temperatur udara dengan fluks gas CO ₂	30
14 Grafik hubungan kelembapan udara dengan fluks gas CO ₂	31
15 Grafik hubungan temperatur tanah dengan fluks gas CO ₂	32
16 Grafik hubungan kelembapan tanah dengan fluks gas CO ₂	33
17 Grafik hubungan pH dengan fluks gas CO ₂	34
18 Grafik hubungan potensial reduksi-oksidasi (EH) dengan fluks gas CO ₂	35
19 Grafik hubungan daya hantar listrik dengan fluks gas CO ₂	36

DAFTAR SINGKATAN

APIK	: Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan
BCA	: Benzenecarboxylic Acids
BMKG	: Badan Meteorolgi Klimatologi dan Geofisika
BPTP	: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
CO ₂	: Karbon Dioksida
EC/DHL	: Electrical Conductivity/Daya Hantar Listrik
FID	: Flame Ionization Detector
GC	: Gas Chromatography
GNEB	: Good Neighbor Environmental Board
GRK	: Gas Rumah Kaca
GWP	: Global Warming Potential
HST	: Hari Setelah Tanam
IAEA	: International Atomic Energy Agency
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
KFS	: Kenya Forest Service
M1N	: Media tanpa Pembunuh Tanah tanpa Vegetasi
M2N	: Media dengan Pembunuh Tanah Tanpa Vegetasi
M1V	: Media tanpa Pembunuh Tanah dengan Vegetasi
M2V	: Media dengan Pembunuh Tanah dengan Vegetasi
MST	: Minggu Setelah Tanam
ORP	: Oksidasi Reduksi Potensi
PVC	: Polivinil Klorida
RH	: Relatif Humidity/Kelembapan Udara
SRI	: System of Rice Intensification

DAFTAR LAMPIRAN

1 Hasil Pengujian Gas CO ₂	45
2 Hasil Perhitungan Fluks Gas CO ₂	49
3 Hasil pengukuran <i>micro environmental condition</i>	53
4 Grafik Pertumbuhan Daun Tanaman Eucalyptus	55
5 Hasil pengujian tekstur tanah	56
6 Data pF tanah	56
7 Pengambilan contoh gas	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karst dalam bahasa Slovenia memiliki arti lahan gersang. Karst sendiri merujuk pada suatu bentukan lahan yang terbentuk melalui proses pelarutan. Secara umum, karst merupakan daerah yang terbentuk dari batuan karbonat, namun tidak menutup kemungkinan terjadi di daerah batuan lain yang mudah larut seperti batuan gipsum dan batuan garam (Haryono & Adji, 2004).

Karstifikasi atau yang di sebut juga proses pembentukan lahan karst terjadi dikarenakan adanya proses pelarutan. Hal itu diawali oleh larutnya CO_2 pada batuan gamping di dalam air dan membentuk H_2CO_3 . Larutan H_2CO_3 dengan ikatan kurang stabil terurai menjadi H^+ dan HCO_3^{2-} . Ion H^+ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO_3 menjadi Ca^{2+} dan HCO_3^{2-} (Haryono & Adji, 2004).

Ekosistem karst merupakan salah satu daerah yang berpotensi dapat menyerap emisi karbon. Pengelolaan karst berfungsi untuk mengoptimalkan kawasan karst untuk menunjang pembangunan berwawasan lingkungan (Cahyadi, 2009). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperbaiki struktur tanah adalah dengan melakukan revegetasi sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanah (Surata, 2009).

Ekosistem yang berada di wilayah karst dapat menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya terkait fungsi dan daya dukung ekosistem karst meliputi permasalahan tentang kualitas sumber daya air, kekurangan air, gagal panen, kekeringan, area makan ternak terbatas, kerusakan lahan yang luas, rendahnya pendapatan, kemiskinan, tingkat pendidikan rendah, minimnya sarana dan prasarana publik yang tersedia dan lain sebagainya (Suryatmojo, 2006). Jenis tumbuh-tumbuhan akan sulit ditanam pada tanah karst yang rusak, oleh karena itu kegiatan konservasi perlu di lakukan (APIK, 2014).

Konservasi tanah karst dapat dilakukan dengan cara pembenahan tanah. Pembenahan tanah dilakukan untuk mengelola tanah karst yang rusak dengan penambahan bahan seperti pupuk kandang dan juga *biochar*. Sifat fisik tanah (berat volume, berat jenis tanah dan porositas) dapat terpengaruhi karena adanya penambahan pupuk kandang dan juga dapat meningkatkan produktivitas tanaman (Agusni et al., 2014). Penambahan *biochar* mampu memperbaiki sifat fisik tanah salah satunya adalah kemampuan tanah dalam menyimpan air (Cheng et al., 2019).

Penggunaan pupuk kandang dan juga *biochar* diketahui dapat meningkatkan kualitas baik secara fisik, kimia maupun biologi. Namun, penambahan kedua komponen tersebut juga dapat berpengaruh terhadap potensi emisi gas rumah kaca seperti CO_2 (Nurida, 2012). Dengan adanya penambahan pupuk kandang, bahan organik dapat terurai dan melepaskan unsur hara serta menghasilkan humus sehingga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah (Latarang dan Syakur, 2006). Penambahan *biochar* dapat mengurangi laju produksi Gas Rumah Kaca (NO_2 , CO_2 , CH_4 , HFCs, PFCs, dan SF_6 didalam *Annex A* protokol Kyoto-1977) dalam jangka waktu yang pendek

(Kurt, 2009). Peluang pemanfaatan *biochar* di lahan pertanian sangat besar, Karena selain mampu memperbaiki kualitas tanah, juga mampu meningkatkan produksi tanaman (Nurida, 2012).

CO₂ merupakan salah satu molekul dari gas rumah kaca yang memiliki kontribusi atas terjadinya fenomena perubahan iklim. Kontribusi yang besar disebabkan karena emisi CO₂ yang ada di atmosfer semakin hari semakin meningkat hingga 70% (IPCC, 2008). CO₂ merupakan salah satu penyumbang emisi terbesar GRK. Terhitung, kurang lebih 55% total dari emisi GRK diketahui dari gas tersebut, baik dari pembakaran bahan bakar kendaraan, aktivitas makhluk hidup, dan lain sebagainya. Hal tersebut dapat mengakibatkan kenaikan suhu di bumi dan kerusakan lapisan ozon (Badan Litbang Pertanian, 2011). Dalam skala global, emisi gas CO₂ di dunia mencapai kurang lebih 14% dari total emisi yang dihasilkan, sedangkan apabila berfokus pada emisi yang dihasilkan di Indonesia sendiri kurang lebih sebesar 12% (51,20 juta ton CO₂e) dari total emisi sebesar 436,90 juta ton CO₂e (Surmaini et al., 2011).

Gas CO₂ dibutuhkan pada proses karstifikasi di kawasan karst. Penyerapan CO₂ oleh kawasan karst menjadi sangat penting dalam upaya mencegah atau mengurangi dampak pemanasan global (Cahyadi, 2009). Penyerapan CO₂ pada kawasan karst berbanding lurus dengan penambahan vegetasi di kawasan tersebut. CO₂ dapat dikurangi dalam proses oksigenasi tanaman, yaitu pelepasan oksigen ke atmosfer oleh tanaman. Polutan CO₂ di atmosfer akan diserap jaringan tanaman aktif seperti daun dan permukaan tanaman (Endarto et al., 2016).

Kondisi lingkungan mikro juga dapat mempengaruhi emisi gas CO₂. Yang termasuk lingkungan mikro seperti pH, RH, daya hantar listrik, suhu udara, potensi reduksi oksidasi (ORP), *soil moisture*. Menurut penelitian Pahlipi et al., (2017) Pengaruh suhu terhadap emisi gas CO₂ berbanding terbalik dan tidak signifikan. Sedangkan pengaruh pH terhadap emisi gas CO₂ yaitu semakin mendekati pH netral maka emisi gas CO₂ akan semakin meningkat, namun tidak signifikan.

Dalam praktiknya kegiatan restorasi karst melalui pembenahan tanah menggunakan pupuk kandang dan *biochar* dapat meningkatkan ataupun dapat menurunkan emisi CO₂ yang lepas dari tanah menuju atmosfer. Penelitian kali ini dilakukan dalam skala kecil yaitu pada area persemaian (*Nursery*) yang mana dibuatkan ruang khusus sehingga media yang diteliti dapat dengan mudah dikontrol pada setiap minggunya. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ialah jenis tanaman *Eucalytus sp.* Oleh karena itu, penelitian kali ini perlu dilakukan untuk menganalisa lebih lanjut potensi emisi gas CO₂ dan juga pengaruh lingkungan mikro terhadap emisi gas CO₂ pada lahan karst yang di restorasi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun penelitian ini dirumuskan ke dalam pertanyaan berikut:

1. Bagaimana potensi emisi gas CO₂ pada restorasi karst dengan pembenah tanah?
2. Bagaimana pengaruh kondisi lingkungan mikro terhadap potensi emisi gas CO₂ pada restorasi karst dengan pembenah tanah?

1.3 Tujuan

1. Menganalisa potensi emisi gas CO₂ pada restorasi karst dengan pembenah tanah di dalam persemaian.
2. Menganalisa pengaruh kondisi lingkungan mikro terhadap potensi emisi gas CO₂ pada restorasi karst dengan pembenah tanah di dalam persemaian.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini baik bagi perguruan tinggi, masyarakat dan pemerintah, yaitu :

1. Bagi Perguruan Tinggi
Hasil penelitian dapat menjadi referensi pembelajaran, khususnya mengenai pengetahuan tentang emisi gas rumah kaca CO₂ pada karst sebagai sarana dalam menghasilkan sarjana teknik yang handal dan memiliki pengetahuan mendalam mengenai restorasi karst.
2. Bagi Masyarakat
Sebagai referensi bahan penelitian mengenai emisi CO₂ pada restorasi karst dengan pembenah tanah dan bahan kajian penentuan hipotesis lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.
3. Bagi Pemerintah
Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan dan bahan pertimbangan dalam mengambil kebijakan mengenai potensi emisi CO₂ yang dikeluarkan oleh karst yang terestorasi dengan pembenah tanah. Memperoleh solusi dalam memecahkan masalah dan menentukan kebijakan-kebijakan yang berkaitan dengan penelitian ini

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



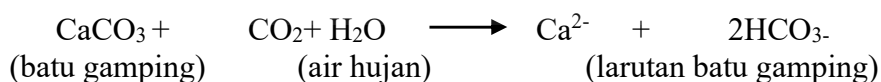
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kawasan Karst

Karst merupakan istilah dalam bahasa Slovenia yang artinya adalah lahan gersang. Namun saat ini, istilah karst merujuk pada suatu bentukan lahan yang terbentuk melalui proses pelarutan. Secara umum, karst merupakan daerah yang terbentuk dari batuan karbonat, namun tidak menutup kemungkinan terjadi di daerah batuan lain yang mudah larut seperti batuan gipsium dan batuan garam (Haryono & Adji, 2004).

Karst adalah daerah batuan karbonat (CaCO_3 dan MgCO_3) atau campuran dari keduanya, yang telah mengalami pelarutan oleh CO_2 di atmosfer melalui air hujan, maupun CO_2 yang berasal dari sisa tanaman atau humus. Keberadaan karst terjadi di daerah berbatuan karbonat dan batuan lain yang mudah larut (Achmad, 2011). Di Indonesia sendiri memiliki kawasan karst dengan bentang alam yang sangat luas, lebih dari 15,4 juta hektar dan tersebar di Sumatera, Papua dan pulau-pulau kecil lainnya. Fenomena kawasan karst antara lain berada pada Gunung Sewu, Gombong, Maros, Sangkulirang dan Papua (Samodra, 2001). Dengan adanya proses karstifikasi, diperkirakan kawasan karst di Indonesia menyerap gas karbondioksida mencapai 13.482 Gg CO_2 /tahun (Haryono, 2011). Luas karst global, yaitu kurang lebih $2,2 \times 10^7 \text{ km}^2$ yang setara dengan 15% luas daratan di bumi dan memiliki penyerapan karbon residual dalam daratan yang mencapai 2,5 Pg C/yr (Ciais et al, 2013).

Batuan karbonat atau disebut juga batu gamping mengalami pelarutan karena larutnya CO_2 di dalam air dan membentuk H_2CO_3 . Larutan H_2CO_3 tidak stabil terurai menjadi H^+ dan HCO_3^{2-} . Ion H^+ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO_3 menjadi Ca^{2+} dan HCO_3^{2-} . Hal itulah yang dinamakan dengan proses karstifikasi (Haryono & Adji, 2004). Masa proses pelarutan tersebut dapat digambarkan dalam reaksi kimia yaitu :



Dari penjelasan tersebut wilayah karst memiliki fungsi sebagai penyerap CO_2 di atmosfer. Hal itu di karenakan proses penyerapan CO_2 di wilayah karst menjadi salah satu komponen penting dalam proses karstifikasi, atau pelarutan batuan gamping. Menurut penelitian Sayekti et al. (2016) pada kawasan karst di daerah Goa Pindul, Gunung Kidul, Yogyakarta, Potensi penyerapan CO_2 didapatkan sebesar 966,79 ton/tahun/luas. CO_2 diserap dalam proses karstifikasi untuk melarutkan 8056,57 ton batuan gamping atau setara dengan volume $193,26 \text{ m}^3/\text{km}$. Karstifikasi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor pengontrol yang berfungsi untuk menentukan dapat tidaknya proses karstifikasi berlangsung dan faktor pendorong yang berfungsi untuk menentukan kecepatan dan kesempurnaan proses karstifikasi (Adji et al., 2012). Adapun yang termasuk dalam faktor pengontrol dan faktor pendorong yaitu: (Adji et al., 2012)

- a. Faktor pengontrol
 1. Batuan mudah larut, kompak, tebal, dan mempunyai banyak rekahan.
 2. Curah hujan yang cukup (>250 mm/tahun)
 3. Batuan terekspos di ketinggian yang menungkinkan perkembangan sirkulasi air/drainase secara vertikal.
- b. Faktor pendorong
 1. Temperature
 2. Penutupan hutan

2.2 Restorasi Tanah Karst

Kawasan karst adalah kawasan yang memegang peranan penting bagi kehidupan. Kawasan karst berfungsi untuk menampung air tanah dalam jumlah yang besar karena porositas tanahnya yang besar sehingga mudah dalam mendistribusikan air. Selain itu kawasan karst juga merupakan habitat bagi berbagai flora dan fauna. Banyak ahli yang menjadikan karst sebagai penelitian dikarenakan masih terdapat banyak sekali hal-hal yang dapat dikaji didalamnya (Irfanianto, 2014).

Ekosistem yang berada di wilayah karst dapat menimbulkan berbagai permasalahan. Dari berbagai macam diantaranya yaitu terkait fungsi dan daya dukung ekosistem karst meliputi permasalahan tentang kualitas sumber daya air, kekurangan air, gagal panen, kekeringan, area makan ternak terbatas, kerusakan lahan yang luas rendahnya pendapatan, kemiskinan, tingkat pendidikan rendah, minimnya sarana dan prasarana publik yang tersedia dan lain sebagainya (Suryatmojo, 2006). Jenis tumbuh-tumbuhan akan sulit apabila ditanam pada tanah karst yang rusak, oleh karena itu kegiatan konservasi perlu di lakukan (APIK, 2014).

Dibalik permasalahan tanah karst tersebut, banyak potensi-potensi di kawasan ekosistem karst yang memiliki peluang untuk dikembangkan. Salah satunya adalah potensi biotik berupa pengembangan kegiatan dibidang kehutanan, perkebunan, dan pertanian. Luasnya tanah karst ini dapat dioptimalkan dengan merestorasi karst dengan bahan-bahan pembenah tanah yang umum digunakan.

Restorasi adalah upaya untuk mengubah struktur objek yang dilindungi agar menggambarkan suatu keadaan yang diketahui sebelumnya, misalnya mengubah hutan pinus (tumbuhan asing) di kawasan hutan lindung menjadi hutan tanaman rasamala, yaitu tentang melindungi tumbuhan asli hutan tersebut. (Basuki, 2009). Restorasi terdiri dari banyak rangkaian kegiatan mulai dari menghentikan faktor yang menyebabkan terjadinya degradasi atau kerusakan dan melanjutkannya sampai ke pemantauan serta perawatan ekosistem. Restorasi bertujuan agar lahan yang awalnya rusak dapat digunakan kembali (GNEB, 2014). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk restorasi karst adalah dengan pembenahan tanah. Pembenahan tanah dilakukan dengan memberikan *biochar* dan juga pupuk kandang pada tanah yang akan di restorasi.

Pemanfaatan pembenah tanah yang lazim digunakan saat ini adalah kapur, abu dan pupuk kandang atau kompos. Beberapa alternatif lain atau bahan yang

memiliki karakteristik lebih stabil dan mempunyai kemampuan bertahan lebih lama yaitu dengan penambahan arang/*biochar* (Ratmini, 2018). Peluang pemanfaatan *biochar* di lahan pertanian sangat besar, Karena selain mampu memperbaiki kualitas tanah, juga mampu meningkatkan produksi tanaman (Nurida, 2012). *Biochar* mempunyai kemampuan menyimpan air cukup tinggi, sehingga penambahan *biochar* ke dalam tanah dapat mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan air dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman (Ratmini, 2018).

Secara konvensional *biochar* bukan merupakan suatu pupuk, penggunaan *biochar* pada tanah dapat meningkatkan produksi dan kesuburan hasil dari pertanian yaitu dengan meningkatkan pH tanah dan daya retensi hara *biochar* yang jauh lebih besar dibandingkan dengan bahan organik lainnya, sehingga unsur hara tanah tersedia. Peningkatan pH berkontribusi penting dalam hal meningkatkan kualitas tanah. Nilai pH tanah mempengaruhi ketersediaan relatif dari unsur-unsur hara. Toksisitas ion Al merupakan masalah utama pada tanah kritis, oleh karena itu *biochar* dapat digunakan sebagai solusi yang baik untuk mengurangnya. (Siringorongi dan Siregar, 2011).

Penggunaan *biochar* juga dapat menarik dan menahan unsur zat hara pada tanah, sehingga berpotensi mengurangi kebutuhan pupuk (Siringorongi dan Siregar, 2011). *Biochar* sepertinya lebih berperan sebagai *soil conditioner* dan sebagai pembawa perubahan/transformasi terhadap hara daripada sebagai sumber utama hara (Glaser et al, 2001). Pupuk kandang merupakan bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air dengan cara mengikat molekul-molekul air melalui gugus fungsionalnya dan pori-pori mikronya sebagai dampak dari perbaikan agregasi tanah (Syaikhu et al., 2016).

Penambahan pupuk kandang pada lahan kering seperti karst dapat memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia tanah. Penguraian bahan organik oleh mikroba menyebabkan terlepasnya unsur hara serta dihasilkannya humus yang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Dari aspek fisik pupuk kandang dapat mendorong proses penggemburan tanah sehingga dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Latarang dan Syukur, 2006).

2.3 Gas CO₂

CO₂ adalah sejenis gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan oleh pembakaran karbon. Gas CO₂ di atmosfer berada pada lapisan troposfer (10-15 km) dan dapat bertahan hingga 100 tahun. Daya tahan dalam jangka waktu yang lama tersebut menyebabkan CO₂ dapat tercampur secara merata (*well mixed*) di atmosfer sehingga menyebabkan konsentrasi CO₂ di suatu daerah memiliki konsentrasi yang hampir sama di daerah lainnya (Lackner, 1999).

CO₂ merupakan salah satu molekul dari gas rumah kaca yang memiliki kontribusi atas terjadinya fenomena perubahan iklim. Kontribusi yang besar disebabkan karena emisi CO₂ yang ada di atmosfer semakin hari semakin meningkat hingga 70% (IPCC, 2008). Karbon dioksida CO₂ merupakan salah

satu penyumbang emisi terbesar GRK. Hampir 55% emisi GRK berasal dari gas tersebut. Hal tersebut dapat mengakibatkan kenaikan suhu di bumi dan kerusakan lapisan ozon (Badan Litbang Pertanian, 2011). Jumlah konsentrasi CO₂ di atmosfer adalah 800 gigaton (Cahyadi, 2010). Dalam skala global, emisi gas CO₂ di dunia mencapai kurang lebih 14% dari total emisi yang dihasilkan, sedangkan apabila berfokus pada emisi yang dihasilkan di Indonesia sendiri kurang lebih sebesar 12% (51,20 juta ton CO₂e) dari total emisi sebesar 436,90 juta ton CO₂e (Surmaini et al., 2011).

CO₂ berasal dari proses pembakaran kurang sempurna dari kendaraan bermotor, penggunaan bahan bakar kayu (biomass), minyak bumi, gas alam dan batubara oleh industri, dan rumah tangga serta pembakaran hutan dan lain sebagainya (Badan Litbang Pertanian, 2011). Kontribusi gas rumah kaca terhadap pemanasan global tergantung dari jenis gasnya. Setiap gas rumah kaca mempunyai potensi pemanasan global (Global Warming Potential – GWP) yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO₂ dengan nilai 1 (satu). Setiap GRK memiliki nilai GWP tersendiri. Semakin besar nilai GWP maka akan semakin bersifat merusak (Sugiyono, 2006).

2.4 Emisi Gas CO₂ dengan Kondisi Lingkungan Mikro

Kondisi lingkungan mikro dapat mempengaruhi konsentrasi emisi gas CO₂ yang ada di atmosfer (Arif et al., 2015). Dalam penelitian kali ini kondisi lingkungan mikro yang menjadi fokus dalam pembahasan meliputi suhu tanah, pH, RH, daya hantar listrik, suhu udara, potensi reduksi oksidasi (ORP), dan *soil moisture*. Pengaruh suhu atau temperatur terhadap emisi gas CO₂ berbanding terbalik dan tidak signifikan. Sedangkan pengaruh pH terhadap emisi gas CO₂ yaitu semakin mendekati pH netral maka emisi gas CO₂ akan semakin meningkat, namun tidak signifikan (Pahlipi et al., 2017).

Peningkatan potensi reduksi oksidasi berbanding lurus dengan meningkatnya emisi gas CO₂ (Wang, 2018). Faktor kondisi lingkungan lainnya adalah faktor kelembapan tanah (*soil moisture*) yang ada di permukaan lahan cenderung meningkat dengan naiknya suhu tanah pada siang hari dan juga pergerakan difusi uap air di atas permukaan tanah karena faktor alam lainnya (Dwi A., 2017). Hal ini dapat dilihat pada kondisi lahan karst tempat penelitian. Pada saat siang hari terjadi pergerakan difusi uap air di atas permukaan tanah, sehingga berpengaruh terhadap kelembapan tanah karst.

2.5 *Eucalyptus sp.*

Eucalyptus sp. memiliki jumlah jenis kurang lebih 700 jenis. Sebagian besar spesies tersebut berada di Australia (Bennett, 2010). *Eucalyptus* tumbuh berbentuk semak atau perdu. Ciri khas *Eucalyptus* adalah sebagian atau seluruh kulitnya mengelupas dengan bentuk kulit bermacam-macam. Warna kulit mulai dari putih kelabu, abu-abu muda, hijau kelabu sampai coklat, merah, sawo matang, sampai coklat (Departemen Kehutanan, 1994). *Eucalyptus* dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu rata-rata 20°-32° Celcius. *Eucalyptus* dapat memiliki nilai ekonomis, karena apabila diolah dapat menghasilkan berbagai macam jenis produk. *Eucalyptus* juga dapat berperan dalam sektor industri. Dengan cara diolah dan digunakan sebagai kayu bakar, kayu lapis, bubur kayu, minyak esensial, dan arang (Kenya Forest Service, 2009).

Eucalyptus digunakan dalam penelitian karena memiliki potensi besar dalam proses penyerapan karbon, waktu pertumbuhannya yang cepat dan dapat hidup diberbagai macam media baik dalam kondisi kandungan zat hara yang kurang maupun dalam kondisi dengan tanah yang baik dan subur, dan lebih tahan terhadap kondisi iklim dan keadaan tanah.

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 1 Studi Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Topik	Metode	Hasil
1	Glaser B. (2001)	Model untuk pertanian di daerah tropis yang lembab	Metode pengamatan dilakukan dengan cara bahan hangus dikonversi menjadi benzenecarboxylic acids (BCA) dan di oksidasi asam nitrat, sedangkan zat humat atau zat yang berperan terhadap kesuburan tanaman tidak berkarbonasi dan tidak menghasilkan BCA. BCA digunakan sebagai penanda molekuler	Tanah yang mengandung karbon hitam dari residu pembakaran tidak sempurna lebih stabil secara kimia dan biologi dan dapat bertahan lama di lingkungan
2	Rajkishore et al. (2013)	Potensi emisi gas metan dan mikroflora tanah yang terkait pada sistem penanaman padi konvensional.	Metode pengambilan sampel menggunakan metode teknik chamber tertutup secara statis. Pengambilan gas di pagi hari pada pukul 09:00-10:00 dan siang hari pada pukul 14:00-15:00. CH ₄ dianalisa menggunakan <i>gas chromatography</i> (GC) dengan gas pembawa adalah <i>flame ionization detector</i> (FID).	Emisi CH ₄ yang dihasilkan berbanding lurus dengan kemajuan pertumbuhan dari tanaman padi. Tingkat emisi lebih tinggi terdapat pada penanaman model konvensional dibanding SRI.
3	Kurt A. (2009)	Dampak Penggunaan <i>Biochar</i> pada tanah terhadap potensi emisi gas rumah kaca	Metode yang di gunakan adalah <i>Biochar</i> dicampur dengan tanah secara manual dalam botol serum dan dilihat pengaruh dari kelembapan tanahnya	Dampak penambahan biochar bersifat spesifik untuk biochar dan jenis tanah. Namun, jenis bahan baku, suhu, kandungan unsur dan luas permukaan ditemukan tidak berkorelasi dengan dampak yang diamati pada produksi / konsumsi gas rumah kaca.

Lanjutan Tabel 1

No	Sumber	Topik	Metode	Hasil
4	Sayekti (2016)	Estimasi Potensi Penyerapan Karbondioksida Atmosfer di Daerah Tangkapan Air Sistem Sungai Bawah Tanah	Metode yang digunakan metode isohyet. Isohyet adalah garis kontur yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai curah hujan yang sama.	Daerah Tangkapan Air Sistem Goa pindul memiliki potensi besar untuk melakukan penyerapan karbondioksida di atmosfer. Sebesar 966,79 ton/tahun/luas karbondioksida diserap dalam proses karstifikasi untuk melarutkan 8.056,57 ton batugamping
5	Arief et al. (2018)	Analisis Sensifitas Lingkungan Mikro Yang berpengaruh pada emisi N ₂ O dari Lahan Padi	Dihitung dengan metode numerik simpsons	Air yang tergenang menyebabkan tanah menjadi lembab sehingga aerasi buruk, kondisi ini mendorong terjadinya proses denitrifikasi yang menghasilkan N ₂ O lebih tinggi. Kondisi tanah anaerob (tergenang) yang diikuti oleh aerob (drainase) dapat meningkatkan emisi N ₂ O
6	Suwedi N. (2005)	Penyebab terjadinya pemanasan global dan upaya pencegahannya.	Metode yang digunakan ialah dengan cara mengurangi penggunaan bahan perusak ozon, menjaga Kawasan terbuka hijau, meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan, perencanaan tata ruang berwawasan lingkungan, dan kepedulian masyarakat terhadap upaya memperlambat/ mencegah meningkatnya pemanasan global.	Telah dilakukannya upaya-upaya pencegahan pemanasan global agar dapat meningkatkan keberlangsungan hidup penduduk yang tinggal di dalamnya dan mengurangi resiko kerugian material yang akan ditimbulkan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Pembuatan media dan pengambilan data dilakukan selama 10 bulan, terhitung dari 22 Juni 2019 sampai dengan bulan Maret 2020. Pengambilan data dilakukan pada area *nursery* yang telah disiapkan di Gunung Plecing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta dengan koordinat 7°54'04.2''S 110°23'55.7''E. Analisis sampel gas CO₂ dilakukan di Laboratorium Gas Rumah Kaca Jakenan-Pati, Jawa Tengah. Sedangkan analisa tekstur tanah (media) di Laboratorium Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (BPTP) Yogyakarta.



Gambar 1 Area *Nursery* di Gunung Plecing

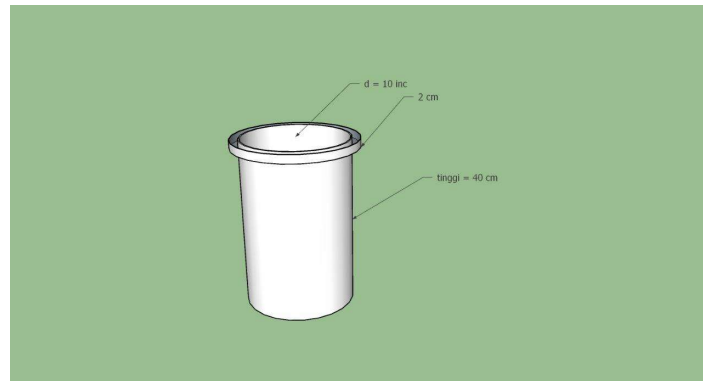
3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian kali ini digunakan beberapa alat dan bahan yang berfungsi untuk menunjang jalannya penelitian. Adapun alat bahan yang dibutuhkan ialah:

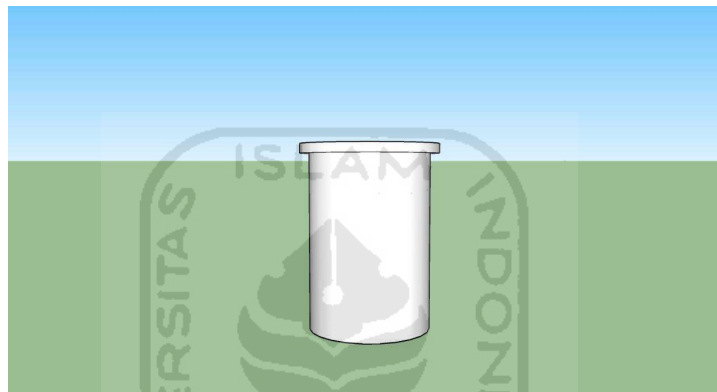
3.2.1 Alat

Alat yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut.

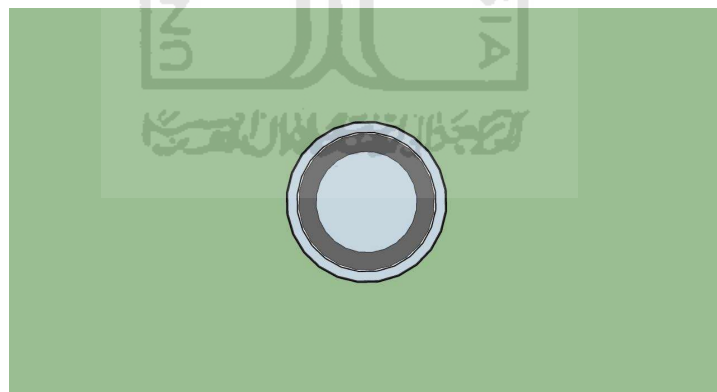
1. **Base Chamber** terbuat dari alumunium berbentuk tabung dengan tinggi 40 cm dan diameter 10 inch. Base chamber digunakan sebagai pot untuk tempat media tanah dan media tanam tanaman *Eucalyptus* sp. Desain dari alat dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4.



Gambar 2 Desain *Base Chamber* Tampak Depan

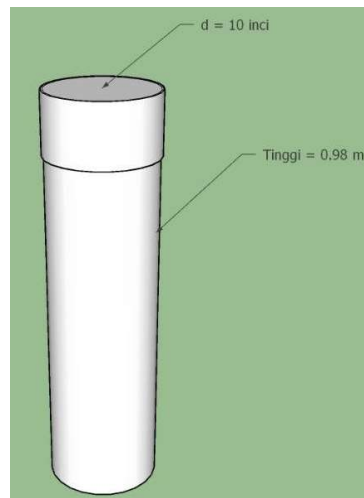


Gambar 3 Desain *Base Chamber* Tampak Samping

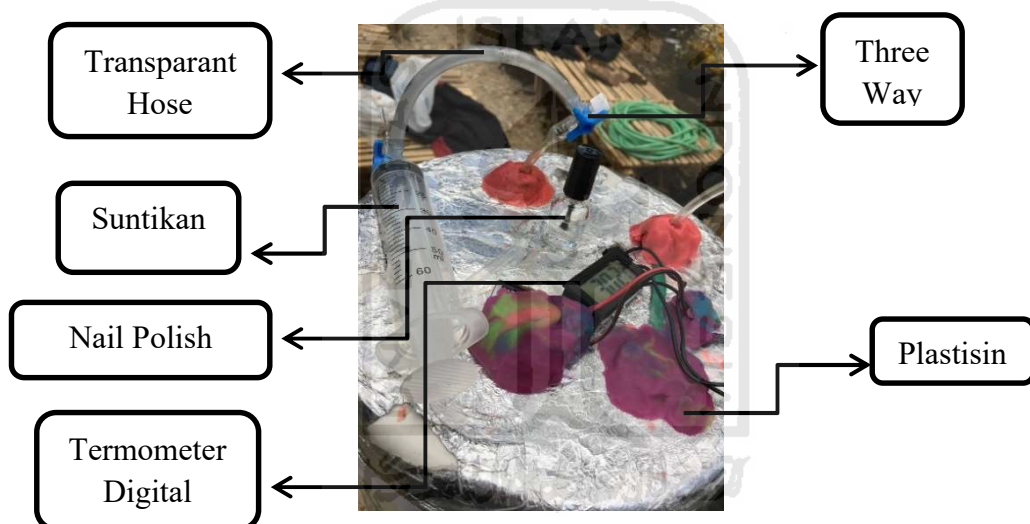


Gambar 4 Desain *Base Chamber* Tampak Atas

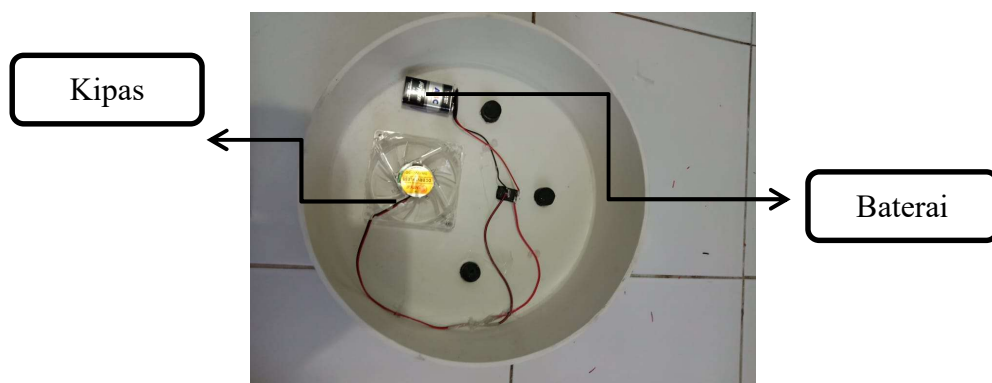
2. **Upper Chamber** terbuat dari pipa PVC dengan diameter 10 inch dan tinggi 98 cm serta menggunakan tutup berupa dop pipa dengan diameter 10 inch. *Upper chamber* digunakan sebagai tutup tanaman untuk pengambilan sampel gas. Desain *Upper Chamber* dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5 Desain *Upper Chamber* Tampak Depan



Gambar 6 Desain *Upper Chamber* Tampak Atas



Gambar 7 Desain *Upper Chamber* Tampak Dalam

3. **Kertas Alumunium** digunakan untuk melapisis *upper chamber*, tujuannya agar sinar matahari tidak masuk kedalam *upper chamber* saat dilakukan

pengambilan gas, karena dikhawatirkan akan mempengaruhi hasil sampling.

4. **Tabung vacum 10 mL**, digunakan untuk wadah sampel yang akan diuji.
5. **Suntikan 50 mL** berfungsi untuk pengambilan gas dari *upper chamber* dan memasukkan gas ke dalam tabung vacum
6. **Three way** merupakan kran dengan 3 jalur, alat ini digunakan untuk menutup dan membuka jalur keluarnya gas saat pengambilan sampel agar udara di dalam *upper chamber* tidak mengalami kontaminasi dengan udara luar.
7. **Selang transparan**, digunakan untuk jalur penyambung antara *three way* dan udara di dalam *upper chamber*.
8. **Plastic wrap** berfungsi untuk menutup tabung vacum agar sampel udara tidak keluar dan juga untuk menyatukan sampel dengan kode dan waktu pengambilan sampel yang sama.
9. **Nail polish** digunakan untuk menutup lubang pada karet tabung vacum akibat proses penyuntikan sampel gas.
10. **Termometer digital** digunakan untuk mengukur suhu yang berada dalam chamber.
11. **Kipas** terletak didalam *upper chamber* yang berfungsi untuk mensirkulasi udara yang berada didalam *chamber*.
12. **Baterai** berfungsi sebagai tenaga untuk kipas.
13. **Plastisin** berfungsi untuk menutup celah-celah yang masih tersisa pada dop pipa.
14. **Elitech GSP-6** digunakan untuk mengukur temperatur dan kelembapan udara atmosfer pada lokasi penelitian.
15. **Soil moisture meter** digunakan untuk mengukur kelembapan tanah.

Alat uji tanah yang digunakan antara lain:

1. **Ring contoh uji Ø 5 cm**, tempat sampel tanah yang akar diuji .
2. **Neraca analitik**, digunakan untuk menimbang berat sampel tanah saat melakukan pengujian.
3. **Soil moisture PMS710**, digunakan untuk mengukur kelembapan tanah.
4. **ORP meter**, berfungsi untuk mengukur potensi oksidasi reduksi (REDOKS).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

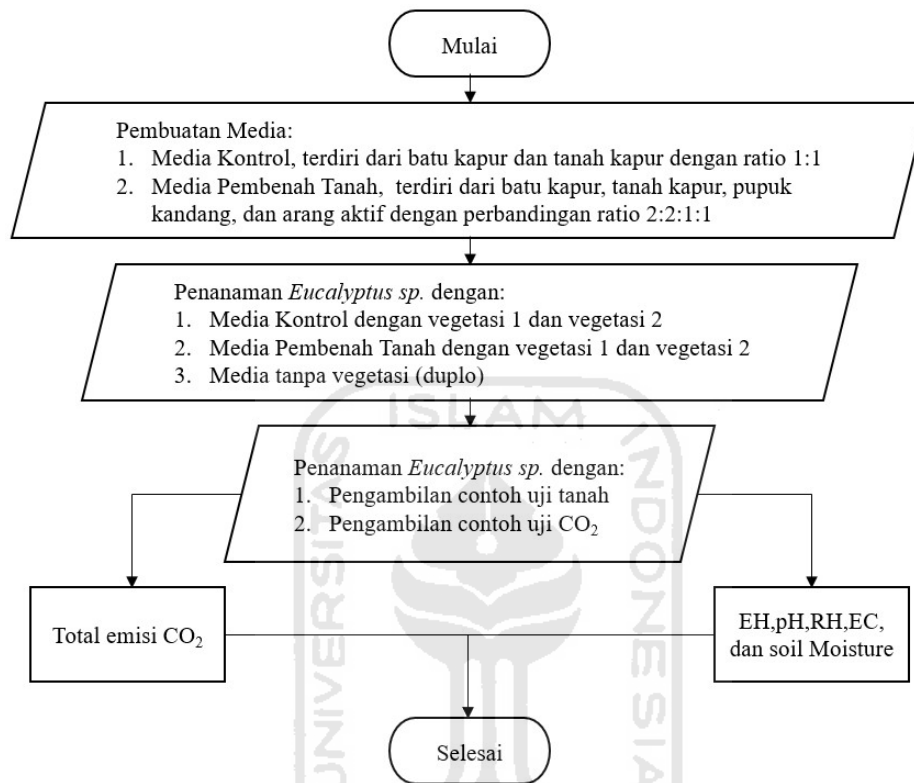
Bahan untuk uji sampel tanah adalah **Akuadest**, digunakan untuk melarutkan sampel tanah.

Bahan untuk membuat media tanam:

1. **Tanah kapur dan batu kapur**, digunakan sebagai campuran untuk perlakuan media satu.
2. **Tanah kapur, batu kapur, biochar dan pupuk kandang**, digunakan sebagai campuran perlakuan media dua.
3. **Polybag 20x20x40 cm**, digunakan sebagai wadah media tanah.
4. **Styrofoam**, digunakan sebagai wadah sementara sampel sebelum dikirim ke Laboratorium Jakenan.

5. Bibit *Eucalyptus sp.*, digunakan sebagai vegetasi pada media tanam.

Pengujian gas CO₂ dilakukan di Laboratorium Gas Rumah Kaca Jakenan-Pati, Jawa Tengah. Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Prosedur Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Media

Pada penelitian kali ini dipengaruhi oleh dua faktor. Faktor pertama adalah media. Media yang digunakan pada penelitian kali ini ada 2 jenis, yaitu media 1 terdiri dari campuran batu kapur dan tanah kapur dengan rasio perbandingan 1:1 yang berfungsi sebagai kontrol. Media 2 merupakan media dengan campuran batu kapur, tanah kapur, pupuk dan *biochar* dengan rasio perbandingan masing-masing 2:2:1:1. Media 2 berfungsi sebagai pembenah tanah. Total media yang dibuat berjumlah 12 dengan rincian 4 buah media 1 dengan vegetasi, 2 buah media 1 tanpa vegetasi, 4 buah media 2 dengan vegetasi, 2 buah media 2 tanpa vegetasi. Faktor kedua yang dapat mempengaruhi penelitian ini adalah faktor penambahan vegetasi. Vegetasi yang dipilih adalah tanaman *Eucalyptus sp* karena berperan pada penyerapan CO₂.

Perbandingan media tanam berdasarkan volume (v/v/v). Percobaan terdiri dari 4 perlakuan dan 2 ulangan. Setiap media akan ditanami 2 vegetasi dan sisanya tanpa vegetasi. Sehingga total media yang digunakan adalah 8 media.

Percobaan ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu persiapan media, pemindahan bibit ke dalam media tanam dan dimasukkan ke dalam *chamber*. Memasukan campuran batu kapur, tanah kapur, pupuk dan *biochar* ke dalam media tanam sesuai dengan perlakuan dengan perbandingan yang sudah ditentukan sebelumnya. Penanaman bibit dilakukan pada *polybag* ukuran 20 cm x 20 cm x 40 cm. Pemeliharaan dilakukan dengan menyiram tanaman 2 kali sehari pada pagi dan sore hari.

3.3.2 Pengukuran dan Analisis *Micro-Environmental Condition*

Pengukuran *Micro-Environmental Condition* ini akan digunakan untuk mengetahui pengaruh antara fluks dari CO₂ dengan kondisi lingkungan mikronya. Kondisi Lingkungan mikro yang perlu di perhatikan adalah parameter lingkungan mikro potensial tanah dan parameter lingkungan mikro yang ada di udara.

Kondisi lingkungan mikro yang dianalisis pada potensi reduksi dan oksidasi tanah dilakukan dengan menggunakan alat ORP meter, dilakukan selama 2 minggu sekali di setiap pengukuran. Hal pertama yang harus dilakukan adalah dengan menimbang 10 gram tanah pada masing-masing media yang akan diuji. Setelah itu tanah dilarutkan dengan menggunakan aquadest sebanyak 50 mL. Kemudian probe dimasukkan kedalam larutan tanah dan di cek potensi reduksi oksidasi tanah, temperatur, dan derajat keasaman (pH) tanah, konduktivitas listrik (EC). Selain itu kelembapan tanah (*soil moisture*) juga di ukur dengan menggunakan alat sensor digital alat ukur kelembapan tanah.

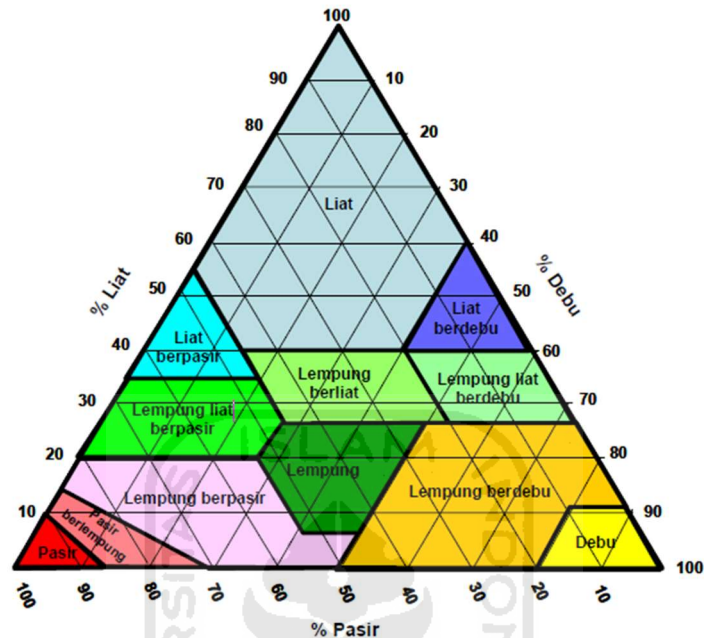
Pengukuran selanjutnya ialah analisa mengenai kondisi lingkungan yang ada di udara menggunakan alat Elitech GSP-6 yang dapat mengukur kelembapan udara dan suhu udara. Alat ini dipasang pada ketinggian 1-1,5 m dari permukaan tanah di tengah area *nursery* dengan interval yang diatur adalah 30 menit secara kontinyu dan dilakukan pengambilan data setiap 2 minggu sekali.

3.3.3 Analisisa Tekstur Tanah

Analisa tekstur tanah dilakukan di laboratorium Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (BPTP) Yogyakarta. Setelah dianalisa didapatkan tanah dengan berbagai perbandingan pasir, debu dan liat yang dikelompokkan atas berbagai kelas tekstur seperti digambarkan pada segitiga tekstur (Gambar 9).

Cara penggunaan segitiga tekstur adalah sebagai berikut: diketahui kandungan tanah 50% pasir, 20% debu, dan 30% liat. Dari segitiga tekstur dapat dilihat bahwa sudut kanan bawah segitiga menggambarkan 0% pasir dan sudut kirinya 100% pasir. Temukan titik 50% pada sisi dasar segitiga dan dari titik ini tarik garis sejajar dengan sisi kanan segitiga. Dari titik ini tarik garis sejajar dengan kiri segitiga, sehingga garis ini berpotongan dengan garis pertama. Kemudian temukan titik 30% liat dan tarik garis ke kanan sejajar dengan sisi dasar segitiga sehingga memotong dua garis sebelumnya. Dari perpotongan ketiga garis ini, ditemukan bahwa tanah ini mempunyai kelas tekstur "lempung liat berpasir" (Agus et al., 1979).

Analisa tekstur tanah dilakukan karena akan berpengaruh terhadap kemampuan permeabilitas tanah, daya tanah dalam menahan air dan dan zat hara, serta dapat mempengaruhi perkembangan akar tanaman (Suswati et al. 2011).



Gambar 9 Segitiga Tekstur

Sumber: Buku penetapan tekstur tanah balai penelitian tanah

Cara untuk mengambil contoh tanah ialah:

1. Meratakan dan membersihkan permukaan tanah dari rumput atau sisa akar.
2. Gali tanah sampai kedalaman tertentu (5-10 cm) di sekitar calon tabung tembaga diletakkan, kemudian ratakan tanah dengan pisau.
3. Meletakkan tabung di atas permukaan tanah secara tegak lurus, kemudian gunakan balok kecil dan letakkan di atas permukaan tabung, lalu menekan tabung sampai tiga per empat bagian dari tabung masuk ke dalam tanah.
4. Meletakkan tabung lain di atas tabung pertama, dan tekan sampai 1 cm masuk ke dalam tanah.
5. Memisahkan tabung bagian atas dari tabung bagian bawah.
6. Menggali tabung menggunakan sekop. Dalam menggali, ujung sekop harus lebih dalam dari ujung tabung agar tanah di bawah tabung ikut terangkat.
7. Menggris kelebihan tanah bagian atas hingga setara dengan permukaan tabung dengan hati-hati kemudian menutup tabung menggunakan tutup plastik yang telah tersedia. Setelah itu, iris dan potong kelebihan tanah bagian bawah dengan cara yang sama dan tutuplah tabung.
8. Mencantumkan label di atas tutup tabung bagian atas contoh tanah yang berisi informasi kedalaman, tanggal, dan lokasi pengambilan contoh tanah.

3.3.4 Pengambilan Sampel Gas

Sampel gas diambil di lokasi penelitian yaitu di daerah Imogiri, Bantul. Pengambilan gas dilakukan dengan memasang *upper chamber* diatas *base chamber* yang didalamnya sudah terdapat media tanah tanpa vegetasi dan media tanah dengan vegetasi. Vegetasi yang digunakan adalah jenis tanaman *Eucalyptus sp.*

Tanaman *Eucalyptus* dipilih karena menurut Sogen et al., (2018) memiliki potensi serapan karbon oleh tanaman *Eucalyptus* pada hutan alam ampupu sebesar 4375,519 ton/ha. Gas diambil setiap 2 minggu sekali yaitu pada pukul 09.30-10.00 untuk media 1 dan pukul 10.00-10.30 untuk sampel pada media 2. Menurut Rajakishore et al. (2013) sampel gas di ambil pada pagi hari sekitar puku 09.00-10.00 dan pada siang hari sekitar pukul 14:00-15:00.

Sebelum melakukan pengambilan gas perlu melakukan persiapan terlebih dahulu yaitu menyediakan seluruh alat-alat yang dibutuhkan seperti suntikan beserta jarum suntik dan masing-masing cadangannya, tabung vial 10mL, *nail polish* dan lain sebagainya. Langkah selanjutnya ialah pengecekan kembali alat-alat untuk menunjang pengukuran gas yang sudah terpasang pada dop pipa seperti thermometer, kipas, dan selang yang sudah di pasang *three way* dan dipastikan kembali alat tersebut dapat berfungsi pada saat proses pengukuran.

Upper chamber diletakan diatas *base chamber* dan disekeliling *chamber* diberi air agar udara dari luar tidak dapat masuk kedalam *chamber* melalui rongga-rongga kecil. Selanjutnya menyambung suntikan dengan *three way* dan selang. Setelah melakukan persiapan, hal pertama yang harus dilakukan adalah menyalakan kipas selama kurang lebih 1 menit agar udara yang ada di dalam *chamber* menjadi homogen. Kemudian melakukan pembilasan suntikan dengan cara mengambil 20mL udara dari dalam *chamber* kemudian dibuang ke udara luar dan dilakukan sebanyak 3 kali. Setelah itu, udara dari dalam *chamber* diambil sebanyak 30mL- 50mL untuk mengisi 2 tabung vacum yang masing-masingnya 10mL. Gas yang di butuhkan untuk dianalisa kurang lebih sebanyak 15mL, oleh karena itu dibutuhkan 2 tabung untuk mendapatkan gas sebnyak 20mL.

Masing-masing sampel diambil setiap 10 menit, mulai dari menit ke-0 sampai dengan menit ke-20. Tutup sementara tabung vacum dengan jari kemudian lapisi dengan *nail polish*. Setelah *nail polish* mengering kemudian dibungkus menggunakan plastik wrap sesuai dengan menit dan jenis sampel. Sampel yang sudah dibungkus kemudian dimasukkan kedalam kardus yang sudah dilapisi dengan *styrofoam* dan *aluminium foil* sebelum dikirim ke laboratorium Jakenan untuk diukur emisinya.



Gambar 10 Kondisi Lokasi Penelitian Pada Saat Pengambilan Sampel Gas

3.3.5 Analisis Sampel Gas dan Perhitungan Fluks CO₂

Analisis gas di Laboratorium Gas Rumah Kaca Balai Penelitian Lingkungan Jl. Jakenan-Jaken Km 5, Pati, Jawa Tengah ini mengacu pada IRRI and US-*Environmental Protection Agency United Nations* (1995) . Alat yang digunakan untuk melakukan analisis gas CO₂ adalah kromatografi gas *Micro GC CP-4900*. Gas dalam syringe diinjeksi ke dalam *Micro GC CP-4900*. Sampel akan masuk ke dalam column dan dipisahkan dengan senyawa lain, kemudian masuk ke detektor dan akan diidentifikasi ke dalam komputer dalam bentuk peak. Peak akan diinterpretasikan dalam bentuk angka (area konsentrasi). Laju gas per satuan waktu tersebut digunakan dalam perhitungan besarnya fluks gas. Perhitungan fluks gas CO₂ dihitung dengan Persamaan (1) (IAEA 1993).

$$E = \frac{\delta C}{\delta t} \times h_{ch} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273.2}{273.2+T} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

E = fluks CO₂ (mg/m²/menit)

$\frac{\delta C}{\delta t}$ = perbedaan konsentrasi CO₂ per waktu pengambilan (ppm/menit)

h_{ch} = tinggi chamber (m)

mW = Berat molekul CO₂ (g)

mV = Volume molekul CO₂ (22,41 liter pada suhu dan tekanan standar) (STP)

T = Temperatur selama sampling (°C)

Kemudian dihitung total fluks gas CO₂ dengan integral selama periode budidaya padi sawah. Metode perhitungan total emisi gas co2 adalah metode Simpson (Arif et al. 2013) seperti pada Persamaan (2).

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a)+4f\left(\frac{a+b}{2}\right)+f(b) \right] \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

f(x) = total emisi CO₂ (g/m²/hari)

a = waktu awal periode budidaya (hari setelah tanam/HST)

b = waktu akhir periode budidaya (hari setelah tanam/HST)

Dari rumus laju emisi diatas akan didapatkan laju emisi rotal pada setiap minggu pengukuran dan setiap media. Selanjutnya fluks yang sudah didapat dibuat grafik untuk mengetahui fluktuatif fluks kedua media pada setiap minggu pengukuran. Komponen pada sumbu x merupakan minggu setelah tanam dan sumbu y adalah fluks CO₂. Selanjutnya untuk mengetahui besarnya perbedaan total fluks antar media, dihitung persentase selisih antar kedua media. Perhitungan persentase perbedaan total fluks dapat menggunakan rumus pada Persamaan (3).

$$persentase = \frac{(total\ fluks\ a - total\ fluks\ b)}{(total\ fluks\ a)} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

3.4 Definisi Oprasional

Definisi oprasional variabel yang dimaksudkan yaitu untuk menghindari adanya kesalahan dalam memahami terhadap arti ataupun penafsiran terkait dengan dilakukannya penelitian kali ini, yang mana akan dijelaskan menurut definisi konsep, secara oprasional, praktik, dan nyata dalam lingkup objek penelitian. Terdapat 3 variabel yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi dan menyebabkan berubahnya hasil akhir dari variabel lain yang mana variabel yang dimaksudkan adalah variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah bahan pembenah tanah, kondisi lingkungan mikro, dan adanya penambahan vegetasi pada media. Bahan pembenah terdiri dari pupuk kandang dan *biochar*. Dengan unsur-unsur yang terkandung dalam bahan pembenah tanah pada suatu kondisi dan perlakuan tertentu dapat mempengaruhi hasil dari timbulan fluks gas CO₂.

Variabel bebas yang digunakan lainnya adalah kondisi lingkungan mikro. Kondisi lingkungan mikro yang dianalisis terdiri dari suhu tanah, pH, kelembapan udara, daya hantar listrik, suhu udara, potensi reduksi oksidasi

(ORP), dan *soil moisture*. Kondisi lingkungan mikro memiliki pengaruh yang variatif terhadap gas CO₂. Pada suatu kondisi tertentu tinggi rendahnya fluks dapat dipengaruhi karena adanya faktor dari lingkungan sekitar, hal ini dikarenakan kondisi lingkungan mikro dapat mengontrol laju dari gas yang dihasilkan oleh tanah maupun tanaman karena adanya aktivitas mikroba dalam proses dekomposisi dan respirasi oleh tanaman.

Adanya penambahan vegetasi pada media penelitian merupakan salah satu variabel bebas yang dapat mempengaruhi hasil dari fluks emisi gas CO₂. Tanaman berupa *eucalytus sp.* berperan dalam jalur masuknya gas CO₂ sehingga akan memperoleh hasil yang berbeda apabila dibandingkan dengan media tanpa adanya penambahan vegetasi. Selain itu pada akar tanaman, terdapat mikroba yang berperan dalam produksi gas CO₂ karena adanya proses dekomposisi.

b. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang banyak sedikitnya hasil akhir yang didapat dipengaruhi dari adanya variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan adalah besarnya fluks emisi gas CO₂. Pada dasarnya fluks gas CO₂ pada lokasi penelitian dapat terbentuk secara alami karena adanya proses karstifikasi dan proses-proses lainnya. Dengan adanya variabel bebas banyak sedikitnya gas yang diserap ataupun yang diemisikan menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi terbentuknya hasil akhir gas CO₂.

c. Variabel Kontrol (*Control Variable*)

Variabel kontrol adalah variabel yang dapat dikendalikan atau dikontrol oleh pihak yang melakukan penelitian. Pada penelitian kali ini variabel kontrol yang digunakan adalah lokasi penelitian yaitu dilakukan pada area persemaian (*nursery*). Area persemaian yaitu ruang khusus yang sengaja dibuat untuk melakukan penelitian sehingga media yang diteliti dapat dengan mudah dikontrol dan diamati perkembangannya pada setiap minggunya.

Dengan adanya area persemaian ini, diharapkan hasil yang didapat sesuai dengan apa yang diinginkan oleh peneliti. Hal ini ditujukan untuk menghindari adanya kesalahan dalam penelitian apabila langsung diterapkan pada lokasi penelitian yang sebenarnya. Sehingga dibutuhkan ruang khusus pada sekitar lokasi yang kondisinya tidak jauh berbeda dengan kondisi alami pada lokasi penelitian namun tetap dapat dikontrol selama penelitian berlangsung.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada area persemaian di kawasan karst yang berlokasi di Gunung Plencing, Wukirsari, Imogiri, Bantul, D.I. Yogyakarta. Media tanam dilakukan penyiraman setiap hari sebanyak dua kali pada pagi dan sore hari. Menurut data klimatologi daerah Bantul, temperatur rata-rata daerah Gunung Plencing berada pada kisaran $26,1^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur minimal 22°C dan temperatur maksimal 35°C . Namun pada saat dilakukannya penelitian temperatur rata-rata yang tercatat sebesar $25,53^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur minimal $18,1^{\circ}\text{C}$ dan temperatur maksimal $37,4^{\circ}\text{C}$ yang mana selisih dari data temperatur tersebut tidak berbeda jauh dari yang didapatkan. Penelitian dilakukan pada musim kemarau yaitu di bulan Juni hingga bulan September tahun 2019 dengan kondisi cuaca panas namun sesekali mengalami hujan. Musim kemarau dimulai dari bulan April sampai dengan Oktober 2019 (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2019). Menurut data tinggi rendahnya temperatur perlu diperhatikan selama berlangsungnya penelitian karena dapat mempengaruhi hasil dari besarnya potensi emisi gas CO_2 yang dihasilkan.

Selain temperatur faktor kelembapan juga dapat mempengaruhi hasil dari potensi emisi gas CO_2 . Pada saat penelitian, kelembapan rata-rata pada kawasan karst di Gunung Plencing berkisar $73,3\%$ dengan kelembapan minimum sebesar $69,71\%$ dan kelembapan maksimum sebesar $76,03\%$. Faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil dari potensi emisi gas CO_2 adalah pH. Tercatat pH rata-rata pada saat penelitian sebesar $7,73$ dengan pH minimum sebesar $6,35$ dan pH maksimum sebesar $8,88$. Selain itu perlu adanya pengamatan terkait dengan potensi reduksi oksidasi tanah (EH). Potensi reduksi oksidasi merupakan faktor yang dapat mempengaruhi cepat atau lambatnya proses produksi gas CO_2 . Dari data yang didapat, EH rata-rata selama penelitian adalah $225,62\text{ mV}$ dengan EH minimum sebesar $136,32\text{ mV}$ dan EH maksimum sebesar $319,52\text{ mV}$. Perlu diperhatikan juga mengenai kaitan potensi emisi gas CO_2 dengan daya hantar listrik tanah. Pada saat penelitian tercatat rata-rata daya hantar listrik tanah sebesar $0,23\text{ mS/m}$ dengan daya hantar listrik minimum sebesar $0,07\text{ mS/m}$ dan daya hantar listrik maksimum sebesar $0,53\text{ mS/m}$.

4.2 Fluks Gas CO_2

4.2.1 Analisis Emisi Gas CO_2

Besar emisi gas CO_2 dapat diukur melalui perhitungan jumlah sampel gas yang terisikan oleh udara dan diambil dari alat yang digunakan untuk mendukung adanya penelitian ini yang berupa *chamber* dan dianalisis di Laboratorium Gas Rumah Kaca Balai Penelitian Lingkungan Jl. Jakenan-Jaken Km 5, Pati, Jawa Tengah. Data konsentrasi dari gas CO_2 terlampir pada Lampiran 1. Terdapat 144 sampel udara yang dianalisis oleh laboratorium menggunakan Gas Chromatografi. Setelah konsentrasi gas CO_2 diketahui, data tersebut digunakan untuk mencari besar perubahan

konsentrasi terhadap waktu (dC/dT). Nilai (dC/dT) digunakan untuk mencari nilai fluks. Dengan menggunakan persamaan $y = ax + b$ dimana sumbu y merupakan besar konsentrasi gas CO_2 dan sumbu x merupakan lama waktu pengukuran, sehingga didapatkan nilai a atau hasil dari perubahan konsentrasi terhadap waktu. Setelah itu fluks gas akan diketahui seperti yang terlihat pada Lampiran 2. Nilai h_{ch} nya adalah 0,98 m, mV sebesar 22,14 L, dan mW sebesar 44,01 gram.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan bahan pembenah tanah terhadap emisi gas CO_2 . Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh lingkungan mikro seperti pH, temperatur tanah, temperatur udara, kelembapan tanah, kelembapan udara, daya hantar listrik, serta potensi reduksi dan oksidasi tanah pada lokasi penelitian terhadap emisi gas CO_2 . Penelitian dilakukan menggunakan 2 jenis media tanah, yakni media 1 terdiri dari campuran batu kapur dan tanah kapur yang mana media ini disesuaikan dengan kondisi tanah yang ada pada lokasi, dan media 2 merupakan media 1 dengan ditambahkan bahan pembenah tanah yaitu pupuk kandang dan *biochar*. Pada masing-masing media terdapat 2 jenis perlakuan yang berbeda, yaitu dengan ditanami vegetasi dan tanpa di tanami vegetasi.

4.2.2 Nilai Fluks Emisi Gas CO_2

Fluks gas CO_2 yang dihasilkan pada setiap media pembenah tanah pada restorasi tanah karst kali ini menghasilkan grafik yang fluktuatif. Grafik yang ditunjukkan merupakan gabungan antara grafik nilai fluks dan juga akumulasi fluks gas CO_2 yang telah diukur selama 10 minggu penelitian. Grafik dari nilai fluks yang didapat serta grafik akumulasi fluks pada 4 jenis perlakuan pada masing-masing media dapat dilihat pada Gambar 11.

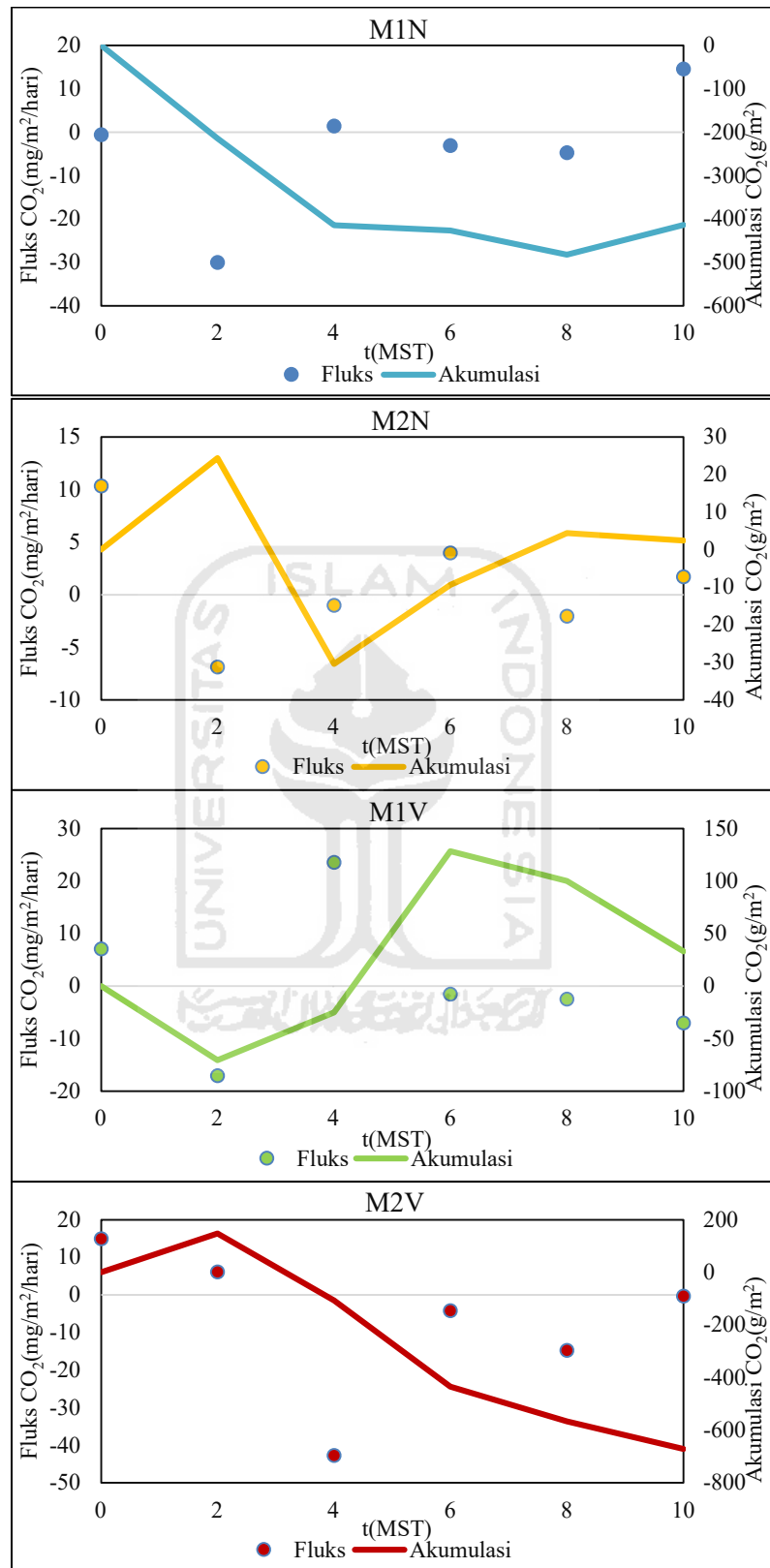
Terdapat 4 jenis media dengan masing-masing perlakuan pada saat penelitian. Antara lain Media 1 Non-vegetasi (M1N), Media 2 Non-vegetasi (M2N), Media 1 dengan Vegetasi (M1V) dan Media 2 dengan Vegetasi (M2V). Pada media M1N dengan perlakuan tanpa vegetasi pada tanah yang sesuai dengan kondisi tanah karst. Didapatkan nilai akumulasi total fluks gas CO_2 pada media M1N sebesar $-414,26 \text{ gram/m}^2/\text{hari}$. Secara umum nilai fluks yang didapatkan mengalami penurunan. Terdapat adanya kenaikan nilai fluks namun tidak begitu signifikan yang terjadi pada mst ke 4 menuju ke 6 dan mst ke 8 menuju ke 10.

Nilai minus pada hasil akumulasi total fluks menunjukkan terjadinya penyerapan gas CO_2 oleh media. Begitu pula sebaliknya, apabila hasil yang didapatkan berupa nilai positif maka akumulasi total dari gas yang diukur menunjukkan adanya emisi dari gas CO_2 pada media tersebut. Dari hasil yang diperoleh, pada media M1N tanah karst menyerap gas CO_2 sebanyak $414,26 \text{ gram/m}^2/\text{hari}$. Gas CO_2 dibutuhkan oleh tanah karst dalam proses karstifikasi untuk melarutkan batuan gamping ($CaCO_3$). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Cahyadi (2009), yang mana gas CO_2 dibutuhkan pada proses karstifikasi di kawasan karst. Dibutuhkan 0,12 ton gas CO_2 dari atmosfer untuk melarutkan batugamping ($CaCO_3$) sebanyak 1 ton. Nilai

fluks tertinggi terjadi pada mst ke-10 sebesar 14,5 gram/m²/hari. Nilai fluks terendah terjadi pada mst ke-2 sebesar -30,01 gram/m²/hari.

Pada media M2N dengan perlakuan tanpa vegetasi dan ditambah dengan bahan pembenah tanah didapatkan nilai akumulasi total fluks gas CO₂ pada media tersebut sebesar 2,38 gram/m²/hari. Dari nilai fluks yang didapat menghasilkan grafik yang fluktuatif. Nilai fluks tertinggi terjadi pada mst ke 0 sebesar 10,35 gram/m²/hari, dan nilai fluks terendah terjadi pada mst ke 2 sebesar -6,86 gram/m²/hari. Pada mst ke 0 menuju mst ke 2 fluks gas CO₂ mengalami kenaikan. Kemudian mengalami penurunan hingga mst ke 4 dan kembali naik hingga mst ke 8. Hal ini diduga pada minggu-minggu awal penelitian bahan pembenah tanah belum tercampur sempurna dengan tanah karst sehingga tanah belum begitu stabil dan mengemisikan gas CO₂. Berbeda dengan kondisi pada minggu ke 4 menuju minggu ke 8, bahan pembenah tanah sudah tercampur karena adanya penyiraman setiap pagi dan sore. Sehingga karakteristik tanah karst menjadi stabil dan cenderung tidak menyerap gas CO₂. Dari mst ke 8 mengalami sedikit penurunan fluks hingga pada minggu panen.

Pada media M1V didapatkan nilai fluks gas CO₂ selama 10 minggu penelitian dengan perlakuan ditanami dengan vegetasi pada tanah yang sesuai dengan kondisi tanah karst. Dari total data nilai fluks tiap minggu, kemudian diakumulasikan sehingga didapatkan total fluks gas CO₂ selama penelitian pada media M1V sebesar 32,96 gram/m²/hari. Nilai fluks tertinggi terjadi pada mst ke 4 sebesar 23,52 gram/m²/hari, dan nilai fluks terendah terjadi pada mst ke 2 sebesar -17,09 gram/m²/hari. Hasil yang didapatkan pada saat pengukuran fluks tiap minggu tergantung pada besar produksi dan konsumsi gas CO₂. Apabila nilai yang didapatkan berupa positif maka jumlah produksi gas CO₂ lebih besar dibandingkan jumlah konsumsi gas CO₂, begitu pula sebaliknya ketika didapatkan nilai fluks negatif, maka jumlah konsumsi gas CO₂ lebih besar dibandingkan jumlah produksi gas CO₂. Pada mst ke 0 menuju mst ke 2 mengalami penurunan nilai fluks, hal ini dapat dikarenakan oleh beberapa faktor seperti faktor lingkungan pada lokasi penelitian. Faktor-faktor tersebut terdiri dari suhu udara, kelembapan udara dan lain sebagainya. Pada mst ke 2 menuju mst ke 4 mengalami kenaikan nilai fluks. Diduga hal ini dikarenakan adanya kenaikan temperatur yang tinggi pada saat pengambilan sampel, sehingga nilai fluks yang didapatkan juga tinggi. Sunar (1993) berpendapat bahwa emisi gas CO₂ tertinggi terjadi pada siang hari, hal tersebut berkaitan dengan temperatur udara dan temperatur tanah tertinggi berada pada waktu tersebut, yaitu pada jam 11.00-18.00 waktu setempat. Dan temperatur udara dan temperatur tanah terendah berada pada waktu malam menjelang pagi. Kemudian pada mst ke 6 terjadi penurunan nilai fluks hingga pada mst ke 10.

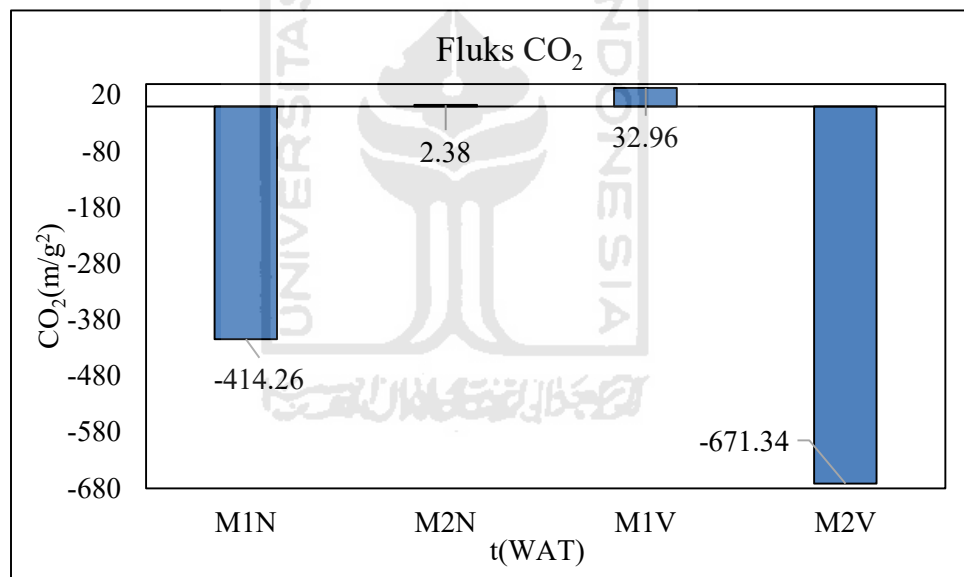


Gambar 11 Fluks Emisi Gas CO₂ dan Grafik Akumulasi pada 4 jenis perlakuan media

Pada media M2V dengan perlakuan ditanami vegetasi pada tanah yang telah ditambah dengan bahan pembenah tanah didapatkan nilai akumulasi total fluks gas CO₂ pada media tersebut sebesar -671,34 gram/m²/hari. Nilai fluks tertinggi terjadi pada mst ke 0 sebesar 15,04 gram/m²/hari, dan nilai fluks terendah terjadi pada mst ke 4 sebesar -42,71 gram/m²/hari. Secara umum nilai fluks yang didapatkan mengalami penurunan pada tiap mst. Terdapat adanya kenaikan nilai fluks pada mst ke 0 menuju mst ke 2. Hal ini dikarenakan tanaman berada pada fase adaptasi dengan media tanah. Selanjutnya dari mst ke 2 mengalami penurunan hingga mst ke 10. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada media M2V mengalami penyerapan gas CO₂ paling besar dibandingkan dengan media lain.

4.2.3 Total Fluks Emisi Gas CO₂

Nilai total fluks gas CO₂ didapatkan dengan cara menghitung areal fluks pada grafik dari minggu ke 0 hingga minggu ke 10 dengan menggunakan Persamaan 2 didapatkan hasil yang terlihat pada Lampiran 2. Total fluks emisi CO₂ pada berbagai jenis media dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Total Fluks Emisi CO₂

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa setiap media memiliki total fluks yang berbeda-beda, M1N memiliki total fluks sebesar -414,26 gram/m², M2N memiliki total fluks sebesar 2,38 gram/m², M1V memiliki total fluks sebesar 32,96 gram/m², dan M2V memiliki total fluks sebesar -671,34 gram/m². Dari data tersebut dapat dilihat bahwa media M1V mengalami emisi gas CO₂ paling besar dan M2V mengalami penyerapan gas CO₂ paling besar. Dengan adanya berbagai macam perlakuan sehingga didapatkan hasil dengan perbedaan yang signifikan.

Penambahan pupuk kandang dan *biochar* pada lahan karst dapat mempengaruhi besar kecilnya emisi gas CO₂. Hal ini dapat dilihat pada besar emisi media M1N mengalami penyerapan sedangkan M2N

mengalami emisi. Persentase perbandingan emisi yang dihasilkan oleh media dengan penambahan bahan pembenah tanah (M2N) 100.57% lebih tinggi dibandingkan dengan media dengan kondisi sesuai dengan tanah pada penelitian (M1N). Xie et al, (2009) menjelaskan bahwa lahan karst termasuk dalam tanah alkaline, yang mana tanah alkaline membutuhkan CO_2 untuk menetralkan alkalinitasnya dan membentuk asam karbonat. Pembentukan kalsium karbonat meningkatkan konsentrasi CO_2 dengan mengkonsumsi 2 mol bikarbonat (HCO_3^-) untuk 1 mol CaCO_3 yang terbentuk (Zeebe dan Wolf, 2001). Dengan ditambahkannya pupuk kandang dan *biochar* sebagai bahan pembenah tanah, pada media M2N justru malah menghasilkan emisi meskipun kecil. Hal ini dikarenakan bahan pembenah tanah dapat membuat kondisi tanah karst menjadi lebih stabil. Pada media M2N produksi gas CO_2 lebih besar dibandingkan dengan konsumsi gas CO_2 , sehingga pada media M2N menghasilkan emisi. Media M1N merupakan media dengan karakteristik sesuai dengan lahan aslinya. Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa media M1N menyerap gas CO_2 . Hal ini sesuai dengan teori bahwa lahan karst membutuhkan CO_2 dalam proses karstifikasi (Cahyadi, 2009).

Pada media M1V dan M2V dengan perlakuan ditanami vegetasi, tanaman eucalyptus dapat berperan sebagai jalur masuknya gas CO_2 yang mana gas tersebut dibutuhkan dalam proses respirasi. Perbedaan selisih hasil dari total akumulasi media M1V dan M2V begitu besar. Dapat dilihat bahwa media M1V mengalami emisi sedangkan pada media M2V mengalami penyerapan gas CO_2 . Setelah dihitung pada media yang disesuaikan dengan tanah penelitian (M1V) emisi yang dihasilkan 104.909% lebih besar dibandingkan dengan media tanah dengan perlakuan penambahan bahan pembenah tanah (M2V). Hal ini dikarenakan jumlah daun pada tumbuhan di masing-masing media berbeda. Jumlah daun pada tanaman eucalyptus dapat mempengaruhi besar kecilnya gas yang diserap maupun yang ter-emisi. Menurut data yang diperoleh, pada media M1V jumlah daun yang tumbuh selama penelitian sebanyak 121 daun dan pada media M2V sebanyak 179 daun yang mana jumlah tersebut merupakan jumlah akhir pada saat minggu panen. Jumlah ini diambil dari rata-rata total dari masing-masing media. Grafik pertumbuhan daun dapat dilihat pada lampiran 4. Kandungan yang ada pada bahan pembenah tanah di media 2 dapat meningkatkan kapasitas penyerapan bahan organik dan juga nutrisi sehingga dapat membuat tanaman eucalyptus menjadi lebih subur dan memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan vegetasi yang terdapat pada media 1. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Haryono. et al, (2016) bahwa gas CO_2 di atmosfer akan diserap oleh jaringan tanaman aktif seperti daun dan permukaan tanaman.

Pada media M1N dan M1V yang mana tanah yang digunakan pada media tersebut sesuai dengan kondisi asli lahan karst lokasi penelitian dan dibedakan berdasarkan ada tidaknya vegetasi. Data yang diperoleh media M1N menyerap gas CO_2 sebesar 414,26 gram/m². Pada lahan karst terjadi proses karstifikasi atau proses pelarutan CaCO_3 oleh air dan

dibutuhkannya gas CO₂ dalam proses pelarutan tersebut. Sedangkan pada media M1V justru malah mengemisikan gas CO₂ sebesar 32,96 gram/m². Hal ini diduga karena mikroba yang terdapat dalam tanah berperan dalam proses dekomposisi bahan organik sehingga menghasilkan emisi gas CO₂ (Pahlipi et al., 2017). Selain itu dapat disimpulkan juga bahwa jumlah produksi gas CO₂ lebih besar dibandingkan jumlah konsumsi gas CO₂ sehingga pada media M1V mengemisikan fluks gas CO₂. Perbandingan persentase antara kedua media ialah media dengan perlakuan ditanami vegetasi (M1V) menghasilkan emisi 107.95% lebih besar dibandingkan dengan media dengan perlakuan tanpa ditanami vegetasi (M1N).

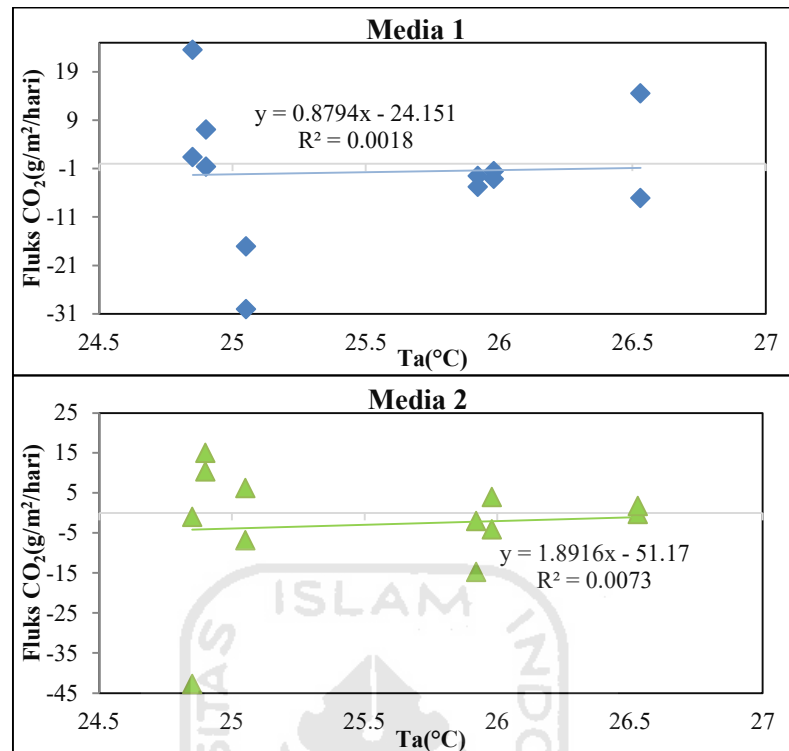
Pada media M2N dan M2V memiliki hasil yang berbeda. Dapat dilihat pada Gambar 2. Selisih yang didapat antara 2 media tersebut sangat jauh, bahkan media M2N menghasilkan emisi gas CO₂ sedangkan media M2V menyerap gas CO₂. Perbandingan persentase pada media 2 kali ini adalah media tanpa ditanami vegetasi (M2N) menghasilkan 100.35% emisi lebih besar dibandingkan dengan media yang ditanami dengan vegetasi (M2V). Hal ini dikarenakan adanya perlakuan penambahan bahan pembenah tanah. Pada media M2N dengan ditambahkan pembenah tanah menyebabkan tanah menjadi stabil sehingga lahan karst tidak dapat menyerap gas CO₂ dalam proses karstifikasi. Sedangkan pada media M2V dengan adanya tanaman *Eucalyptus* yang tumbuh dapat jadi lebih subur karena adanya zat hara dari bahan pembenah tanah yang terkandung pada media, dan menyebabkan lebih banyaknya gas CO₂ yang diserap. *Eucalyptus* sendiri berperan sebagai jalur masuknya gas CO₂ ke dalam tanah serta dibutuhkannya gas CO₂ dalam proses respirasi.

4.3 Hubungan Kondisi Lingkungan Mikro Dengan Fluks Gas CO₂

Terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil dari fluks gas CO₂ salah satunya adalah faktor kondisi lingkungan mikro. Kondisi lingkungan mikro yang dibahas pada penelitian kali ini antara lain pH, temperatur udara, temperatur tanah, kelembapan udara, kelembapan tanah, potensi reduksi dan oksidasi tanah serta daya hantar listrik. Hubungan kondisi lingkungan mikro dengan fluks gas CO₂ digambarkan dalam grafik dan dibedakan berdasarkan jenis media yang digunakan. Media 1 merupakan media dengan kondisi sesuai dengan tanah yang ada pada lokasi baik terdapat vegetasi maupun non-vegetasi, sedangkan Media 2 merupakan kondisi tanah yang ada pada lokasi dengan vegetasi maupun non-vegetasi dan perlakuan ditambahkan bahan pembenah tanah yaitu pupuk kandang dan *biochar*.

4.3.1 Hubungan Temperatur Udara Dengan Fluks Gas CO₂

Temperatur udara merupakan salah satu dari faktor yang dapat mempengaruhi banyak sedikitnya jumlah fluks gas CO₂. Semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi pula jumlah emisi gas CO₂ yang dikeluarkan (Sunar, 1993). Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh dan dapat dilihat pada Grafik.

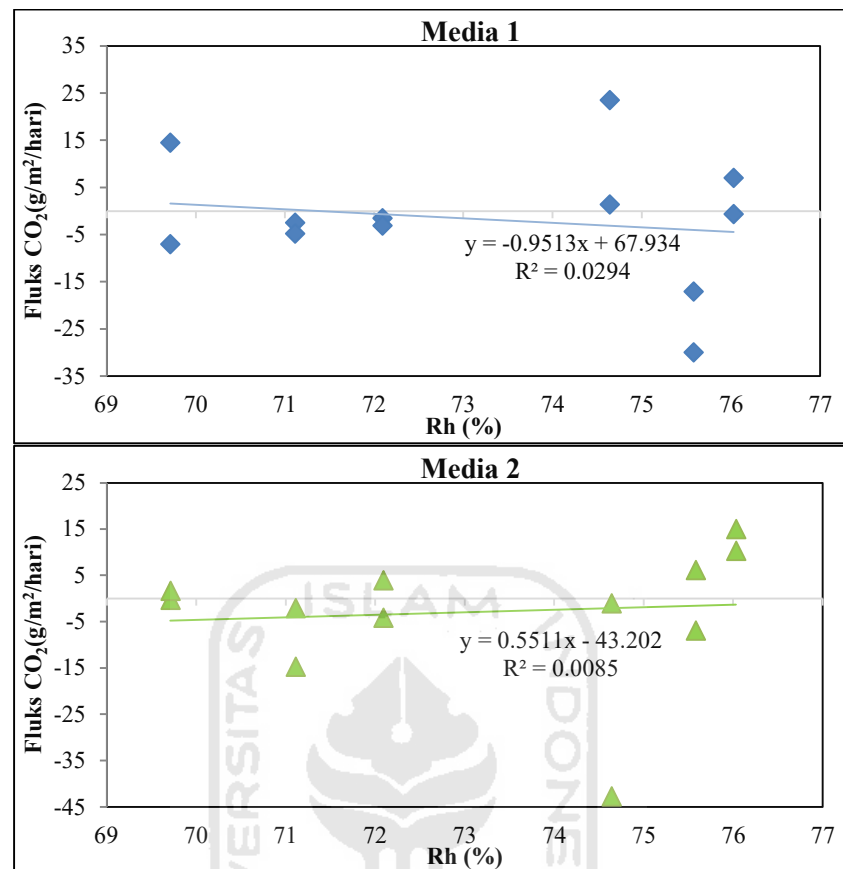


Gambar 13 Grafik hubungan temperatur udara dengan fluks gas CO₂

Pada Gambar 13 menunjukkan bahwa pada media 1 dan media 2 menghasilkan grafik dengan kecenderungan hubungan yang positif. Arif (2018) menjelaskan bahwa apabila terdapat kecenderungan garis yang didapat ke arah kanan maka menunjukkan hasil hubungan yang positif. Sebaliknya, apabila hasil yang di dapat menunjukkan kecenderungan garis ke arah kiri maka menunjukkan hasil hubungan yang negatif. Temperatur dapat mempengaruhi besar kecilnya fluks yang dihasilkan karena ketika suhu naik hingga pada batas tertentu dapat meningkatkan laju respirasi tanah (Davidson dan Janssens, 2006) sehingga jumlah CO₂ yang dihasilkan meningkat akibat adanya proses pendekomposisi bahan organik oleh mikroba tanah (Pahlipi et al., 2017).

4.3.2 Hubungan Kelembapan Udara Dengan Fluks Gas CO₂

Kelembapan udara pada persemaian di daerah penelitian dapat mempengaruhi hasil dari banyak sedikitnya fluks gas CO₂. Alat yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembapan yang dipasang pada area persemaian. Data yang didapat pada penelitian kali ini merupakan rata-rata kelembapan udara yang diambil selama 2 minggu yang tercatat setiap 15 menit sekali. Hasil dari rekaman kelembapan udara dapat dilihat pada lampiran 3 dan hubungan antara kelembapan udara dengan fluks gas CO₂ dapat dilihat pada gambar 14.

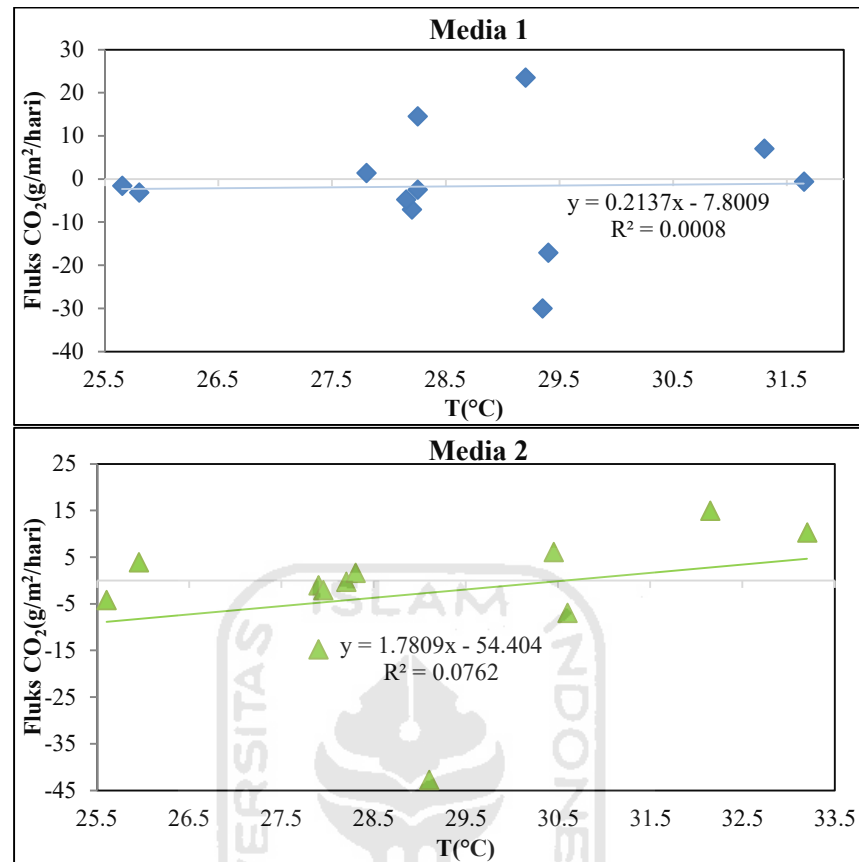


Gambar 14 Grafik hubungan kelembapan udara dengan fluks gas CO₂

Dari gambar dapat dilihat hasil dari hubungan kelembapan udara dengan fluks gas CO₂ berbanding terbalik antara media 1 dan media 2. Pada media 1 menghasilkan kecenderungan hubungan yang negatif. Hal ini dikarenakan adanya perubahan struktur tanah oleh cuaca sehingga kelembapan semakin menurun, akibatnya fluks yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini didukung dengan pernyataan dari Edison (2013) yang mana menyebutkan bahwa penurunan RH mendorong terjadinya peningkatan fluks CO₂ dari tanah ke udara. Sedangkan pada grafik media 2 menunjukkan hasil kecenderungan positif. Hal ini dikarenakan adanya bahan pembenah tanah yang tercampur pada media 2. Dengan adanya bahan pembenah tanah, struktur tanah menjadi lebih terjaga, dikarenakan adanya kandungan air yang tersimpan dalam tanah karena sifat dari bahan pembenah tanah menampung air yang terserap.

4.3.3 Hubungan Temperatur Tanah Dengan Fluks Gas CO₂

Faktor lingkungan lain yang dapat berpengaruh adalah temperatur tanah. Hubungan antara temperatur tanah dengan fluks emisi gas CO₂ berbanding lurus. Grafik hubungan temperatur tanah dengan fluks emisi gas CO₂ dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik hubungan temperatur tanah dengan fluks gas CO₂

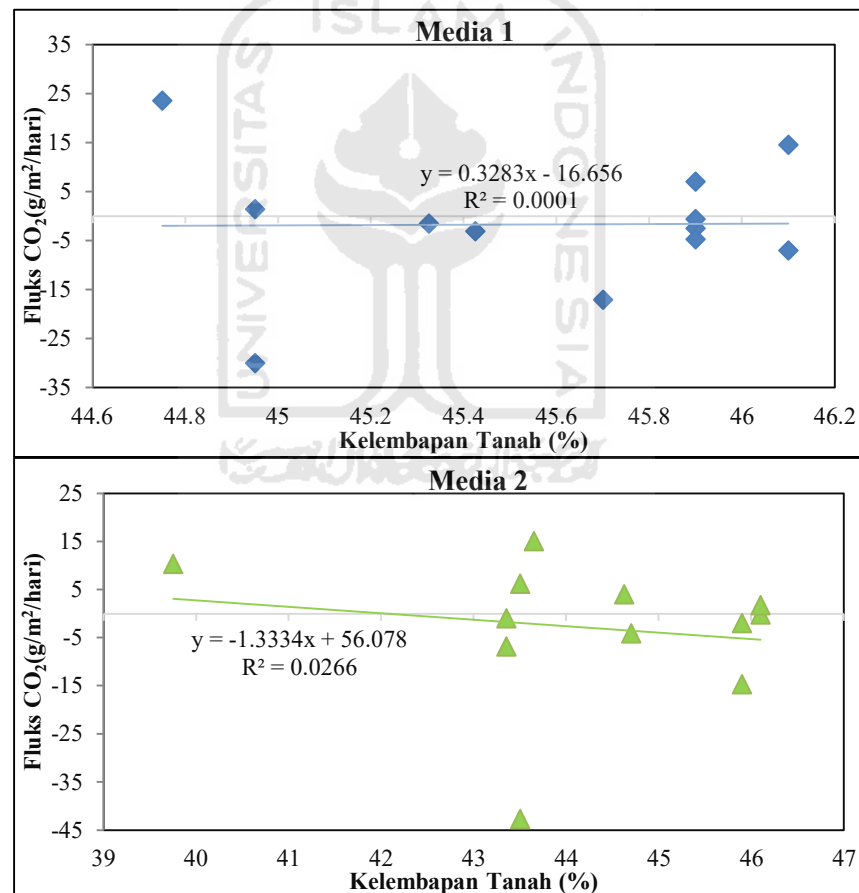
Berdasarkan data hasil pengukuran pada media 1 temperatur tanah berada pada rentang 25,65-31,65 °C dan pada media 2 berada pada rentang 25,6-33,2 °C, data hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran 3. Dapat dilihat pada Gambar 5 media 1 dan media 2 menghasilkan grafik dengan kecenderungan hubungan positif. Tidak berbeda dengan kondisi temperatur udara, temperatur tanah pun dapat mempengaruhi proses produksi besar kecilnya fluks emisi gas CO₂. Begitu pula hasil yang didapatkan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, semakin tinggi temperatur tanah maka semakin tinggi pula emisi gas yang dihasilkan. Menurut Tono et al. (2014), pada saat terdapat peningkatan suhu terjadi adanya proses metabolisme dan respirasi oleh mikroorganisme dan akan mengeluarkan gas CO₂. Sedangkan pada suhu rendah proses metabolisme dan respirasi oleh mikroorganisme menjadi lebih lambat sehingga gas CO₂ yang dikeluarkan menjadi lebih sedikit. Alexander (1997) menjelaskan bahwa suhu optimum adanya pelapukan gas CO₂ terjadi pada kisaran suhu 30°C-35°C.

4.3.4 Hubungan Kelembapan Tanah Dengan Fluks Gas CO₂

Kelembapan tanah juga merupakan faktor yang dapat berpengaruh terhadap fluks emisi gas CO₂. Hubungan antara kelembapan tanah dan fluks

CO₂ dapat dilihat pada Gambar 16. Dengan kondisi tanah yang lembab fluks gas CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer menjadi lebih rendah (Lessard et al. 1994).

Pada media 2 hasil yang didapatkan sesuai dengan teori. Dilihat dari grafik menunjukkan kecenderungan hubungan yang negatif. Diduga dengan ditambahkannya bahan pembenah tanah pada media, dapat mempengaruhi kondisi lembab atau tidaknya tanah. Nielsen et al. (2014) menyatakan bahwa dengan ditambahkannya *biochar* sebagai bahan pembenah tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah dan tekstur tanah dengan cara meningkatkan pH dan kapasitas pertukaran kation, mempromosikan agregasi tanah dan meningkatkan kemampuan retensi kelembaban dan nutrisi. Sedangkan pada grafik media 1 menunjukkan kecenderungan hubungan yang positif namun sangat lemah dan dapat dikatakan bahwa pada media 1 kondisi lingkungan mikro terkait kelembaban tanah tidak mempengaruhi terbentuknya fluks.



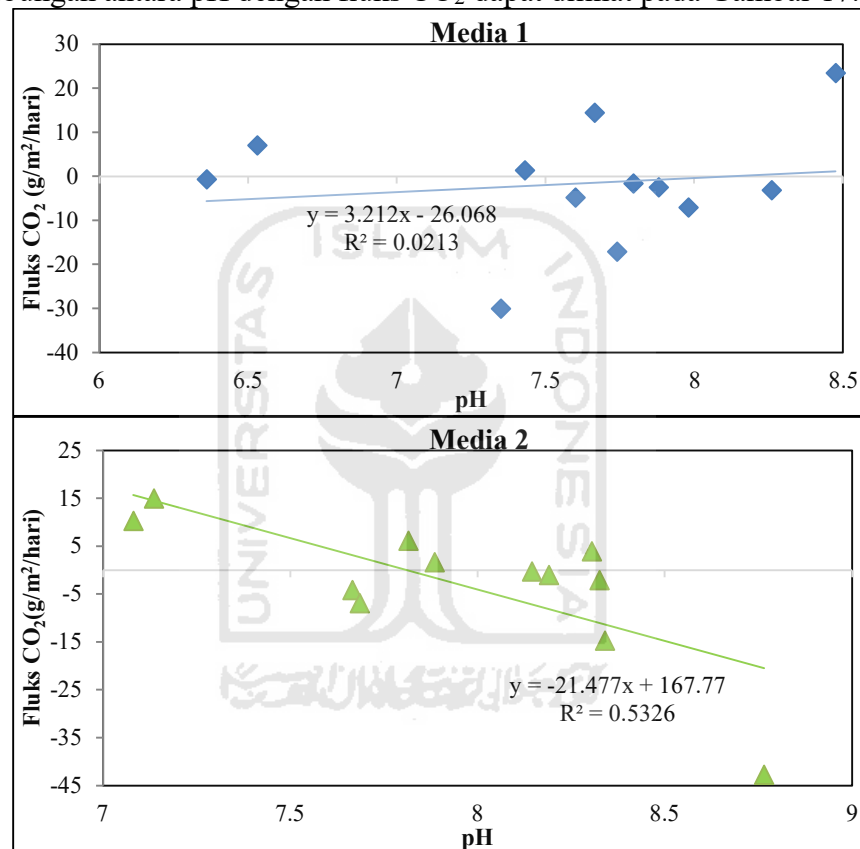
Gambar 16 Grafik hubungan kelembapan tanah dengan fluks gas CO₂

Selain itu, faktor kelembapan tanah dapat dikaitkan juga dengan kejenuhan tanah dan nilai pF. Selama penelitian kelembapan tanah minimum yang didapat pada media 1 sebesar 44,01% dan media 2 sebesar 37,6%. Setelah didapatkan hasil, tanah analisis dan masuk dalam kriteria pF

1. Semakin rendah nilai pF, maka kadar air dalam tanah tersebut semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa media 1 dan 2 merupakan tanah jenuh karena terdapat terdapat pada pF 1.

4.3.5 Hubungan pH Dengan Fluks Gas CO₂

Faktor lingkungan yang lain yang dapat mempengaruhi fluks gas CO₂ adalah pH (derajat keasaman). pH adalah suatu parameter keaktifan ion-ion H⁺ dalam larutan tanah. Ion-ion tersebut tidak terdisosiasi dan merupakan senyawa yang tidak dapat larut dalam sistem tanah (Yahya, 2019). Hubungan antara pH dengan fluks CO₂ dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Grafik hubungan pH dengan fluks gas CO₂

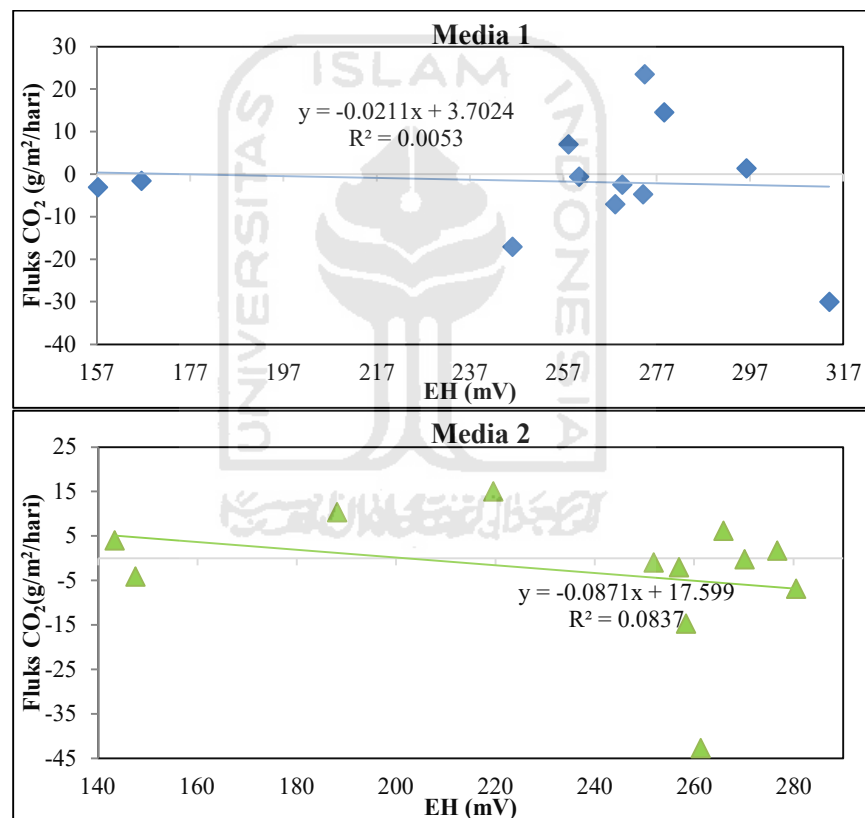
Dari grafik dapat dilihat hubungan antara pH dengan fluks pada media 1 menghasilkan grafik dengan kecenderungan hubungan positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka semakin tinggi pula emisi gas CO₂ yang dihasilkan (Rumbang et al. 2009). pH tanah mengatur reaksi kimia dan enzim pada mikroorganisme, penyerapan enzim ke dalam humus terjadi secara optimal pada pH yang tinggi (Luo dan Zhou, 2006). Selain itu dengan nilai pH yang rendah akan menggeser keseimbangan karbonat yang menyebabkan HCO₃³⁻ dan CO₂ bebas lebih banyak terbentuk. (Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001).

Berbeda dengan media 1, pada media 2 menunjukkan grafik dengan kecenderungan hubungan yang negatif. Hal ini diduga karena ada penambahan bahan pembenah tanah. Dengan adanya penambahan *biochar*

dapat mengakibatkan peningkatan pH disebabkan oleh peningkatan konsentrasi oksida-oksida logam alkali yang berasal dari mineral-mineral pada komponen abu dari *biochar* dan dapat mengurangi konsentrasi Al^{3+} terlarut dalam tanah (Steiner et al., 2007). Menurut pernyataan Andriesse (1988) dengan kondisi pH yang tinggi maka akan mengurangi laju penekanan dari emisi yang dihasilkan.

4.3.6 Hubungan Potensial Reduksi-Oksidasi Dengan Fluks Gas CO_2

Pelepasan fluks gas CO_2 pada lahan karst dipengaruhi oleh karakteristik fisika, kimia, biologi dan kondisi lahan karst itu sendiri. Faktor lain yang dapat mempengaruhi adalah potensi reduksi oksidasi tanah (Eh). Eh tanah merupakan gambaran tanah pada kondisi reduksi atau oksidasi. Hubungan antara potensial reduksi-oksidasi dengan fluks CO_2 dapat dilihat pada Gambar 18.



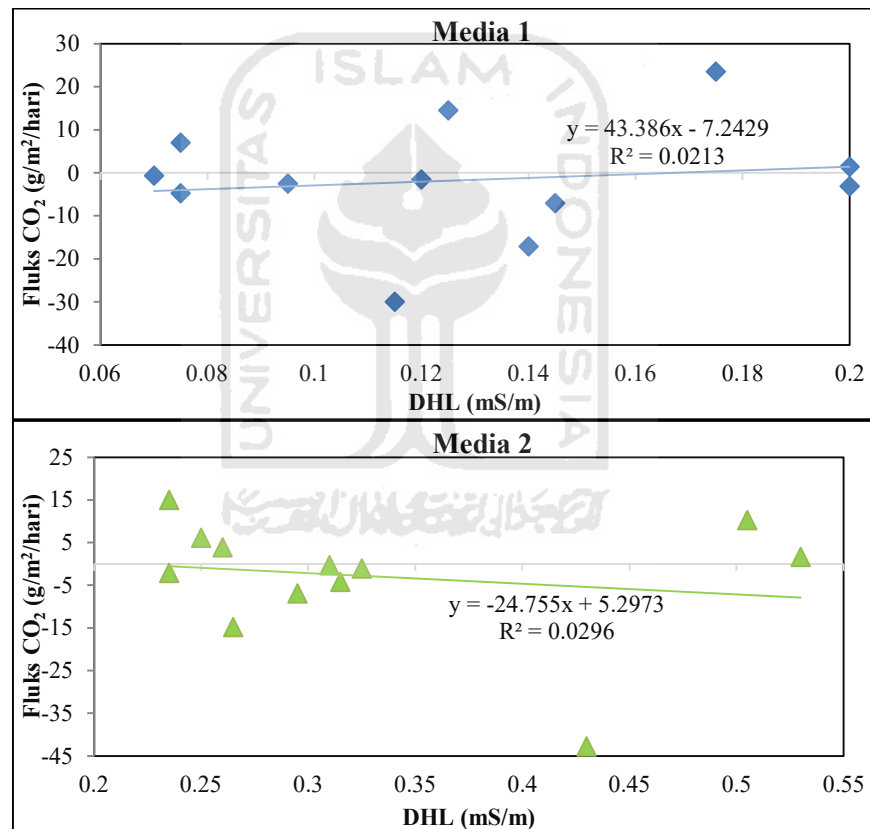
Gambar 18 Grafik hubungan potensial reduksi-oksidasi (EH) dengan fluks gas CO_2

Menurut Wang (2018) menyatakan bahwa peningkatan potensial reduksi oksidasi berbanding lurus dengan meningkatnya emisi gas CO_2 . Dengan ini dapat disimpulkan bahwa hasil dari penelitian kali ini tidak sesuai. Dapat dilihat pada grafik media 1 dan media 2 menunjukkan kecenderungan hubungan yang negatif. Hal ini dikarenakan oksidan-oksidan dalam tanah menghambat pembentukan emisi gas CO_2 . Namun hasil dari penelitian kali ini sesuai dengan penelitian dari Astuti (2009), ia

menyatakan bahwa semakin tinggi nilai potensial redoks, maka semakin rendah emisi gas CO₂ yang dihasilkan, terlebih pada perlakuan penambahan pupuk kandang yang dapat menekan terjadinya emisi gas tersebut. hal ini dapat dibuktikan melalui grafik bahwa penurunan *trendline* lebih besar pada media 2 karena adanya penambahan pupuk kandang.

4.3.7 Hubungan Daya Hantar Listrik Dengan Fluks Gas CO₂

Daya hantar listrik (DHL) tanah adalah kemampuan tanah dalam menghantarkan arus listrik. Hal ini dikarenakan DHL mempunyai keterkaitan dengan kandungan garam yang terdapat dalam tanah (Rhoades, et al. 1999). Pengukuran daya hantar listrik tanah ini erat kaitannya dengan sifat dan kondisi tanah. Kondisi tanah yang dimaksud adalah kadar air, kandungan clay, tekstur tanah dan lain-lain. Grafik hubungan antara daya hantar listrik dengan fluks CO₂ dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Grafik hubungan daya hantar listrik dengan fluks gas CO₂

Dari gambar dapat dilihat hasil dari hubungan daya hantar listrik dengan fluks gas CO₂ berbanding terbalik antara media 1 dan media 2. Pada grafik media 1 menunjukkan hasil dengan kecenderungan positif. Hal ini diduga kadar air pada media 1 sedikit, sehingga kandungan konsentrasi garam pada tanah sedikit pula. Hal tersebut menyebabkan terproduksinya fluks gas CO₂ oleh mikoba. Sedangkan gambar grafik pada media 2 menunjukkan hasil dengan kecenderungan hubungan yang negatif. Artinya

semakin tinggi nilai daya hantar listrik maka semakin rendah fluks yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Doran (2006), ia menyebutkan bahwa apabila terdapat kenaikan nilai daya hantar listrik tanah maka fluks emisi gas CO₂ yang dihasilkan akan menurun. Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa produksi gas CO₂ oleh mikroba dipengaruhi oleh konsentrasi garam (daya hantar listrik tanah) pada kadar air. Aktivitas dari mikroba mengalami penurunan karena adanya peningkatan tekanan osmotik pada mikroba.





“Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan juga pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan.

1. Fluks CO₂ pada media dengan penambahan bahan pembenah tanah dan tanpa pembenah tanah memiliki nilai yang fluktuatif, pada media dengan penambahan bahan pembenah tanah memiliki total fluks yang jauh berbeda dibandingkan dengan media tanpa penambahan bahan pembenah tanah. Pada media M1V memiliki total fluks sebesar 32,96 gram/m², M2V memiliki total fluks sebesar -671,34 gram/m², M1N memiliki total fluks sebesar -414,26 gram/m², dan M2N memiliki total fluks sebesar 2,38 gram/m². Pada media M1V mengalami emisi gas CO₂ paling besar dan pada media M2V mengalami penyerapan gas CO₂ paling besar.
2. Kondisi lingkungan mikro berpengaruh terhadap fluks emisi gas CO₂. Pengaruh lingkungan mikro pada media 1 dan media 2 terhadap fluks CO₂ menghasilkan grafik yang bertolak belakang namun beberapa faktor lain mendapatkan hasil yang berbanding lurus. Pengaruh temperatur udara dan temperatur tanah terhadap fluks CO₂ pada kedua media menunjukkan hasil dengan kecenderungan positif, sedangkan pengaruh potensial reduksi dan oksidasi menunjukkan hasil kecenderungan negatif. Pengaruh kelembapan tanah, pH, dan daya hantar listrik tanah pada media 1 memiliki kecenderungan positif terhadap fluks CO₂ dan berkecenderungan negatif pada media 2. Faktor lainnya yaitu pada kelembapan udara menghasilkan kecenderungan negatif pada media 1 dan kecenderungan positif pada media 2.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dan ditujukan bagi mahasiswa yang melakukan penelitian selanjutnya terkait dengan penelitian kali ini adalah:

1. Penambahan variasi media yang menggunakan bahan pembenah tanah. Media dengan bahan pembenah tanah terdiri dari campuran tanah karst dilokasi penelitian dengan pupuk kandang dan *biochar*. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap fluks emisi gas CO₂ dan dihitung fluks tersebut apakah mengalami kenaikan atau penurunan.
2. Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam dan lebih teliti mengenai pengaruh kondisi lingkungan mikro terhadap fluks emisi gas CO₂. Dengan melakukan penelitian dalam jangka waktu yang lebih singkat dengan pengambilan data pada pagi, siang, dan sore hari sehingga data lingkungan mikro yang diperoleh juga lebih lengkap dan lebih detail. Sehingga diharapkan dapat memperoleh hasil yang lebih teliti terkait pengaruh kondisi lingkungan mikro dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A. (2011). **Rahasia Ekosistem Hutan Bukit Kapur**. Surabaya: Brilian Internasional.
- Agusni, Marlina, & Satriawan, H. (2014). **Pengaruh Olah Tanah dan Pemberian Pupuk Kandang Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Produksi Tanaman Jagung**. *Lentera*, 14(11), 1-6.
- Andriesse J. P. (1988). **Nature and Management of Tropical Peat Soils**. First Edition. Food & Agriculture Organisation (FAO). Rome. 29-38.
- APIK. (2014). **Prosiding Seminar Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Menuju Tata Kelola Hutan dan Lahan Lestari**. Kerjasama Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia, Badan Pengelola REED, dan Kementerian Kehutanan. Jakarta: Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia.
- Arif C., Azmi K. (2018). **Analisis Sensitivitas Emisi Gas Metana (Ch4) Pada Sawah Dengan Metode Korelasi Spearman's Rank**. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 98-110.
- Arif, C., Setiawan D., Widodo S., Rudiyanto, Hasanah N.A.I., Mizoguchi M. (2015). **Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan untuk Menduga Emisi Gas Rumah Kaca dari Lahan Sawah dengan Berbagai Rejim Air**. *Jurnal Irigasi*, 1-10.
- Badan Litbang Pertanian. (2011). *litbang.pertanian.go.id*. Dipetik Desember 11, 2019, dari <http://www.litbang.pertanian.go.id/>
- Cahyadi, A. (2009). **Zonasi Kawasan Karst di Indonesia Sebagai Salah Satu Upaya Menjaga Penyerapan Karbondioksida**. Bogor.
- Cahyadi, A. (2010). **Pengelolaan Kawasan Karst dan Peranannya Dalam Siklus Karbon di Indonesia**. *Jurusan Geografi Lingkungan UGM*, 5.
- Cheng, J.L., Lee, X., Tang, Y. & Zhang, Q.L. (2019). **Long Term Effects of Biochar Amendment in Rhizosphere and Bulk Soil Microbial Communities in a Karst Region, Southwest China**. *Applied Soil Ecology, Volume 140*, 126-134.
- Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R. B. Myneni, S. Piao and P. Thornton (2013) **Carbon and Other Biogeochemical Cycles**. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

- Davidson E. A., Janssens I. A. (2006, March 10). **Temperature Sensitivity of Soil Carbon Decomposition and Feedbacks to Climate Change.** *Nature*, hal. 165-173.
- Doran J.W., Drijber R.A., and Dobermann A. (2006). **Soil Electrical Conductivity and Water Content Affect Nitrous Oxide and Carbon Dioxide Emissions in Intensively Managed Soils.** *Journal Of Enviromental Quality*, hal. 1999-2010.
- Dwi A., Burhannudin. (2017). **Faktor-Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Emisi CO2 di Lahan Gambut Terbuka.** pontianak: Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Endarto R. G., Gunawan T. & Haryono E. (2016). **Kajian Kerusakan Lingkungan Karst Sebagai Dasar Pelestarian Sumberdaya Air (Kasus di Das Bribin Hulu Kabupaten Gunung Kidul Daerah Istimewa Yogyakarta).** Yogyakarta: Majalah Geografi Indonesai.
- Glaser B., Ludwig H., Georg G., Wolfgang Z. (2001). **The ‘Terra Preta’ phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics.** *Naturwissenschaften* , 37–41.
- GNEB. (2014). **Ecological Restoration in the U.S Mexico Border Region.** Mexico: GNEB.
- Haryono E., & Adji, T. (2009). **Athmospheric Carvon Dioxide Sequestration Trough Karst Denudation Process.** *Proceeding of International Seminar on Achieving Resilient-Agriculture to Climate Change Through the Development of Climate-Based Risk Management Scheme*, 17-24.
- Haryono, E., & Adji, T. (2004). **Geomorfologi dan Hidrologi Karst.** Yogyakarta: Kelompok Studi Karst Universitas Gajah Mada.
- IPCC. (2008). **Climate Change 2007: Synthesis report.** Geneva: Intergovernmental Panel Climate Change.
- Irfanianto., Wacana P., Rodhialfalah A., Widjanarko S., Suryono T., Chandra F., Ahmad F., Fauzi I., Lukiarti M. (2014). **Kajian Potensi Kawasan Karst Kendeng Utara Pegunungan Rembang Madura Kabupaten Rembang, Jawa Tengah.** *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-7*, 45-58.
- Kurt A., & Donald C., (2009). **Impact of Sixteen Different Biochars On Soil Greenhouse Gas Production.** *KA Spokas & DC Reicosky, Annals of Environmental Science / 2009, Vol 3*, 179-193.
- Latarang, B., Syakur, A. (2006). **Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (allium ascalonicum l.) Pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang.** *Jurnal Agroland 13 (3)* : 265 – 269.

- Lessard R, Rochette P., Topp E., Pattey E., Desjardins R. L., Beamount G., (1994). **Methane and Carbon Dioxide Fluxes from Poorly Drained Adjacent Cultivated and Forest Sites.** *Can. J. Science.* 74: 139-146.
- Lou Y., and Zhou X. (2006). **Soil Respiration and the Environment.** Academic Press. Amsterdam.
- Nielsen S., Minchin T., Kimber S., Zwieten L., Gilbert J., Munroe P., Joseph S., Thomas T., (2014). **Comparative Analysis of The Microbial Communities in Agricultural Soil Amandement with Enhanced Biochar or Traditional Fertilisers.** *Agric. Ecosyst. Enviromental.* 191, 72-83.
- Nurida, Laela N. (2012). **Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia.** *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus,* 57-68.
- Pahlipi M. R., Aryanti E., Irfan M., Permatasari I., Arminudin T. (2017). **Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Pada Perkebunan Kelapa Sawit (Elaeis Jacq) Yang Ditumpangsari Dengan Tanaman Pangan.** *Jurnal Agroteknologi, Vol. 7,* 33-40.
- Rajkishore S.K., Doraisamy P., Subramanian K.S., Maheswari M. (2013). **Methane Emission Patterns and their Associated Soil Microflora with SRI and Conventional Systems of Rice Cultivation in Tamil Nadu, India.** *Taiwan Water Conservancy,* 126-134.
- Ratmini N. P., Juwita S. Y., Sasmita P. (2018). **Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Sub Optimal.** Palembang: Seminar Nasional Lahan Suboptimal.
- Rumbang, N., Radjagukguk, B., dan Parjitno, D., (2009). **Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dari Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Gambut di Kalimantan.** *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan,* 9(2) : 95-102.
- Sayekti R. R., Slamet S. dan Ahmad C. (2016). **Estimasi Potensi Penyerapan Karbondioksida Atmosfer di Daerah Tangkapan Air Sistem Sungai Bawah Tanah Goa Pindul sebagai Upaya untuk Menekan Pemanasan Global.** *Hidrologi dan Kepariwisataaan Kawasan karst Goa Pindul Kabupaten Gunungkidul* (hal. 68-82). Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPGF) Universitas Gadjah Mada .
- Siringoringo H.H., dan Siregar C.A. (2011). **Pengaruh Aplikasi Arang Terhadap Pertumbuhan Awal Michelia Montana Blume dan Perubahan Sifat Kesuburan Tanah Pada Tipe Tanah Latosol.** *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam,* 65-85.

- Sunar. (1993). **Kajian Pemberian Jerami Padi Pada Tanah Sawah Yang Ditanami Dua Varietas Padi Terhadap Emisi Metana**. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Surata, I. (2009). **Pengaruh Ukuran Lubang Tanam dan Kompos Kotoran Sapi untuk Penanaman Lahan Kritis di Daerah Savana di Pulau Sumba**. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, VI(2), 147-157.
- Surmaini, E., Runtunuwu, E. and Las, I. (2011). **Upaya sektor Pertanian dalam Menghadapi Perubahan Iklim**. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Suswati, D. (2011). **Identifikasi Sifat Fisik Lahan Gambut Rasau Jaya III Kabupaten Kubu Raya Untuk Pengembangan Jagung**. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM. Jogjakarta. Vol. 1 hal 32.
- Syaikhu A. H. F., Hariyono, B., Suprayogo, D. (2016). **Uji Kemanfaatan Biochar Dan Bahan Pembenh Tanah Untuk Perbaikan Beberapa Sifat Fisik Tanah Berpasir Serta Dampaknya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu**. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 3(2) : 345-357.
- Tono S., Wawan, Amri A.I. (2014). **Fluks CO₂ Pada Berbagai Kondisi Hutan Rawa Gambut di Areal Konsensi PT. Diamond Raya Timber Kecamatan Bangko Kabupaten Rokan Hilir**. *Jurnal Agroteknologi*, 52-65.
- Wang, J. (2018). **Characterizing Redox Potential Effects on Greenhouse Gas Emissions Induced by Water-Level Changes**. *Vadose Zone Journal*, 1-2.
- Xie J., Li Y., Zhai C., Zhongdong L. (2008, January 26). **CO₂ Absorption by Alkaline Soils and It's Implication to The Global Carbon Cycle**. *Environmental Geology*, hal. 953–961.
- Yahya V. J., Sabiham S., Pramudya B., Las I. (2019). **Identifikasi Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Karbon Di Lahan Gambut Tropis**. *Biospecies*, 20-27.
- Zeebe R. E., and Wolf-Gladrow. (2001). **CO₂ in Seawater: Equilibrium, Kinetics, Isotopes**. Elsevier Science B.V, Amsterdam. 346pp.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Gas CO₂

No.	No. Contoh	Kode Sampel	Konsentrasi CO ₂ (ppm)
1	255.1.001	M1N1.0.0	151.33
2	255.1.002	M1N1.0.10	94.44
3	255.1.003	M1N1.0.20	143.9
4	255.1.004	M1N2.0.0	129.47
5	255.1.005	M1N2.0.10	154.96
6	255.1.006	M1N2.0.20	126.9
7	255.1.007	M2N1.0.0	97.16
8	255.1.008	M2N1.0.10	195.86
9	255.1.009	M2N1.0.20	108.55
10	255.1.010	M2N2.0.0	155.8
11	255.1.011	M2N2.0.10	817.17
12	255.1.012	M2N2.0.20	308.5
13	255.1.013	M1V1.0.0	155.46
14	255.1.014	M1V1.0.10	193.82
15	255.1.015	M1V1.0.20	181.16
16	255.1.016	M1V2..0.0	309.94
17	255.1.017	M1V2.0.10	367.11
18	255.1.018	M1V2.0.20	395.73
19	255.1.019	M2V1.0.0	219.9
20	255.1.020	M2V1.10	547.53
21	255.1.021	M2V1.0.20	156.62
22	255.1.022	M2V2.0.0	165.09
23	255.1.023	M2V2.0.10	772.23
24	255.1.024	M2V2.0.20	467.23
25	255.1.025	M1N1.1.0	566.95
26	255.1.026	M1N1.1.10	358.43
27	255.1.027	M1N1.1.20	162.33
28	255.1.028	M1N2.1.0	392.18
29	255.1.029	M1N2.1.10	294.86
30	255.1.030	M1N2.1.20	327.92
31	255.1.031	M2N1.1.0	158.4
32	255.1.032	M2N1.1.10	197.44
33	255.1.033	M2N1.1.20	187.72

34	255.1.034	M2N2.1.0	281.66
35	255.1.035	M2N2.1.10	190.39
36	255.1.036	M2N2.1.20	144.83
37	255.1.037	M1V1.1.0	228.02
38	255.1.038	M1V1.1.10	118.38
39	255.1.039	M1V1.1.20	124.2
40	255.1.040	M1V2.1.0	279.4
41	255.1.041	M1V2.1.10	157.05
42	255.1.042	M1V2.1.20	115.86
43	255.1.043	M2V1.1.0	369.1
44	255.1.044	M2V1.1.10	195.86
45	255.1.045	M2V1.1.20	377.28
46	255.1.046	M2V2.1.0	405.1
47	255.1.047	M2V2.1.10	668.11
48	255.1.048	M2V2.1.20	493.81
49	255.1.049	M1N1.2.0	198.02
50	255.1.050	M1N1.2.10	432.37
51	255.1.051	M1N1.2.20	207.03
52	255.1.052	M1N1.2.0	262.62
53	255.1.053	M1N1.2.10	182.19
54	255.1.054	M1N1.2.20	275.47
55	255.1.055	M2N1.2.0	148.59
56	255.1.056	M2N1.2.10	250.86
57	255.1.057	M2N1.2.20	159.8
58	255.1.058	M2N2.2.0	151.98
59	255.1.059	M2N2.2.10	176.93
60	255.1.060	M2N2.2.20	125.09
61	255.1.061	M1V1.2.0	112.39
62	255.1.062	M1V1.2.10	211.49
63	255.1.063	M1V1.2.20	194.03
64	255.1.064	M1V2.2.0	194.62
65	255.1.065	M1V2.2.10	173.64
66	255.1.066	M1V2.2.20	485.72
67	255.1.067	M2V1.2.0	372.09
68	255.1.068	M2V1.2.10	152.07
69	255.1.069	M2V1.2.20	260.44
70	255.1.070	M2V2.2.0	712.86
71	255.1.071	M2V2.2.10	140.62
72	255.1.072	M2V2.2.20	143.56
73	255.1.073	M1N1.3.0	151.88

74	255.1.074	M1N1.3.10	154.73
75	255.1.075	M1N1.3.20	132.05
76	255.1.076	M1N2.3.0	154.51
77	255.1.077	M1N2.3.10	117.42
78	255.1.078	M1N2.3.20	125.06
79	255.1.079	M2N1.3.0	153.88
80	255.1.080	M2N1.3.10	145.31
81	255.1.081	M2N1.3.20	217.52
82	255.1.082	M2V2.3.0	144.9
83	255.1.083	M2V2.3.10	151.36
84	255.1.084	M2V2.3.20	144.28
85	255.1.085	M1V1.3.0	151.37
86	255.1.086	M1V1.3.10	147.17
87	255.1.087	M1V1.3.20	128.98
88	255.1.088	M1V2.3.0	135.35
89	255.1.089	M1V2.3.10	155.32
90	255.1.090	M1V2.3.20	133.03
91	255.1.091	M2V1.3.0	212.9
92	255.1.092	M2V1.3.10	149.7
93	255.1.093	M2V1.3.20	156.42
94	255.1.094	M2V2.3.0	149.65
95	255.1.095	M2V2.3.10	163.17
96	255.1.096	M2V2.3.20	140.92
97	255.1.097	M1N1.4.0	209.36
98	255.1.098	M1N1.4.10	230.71
99	255.1.099	M1N1.4.20	191.69
100	255.1.100	M1N2.4.0	206.55
101	255.1.101	M1N2.4.10	177.19
102	255.1.102	M1N2.4.20	148.26
103	255.1.103	M2N1.4.0	163.66
104	255.1.104	M2N1.4.10	164.82
105	255.1.105	M2N1.4.20	140.38
106	255.1.106	M2N2.4.0	165.86
107	255.1.107	M2N2.4.10	161.43
108	255.1.108	M2N2.4.20	157.03
109	255.1.109	M1V1.4.0	152.9
110	255.1.110	M1V1.4.10	149.53
111	255.1.111	M1V1.4.20	133.95
112	255.1.112	M1V2.4.0	162.62
113	255.1.113	M1V2.4.10	176.41

114	255.1.114	M1V2.4.20	141.69
115	255.1.115	M2V1.4.0	146.48
116	255.1.116	M2V1.4.10	151.42
117	255.1.117	M2V1.4.20	141.02
118	255.1.118	M2V2.4.0	387.92
119	255.1.119	M2V2.4.10	349.15
120	255.1.120	M2V2.4.20	159.87
121	255.1.121	M1N1.5.0	381.87
122	255.1.122	M1N1.5.10	184.18
123	255.1.123	M1N1.5.20	186.13
124	255.1.124	M1N2.5.0	179.09
125	255.1.125	M1N2.5.10	285.52
126	255.1.126	M1N2.5.20	543.31
127	255.1.127	M2N1.5.0	344.27
128	255.1.128	M2N1.5.10	343.87
129	255.1.129	M2N1.5.20	289.35
130	255.1.130	M2N2.5.0	190.14
131	255.1.131	M2N2.5.10	594.87
132	255.1.132	M2N2.5.20	272.85
133	255.1.133	M1V1.5.0	316.19
134	255.1.134	M1V1.5.10	224.79
135	255.1.135	M1V1.5.20	209.27
136	255.1.136	M1V2.5.0	232.74
137	255.1.137	M1V2.5.10	277.6
138	255.1.138	M1V2.5.20	226.93
139	255.1.139	M2V1.5.0	223.59
140	255.1.140	M2V1.5.10	185.48
141	255.1.141	M2V1.5.20	170.49
142	255.1.142	M2V2.5.0	292.8
143	255.1.143	M2V2.5.10	310.85
144	255.1.144	M2V2.5.20	342.35

Cara pembacaan kode sampel ialah sebagai berikut.

Contoh kode sampel : M1N1.0.10

M1N1 : merupakan kode untuk media dan perlakuan pada saat penelitian. M1 untuk media satu yang terdiri dari campuran batu kapur dan tanah kapur. N1 untuk perlakuan tanpa vegetasi.

.0 : merupakan kode untuk pengambilan sampel pada minggu ke-n. Artinya pada kode sampel ini diambil pada minggu ke 0.

.10 : merupakan kode untuk pengambilan sampel pada menit ke-n. Artinya pada kode sampel ini diambil pada menit ke 10.

Lampiran 2 Hasil Perhitungan Fluks Gas CO₂

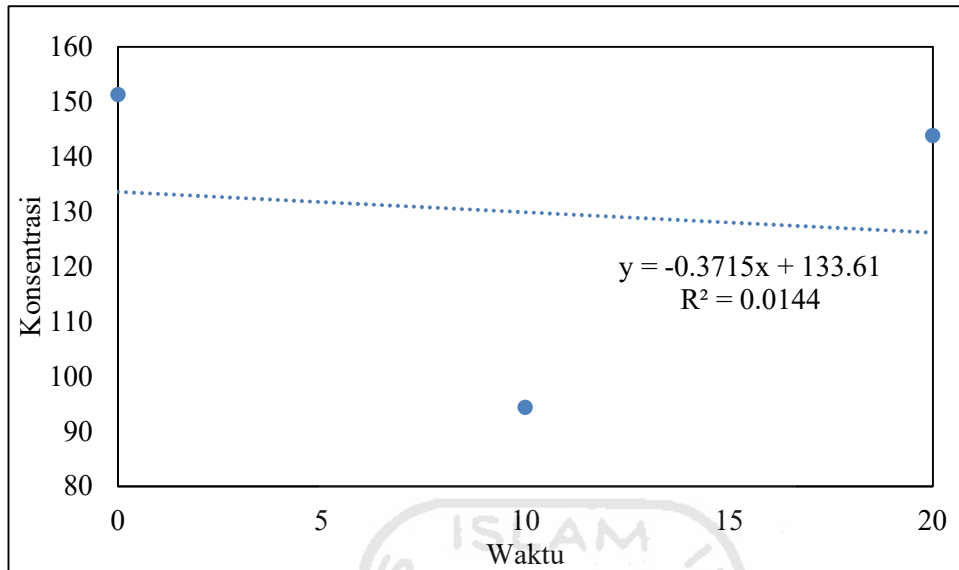
MIN1					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	151.33	-0.3715	29.8	-0.65252
	10	94.44			
	20	143.9			
1	0	566.95	-20.231	26	-35.9862
	10	358.43			
	20	162.33			
2	0	198.02	0.4505	29.3	0.792592
	10	432.37			
	20	207.03			
3	0	151.88	-0.9915	29.3	-1.74441
	10	154.73			
	20	132.05			
4	0	209.36	-0.8835	31.5	-1.54317
	10	230.71			
	20	191.69			
5	0	318.37	-6.612	32.8	-11.4998
	10	184.18			
	20	186.13			
MIN2					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	129.47	-0.1285	30.6	-0.22511
	10	154.96			
	20	126.9			
1	0	392.18	-3.213	27	-5.69614
	10	294.86			
	20	327.92			
2	0	262.62	0.6425	30.9	1.124442
	10	182.19			
	20	275.47			
3	0	154.51	-1.4725	29.7	-2.58724
	10	117.42			
	20	125.06			
4	0	206.55	-2.9145	31.9	-5.08396

	10	177.19			
	20	148.26			
5	0	179.09	18.211	33.2	31.63192
	10	285.52			
	20	543.31			
M1V1					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	155.46	1.285	29.8	2.257049
	10	193.82			
	20	181.16			
1	0	228.02	-5.191	26	-9.23358
	10	118.38			
	20	124.2			
2	0	112.39	4.082	28.8	7.193605
	10	211.49			
	20	194.03			
3	0	151.37	-1.1195	29.6	-1.96765
	10	147.17			
	20	128.98			
4	0	152.9	-0.9475	31.9	-1.65279
	10	149.53			
	20	133.95			
5	0	316.19	-5.346	32.6	-9.30405
	10	224.79			
	20	209.27			
M1V2					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	309.94	4.2895	30.6	7.514489
	10	367.11			
	20	395.73			
1	0	279.4	-8.177	27	-14.4965
	10	157.05			
	20	115.86			
2	0	194.62	14.555	30.9	25.47278
	10	173.64			
	20	485.72			
3	0	135.35	-0.116	29.8	-0.20375
	10	155.32			
	20	133.03			
4	0	162.62	-1.0465	32.3	-1.82309
	10	176.41			
	20	141.69			

5	0	232.74	-0.2905	32.9	-0.50508
	10	224.6			
	20	226.93			
M2N1					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	97.16	0.5695	30	0.999643
	10	195.86			
	20	108.55			
1	0	158.4	1.466	26	2.607672
	10	197.44			
	20	187.72			
2	0	148.59	0.5605	29.8	0.984495
	10	250.86			
	20	159.8			
3	0	153.88	3.182	29.3	5.598289
	10	145.31			
	20	217.52			
4	0	163.66	-1.164	31.5	-2.03311
	10	164.82			
	20	140.38			
5	0	344.27	-2.746	33.3	-4.76816
	10	343.87			
	20	289.35			
M2N2					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	155.8	7.635	30.7	13.37085
	10	817.17			
	20	308.5			
1	0	281.66	-6.8415	27	-12.1289
	10	190.39			
	20	144.83			
2	0	151.98	-1.3445	30.9	-2.35302
	10	176.93			
	20	125.09			
3	0	144.9	-0.031	29.8	-0.05445
	10	151.36			
	20	144.28			
4	0	165.86	-0.4415	31.8	-0.77039
	10	161.43			
	20	157.03			
5	0	190.14	4.1355	33.8	7.169191
	10	594.87			

	20	272.85			
M2V1					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	219.9	-3.164	29.2	-5.56846
	10	547.53			
	20	156.62			
1	0	369.1	0.409	26	0.727515
	10	195.86			
	20	377.28			
2	0	372.09	-5.5825	29.5	-9.81515
	10	152.07			
	20	260.44			
3	0	212.9	-2.824	29.2	-4.97008
	10	149.7			
	20	156.42			
4	0	146.48	-0.273	29	-0.48078
	10	151.42			
	20	141.02			
5	0	223.59	-2.655	32.2	-4.62675
	10	185.48			
	20	170.49			
M2V2					
mst	time (x)	CO2 (y)	dC/dt	T (*C)	ϵ
0	0	165.09	15.107	30.7	26.45624
	10	772.23			
	20	467.23			
1	0	405.1	4.4355	27	7.863437
	10	668.11			
	20	493.81			
2	0	712.86	-28.465	32.8	-49.5074
	10	140.62			
	20	143.56			
3	0	149.65	-0.4365	29.4	-0.76771
	10	163.17			
	20	140.92			
4	0	387.92	-11.4025	31.2	-19.9359
	10	349.15			
	20	159.87			
5	0	292.8	2.4775	32.8	4.308963
	10	310.85			
	20	342.35			

Contoh perhitungan fluks gas CO₂ :



Diketahui:

Berat Molekul (mW) : 44,01 g/mol
 Volume Molekul (mV) : 22,14 L (kondisi STP)
 H_{ch} : 0,98 m
 $\frac{\delta C}{\delta t}$: Perbedaan konsentrasi CO₂ per waktu pengambilan

Rumus mencari fluks CO₂:

$$E = \frac{\delta C}{\delta t} \times h_{ch} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273.2}{273.2+T}$$

$$E = -0,3715 \times 0,98 \times \frac{44,01}{22,14} \times \frac{273.2}{273.2+29,8}$$

$$E = -0,65252$$

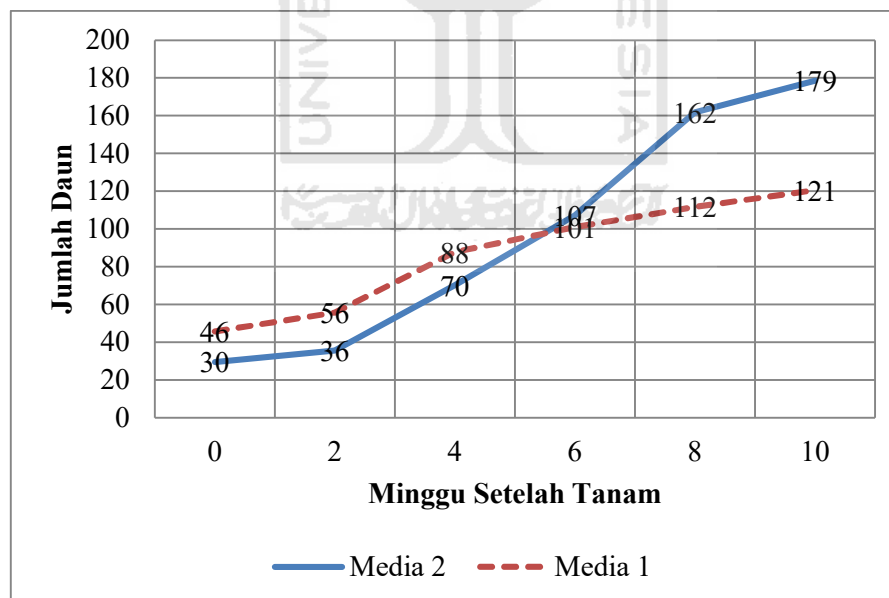
Lampiran 3 Hasil pengukuran *micro environmental condition*

Minggu -0							
Media	Ta (°C)	Rha	pH	T (°C)	EH (mV)	EC	Kelembapan Tanah (%)
M1V1	24.9	76.03	6.54	31.1	258.88	0.07	45.9
M1V2	24.9	76.03	6.52	31.5	257.2	0.08	45.9
M2V1	24.9	76.03	7.11	31.9	220.52	0.2	45.9
M2V2	24.9	76.03	7.16	32.4	221.92	0.27	41.4

M1N1	24.9	76.03	6.37	31.4	268.12	0.07	45.9
M1N2	24.9	76.03	6.35	31.9	252.52	0.07	45.9
M2N1	24.9	76.03	6.84	32.8	225.24	0.67	41.9
M2N2	24.9	76.03	7.32	33.6	150.88	0.34	37.6
Minggu -2							
Media	Ta (°C)	Rha	pH	T (°C)	EH (mV)	EC	Kelembapan Tanah (%)
M1V1	25.05	75.58	7.81	29.4	235.52	0.16	45.5
M1V2	25.05	75.58	7.67	29.4	256.52	0.12	45.9
M2V1	25.05	75.58	7.89	30.3	260.24	0.27	45
M2V2	25.05	75.58	7.74	30.6	271.48	0.23	42
M1N1	25.05	75.58	7.38	29.3	308.44	0.11	45
M1N2	25.05	75.58	7.32	29.4	319.52	0.12	44.9
M2N1	25.05	75.58	7.59	30.8	285.64	0.34	42.7
M2N2	25.05	75.58	7.78	30.4	275.32	0.25	44
Minggu -4							
Media	Ta (°C)	Rha	pH	T (°C)	EH (mV)	EC	Kelembapan Tanah (%)
M1V1	24.85	74.64	8.36	29.2	278.36	0.22	45.4
M1V2	24.85	74.64	8.59	29.2	270.36	0.13	44.1
M2V1	24.85	74.64	8.81	29.1	252.28	0.4	45
M2V2	24.85	74.64	8.72	29.1	270.28	0.46	42
M1N1	24.85	74.64	7.3	27.7	300.16	0.24	45
M1N2	24.85	74.64	7.56	27.9	292.32	0.16	44.9
M2N1	24.85	74.64	7.99	28	266.4	0.43	42.7
M2N2	24.85	74.64	8.39	27.8	237.24	0.22	44
Minggu -6							
Media	Ta (°C)	Rha	pH	T (°C)	EH (mV)	EC	Kelembapan Tanah (%)
M1V1	25.98	72.09	7.88	25.6	165.48	0.11	45.65
M1V2	25.98	72.09	7.71	25.7	167.56	0.13	45
M2V1	25.98	72.09	7.84	25.4	136.32	0.35	45.45
M2V2	25.98	72.09	7.49	25.8	158.64	0.28	43.95
M1N1	25.98	72.09	8.4	25.8	157.64	0.17	45.45
M1N2	25.98	72.09	8.12	25.8	156.64	0.23	45.4
M2N1	25.98	72.09	7.73	26.1	147.88	0.17	44.3
M2N2	25.98	72.09	8.88	25.8	138.64	0.35	44.95
Minggu -8							
Media	Ta (°C)	Rha	pH	T (°C)	EH (mV)	EC	Kelembapan Tanah (%)
M1V1	25.92	71.11	7.71	28.3	276.64	0.1	45.9
M1V2	25.92	71.11	8.05	28.2	262.56	0.09	45.9
M2V1	25.92	71.11	8.35	27.9	256.32	0.31	45.9

M2V2	25.92	71.11	8.33	27.9	260.32	0.22	45.9
M1N1	25.92	71.11	7.64	28.1	274.48	0.07	45.9
M1N2	25.92	71.11	7.56	28.2	273.56	0.08	45.9
M2N1	25.92	71.11	8.43	28.1	256.48	0.26	45.9
M2N2	25.92	71.11	8.22	27.8	257.24	0.21	45.9
Minggu -10							
Media	Ta (°C)	Rha	pH	T (°C)	EH (mV)	EC	Kelembapan Tanah (%)
M1V1	26.53	69.71	8.02	28.1	266.48	0.09	46.1
M1V2	26.53	69.71	7.94	28.3	269.64	0.2	46.1
M2V1	26.53	69.71	8.24	28.3	263.64	0.26	46.1
M2V2	26.53	69.71	8.05	28.1	276.48	0.36	46.1
M1N1	26.53	69.71	7.53	28.3	285.64	0.14	46.1
M1N2	26.53	69.71	7.8	28.2	271.56	0.11	46.1
M2N1	26.53	69.71	7.88	28.3	275.64	0.42	46.1
M2N2	26.53	69.71	7.89	28.3	277.64	0.64	46.1

Lampiran 4 Grafik Pertumbuhan Daun Tanaman Eucalyptus

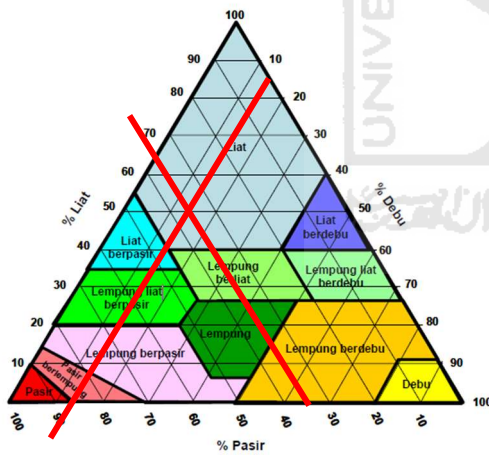


Lampiran 5 Hasil pengujian tekstur tanah

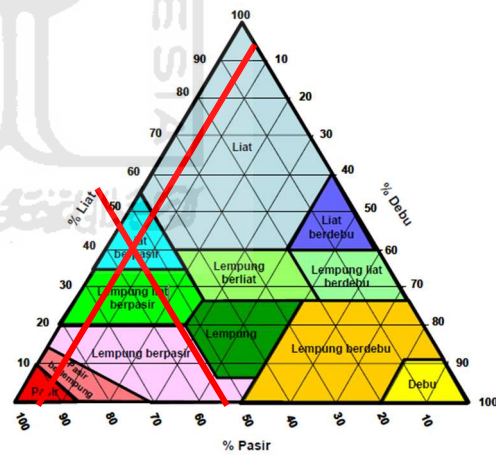
No	Parameter uji	Satuan	Media 1	Media 2
1	Tekstur			
	Pasir	%	35	54
	Debu	%	14	5
	Liat	%	51	41
2	C-Organik	%	1,36	2,21
3	BV	g/cc	1,1	0,92
4	BJ	g/cc	2,47	2,4
5	Ruang pori total	% Volume	55,5	61,58

Lampiran 6 Data pF tanah

No	Jenis Media	Kadar air (%volume)			
		pF1	pF2	pF2,54	pF 4,2
1	Media 1	42,94	43,58	34,13	21,08
2	Media 2	36,21	29,92	21,21	12,93



Media 1



Media 2

Setelah tekstur tanah dianalisa dengan menggunakan grafik segitiga tekstur tanah didapatkan hasil tekstur tanah pada media 1 adalah liat dan tekstur tanah pada media 2 adalah liat berpasir.

Lampiran 7 Pengambilan contoh gas

