

**SIMPANAN KARBON TANAH DI KAWASAN MANIFESTASI
GEOTHERMAL IE JUE SEULAWAH AGAM DESA MEURAH
KECAMATAN SEULIMUM KABUPATEN ACEH BESAR
SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Diajukan Oleh

Qisthi

NIM. 140 207 031

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM-BANDA ACEH
2019 M/ 1440 H**

**SIMPANAN KARBON TANAH DI KAWASAN MANIFESTASI GEOTHERMAL
IE JUE SEULAWAH AGAM DESA MEURAH KECAMATAN SEULIMUM
KABUPATEN ACEH BESAR SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) Universitas Islam
Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh Sebagai Beban Studi untuk
Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu
Pendidikan Biologi



Oleh:
QISTHI
NIM. 140207031
Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Biologi

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Muslich Hidayat, M.Si
NIP. 197903022008011008

Pembimbing II,

Nurdin Amin, M.Pd
NIDN. 2019118601

**SIMPANAN KARBON TANAH DI KAWASAN MANIFESTASI
GEOTHERMAL IE JUE SEULAWAH AGAM DESA MEURAH
KECAMATAN SEULIMUM KABUPATEN ACEH BESAR
SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH
EKOLOGI TUMBUHAN**

SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi .
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Pendidikan Biologi


Pada Hari/Tanggal:


Rabu, 24 Juli 2019 M
21 Dzulqaidah 1440 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,


Sekretaris,

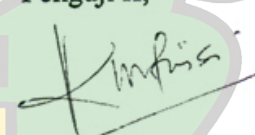

Muslich Hidayat, S.Si., M.Si.
NIP. 197903022008011008


Cut Ratna Dewi, S.Pd.I., M. Pd
NIP. 198809072019032013

Penguji I,

Penguji II,


Nurdin Amin, M.Pd
NIDN. 2019118601


Khairun Nisa, S.Si., M. Bio
NIP. 197406122005042000

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam Banda Aceh




Dr. Muslim Razali, SH., M.Ag
NIP. 195903091989031001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Qisthi

NIM : 140207031

Prodi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkannya dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggung jawabkan atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi terhadap aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 17 Juli 2019

Yang Menyatakan,

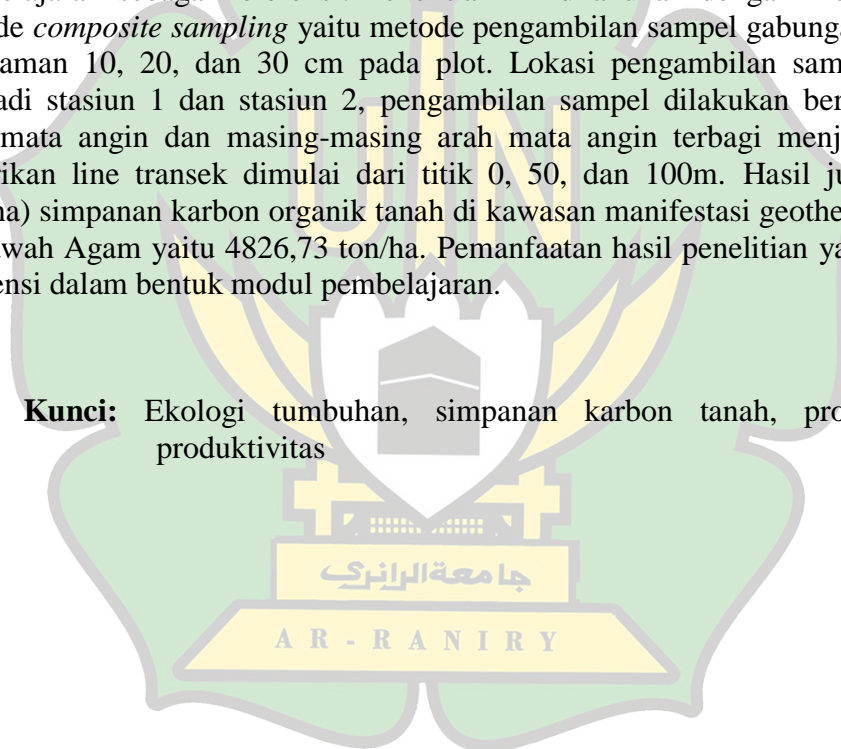


Qisthi
NIM. 140207031

ABSTRAK

Produksi dan produktivitas merupakan salah satu materi yang di bahas pada mata kuliah ekologi tumbuhan. Produktivitas merupakan kemampuan makhluk hidup dalam menghasilkan zat organik, yaitu hasil dari fotosintesis $C_6H_{12}O_6$ disebut dengan biomassa yang dihasilkan oleh produktivitas primer yaitu tumbuhan. Sedikitnya referensi membuat pemahaman mahasiswa mengenai simpanan karbon masih sangat kurang. Pentingnya mengetahui simpanan karbon di dalam tanah untuk mengetahui jumlah dari biomassa yang hilang atau bertambah dari waktu ke waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui simpanan karbon tanah di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Ju Desa Meurah dan dapat memanfaatkan hasil penelitian simpanan karbon tanah di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Ju Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar dalam bentuk modul pembelajaran sebagai referensi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* yaitu metode pengambilan sampel gabungan di setiap kedalaman 10, 20, dan 30 cm pada plot. Lokasi pengambilan sampel terbagi menjadi stasiun 1 dan stasiun 2, pengambilan sampel dilakukan berdasarkan 4 arah mata angin dan masing-masing arah mata angin terbagi menjadi 3 titik. penarikan line transek dimulai dari titik 0, 50, dan 100m. Hasil jumlah total (ton/ha) simpanan karbon organik tanah di kawasan manifestasi geothermal Ie Jue Seulawah Agam yaitu 4826,73 ton/ha. Pemanfaatan hasil penelitian yaitu sebagai referensi dalam bentuk modul pembelajaran.

Kata Kunci: Ekologi tumbuhan, simpanan karbon tanah, produksi dan produktivitas



KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah swt, yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan”**. Shalawat beriring salam penulis hantarkan kepada panutan umat, Nabi Muhammad saw beserta keluarga dan para sahabat yang telah berjuang membawa manusia dari alam jahiliyah ke alam Islamiyah.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada pihak yang telah membantu dan memotivasi dalam penyelesaian skripsi ini, diantaranya yaitu:

1. Ayah dan Ibu yang saya cintai, kak Acha, abang Rian, kak Risha, kak Meildy, kak Syura, Alesha, adik Ennis dan bang Eri yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi dan do'a yang selalu dipanjatkan demi kesuksesan penulis.
2. Bapak Muslich Hidayat, M.Si selaku Penasehat Akademik dan pembimbing I dan Bapak Nurdin Amin, M.Pd selaku pembimbing II yang telah memberi bimbingan, nasehat dan arahan sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.

3. Bapak Dr. Muslim Razali, S.H, M.Ag selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Samsul Kamal, S.Pd, M.Pd dan Ibu Elita Agustina, M.Si selaku ketua dan sekretaris Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Bapak/Ibu Staf Pengajar Prodi Pendidikan Biologi yang telah banyak membantu penulis dari semester awal hingga akhir.
6. Bapak A. Rasyid selaku Keuchik Desa Meurah, Kecamatan Seulimum yang telah banyak memberikan arahan dari awal sampai akhir sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
7. Safina, Isma, Aci, Fadhil, Ikhlas dan seluruh tim research of Ie Jue Seulawah Agam, Unit 01, dan untuk asisten yang telah mendampingi di lapangan Rasma Hasyiati, sahabatku Ana, Dian, Endang, Elsa, Maya dan Oci, dan teman-teman seperjuangan di Pendidikan Biologi UIN Ar-Raniry Leting 2014, yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan dan motivasinya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa yang akan datang. Semoga kita semua selalu dalam lindungan Allah. Aamiin

Banda Aceh, 7 Juli 2019
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBARAN JUDUL	i
PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN SIDANG	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	9
E. Definisi Operasional	9
BAB II : KAJIAN TEORI	
A. Tinjauan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan	12
B. Definisi Biomassa	13
C. Produksi dan Produktivitas	15
D. Siklus Karbon	16
E. Karbon Tanah	20
F. Manifestasi Geothermal	22
G. Referensi Pembelajaran	26
H. Pemanfaatan Hasil Penelitian Biomassa Tanah Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan dalam Bentuk Modul Pembelajaran	26
BAB III : METODE PENELITIAN	
A. Rancangan Penelitian.....	29
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29

C. Populasi dan Sampel.....	30
D. Alat dan Bahan.....	30
E. Prosedur Penelitian	32
F. Parameter Penelitian	36
G. Analisis Data	37
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	39
1. Data Karbon Tanah di Kawasan Penelitian Ie Jue Seulawah Agam.....	39
2. Faktor Fisik Kimia di Kawasan Penelitian Ie Jue Seulawah Agam.....	42
3. Pemanfaatan Hasil Penelitian Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan	44
4. Kelayakan Output Hasil Penelitian Sebagai Referensi Matakuliah Ekologi Tumbuhan	45
B. Pembahasan	48
1. Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar.....	48
2. Pemanfaatan Hasil Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar	53
BAB V : PENUTUP	
A. Kesimpulan	55
B. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	

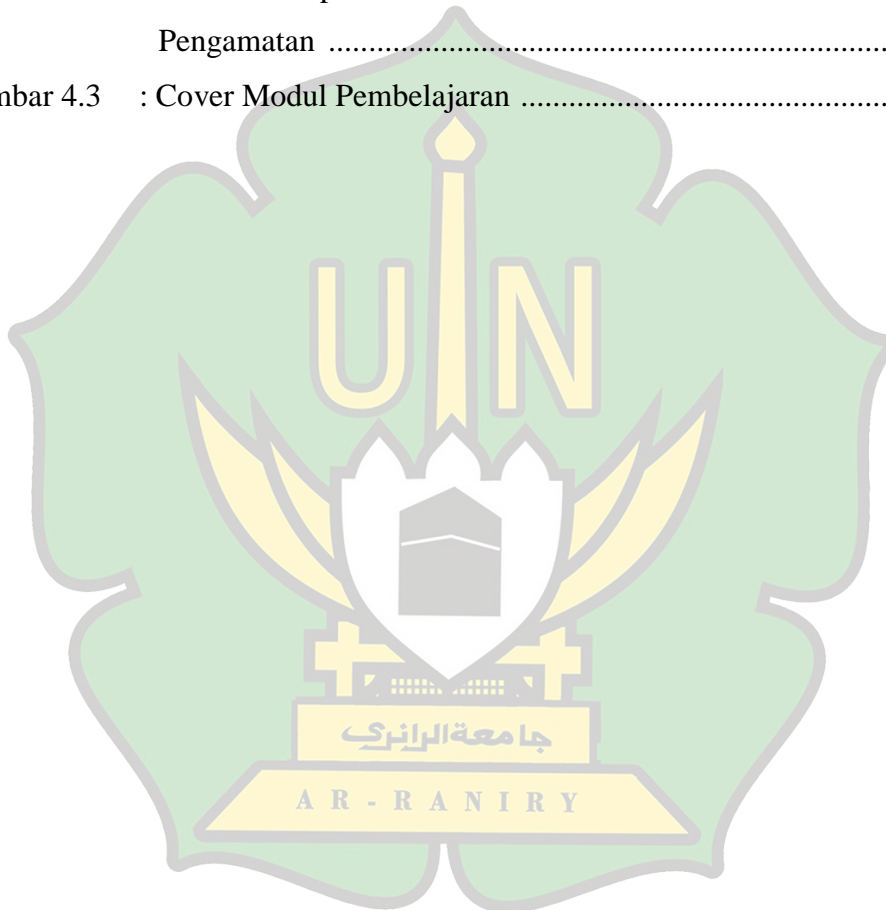
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	: Alat yang digunakan dan Fungsinya	30
Tabel 3.2	: Bahan yang digunakan dan Fungsinya.....	31
Tabel 4.1	: Hasil Pengamatan Simpanan Karbon Tanah Stasiun 1	39
Tabel 4.2	: Hasil Pengamatan Simpanan Karbon Tanah Stasiun 2.....	40
Tabel 4.3	: Hasil Pengamatan Faktor Fisik dan Kimia Stasiun 1	43
Tabel 4.4	: Hasil Pengamatan Faktor Fisik dan Kimia Stasiun 2.....	43
Tabel 4.5	: Hasil Uji Kelayakan Modul Pembelajaran.....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Siklus Karbon	18
Gambar 2.2	: Peta Lokasi Penelitian	30
Gambar 4.1	: Grafik Simpanan Karbon Tanah Berdasarkan Arah Mata Angin di Stasiun 1 dan 2	41
Gambar 4.2	: Grafik Simpanan Karbon Tanah Berdasarkan Stasiun Pengamatan	42
Gambar 4.3	: Cover Modul Pembelajaran	45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Keputusan (SK) Penunjukan Pembimbing	62
2. Surat Selesai Penelitian dari Keucik desa Meurah	63
3. Surat Keterangan Bebas Laboratorium	64
4. Surat Telah Mengembalikan Alat Laboratorium	65
5. Surat Telah Melakukan Identifikasi	67
6. Data Awal Penelitian	68
7. Dokumentasi Hasil Penelitian	73
8. Data Riwayat Hidup	77



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Mata kuliah ekologi tumbuhan di Program Studi Pendidikan Biologi membahas tentang pengertian ekologi dan ekosistem serta prinsip saling ketergantungan, komponen penyusun ekosistem, keterkaitan komponen abiotik dengan tumbuhan, faktor pembatas dan adaptasi, habitat dan niche, dan tumbuhan indikator. Mata kuliah ekologi tumbuhan juga membahas tentang pengertian populasi dan komunitas, penyebaran komunitas tumbuhan, dan dinamika komunitas yang mencakup degradasi, suksesi dan klimaks, serta analisis vegetasi dan hubungan vegetasi dengan pembangunan, spesies indikator dan konversi ekosistem.¹ Mata kuliah ekologi tumbuhan memiliki banyak penerapan pemeliharaan lingkungan yang lebih sehat dan lebih produktif bagi makhluk hidup.

Ekologi tumbuhan merupakan salah satu mata kuliah di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dengan beban kredit 3(1) SKS yang terdiri atas 2 SKS materi dan 1 SKS praktikum.² Salah satu materi yang dibahas pada mata kuliah ekologi tumbuhan yaitu produksi dan produktivitas. Produktivitas merupakan kemampuan makhluk hidup dalam

¹ Mulyadi, *Silabus Ekologi Tumbuhan*, (Banda Aceh: Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, 2017).

² *Buku Panduan Akademik*, (Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2014/2015), h. 107.

menghasilkan zat organik, yaitu hasil dari fotosintesis $C_6H_{12}O_6$ disebut dengan biomassa yang dihasilkan oleh produktivitas primer yaitu tumbuhan. Karbon yang terdapat dalam hasil fotosintesis tersebut masuk ke dalam praktikum ekologi tumbuhan dengan judul estimasi biomassa yang terbagi ke dalam biomassa tanah, biomassa pohon dan biomassa serasah. Tanah, pohon dan serasah pada dasarnya saling berkaitan karena karbon yang terdapat pada tumbuhan akan masuk ke dalam tanah melalui akar dan karbon dari serasah akan masuk ke dalam tanah setelah diuraikan oleh mikroorganisme.

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa mahasiswa Pendidikan Biologi angkatan 2014 yang telah mengambil mata kuliah ekologi tumbuhan, diperoleh informasi bahwa pada materi ekologi tumbuhan tentang simpanan karbon tanah tidak membahas mengenai simpanan karbon tanah di kawasan geothermal. Pemahaman mahasiswa mengenai simpanan karbon pada tanah masih sangat kurang. Hal ini dikarenakan kurangnya referensi yang didapat tentang materi simpanan karbon pada tanah, sehingga menjadi kendala bagi mahasiswa dalam menggali informasi tentang materi tersebut.³

Hasil wawancara dengan salah satu asisten ekologi tumbuhan mengenai praktikum ekologi tumbuhan diperoleh informasi bahwa selama ini belum pernah dilakukan praktikum simpanan karbon tanah di kawasan geothermal. Praktikan juga kesulitan ketika mencari referensi saat membuat tugas akhir praktikum. Hal

³ Wawancara dengan Mahasiswa Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Angkatan 2014 pada Tanggal 8 Januari 2018 di Darussalam Banda Aceh.

tersebut terjadi karena masih kurangnya penelitian-penelitian mengenai simpanan karbon tanah.⁴

Hasil wawancara dengan salah satu dosen mata kuliah ekologi tumbuhan diperoleh informasi bahwa, materi simpanan karbon pada tanah di kawasan manifestasi geothermal memang belum dibahas pada saat perkuliahan. Sehingga pemahaman mahasiswa tentang simpanan karbon pada tanah khususnya di kawasan geothermal masih sangat kurang. Referensi yang di dapat mengenai simpanan karbon pada tanah juga tidak banyak. Penelitian tentang simpanan karbon pada tanah di kawasan manifestasi geothermal juga belum pernah dilakukan.⁵

Biomassa sangat berkaitan dengan munculnya berbagai macam isu perubahan iklim dan memiliki peran penting dalam proses terjadinya siklus karbon.⁶ Penilaian simpanan karbon penting dilakukan untuk mengetahui banyaknya biomassa yang tersedia dalam satu waktu tertentu dan untuk menilai produktivitas suatu hutan. Firman Allah dalam Al-Qur'an surat Al-A'araf ayat 58:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا
نَكِذًّا كَذَلِكَ نُنصِرُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

⁴ Wawancara dengan Asisten Ekologi Tumbuhan pada Tanggal 8 Januari 2018 di Darussalam Banda Aceh.

⁵ Wawancara dengan Dosen Ekologi Tumbuhan pada Tanggal 19 Januari 2018 di Darussalam Banda Aceh.

⁶ Melinda Rakhmawati, "Hubungan Biomassa Penutup Lahan dengan Indeks Vegetasi di Kabupaten Mamuju Utara, Sulawesi Barat", *Jurnal Globe*, Vol. 14, No. 2, (2012), h. 158.

Artinya: “Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh dengan subur dengan izin tuhan; dan tanah yang buruk, tanaman-tanamannya tumbuh merana. Demikianlah kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran kami) bagi orang-orang yang bersyukur.”⁷

Ayat tersebut menjelaskan tentang sebagaimana adanya perbedaan antara tanah dengan tanah. Tanah yang baik yaitu tanah yang subur dan selalu dipelihara tanamannya akan tumbuh subur juga yaitu atas kehendak Allah yang ditetapkan-Nya melalui hukum-hukum alam. Tanah yang buruk, yaitu yang tidak subur maka Allah tidak memberinya potensi untuk menumbuhkan tanaman yang baik, karena itu tanaman-tanamannya akan banyak yang tumbuh merana. Demikianlah tanda kebesaran dan Allah bagi orang-orang yang mau bersyukur, yaitu yang mau menggunakan anugerah Allah sesuai dengan fungsi dan tujuannya.⁸

Simpanan karbon di dalam tanah merupakan indikator kesuburan tanah.⁹ Pentingnya mengetahui simpanan karbon di dalam tanah untuk mengetahui jumlah dari biomassa yang hilang atau bertambah dari waktu ke waktu. Khususnya pada banyaknya simpanan karbon yang tersimpan pada tanah. Tingginya karbon dalam tanah dapat mempengaruhi sifat tanah baik secara fisik, kimia dan biologi.

Tanah salah satu media pertemuan antara biosfer, atmosfer (udara), hidrosfer (air) dan litosfer (batuan) yang masing-masing saling memberikan pengaruh antara satu sama lain. Sebagai media yang kompleks, tanah memiliki sifat-sifat biologi, kimia dan fisika. Tanah juga menyimpan dan mengatur daur karbon dalam jumlah besar dan memiliki peran penting sebagai sumber dan

⁷ Maulana Muhammad Ali, *The Holly Quran*, (Jakarta: Darul Kutubil Islamiyah, 2006), h. 472.

⁸ Muhammad Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah*, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 128.

⁹ Lia Yunita, “Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Meranti (*Shorea leprosula*) di Hutan Alam pada Area Silin PT Inhutan II Pulau Laut Kalimantan Selatan”, *Jurnal Hutan Tropis*, Vol. 4, No.2, (2016), h.192.

penampung gas rumah kaca.¹⁰ Karbon tidak hanya tersimpan di dalam pohon, akan tetapi karbon juga tersimpan di dalam tanah. Hal tersebut dapat menghindari terjadinya siklus karbon yang tidak sempurna. karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon baik dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Karbon tersimpan dalam 4 kantong karbon meliputi biomassa atas permukaan (pohon), karbon organik tanah, biomassa bawah permukaan dan bahan organik mati.¹¹ Terdapat tiga jenis energi yang digunakan oleh makhluk hidup di dalam kehidupan, salah satunya adalah energi panas bumi.¹²

Hutan memiliki cadangan karbon yang tersimpan pada vegetasi seperti pada batang, akar, daun, biomassa lain dan di dalam tanah.¹³ Simpanan karbon tanah sangat dipengaruhi oleh aktivitas penggunaan lahan.¹⁴ Erupsi yang terjadi pada gunung berapi mengeluarkan bahan vulkanik yang tertimbun di bagian puncak, lereng, kaki gunung dan daerah sekitarnya. Semakin lama bahan vulkanik tersebut berkembang menjadi tanah-tanah yang terdeteksi mengandung bahan mineral non

¹⁰ Sri Nurani Kartikasari, *Ekologi Papua*, (Jakarta: Yayasan Pustaka Obor, 2007), h. 90.

¹¹ Juliana, *Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan*, (Skripsi), 2016, h. 5.

¹² Otto Soemarwoto, *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*, (Jakarta: Djambatan, 1996), h. 30.

¹³ Ari Wibowo, Dkk, *Petunjuk Praktis Menghitung Cadangan Karbon Hutan*, (Bogor: UNESCO, 2013), h. 3.

¹⁴ Harris Herman Siringoringo, "Potensi Simpanan Karbon Pada Jenis Tanah Acrisols dan Ferralsols di Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. dan *Shorea leprosula* Miq. Kabupaten Bogor", *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vo. IV, No. 5, (2007), h. 512.

kristalin, berwarna gelap, mengandung karbon organik tinggi, gembur dan memiliki permukaan liat yang luas.¹⁵

Gunung Seulawah Agam memiliki beberapa manifestasi permukaan. Kawasan panas bumi (geothermal) Ie Jue salah satu manifestasi permukaan Gunung Seulawah Agam. Kawasan ini berada di Desa Meurah, Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar.¹⁶ Manifestasi geothermal di kawasan Ie Jue diantaranya terdapat tanah hangat (warm ground), tanah beruap (streaming ground), mata air panas, fumarol dan kubangan berlumpur.¹⁷

Berdasarkan hasil penelitian Juliana, diketahui bahwa jumlah simpanan karbon pada beberapa lokasi/titik pengamatan di kampus UIN Ar-Raniry yang paling tinggi terdapat pada lokasi/ titik pengamatan 1 yaitu gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan dan yang paling rendah pada lokasi/titik pengamatan 6 yaitu Fakultas Adab dan Humaniora. Jumlah rata-rata simpanan karbon pada tanah di 9 lokasi/titik pengamatan ialah $1,510 \text{ g/cm}^3$.¹⁸

Berdasarkan hasil penelitian Nurul Farija, dkk, diketahui bahwa kandungan cadangan karbon tanah yang terdapat di hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Selimum Aceh Besar memiliki konsentrasi yang bervariasi untuk setiap plot dalam wilayah vegetasi pengamatan. Jumlah

¹⁵ Ai Dariah, dkk, *Tanah Andosol di Indonesia*, (Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, 2014), h. 8.

¹⁶ Luthfiana Azhar, *Survei Geofisika pada Kawasan Panas Bumi Ie Ju, Lamteuba Menggunakan Metode Geolistrik Wenner-Schlumberger*, (Skripsi), (2015), h. 1.

¹⁷ Aprillino Wangsa, dkk, "Interpretasi Kuantitatif Data Anomali Gravitasi di Kawasan Panas Bumi Seulawah Agam, Aceh Besar", *Jurnal Aceh Phys Soc*, Vol. 7, No. 1, (2018), h. 7.

¹⁸ Juliana, *Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan*, (Skripsi), (2016), h. 48.

kandungan karbon tertinggi di dapatkan pada plot ke-9 dengan vegetasinya berupa hutan primer. Sedangkan stok karbon tanah terendah didapatkan pada plot ke-2 dengan vegetasi berupa hutan sekunder.¹⁹

Berdasarkan hasil penelitian Subarno dan Junun Sartohadi, diketahui bahwa karakteristik bentuk lahan seperti elevasi, proses eksogenik, erupsi vulkanik dan karakteristik material tanah dapat mempengaruhi distribusi spasial karbon organik tanah pada bentang lahan vulkanik mudadi DAS Bendo. Karbon organik tanah total (C-tanah total) di DAS Bendo adalah 189,749.78 ton. Nilai C-tanah dan C-tanah total memiliki pola menurun dari hulu hingga hilir. Nilai C-tanah dan C-tanah total tertinggi berada di hulu DAS Bendo sedangkan nilai C-tanah dan C-tanah total terendah berada di hilir DAS Bendo.²⁰

Hasil observasi awal menunjukkan, ditemukan adanya mata air panas yang keluar melalui celah rekahan-rekahan pada kawasan Ie Jue. Kondisi tanah yang ada pada kawasan tersebut juga hangat namun ada yang lembab dan ada yang kering. Kawasan Ie Jue dekat dengan gunung berapi Seulawah Agam yang masih aktif. Vegetasi tumbuhan disekitar kawasan tersebut juga bermacam-macam seperti semak, perdu dan pohon dan belum pernah dilakukan penelitian tentang simpanan karbon tanah di kawasan tersebut sehingga memungkinkan untuk dilakukannya penelitian di kawasan tersebut.

¹⁹ Nurul Farija, dkk “Estimasi Stok Karbon Tanah di Hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar”, *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, ISBN: 978-602-20401-3-8, (2017), h. 93-94.

²⁰ Subarno dan Junun Sartohadi, “Variabilitas Spasial Karbon Organik Tanah di DAS Bendo Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur”, *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 4, No. 4, (2015), h. 4.

Penelitian ini dilakukan untuk referensi tambahan bagi mahasiswa. Penelitian ini juga dapat memberikan informasi mengenai jumlah simpanan karbon yang terdapat pada kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar sehingga dapat dijadikan sebagai database. Hasil akhir dari penelitian ini akan menghasilkan produk berupa modul pembelajaran mengenai simpanan karbon tanah sebagai referensi mata kuliah Ekologi Tumbuhan.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai simpanan karbon tanah yang berjudul “**Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan**”

B. Rumusan Masalah

1. Berapakah jumlah simpanan karbon tanah di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar?
2. Bagaimanakah pemanfaatan hasil penelitian Simpanan Karbon Tanah di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui simpanan karbon tanah di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar.
2. Untuk mengetahui hasil pemanfaatan penelitian simpanan karbon tanah di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menambah wawasan mahasiswa dan masyarakat mengenai jumlah simpanan karbon tanah yang terdapat di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar..
2. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi tambahan pada mata kuliah ekologi tumbuhan yang disusun dalam bentuk modul pembelajaran.

E. Definisi Operasional

1. Simpanan karbon tanah

Simpanan karbon tanah adalah karbon yang tersimpan di dalam tanah seperti sisa makhluk hidup yang telah mengalami pelapukan dan telah

terurai di dalam tanah.²¹ Pada penelitian, simpanan karbon tanah yang dimaksud adalah simpanan karbon pada sampel tanah yang terdapat dikawasan manifestasi geothermal Ie Jue Seulawah Agam.

2. Kawasan Manifestasi Geothermal

Kawasan Manifestasi Geothermal adalah suatu daerah yang terdapat energi panas bumi dalam suatu kondisi hidrologi batuan-tertentu.²² Kawasan Manifestasi Geothermal yang dimaksud merupakan kawasan air panas Ie Jue dimana akan dilakukannya penelitian.

3. Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum

Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum merupakan salah satu manifestasi permukaan Gunung Seulawah Agam.²³ Kawasan ini berada di desa Meurah, kecamatan Seulimum kabupaten Aceh Besar. Secara geografis, kawasan ini terletak pada titik koordinat $5^{\circ}30'23.74''\text{U}$ $95^{\circ}37'41.02''\text{T}$ dan $5^{\circ}30'23.95''\text{U}$ $95^{\circ}37'45.35''\text{T}$. Jarak antara Banda Aceh ke lokasi Ie Jue sekitar 55 Km. Lokasi yang dimaksud merupakan tempat dimana akan di lakukannya penelitian.

²¹<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/39516/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>, diakses pada tanggal 15 November 2018.

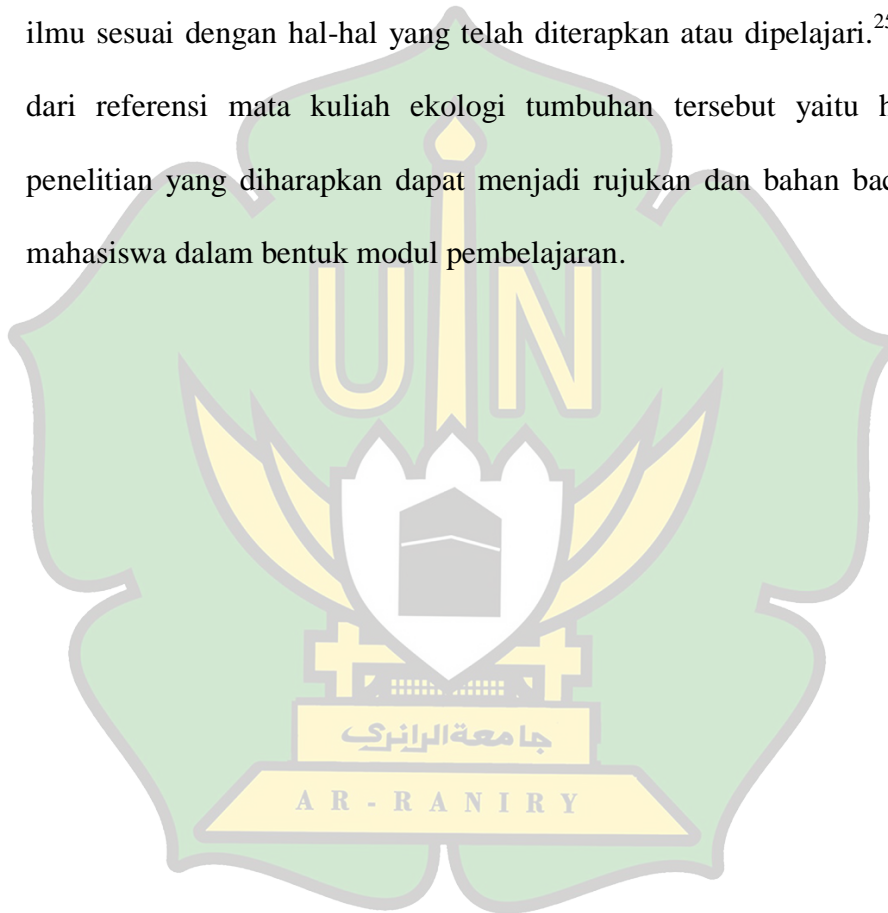
²² Wahyu Setyaningsih, "Potensi Lapangan Panas Bumi Gedongsongo Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Penunjang Perekonomian Daerah", *Jurnal Geografi*, Vol. 8, No. 1, (2011), h. 12.

²³ Luthfiana Azhar, "Survei Geofisika pada Kawasan Panas Bumi...", h. 1.

4. Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Ekologi tumbuhan merupakan salah satu mata kuliah di Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dengan beban kredit 3(1) SKS yang terdiri atas 2 SKS materi dan 1 SKS praktikum.²⁴

Referensi adalah rujukan atau pedoman dalam membahas suatu disiplin ilmu sesuai dengan hal-hal yang telah diterapkan atau dipelajari.²⁵ Maksud dari referensi mata kuliah ekologi tumbuhan tersebut yaitu hasil dari penelitian yang diharapkan dapat menjadi rujukan dan bahan bacaan bagi mahasiswa dalam bentuk modul pembelajaran.



²⁴ *Buku Panduan Akademik...*, h. 107.

²⁵ Poewadarmita, W.J.S, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, 1990), h. 21.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Mata kuliah ekologi tumbuhan membahas tentang pengertian ekologi dan ekosistem serta prinsip saling ketergantungan, komponen penyusun ekosistem, keterkaitan komponen abiotik dengan tumbuhan, faktor pembatas dan adaptasi, habitat dan niche, dan tumbuhan indikator. Mata kuliah ekologi tumbuhan juga membahas tentang pengertian populasi dan komunitas, penyebaran komunitas tumbuhan, dan dinamika komunitas yang mencakup degradasi, suksesi dan klimaks, serta analisis vegetasi dan hubungan vegetasi dengan pembangunan, species indikator dan konversi ekosistem.²⁶

Materi yang di pelajari pada mata kuliah ekologi tumbuhan yang terkait dengan biomassa ialah produksi dan produktivitas. Materi tersebut mempelajari mengenai laju kecepatan penyimpanan energi oleh makhluk hidup yang berperan sebagai produsen melalui proses fotosintesis dan kemosintesis dalam bentuk materi organik.²⁷ Kajian produktivitas ini merupakan bagian yang penting di dalam ekologi.

Mempelajari mata kuliah ekologi tumbuhan memiliki beberapa manfaat baik itu bagi makhluk hidup yang berada disekitarnya maupun lingkungan itu sendiri.

²⁶ Mulyadi, *Silabus Ekologi Tumbuhan*, (Banda Aceh: Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, 2017).

²⁷ Nasir Hadi, https://www.academia.edu/25630668/Buku_Ajar_Ekologi_Tumbuhan di akses pada tanggal 20 November 2018.

Mata kuliah ekologi tumbuhan di harapkan dapat bermanfaat untuk menyampaikan secara tidak langsung kepada mahasiswa dan manusia pada umumnya untuk mengelola sumber daya alam dengan baik dan bijaksana, menjaga kelestarian ketersediaan sumber daya, dapat mencegah terjadinya perubahan yang merugikan lingkungan dan menjaga kesinambungan ketersediaan sumber daya agar pemanfaatannya berkelanjutan, dan bermanfaat sebagai ilmu dasar untuk calon guru sebagai bekal mengajar.²⁸

B. Definisi Biomassa

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu. Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas. Biomassa meliputi bahan-bahan organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti dedaunan, rerumputan, ranting, gulma, limbah pertanian, limbah peternakan, limbah kehutanan dan gambut.²⁹ Biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun secara tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam

²⁸ Sri Ngabekti, *Buku Ajar dengan Pendekatan Jelajah Alam Sekitar (JAS)*, (Semarang, Universitas Negeri Semarang, 2006), h. 2.

²⁹ Wahyudi, "Perbandingan Antara Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol. 9, No. 2, (2006), h. 209.

jumlah yang besar. Biomassa disebut juga sebagai *fitomassa* dan sering diterjemahkan sebagai *bioresource* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati.³⁰

Biomassa merupakan istilah untuk semua bahan organik yang berasal dari tanaman (termasuk alga, pohon, dan tanaman). Biomassa diproduksi oleh tanaman hijau yang mengkonversi sinar matahari menjadi bahan tanaman melalui proses fotosintesis. Sumber daya biomassa dapat dianggap sebagai materi organik. Pada dasarnya, biomassa dapat dibedakan dalam tiga kelompok besar yaitu biomassa kayu, biomassa bukan kayu dan bahan bakar sekunder. Biommas Energy Europe membagi biomassa ke dalam empat kategori meliputi biomassa hutan dan limbah hutan, tanaman energi, limbah pertanian dan limbah organik.³¹

Biomassa terdiri atas beberapa komponen yaitu kandungan air (*moisture content*), zat mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan abu (*ash*).³² Biomassa berbahan dasar karbon dan terdiri dari campuran molekul organik yang mengandung hidrogen, biasanya termasuk atom oksigen, nitrogen dan sering juga jumlah kecil dari atom lain. Biomassa termasuk ke dalam bahan energi yang dapat di perbaharui karena dapat diproduksi dengan cepat. Karena itu bahan organik yang diproses melalui proses geologi seperti minyak dan batu bara tidak dapat digolongkan dalam kelompok biomassa.³³

³⁰ Hamdi, *Energi Terbarukan*, (Jakarta: Kencana, 2016), h. 218.

³¹ Petir Papilo, dkk, "Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Alternatif Energi Kelistrikan", *Jurnal Pasti*, Vol. IX, No. 2, (2015), h. 165.

³² Untoro Budi Surono, "Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan", *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 4, No. 1, (2010). H. 13.

³³ <http://eprints.polsri.ac.id/939/3/BAB%20II.pdf>, diakses pada tanggal 5 Februari 2018.

C. Produksi dan Produktivitas

Produksi pada suatu tanaman dapat ditentukan melalui kegiatan yang berlangsung di dalam sel dan jaringan tanaman.³⁴ Produktivitas adalah ukuran atas laju terciptanya zat hidup baru ketika tumbuhan memanfaatkan energi dari matahari. Produktivitas terbagi atas produktivitas primer dan produktivitas sekunder. Produktivitas primer merupakan laju penangkapan energi dari cahaya matahari oleh organisme-organisme fotosintetik seperti tumbuhan. Sedangkan produktivitas sekunder adalah laju pembentukan tubuh hewan dari tumbuhan.³⁵

Produktivitas hutan merupakan salah satu gambaran hutan dalam mengurangi emisi CO₂ di atmosfer melalui proses fisiologinya.³⁶ Reaksi fotosintesis dapat terjadi pada semua tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil, dan dengan adanya bantuan cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan sumber dari segala energi yang menggerakkan seluruh fungsi ekosistem yang ada di bumi.³⁷ Produksi serasah merupakan bagian yang penting dalam transfer bahan organik dari vegetasi ke dalam tanah.³⁸

Produsen utama dalam suatu ekosistem adalah tanaman bervaskuler yaitu tanaman berpembuluh yang menggunakan energi cahaya matahari serta karbon

³⁴ Hasan Basri Jumin, *Dasar-dasar Agronomi*, (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2005), h. 51.

³⁵ David Burnie, *Bengkel Ilmu Ekologi*, (Jakarta: Erlangga, 2005), h. 24-25.

³⁶ Dewi Wahyuni, *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo*, (Yogyakarta: Deepublish, 2012), h. 12.

³⁷ Anugerah Nontji, *Plankton Laut*, (Jakarta: LIPI Press, 2008), h. 17.

³⁸ Yuliadi Zamroni, "Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat", *Jurnal Biodiversitas*, Vol. 9, No. 4, (2008), h. 284.

CO₂ dalam proses fotosintesisnya.³⁹ Fotosintesis merupakan suatu proses metabolisme yang terjadi pada tanaman untuk membentuk karbohidrat dengan menggunakan karbon dioksida (CO₂) dari udara dan air yang berasal dari dalam tanah dengan adanya bantuan matahari dan klorofil. Proses fotosintesis berlangsung dalam kloroplast yang di dalamnya terdapat klorofil.⁴⁰ Proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan yang memiliki klorofil tersebut akan menghasilkan C₆H₁₂O₆.

D. Siklus Karbon

Tanaman mengambil unsur karbon berupa CO₂ dari udara bebas (atmosfer). Proses tersebut dilakukan oleh organ tanaman yang memiliki klorofil yang pada umumnya bagian tanaman yang berwarna hijau dan terdapat di atas tanah. Klorofil mampu menyerap energi cahaya (terutama sinar matahari) dan mengubahnya menjadi energi kimia. Energi tersebut akan digunakan untuk mengubah CO₂ menjadi senyawa organik termasuk karbohidrat. Kadar CO₂ yang terdapat di dalam atmosfer relatif stabil yaitu 0,03% volume atau 0,57 mg/liter udara. Sumber utama CO₂ di alam berasal dari dekomposisi bahan organik berupa sisa-sisa tanaman ataupun hewan dan dari respirasi invertebrata, bakteri serta

³⁹ Kemas Ali Hanafiah, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2005), h. 190.

⁴⁰ Hasan Basri Jumin, *Dasar-dasar...*, h. 51.

fungi. Keperluan seluruh tanaman yang hidup diperkirakan sekitar 80 x 10⁹ ton karbon per tahun. Daur (siklus) akan membantu menstabilkan kadar CO₂.⁴¹

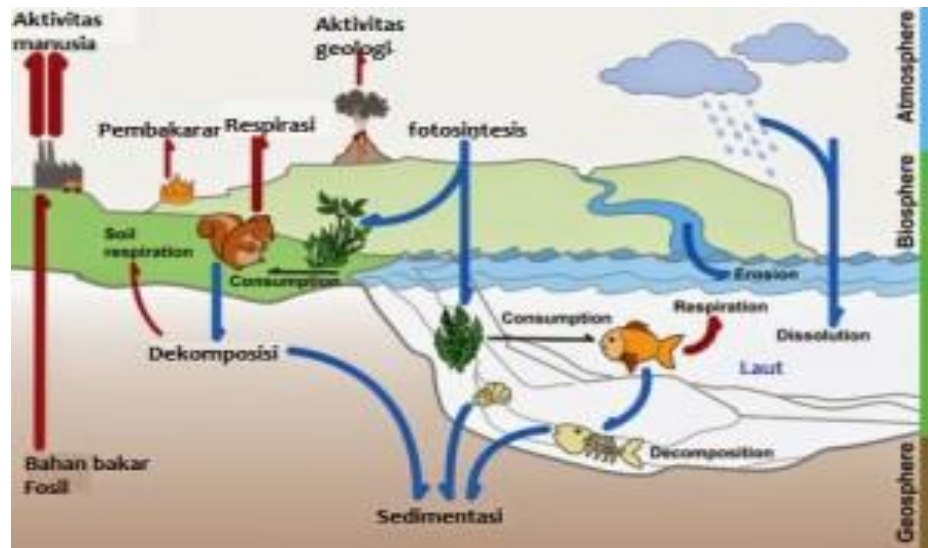
Unsur karbon ialah unsur pokok semua kehidupan. Siklus karbon merupakan siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon dalam biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan di setiap prosesnya akan saling mempengaruhi. Siklus karbon pada dasarnya dibagi menjadi dua kategori yaitu secara geologis yang berlangsung dalam skala waktu yang sangat lama (jutaan tahun) dan secara biologis yang berlangsung dalam skala yang lebih pendek (harian hingga ribuan tahun).⁴²

Proses timbal balik antara fotosintesis dan respirasi seluler dalam siklus karbon menyediakan hubungan antara lingkungan atmosfer dan lingkungan terrestrial. Tumbuhan mendapatkan karbon, dalam bentuk CO₂ dari atmosfer melalui stomata daunnya dan menggabungkannya ke dalam bahan organik biomasnya sendiri yang terjadi melalui proses fotosintesis. CO₂ yang terdapat di atmosfer relatif rendah, namun karbon bersiklus ulang dengan laju yang relatif cepat karena kebutuhan yang sangat tinggi.⁴³

⁴¹ Afandie Rosmarkan dan Nasih Widya Yuwono, *Ilmu Kesuburan Tanah*, (Yogyakarta: Kanisus, 2002), h. 48.

⁴² Team SOS, *Pemanasan Global*, (Jakarta: Gramedia, 2011), h. 142.

⁴³ Campbell, dkk, *Biologi Edisi 5 jilid 3*, (Jakarta: Erlangga, 2004), h. 397.



Gambar 2.1. Siklus Karbon⁴⁴

Proses pertukaran karbon ke atmosfer pada gambar 2.1 dapat terjadi dengan beberapa cara yaitu:

1. Pengikatan karbon dari atmosfer
 - a. Melalui tumbuhan yang melakukan fotosintesis untuk mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat dan melepaskan oksigen ke atmosfer.
 - b. Melalui proses sirkulasi termohalin di dalam lautan, CO_2 yang larut di dalam air laut akan terbawa dalam massa air di permukaan yang lebih berat ke bagian dalam laut.
 - c. Melalui Daerah yang memiliki produktivitas tinggi, organisme akan membentuk jaringan yang mengandung karbon dan akan membentuk cangkang karbonat dan bagian tubuh lainnya yang keras.
 - d. Melalui Pelapukan batuan karbonat yang tidak memiliki efek netto terhadap CO_2 atmosferik karena ion bikarbonat yang terbentuk terbawa

⁴⁴ <https://usaha321.net/pengertian-daur-karbon.html>, diakses pada tanggal 15 Februari 2020.

ke laut dan dipakai untuk membuat karbonat laut dengan reaksi sebaliknya.

2. Pengembalian kembali karbon ke atmosfer

- a. Melalui proses respirasi (pernafasan) pada tumbuhan dan hewan. Proses respirasi akan menghasilkan karbon dioksida yang akan di keluarkan dari tubuh dan penguraian glukosa dan molekul organik lainnya.
- b. Melalui pembusukan hewan dan tumbuhan seperti fungi (jamur) dan bakteri yang akan mengurai senyawa karbon pada hewan dan tumbuhan yang sudah mati dan akan menjadi karbon dioksida apabila tersedia oksigen dan akan menjadi metana jika tidak tersedia oksigen.
- c. Melalui pembakaran material organik (seperti asap) yang mengoksidasi karbon yang terkandung menghasilkan karbon dioksida. Pembakaran bahan fosil seperti baru bara, produk dari industri perminyakan, dan gas alam yang akan melepas karbon yang sudah tersimpan selama jutaan tahun di dalam geosfer.
- d. Melalui produksi semen yaitu memanaskan batu kapur atau batu gamping yang menghasilkan karbon dioksida dalam jumlah banyak.
- e. Melalui ledakan gunung berapi yang melepaskan gas ke atmosfer. Gas-gas tersebut meliputi uap air, karbon dioksida, dan belerang. Karbon dioksida yang dilepas jumlahnya tidak jauh berbeda dengan jumlah karbon dioksida yang hilang dari atmosfer akibat pelapukan silikat.⁴⁵

⁴⁵ Afdal, "Siklus Karbon dan Karbon Dioksida di Atmosfer dan Samudera", *Jurnal Oseanografi*, Vol. XXXII, No. 2, (2007), h. 28.

E. Karbon Tanah

Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan bercampur dengan sisa bahan organik dari organisme (vegetasi atau hewan) yang hidup di atasnya atau di dalamnya. Selain itu, di dalam tanah juga terdapat air yang berasal dari hujan yang di tahan oleh tanah sehingga tidak akan meresap ke tempat lain.⁴⁶ Bahan organik tanah menyumbangkan simpanan karbon terbesar dalam ekosistem daratan dan memainkan peran penting dalam siklus karbon global. Tanah merupakan salah satu gudang karbon (reservoir) terbesar yang mengalami pertukaran secara cepat dengan CO₂ karbon.⁴⁷ C-Organik dalam tanah dapat bersifat stabil dan tidak stabil, C-Organik yang tidak stabil ini biasanya larut dalam air. Karbon yang larut dalam air akan berkontribusi menyumbangkan gas CO₂ secara alami kepada lingkungan. Karbon yang terlarut dalam air ini kemudian akan masuk ke dalam siklus karbon di alam.

Karbon dapat tersimpan dalam kantung atau kolam (pool) karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon dalam kantung karbon ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer. Terdapat 4 kantung karbon yang meliputi biomassa atas permukaan (*above ground*), biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah.⁴⁸

Tanah mengandung kurang lebih 2,344 Gt (1 Gigaton = 1 Milyar ton) dari karbon

⁴⁶ Ahmad Fauzi, *Analisa Kadar Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen di Dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis RIAU*, (Skripsi), (2008), h. 4.

⁴⁷ Harris Herman Siringoringo, "Potensi Simpanan Karbon Pada Jenis Tanah Acrisols dan Ferralsols di Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. dan *Shorea leprosula* Miq. Kabupaten Bogor", *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vo. IV, No. 5, (2007), h. 512.

⁴⁸ Dewi Wahyuni K. Baderan, *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*, (Yogyakarta: Deepublish, 2017), h. 27-28.

organik secara global dan merupakan teresterial terbesar cadangan karbon organik. Perubahan kecil dalam stok karbon organik tanah bisa berdampak signifikan terhadap konsentrasi karbon di atmosfer.⁴⁹

Tanah diseluruh dunia mengandung kurang lebih 3,2 triliun ton karbon pada lapisan 6 feet teratas. Diperkirakan, sekitar 2,5 triliun ton adalah bahan organik membuat tanah menjadi subur. Sisanya, sebesar 0,7 triliun ton merupakan karbon an organik.⁵⁰ Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.⁵¹ Karbon dalam tanah merupakan indikator kesuburan tanah. Karbon merupakan komponen paling besar dalam bahan organik. Tingginya karbon dalam tanah akan mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik, baik secara fisik, kimia dan biologi.⁵²

Bahan organik dapat berperan sebagai *carbon sink* berawal dari fiksasi karbon atmosfer melalui proses fotosintesis pada tanaman/pohon dan merubahnya menjadi jaringan tanaman (biomassa). Ketika tanaman mati atau panen, maka sisa dari tanaman pada lahan tersebut seperti akar, serasah, ranting akan menjadi bagian tanah dengan bantuan fauna tanah.⁵³ Vegetasi mengontrol simpanan

⁴⁹ Muli Edwin, "Penilaian Stok Karbon Tanah Organik pada Beberapa Tipe Penggunaan lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur". *Jurnal Agrifor*, Vol. XV, No. 2, (2016), h. 280.

⁵⁰ Widiatmaka, dkk, "Perubahan Cadangan Karbon Organik Tanah dalam Konteks Perubahan Penggunaan Lahan Selama 2 Dekade: Studi Kasus Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat" *Jurnal Globe*, Vo. 14, No. 2, (2012), h. 171.

⁵¹ Dandun Sutaryo, *Penghitungan Biomassa*, (Bogor: Wetlands International Indonesia Programme, 2009), h. 4.

⁵² Dewi Wahyuni, *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo*, (Yogyakarta: Deepublish, 2012), h. 13.

⁵³ Harris Herman Siringoringo, "Potensi Simpanan Karbon Pada Jenis Tanah...", h. 512.

karbon dengan dua cara yaitu mengontrol kemampuan produksi neto utama pada vegetasi dan mengontrol laju penguraian bahan organik yang ditambahkan pada tanah. Laju produksi neto utama akan menentukan laju pemasukan karbon terhadap bahan organik tanah. Lahan yang memiliki vegetasi yang lebih produktif akan memiliki simpanan karbon organik yang lebih tinggi.⁵⁴

Indonesia terletak di wilayah tropis mengakibatkan laju dekomposisi bahan organik tergolong tinggi karena suhu dan kelembapan yang lebih sesuai untuk perkembangan organisme dekomposer. Faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik dapat dikelompokkan dalam tiga faktor, yaitu 1) sifat dari bahan tanaman termasuk jenis tanaman, umur tanaman dan komposisi kimia, 2) tanah termasuk aerasi, temperatur, kelembapan, kemasaman, dan tingkat kesuburan, dan 3) faktor iklim terutama pengaruh dari kelembapan temperatur.⁵⁵

F. Manifestasi Geothermal

Energi panas bumi pada dasarnya berasal dari uap air atau suatu sistem hidrotermal. Energi panas bumi berasal dari panas yang terdapat di dalam bumi. Nilai rata-rata emisi termal/ panas bumi rendah sehingga secara praktis tidak ternilai. Gradient geothermal (panas bumi) akan meningkat seiring dengan kedalaman bumi dan rata-rata naik sebesar 1°C per 55 meter. Aliran panas yang

⁵⁴ Harris Herman Siringoringo, "Potensi Simpanan Karbon Pada Jenis Tanah...", h. 512.

⁵⁵ Pancadewi Sukaryorini, dkk, "Pengaruh Macam Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Amonium (NH₄⁺), C-Organik dan Populasi Mikroorganisme pada Tanah Entisol", *Jurnal Plumula*, Vol. 5, No. 2, (2016), h. 100.

tidak normal pada umumnya hanya terdapat pada kawasan gunung berapi yang sebagian dapat digunakan sebagai sumber energi.⁵⁶

Energi panas bumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Energi panas alami ini berupa fluida dengan frasa air atau uap yang terbentuk di dalam *reservoir* panas bumi akibat pemanasan yang dilakukan oleh batuan beku panas dari pembekuan magma. Energi panas yang dimiliki *fluida* tersebut pada dasarnya berasal dari magma di dalam perut bumi yang merambatkan panasnya secara konduksi memanaskan air di bawah permukaan kemudian membentuk sistem konveksi yang menghasilkan panas atau uap panas.⁵⁷ Kegiatan vulkanik dari suatu gunung berapi yang mengitari wilayah Indonesia akan menghasilkan energi panas bumi yang sangat berlimpah. Energi panas bumi dapat digunakan sebagai pengganti tenaga listrik.⁵⁸ Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng aktif yang memungkinkan panas bumi dari kedalaman ditransfer ke permukaan melalui sistem rekahan.⁵⁹

Keterdapatannya *reservoir* panas bumi di bawah permukaan, tercermin di permukaan melalui munculnya manifestasi panas bumi seperti mata air panas, kubangan lumpur panas, dan lain-lain. Manifestasi panas bumi terjadi karena

⁵⁶ Djauhari Noor, *Geologi untuk Perencanaan*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014), h. 211.

⁵⁷ Alwi Karya Sasmita, *Analisis Sistem Panas Bumi pada Lapangan "L" Berdasarkan Inversi 2D Audiomagnetotellurik dan Data Geokimia*, (Skripsi), (2016), h. 10.

⁵⁸ Nandi Haerudin, dkk, "Analisis Reservoir Daerah Potensi Panas Bumi Gunung Rajabasa Kalianda dengan Metode Tahanan Jenis dan Geotermometer", *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol. 10, No. 2, (2009), h. 141.

⁵⁹ Kanal *Thermal* pada Citra Landsat (Studi Kasus: Kawasan DIENG)", *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 4, No. 4, (2015), h. 26.

adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau dapat juga terjadi akibat rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap air panas) mengalir menuju ke permukaan.⁶⁰

Magma sebagai sumber panas akan menyalurkan panas yang cukup signifikan ke dalam batu-batuan pembentuk kerak bumi. Apabila semakin besar ukuran dapur magma maka akan semakin besar sumber daya panas yang muncul.⁶¹ Total potensi panas bumi di dunia menurut *World Geothermal Congress (WGC) 2010*, setara dengan 40.000 Gwe, sedangkan kebutuhan energi dunia setara dengan 15.000 Gwe, sehingga secara logika energi panas bumi dapat memenuhi keperluan energi dunia. Energi panas bumi berpotensi dapat menggantikan energi fosil sebagai sumber energi.⁶²

Panas bumi (Geothermal) menjadi salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi alternatif.⁶³ Munculnya panas bumi di bawah permukaan dapat dilihat melalui munculnya manifestasi panas bumi seperti mata air panas dan kubangan

⁶⁰ Alamta Singarimbun, dkk, "Identifikasi Prospek Panas Bumi Berdasarkan *Fault and Fracture Density*" (⁶⁰ Bram Ferdinand Saragih, dkk, "Identifikasi Manifestasi Panas Bumi dengan Memanfaatkan FFD): Studi kasus Gunung Patuha, Jawa Barat", *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 2, No. 1, (2011), h. 68.

⁶¹ Djauhari Noor, *Geologi untuk Perencanaan*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014), h. 213.

⁶² Bagus Hardiansyah, *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi TG-11 dengan Menggunakan Metode Gaya Berat*, (Skripsi), (2016), h. 1.

⁶³ Dewa Putu Budi Arnata, dkk, "Identifikasi Sistem Panas Bumi di Desa Masaingi dengan Menggunakan Metode Geolistrik", *Jurnal Natural Science*, Vol. 1, No. 1, (2012), h. 1.

lumpur panas.⁶⁴ Manifestasi dari suatu sistem panas bumi yang berupa air panas terbentuk melalui air permukaan yang meresap menjadi air tanah dan bersentuhan dengan magma atau batuan beku panas dan kembali ke permukaan melalui bidang rekahan di lapisan kulit bumi sehingga membentuk manifestasi geothermal.⁶⁵ Kawasan yang memiliki manifestasi panas bumi tersebut dapat dijumpai pada kawasan-kawasan gunung berapi yang masih aktif.

Energi panas bumi memiliki kelebihan apabila di bandingkan dengan energi tidak terbarukan seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Beberapa keunggulan yang dimiliki energi panas bumi yaitu 1) energi panas bumi merupakan energi terbarukan sehingga dapat selalu diandalkan dan dimanfaatkan, 2) panas bumi merupakan energi yang bersih dan ramah lingkungan sehingga produksi energi panas bumi tergantung pada lingkungannya, dan 3) Indonesia memiliki cadangan panas bumi yang banyak yaitu mencapai 40%. Sedangkan kelemahan yang dimiliki oleh energi panas bumi meliputi 1) energi panas bumi tidak dapat dipindah-pindahkan, 2) energi panas bumi harus dimanfaatkan dekat dengan letak sumber energi tersebut, dan 3) penggunaan energi panas bumi masih terbatas untuk menggerakkan turbin listrik.⁶⁶

⁶⁴ Dicky Muslim, dkk, "Identifikasi Prospek Panas Bumi Berdasarkan *Fault and Fracture Density* (FFD): Studi Kasus Gunung Patuha, Jawa Barat", *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 2, No. 1, (2011), h. 68.

⁶⁵ Iqbal Fanani, *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Berdasarkan Data Geomagnetik*, (Skripsi), 2014, h. 2.

⁶⁶ Risman, *Atmosfer Bumi Makin Panas*, (Jakarta: Dharma Utama Publishing, 2006), h. 104-105.

G. Referensi Pembelajaran

Istilah referensi berasal dari bahasa Inggris *to refer* yang artinya menunjuk. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah sumber, acuan, rujukan atau petunjuk.⁶⁷ Menurut Inotji, referensi merupakan buku yang berisi informasi yang pada umumnya disajikan secara sistematis, dan diperuntukkan bagi pembaca yang membutuhkan berbagai macam informasi tambahan.⁶⁸ Buku referensi dapat memberikan keterangan mengenai topik perkataan, tempat, peristiwa, data statistik, pedoman, alamat, nama orang, dan riwayat orang-orang terkenal.

Bahan-bahan referensi dapat menjadi sumber bagi suatu hal yang fakta yang sudah tersusun secara baku. Bahan-bahan referensi tersebut dapat berupa ensiklopedia, kamus, statistik, buku tahunan, biografi, buku pegangan, atlas, indeks (disertasi, tesis, artikel ilmiah), abstrak dan bahan sejenis lainnya. Bahan-bahan referensi tersebut sangat dibutuhkan oleh setiap orang yang ingin mencari bahan untuk kepentingannya sendiri maupun kepentingan orang lain.⁶⁹

H. Pemanfaatan Hasil Penelitian Biomassa Tanah Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan dalam Bentuk Modul Pembelajaran

Modul merupakan bahan ajar cetak yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta pembelajaran. Modul merupakan alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi

⁶⁷ Nining Nugrahaini, *Layanan Referensi dan Promosi Koleksi Referensi*, (Malang: UPT Perpustakaan Universitas Negeri Malang, 2013), h. 2.

⁶⁸ Surya msnjur, dkk, *Mengenal Bahan Pustaka dan Cara Mengelolanya*, (Bogor: Pusat Perpustakaan Pertanian dan Komunikasi Penelitian, 2000), h. 10.

⁶⁹ Azhar Arsyad, *Media Pembelajaran*, (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2014), h. 99.

yang dapat di rancang secara sistematis dan lebih menarik agar dapat tercapai kompetensi yang diharapkan.⁷⁰

Pembelajaran dengan menggunakan modul, merupakan strategi tertentu dalam menyelenggarakan pembelajaran yang individual. Modul pembelajaran sebagaimana yang dikembangkan di Indonesia, merupakan suatu paket bahan pembelajaran yang dapat memuat deskripsi tentang tujuan pembelajara, lembaran petunjuk dosen, bahan bacaan bagi mahasiswa dan alat-alat evaluasi pembelajaran.⁷¹

Tata cara penulisan modul pembelajaran untuk mahasiswa yaitu modul ditulis pada kertas yang berwarna dasar putih dengan ukuran 21,5 x 16,5 cm (kertas folio F4 di bagi dua) atau boleh juga berukuran A4 (29,7 x 21 cm). Margin kertas sesuai dengan ukuran kertas. Margin untuk kertas berukuran 21,5 x 16,5 cm, margin pada bagian atas, kiri, kanan, dan bawah masing-masing 2 cm, 2,5 cm, 2 cm, 2 cm dan untuk kertas A4 margin atas, kiri, kanan, bawah masing-masing 2,5 cm, 3 cm, 2 cm, dan 2,5 cm. Halaman buku ditulis pada satu kolom.⁷²

Ukuran huruf untuk kertas yang berukuran 21,5 x 16,5 menggunakan huruf berukuran 10 atau 11 dengan spasi antar baris 1 atau 1,5; untuk kertas A4 menggunakan huruf berukuran 11 atau 12 dengan spasi antar baris 1,5. Khusus untuk judul bab menggunakan huruf ukuran 15 atau 16 dan subbab menggunakan

⁷⁰ Dini Marthatika, *Pengaruh Penggunaan Bahan Ajar Modul Berbasis CTL Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar kelas VIII SMP Negeri 1 Bawen Tahun Pelajaran 2011/2012*, (Skripsi), (2012), h. 7.

⁷¹ Rezky Mulyawan Noor, *Panduan Pembuatan Modul Praktikum*, (Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat, 2015), h. 1-2.

⁷² LKPP UNHAS, *Format Bahan Ajar, Buku Ajar, Modul dan Panduan Praktik*, Makasar, 2015, h. 8.

huruf ukuran 13 atau 14. Jenis-jenis huruf yang dapat digunakan dalam pembuatan modul pembelajaran yaitu *times new roman*, *calibri*, *ariel*, atau jenis huruf lain yang tidak menyulitkan pembacanya dan lazim digunakan dalam penulisan buku teks.⁷³

Sistematika atau format penulisan modul meliputi menentukan judul dari modul pembelajaran yang ingin dihasilkan sesuai dengan materi yang akan dipelajari, membuat daftar isi untuk memudahkan pembaca dalam mencari pembahasan yang ingin di baca, dan pokok pembahasan. Pokok pembahasan dalam modul pembelajaran berisi tentang pengantar, silabus pembelajaran, tujuan pembelajaran, kegiatan belajar dan daftar pustaka.⁷⁴

⁷³ LKPP UNHAS, *Format Bahan Ajar, Buku Ajar...*, h. 8.

⁷⁴ Juliana, *Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan*, (Skripsi), 2016, h. 16.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* yaitu metode pengambilan sampel gabungan di setiap kedalaman pada plot.⁷⁵ Tanah diambil sampai kedalaman 30 cm, kedalaman 30 cm dapat mewakili dalam analisis monitoring karbon organik tanah.⁷⁶

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Ju Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2018, sampel akan di teliti lebih lanjut di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Laboratorium Pertanian kimia tanah Universitas Syiah Kuala.

⁷⁵ Dandun Sutaryo, *Penghitungan Biomassa*, (Bogor: Wetlands International Indonesia Programme, 2009), h. 35.

⁷⁶ Subarno dan Junun Sartohadi, “Variabilitas Spasial Karbon Organik Tanah di DAS Bendo Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur,” *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 4, No. 4, (2015), h. 3.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

C. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah tanah yang terdapat di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Ju Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar. Sampel dalam penelitian ini adalah tanah yang terdapat dalam setiap titik pengamatan.

D. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam

Tabel 3.1 dan 3.2:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Alat	Fungsi Alat
1.	Cangkul	Untuk menggali tanah
2.	Kaleng	Untuk mengambil tanah
3.	Pisau tanah	Untuk memotong tanah di bawah kaleng
4.	Kantong plastik	Untuk tempat penyimpanan sampel tanah
5.	Spidol permanen	Untuk mencatat/memberi label
6.	Karet gelang	Untuk mengikat sampel tanah dalam plastik

7.	Timbangan	Untuk menimbang sampel tanah
8.	Alat tulis	Untuk mencatat data hasil penelitian
9.	Soil tester	Untuk mengukur pH tanah
10.	Hygrometer	Untuk mengukur kelembapan tanah
11.	Oven	Untuk mengeringkan sampel yang diambil dari lokasi penelitian
12.	Kamera digital	Untuk mendokumentasikan hasil kegiatan penelitian
13.	Kertas label	Untuk memberi label pada masing-masing sampel
14.	Botol polyethylen	Untuk tempat sampel
15.	Wadah plastik dan kertas pengering	Untuk tempat peletakan sampel
16.	Ayakan 2 mm	Untuk menghaluskan sampel
17.	Ayakan diameter 0,5 mm	Untuk mengayak sampel
18.	Mortal dan pastel	Untuk menumbuk sampel
19.	Gulungan kayu/papan	Untuk menghaluskan sampel
20.	Botol timbang dan penutup	Untuk tempat peletakan sampel
21.	Desicator	Untuk meletakkan sampel
22.	Burette	Untuk menganalisis sampel
23.	Pipet 10 ml	Untuk mengambil sampel
24.	Stirrer magnetik	Untuk menghomogenkan suatu larutan
25.	Silinder pengukur	Untuk mengukur kadar larutan
26.	Erlenmeyer 500 ml	Untuk meletakkan sampel yang dianalisis

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Tanah	Sebagai sampel penelitian
2.	Larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)	Untuk melarutkan sampel
3.	Asam sulfat (H_2SO_4)	Untuk melarutkan sampel
4.	Asam fosfat konsentrat/ pekat (H_3PO_4)	Untuk melarutkan sampel
5.	Indikatorbarium difenil sulfonat/ difenilamin	Untuk melarutkan sampel
6.	Larutan ferosulfat ($FeSO_4$)	Untuk melarutkan sampel
7.	Aquades	Untuk melarutkan sampel

E. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdapat 21 titik pengamatan sesuai dengan arah mata angin yang terdiri dari 3 sampel untuk setiap titik pengamatannya yaitu pengambilan sampel sesuai kedalaman tanah dimulai dari kedalaman 10 cm, 20 cm, dan 30 cm.

1. Pengambilan Tanah

- a. Diambil contoh tanah menggunakan cangkul pada sub plot. Sampel tanah diambil dari kedalaman 30 cm.
- b. Disiapkan 2 buah kaleng 800 g dengan diameter 13 cm dan peralatan lainnya.
- c. Disingkirkan serasah-serasah kasar yang ada di atas permukaan tanah, ditancapkan kaleng ke permukaan tanah, ditekan perlahan-lahan.
- d. Diletakkan kaleng yang lain di atas kaleng pertama dan dipukul pelan-pelan menggunakan tongkat kayu hingga kaleng pertama masuk ke dalam tanah sesuai kedalaman yang diinginkan.
- e. Digali tanah menggunakan lempak sekitar 5 cm jaraknya dari kaleng, dilanjutkan dengan memukul kaleng pelan-pelan menggunakan palu karet hingga kaleng masuk secara sempurna ke dalam tanah.
- f. Ditutup bagian atas kaleng tanah tersebut dengan plastik dan diikat dengan karet gelang.
- g. Dipotong tanah dibawah kaleng menggunakan pisau tanah, setelah tanah terpotong diangkat perlahan-lahan agar tanah tetap utuh di dalam kaleng.

- h. Dibalikkan kaleng tanah dan direbahkan perlahan-lahan di atas permukaan tanah yang datar.
 - i. Dibuang tanah yang ada dipermukaan luar kaleng sampai bersih. Diratakan tanah pada bagian atas dan bawah kaleng dengan menggunakan pisau tanah atau scrap.
 - j. Dikeluarkan semua tanah yang ada di dalam kaleng, diletakkan di dalam kantong plastik dan ditimbang berat basahnya.⁷⁷
 - k. Dibawa sampel dari lokasi penelitian ke laboratorium pendidikan biologi.
2. Perhitungan Karbon Tanah
- a. Dianalisis berat isi contoh tanah, yaitu ditentukan volume tanah dengan persamaan $\pi r^2 t$ dengan $\pi = \frac{22}{7}$ atau 3,14, dengan keterangan r = jari-jari dan t = tinggi atau tebal tanah, sehingga dapat diketahui volume tanah.⁷⁸
 - b. Diambil contoh tanah dan ditimbang (W2). Dikeringkan contoh tanah tersebut di dalam oven pada suhu 105°C selama 48 jam dan ditimbang berat keringnya (W3) m.⁷⁹
3. Persiapan Sampel Tanah
- a. Persiapan Sampel Tanah Kasar

⁷⁷ Hairiah, K., dkk, *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Petunjuk Praktis Edisi Kedua*, (Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF SEA Regional, 2011), h. 41.

⁷⁸ Leoni Delta Ellannia, *Analisis Karbon Tersimpan pada Serasah dan Tanah di Areal Budidaya dan Areal Alami Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman*, (Skripsi), Fakultas Pertanian Universitas Lampung, 2016, h. 17.

⁷⁹ Hairiah, K., dkk, *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Petunjuk Praktis Edisi Kedua*, (Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF SEA Regional, 2011), h. 42.

- Diambil sebagian sampel tanah basah atau segar dari lapangan dan dicampurkan ke dalam wadah plastik. Dipindahkan akar-akar dan bahan-bahan kasar. Diayak tanah dengan menggunakan ayakan stainless ukuran lubang 2 mm.
- Ditumbuk tanah-tanah liat yang mengandung butiran-butiran keras atau digiling dengan gulungan kayu pada lempengan kayu keras atau papan plastik.
- Ditimbang 10 g sampel tanah segar di atas kertas paraffin yang ditempatkan dalam botol untuk di analisis. Dikeringkan di dalam oven pengering hingga berat menjadi konstan (biasanya sekitar 4-5 jam). Dipindahkan sampel dari oven dan diletakkan didalam desikator. Ditimbang kembali tanah setelah 20 menit dan dicatat beratnya.⁸⁰

b. Persiapan Sampel Tanah Kering Udara

- Diambil tanah dan ditebarkan di atas lembaran plastik dan ditempatkan di atas alat pengering tanah.
- Dibiarkan tanah mengering beberapa hari di dalam kamar bersih dan tidak boleh terkena matahari langsung.
- Ditimbang tanah bersama wadahnya, dilanjutkan pengeringan udara setelah penimbangan dan diulangi setiap 2 hingga 3 hari.
- Dihaluskan dengan menggunakan mesin grinder hingga bahan dapat diloloskan lewat ayakan 2 mm, apabila berat tanah sudah konstan.

⁸⁰ Sufardi, dkk, *Penuntun Praktikum Kimia Tanah*, (Banda Aceh: Program Studi Ilmu Tanah, 2014), h. 2.

- Dicampurkan tanah dan bagian halus secara random pada alat penumbuk hingga dapat lolos ayakan 0,5 mm.
- Dihaluskan dengan alu dan diayak dengan baja stainless untuk dianalisis sampel logam yang sedikit seperti (Cu, Zn, Mn, Mo).
- Disimpan tanah halus (diameter 2 dan 0,5 mm) dalam botol plastik (*Polyethylen*) atau kotak plastik dan diberi label.

4. Penetapan Kadar Air

- a. Ditempakan botol timbangan dengan penutupnya di dalam oven, dikeringkan selama lebih dari 2 jam. Setelah kering, diletakkan di dalam *desicator* sekitar 20 menit dan ditimbang.
- b. Ditimbang 5 g tanah halus (lolos ayakan 2 mm dan 0,5 mm) di dalam botol timbang. Ditempatkan di dalam oven dengan tutup terbuka dan dikeringkan pada suhu 105° hingga berat menjadi tetap.
- c. Dipindahkan sampel tanah dari oven ke dalam *desicator* dan ditimbang setelah 20 menit.

5. Penetapan Karbon Organik Tanah dengan Metode *Walkey and Black*

- a. Dimasukkan contoh tanah (<0,5 mm) sebanyak 1,0 g (akurasi 0,01) ke dalam Erlenmeyer 500 ml.
- b. Ditambahkan 10 ml larutan dikromat 0,1667 M, termasuk 2 blanko (gelas erlenmeyer tanpa tanah) untuk standarisasi larutan ferrosulfat.
- c. Ditambahkan secara hati-hati 20 ml asam sulfat pekat dengan silinder pengukur dan diputar Erlenmeyer sebentar, dibiarkan selama 30 menit.

- d. Ditambahkan 250 ml aquades dan 10 ml asam fosfat dengan silinder pengukur dan dibiarkan sampai menjadi dingin.
- e. Ditambahkan 1 ml indikator barium difenilamin sulfonat di atas stirrer magnetik. Setelah berubah warna coklat menjadi ungu-violet, titrasi diperlambat hingga terjadi perubahan warna menjadi hijau.⁸¹

F. Parameter Penelitian

Pengukuran yang dilakukan adalah untuk melihat berat isi (BI) tanah, tekstur presentase kandungan tanah, dan pH tanah.

Parameter yang di ukur dalam penelitian ini meliputi:⁸²

1. Data Primer

- a. Kerapatan massa tanah, kerapatan massa tanah merupakan kerapatan massa/tingkat kepadatan (BD) tanah dinyatakan sebagai massa per satuan volume tanah (g/cm^3 atau ton/m^3).⁸³
- b. Kandungan karbon tanah, jumlah karbon yang dapat diserap oleh tanah dalam bentuk bahan organik di dalam tanah.⁸⁴

⁸¹ Sufardi, dkk, *Penuntun Praktikum Kimia Tanah*, (Banda Aceh: Program Studi Ilmu Tanah, 2014), h. 3-15.

⁸² Hairiah, K., dkk, *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Petunjuk Praktis Edisi Kedua*, (Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF SEA Regional, 2011), h. 39.

⁸³ Herman Harris Herman Siringoringo, "Potensi Simpanan Karbon Pada Jenis Tanah Acrisols dan Ferralsols di Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. dan *Shorea leprosula* Miq. Kabupaten Bogor", *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vo. IV, No. 5, (2007), h. 198.

⁸⁴ Gleason, dkk, "Organic Matter Dynamic on The Forest Floor of a Micronesian Mangrove Forest: an Investigation of Species Composition Shifts", *Biotropica*, (2012), h. 190-198.

c. Kandungan karbon tanah per hektar, jumlah kandungan karbon tanah di lokasi penelitian.

2. Data Sekunder

Pengukuran faktor fisik dan kimia pada tanah yang meliputi suhu, kelembapan, pH dan kedalaman tanah.

G. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Kerapatan Massa Tanah⁸⁵

$$\text{Bulk density (BD) (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat kering (g)}}{\text{Volume kaleng cm}^3}$$

2. Kandungan karbon tanah dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Ct} = \text{Kd} \times \text{BD} \times \% \text{ C organik}^{86}$$

Keterangan: Ct : Kandungan karbon tanah (g/cm²)
 Kd : Kedalaman contoh tanah (cm)
 Bd : Berat isi (g/cm³)
 % Karbon Organik : Nilai presentase kandungan karbon

3. Kandungan karbon organik tanah per hektar dapat diketahui berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Ctanah} = \text{Ct} \times 100$$

Keterangan:

⁸⁵ Hairiah, K., dkk, *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Petunjuk Praktis Edisi Kedua*, (Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF SEA Regional, 2011), h. 82.

⁸⁶ Badan Standarisasi Nasional (BSN), Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011, *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*, (Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011), h. 12.

Ctanah : Kandungan karbon organik tanah per hektar (ton/ha)
Ct : Kandungan karbon tanah (g/cm^2)
100 : Faktor konversi dari g/cm^2 ke ton/ha.⁸⁷



⁸⁷ Badan Standarisasi Nasional (BSN), Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011, *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground..., h. 13.*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Karbon Tanah di Kawasan Penelitian Ie Jue Seulawah Agam

Berdasarkan hasil penelitian simpanan karbon tanah yang terdapat pada stasiun 1 dan stasiun 2 di kawasan manifestasi geothermal Ie Jue Seulawah Agam memiliki hasil yang bervariasi. Total simpanan karbon organik tanah per hektar pada stasiun 1 dan stasiun 2 sebanyak 4826,73 ton/ha yaitu total simpanan karbon di stasiun 1 sebanyak 2767,77 ton/ha dan pada stasiun 2 sebanyak 2058,96 ton/ha. Hasil penelitian simpanan karbon tanah pada stasiun 1 dan stasiun 2 tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Simpanan Karbon Tanah Stasiun 1

Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	Kedalaman Sampel	BD	%C Organik	Kandungan Karbon Tanah (g/cm ²)
Stasiun 1	Timur	A1, 2, 3	30 cm	0,033	2,39	3,3797
	Selatan	1, 2, 3	30 cm	0,036	2,11	2,4142
	Barat	1, 2, 3	30 cm	0,036	1,77	1,8967
	Utara	1, 2, 3	30 cm	0,034	2,47	2,5353
Total				0,423	26,26	27,6777
Rata-rata				0,035	2,188	2,3065
Jumlah Total (ton/ha)						2767,77

Sumber: Hasil Penelitian 2018.

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa stasiun 1 memiliki 4 titik pengamatan yang dilihat berdasarkan 4 arah mata angin dan masing-masing titik pengamatan terbagi menjadi 3 plot. Simpanan karbon tanah tertinggi terdapat

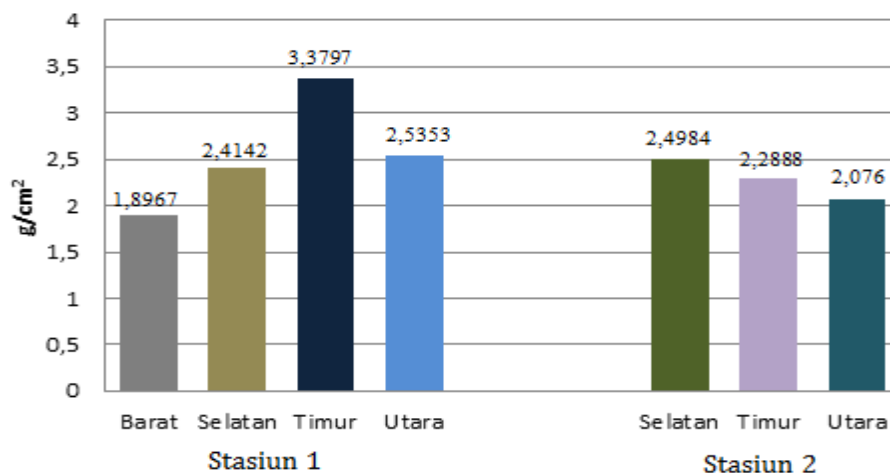
pada arah mata angin bagian timur dengan rata-rata kandungan karbon tanah sebanyak $3,3797 \text{ g/cm}^2$ sedangkan kandungan karbon tanah terendah terdapat pada arah mata angin barat dengan rata-rata kandungan karbon tanah sebanyak $1,8967 \text{ g/cm}^2$. Total BD (Bulk Density) yang terdapat pada tabel hasil pengamatan simpanan karbon tanah pada stasiun 1 yaitu $0,423 \text{ g/cm}^3$ dengan rata-rata $0,035 \text{ g/cm}^3$, total %C organik sebesar 26,26 dengan rata-rata 2,188, dan total kandungan karbon tanah sebesar $27,6777 \text{ g/cm}^2$ dengan rata-rata $2,3065 \text{ g/cm}^2$.

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Simpanan Karbon Tanah Stasiun 2

Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	Kedalaman Sampel	BD	%C Organik	Kandungan Karbon Tanah (g/cm^2)
Stasiun 2	Timur	1, 2, 3	30 cm	0,036	2,18	2,2888
	Utara	1, 2, 3	30 cm	0,035	2,01	2,076
	Selatan	1, 2, 3	30 cm	0,034	2,47	2,4984
Total				0,317	20	20,5896
Rata-rata				0,035	2,222	2,288
Jumlah Total (ton/ha)						2058,96

Sumber: Hasil Penelitian 2018

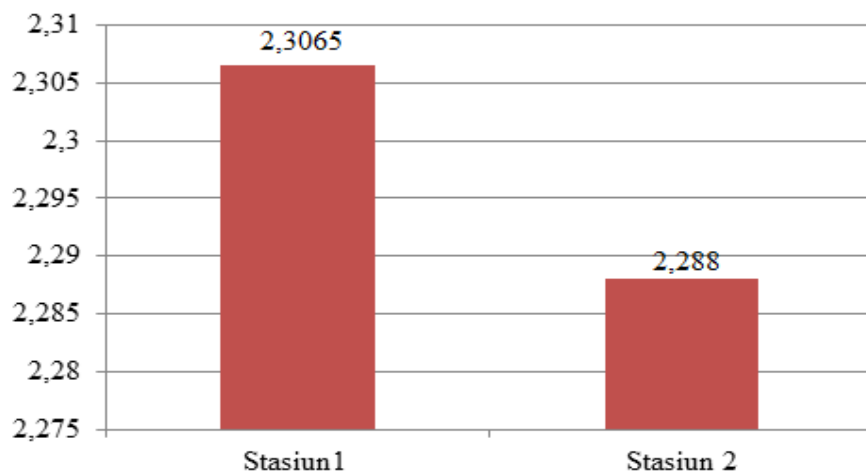
Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa stasiun 2 memiliki 4 titik pengamatan yang dilihat berdasarkan 3 arah mata angin dan masing-masing terbagi menjadi 3 plot. Simpanan karbon tanah tertinggi terdapat pada arah mata angin bagian selatan sebanyak $2,4984 \text{ g/cm}^2$ sedangkan kandungan karbon tanah terendah terdapat pada arah mata angin bagian utara sebanyak $2,076 \text{ g/cm}^2$. Total BD (Bulk Density) yang terdapat pada tabel hasil pengamatan stasiun 2 yaitu $0,317 \text{ g/cm}^3$ dengan rata-rata $0,035 \text{ g/cm}^3$, total %C organik sebesar 20 dengan rata-rata 2,222, dan total kandungan karbon tanah sebesar $20,5896 \text{ g/cm}^2$ dengan rata-rata $2,288 \text{ g/cm}^2$.



Gambar 4.1. Grafik Simpanan Karbon Tanah Berdasarkan Arah Mata Angin di stasiun 1 dan 2.

Berdasarkan gambar 4.1 diketahui bahwa stasiun 1 pada arah mata angin bagian timur memiliki simpanan karbon tanah sebesar 3,3797 g/cm², simpanan karbon di kawasan utara sebesar 2,5353 g/cm², simpanan karbon di kawasan selatan sebesar 2,4142 g/cm², dan simpanan karbon di kawasan barat sebesar 1,8967 g/cm². Sehingga simpanan karbon tanah tertinggi pada stasiun 1 terdapat pada arah mata angin bagian timur dan simpanan karbon tanah terendah berada pada arah mata angin bagian barat.

Stasiun 2 pada arah mata angin bagian selatan memiliki simpanan karbon tanah sebesar 2,4984 g/cm², simpanan karbon tanah di kawasan timur sebesar 2,2888 g/cm² dan simpanan karbon tanah di kawasan utara sebesar 2,076 g/cm². Sehingga simpanan karbon tanah tertinggi pada stasiun 2 terdapat pada arah mata angin bagian selatan dan simpanan karbon tanah terendah terdapat pada arah mata angin bagian utara.



Gambar 4.2. Grafik Simpanan Karbon Tanah Berdasarkan Stasiun Pengamatan.

Berdasarkan gambar 4.2 diketahui bahwa total rata-rata simpanan karbon tanah yang terdapat pada stasiun 1 sebesar 2,3065 g/cm². Total rata-rata simpanan karbon tanah yang terdapat pada stasiun 2 sebesar 2,288 g/cm². Sehingga total rata-rata simpanan karbon tanah yang tertinggi berdasarkan stasiun pengamatan terdapat pada stasiun 1 dan total rata-rata simpanan karbon tanah terendah terdapat pada stasiun 2.

2. Faktor fisik dan kimia di Kawasan Penelitian Ie Jue Seulawah Agam

Faktor fisik dan kimia tanah memiliki pengaruh terhadap besar kecil nya kandungan karbon yang terdapat di dalam tanah. Hal tersebut dapat dilihat melalui hasil pengamatan faktor fisik dan kimia yang terdapat pada masing-masing tabel stasiun penelitian. Hasil pengamatan faktor fisik dan kimia di kawasan penelitian Ie Jue Seulawah Agam pada stasiun 1 dan stasiun 2 dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Faktor Fisik dan Kimia Stasiun 1

Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	pH	Kelembapan (%)	Suhu Udara (°C)	Kelembapan Udara (%)	Suhu Tanah (°C)
Stasiun 1	Timur	1, 2,3	5,6	82	32,7	73	27
	Selatan	1, 2, 3	5,4	88	30,3	74	28,1
	Barat	1, 2, 3	6,1	78	29,5	79	26,7
	Utara	1, 2, 3	6	78	30,2	64	28,3
Rata-rata			5,8	81,5	30	73	27,5

Sumber: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa faktor fisik dan kimia tanah terdiri dari 5 meliputi pH, kelembapan, suhu udara, kelembapan udara dan suhu tanah. Hasil pengukuran faktor fisik dan kimia tanah pada stasiun 1 untuk total rata-rata pH tanah keseluruhan plot pengambilan sampel 5,8, total rata-rata kelembapan tanah 81,5%, total rata-rata suhu udara 30°C, total rata-rata kelembapan udara 73%, dan total rata-rata suhu udara tanah 27,5°C.

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Faktor Fisik dan Kimia Stasiun 2

Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	pH	Kelembapan (%)	Suhu Udara (°C)	Kelembapan Udara (%)	Suhu Tanah (°C)
Stasiun 2	Timur	1, 2,3	5,6	77	33,9	69	29,5
	Utara	1, 2, 3	6,1	80	31,7	72	26,1
	Selatan	1, 2, 3	5,0	65	31,5	77	35,9
Rata-rata			5,6	74	32,4	73	30,5

Sumber: Hasil Penelitian 2018

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui hasil pengukuran faktor fisik dan kimia tanah pada stasiun 2 untuk total rata-rata pH tanah keseluruhan plot pengambilan sampel 5,6, total rata-rata kelembapan tanah 74%, total rata-rata suhu udara 32,4°C, total rata-rata kelembapan udara 73%, dan total rata-rata suhu udara tanah 30,5°C. Karena lokasi pengambilan sampel yang berbeda, faktor fisik dan kima

tanah yang di ukur seperti pH tanah, kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara dan suhu tanah yang terdapat pada setiap lokasi berbeda.

3. Pemanfaatan Hasil Penelitian Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimun Kabupaten Aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

Hasil penelitian simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar berupa modul pembelajaran dapat dijadikan referensi oleh mahasiswa dalam matakuliah ekologi tumbuhan. Selain itu modul pembelajaran yang merupakan produk akhir dari penelitian ini juga akan menambah wawasan bagi mahasiswa mengenai simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi geothermal.

Modul pembelajaran dapat memudahkan mahasiswa dalam mencari referensi tambahan karena termasuk ke dalam salah satu media pembelajaran. Modul pembelajaran menjadi salah satu alat bantu penyampaian informasi kepada mahasiswa dengan bahasa yang mudah dimengerti sehingga mahasiswa akan lebih mudah memahaminya.

Modul pembelajaran disusun dengan menggunakan format-format yang disusun secara sistematis sehingga dapat menjadi sebuah modul yang dimulai dari menentukan judul atau materi yang akan di bahas di dalam modul tersebut, daftar isi untuk mempermudah pencarian isi didalam modul pada halaman yang sudah ditentukan, pokok pembahasan (pengantar, silabus pembelajaran, tujuan pembelajaran, kegiatan belajar dan daftar pustaka.



Gambar 4.3 Cover Modul Pembelajaran

4. Kelayakan Output Hasil Penelitian Sebagai Referensi Matakuliah Ekologi Tumbuhan

Modul merupakan salah satu media pendukung dalam pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa dalam mencari referensi. Kelayakan sebuah “*output*” hasil penelitian berupa modul dapat dikatakan layak digunakan setelah melakukan uji kelayakan atau uji validitas modul yang dilakukan oleh validator ahli. Hasil penelitian berupa modul pembelajaran dengan judul simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi geothermal ie jue seulawah agam sebagai referensi mata kuliah ekologi tumbuhan tersusun atas kata pengantar, daftar isi dan daftar gambar, Bab I Pendahuluan (deskripsi, prasyarat, dan petunjuk penggunaan modul), Bab II Kegiatan Belajar (tujuan kegiatan pembelajaran, dan uraian materi), Bab III Penutup, daftar pustaka, lampiran dan riwayat penulis. Modul yang sudah di validasi menunjukkan hasil apakah modul pembelajaran tersebut

layak digunakan dalam pembelajaran. Berikut merupakan hasil uji kelayakan “*output*” hasil penelitian berupa modul pembelajaran pada tabel 4.5:

Tabel 4.5. Hasil Uji Kelayakan Modul Pembelajaran

1. Komponen Kelayakan Isi Modul Pembelajaran

Sub Komponen	Unsur Yang Dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Cakupan Materi	Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran.			√		
	Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran.			√		
	Kejelasan materi.			√		
Keakuratan Materi	Keakuratan fakta dan data.				√	
	Keakuratan konsep atau teori.			√		
	Keakuratan gambar atau ilustrasi.			√		
Kemutakhiran Materi	Kesesuaian materi dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini.				√	
Total Skor Komponen Kelayakan Isi					23	

2. Komponen Kelayakan Penyajian

Sub Komponen	Unsur Yang Dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika kajian.			√		
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep.			√		
Pendukung Penyajian Materi	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi.			√		
	Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar.			√		
Total Skor Komponen Kelayakan Penyajian					12	

3. Komponen Kelayakan Kefrafikan

Sub Komponen	Unsur Yang Dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Artistik dan Estetika	Komposisi buku sesuai dengan tujuan penyusunan modul pembelajaran.				√	
	Penggunaan teks dan grafis proporsional.			√		
	Kemenarikan layout dan tata letak.			√		
Pendukung Penyajian Materi	Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca.				√	
	Produk bersifat informatif kepada pembaca.			√		
	Secara keseluruhan produk modul-modul pembelajaran ini menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca.				√	
Total Skor Komponen Kelayakan Kefrafikan					21	

4. Komponen Pengembangan

Sub Komponen	Unsur Yang Dinilai	Skor				Komentar/Saran
		1	2	3	4	
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian.				√	
	Kelogisan Penyajian dan keruntutan konsep.			√		
	Koherensi substansi.			√		
	Keseimbangan substansi.					
Pendukung Penyajian Materi	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi.			√		
	Adanya rujukan atau sumber acuan				√	
Total Skor Komponen Kelayakan Pengembangan					19	
Total Skor Keseluruhan					75	

(Sumber: Diadaptasi dari Rahmah, 2013)

Aspek Penilaian:

81% - 100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar.

61% - 80% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan.

41% - 60% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat.

21% - 40% = Tidak layak untuk direkomendasikan.

<21% = Sangat tidak layak direkomendasikan.

Komponen yang dinilai dalam uji kelayakan “*output*” hasil penelitian berupa modul pembelajaran terdiri dari 4 komponen diantaranya komponen kelayakan isi, komponen keayakan penyajian, komponen kelayakan kegrafikan, dan komponen kelayakan pengembangan. Hasil persentase yang diperoleh untuk uji kelayakan pada “*output*” hasil penelitian berupa modul pembelajaran ialah 75% dengan kategori yaitu layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan.

B. Pembahasan

1. Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar

Tanah merupakan salah satu dari tiga tempat penyimpanan karbon (*carbon pool*) didarat. Tempat penyimpanan karbon lainnya adalah pada biomassa tanaman hidup dan tanaman mati atau nekromassa dan serasah.⁸⁸ Tanah menjadi bagian terpenting dalam berlangsungnya proses siklus karbon yang terjadi karena dapat mengikat lebih banyak karbon dalam waktu jangka panjang.

Tanah vulkanik merupakan tanah yang paling produktif, dan memiliki sifat khusus serta tanah vulkanik menyumbang dalam penyerapan karbon terbesar

⁸⁸ Muli Edwin, “Penilaian Stok Karbon Tanah Organik Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur” *Jurnal Agrifor*, Vol. XV, No. 2, (2016), h.280.

kedua setelah jenis tanah organik.⁸⁹ Tanah vulkanik sering memiliki ciri khas tersendiri dan sering digunakan untuk menunjang kebutuhan hidup masyarakat sekitar lokasi gunung api dalam bentuk pertanian.

Energi panas bumi berasal dari adanya gunung api aktif yang disebabkan oleh magmatik dalam lapisan bumi. Energi panas bumi juga tergolong kedalam energi yang dapat di perbaharui dan tidak menyebabkan pencemaran. Kawasan Ie Jue seulawah agam merupakan salah satu lokasi yang disebut dengan energi panas bumi karena memiliki sumber daya air panas yang keluar melalui rekahan.

Berdasarkan Tabel 4.1 simpanan karbon tanah yang terdapat di kawasan Ie Jue yang tersebar di kawasan arah mata angin bagian timur sebanyak 3,3797 g/cm², simpanan karbon tanah pada arah mata angin bagian selatan sebanyak 2,4142 g/cm², simpanan karbon tanah pada arah mata angin bagian barat sebanyak 1,8967 g/cm² dan simpanan karbon tanah pada arah mata angin bagian utara sebanyak 2,5353 g/cm². Jumlah total simpanan karbon organik tanah (ton/ha) yaitu 2767,77 ton/ha dengan total kandungan karbon tanah sebanyak 27,6777 g/cm² dengan rata-rata 2,3065 g/cm².

Berdasarkan Tabel 4.2 simpanan karbon tanah yang terdapat di kawasan Ie Jue yang tersebar di kawasan arah mata angin bagian timur sebanyak 2,2888 g/cm², simpanan karbon tanah pada arah mata angin bagian utara sebanyak 2,076 g/cm², dan simpanan karbon tanah pada arah mata angin bagian selatan sebanyak 2,4984 g/cm². Jumlah total simpanan karbon organik tanah (ton/ha) yaitu 2,058,96

⁸⁹ Rachmansutanto, "Karakterisasi Muatan Permukaan Tanah Abu Vulkanik dari Sekitar Gunung Merapi-Merbabu (Jawa Tengah)", *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, Vol.1, No. 1, (1997), h. 33.

ton/ha dengan total kandungan karbon tanah sebanyak 20,5896 g/cm² dengan rata-rata 2,288 g/cm².

Tinggi rendahnya simpanan karbon tanah (ton/ha) ditentukan dari tiga variabel utama yang saling terkait, yaitu konsentrasi karbon organik tanah (SOC) (C%), kerapatan tanah (BD) dan kedalaman tanah.⁹⁰ Simpanan karbon tanah tertinggi pada stasiun 1 terdapat pada arah mata angin bagian timur dengan jumlah kandungan karbon tanah sebanyak 3,3797 g/cm² daerah ini banyak terdapat vegetasi seperti pohon, semak dan herba dan jauh dengan lokasi kawasan sumber air panas sedangkan kandungan karbon tanah terendah terdapat pada arah mata angin barat dengan kandungan karbon tanah sebanyak 1,8967 g/cm² daerah ini banyak terdapat vegetasi pohon namun dekat dengan kubangan kerbau, dan dekat dari lokasi sumber air panas.

Simpanan karbon tanah tertinggi pada stasiun 2 terdapat pada arah mata angin bagian selatan sebanyak 2,4984 g/cm² daerah ini berada pada ketinggian yang curam, banyak terdapat vegetasi dan jauh dengan sumber air panas sedangkan kandungan karbon tanah terendah terdapat pada arah mata angin bagian utara sebanyak 2,076 g/cm² daerah ini memiliki banyak vegetasi, dan kondisi tanah lembab.

Penentuan titik pengambilan sampel berdasarkan arah mata angin dapat memudahkan dalam menentukan titik pengambilan sampel dan menunjukkan jumlah simpanan karbon pada setiap lahan berbeda. Hal tersebut dapat

⁹⁰Harris Herman Siringoringo, "Potensi Sekuestrasi Karbon Organik Tanah pada Pembangunan Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd" *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. 10, No. 2, (2013), h. 204.

dipengaruhi oleh keanekaragaman, kerapatan tumbuhan yang ada dan jenis tanah pada masing-masing lokasi sesuai arah mata angin. Penyimpanan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar apabila kondisi kesuburan tanahnya baik karena biomassa pohon yang meningkat dapat memberikan pengaruh besar.

Perubahan kecil dalam stok karbon organik tanah dapat berdampak signifikan terhadap konsentrasi karbon di atmosfer. Stok karbon tanah menurun akibat adanya degradasi dan deforestasi hutan.⁹¹ Perubahan yang terjadi akan memberikan pengaruh yang besar terhadap keseluruhan simpanan karbon walaupun tingkat naik dan turunnya tidak terlalu tampak.

Ukuran kepadatan tanah dapat dilihat dari nilai BD (Bulk Density).⁹² Kondisi kawasan yang berbeda-beda dapat mempengaruhi kandungan BD (Bulk Density).⁹³ Jumlah kandungan BD (Bulk Density) yang tertinggi pada tabel 4.1 yaitu sebanyak 0,036 g/cm³ pada arah mata angin bagian barat dan selatan, jumlah kandungan BD (Bulk Density) terendah yaitu sebanyak 0,033 g/cm³ pada arah mata angin bagian timur dan jumlah %C organik tanah tertinggi yaitu sebanyak 3,69 dan jumlah %C organik terendah sebanyak 1,22.

Jumlah kandungan BD (Bulk Density) yang tertinggi pada tabel 4.2 yaitu sebanyak 0,036 g/cm³ pada arah mata angin bagian timur, jumlah kandungan BD

⁹¹ Nurul Farija, dkk, “Estimasi Stok Karbon Tanah di Hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar” *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2017*, h. 93.

⁹² Sandi Perdana dan Wawan, “Pengaruh Pemasatan Tanah Gambut Terhadap Sifat Fisik pada Dua Lokasi yang Berbeda”, *Jurnal JOM Faperta*, Vol.2, No. 2, (2015), h. 2.

⁹³ Gst. Agung Indah Maharani, dkk, “Karbon Organik di Bawah Permukaan Tanah pada Kawasan Rehabilitas Hutan Mangrove, Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali” *Prosiding Seminar Nasional Kelautan* (2016), h.37.

(Bulk Density) terendah yaitu sebanyak $0,034 \text{ g/cm}^3$ pada arah mata angin bagian selatan dan jumlah %C organik tertinggi sebanyak 2,47 pada arah mata angin bagian selatan dan jumlah %C organik terendah sebanyak 2,01 pada arah mata angin bagian utara.

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa faktor fisik dan kimia dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap kandungan karbon tanah yang tersimpan. Faktor fisik dan kimia pada arah mata angin bagian timur memiliki pH tanah 5,6 yaitu memiliki pH tanah agak masam, kelembapan tanah 82%, suhu udara $32,7^\circ\text{C}$, kelembapan udara 73% dan suhu tanah 27°C . Arah mata angin bagian selatan memiliki pH tanah 5,4 yaitu memiliki pH tanah masam, kelembapan tanah 88%, suhu udara $30,3^\circ\text{C}$, kelembapan udara 74% dan suhu tanah $28,1^\circ\text{C}$. Arah mata angin bagian barat memiliki pH 6,1 yaitu memiliki pH tanah agak masam, kelembapan tanah 78%, suhu udara $29,5^\circ\text{C}$, kelembapan udara 79% dan suhu tanah $30,2^\circ\text{C}$. Arah mata angin bagian utara memiliki pH 6 yaitu memiliki pH tanah agak masam, kelembapan tanah 78%, suhu udara $30,2^\circ\text{C}$, kelembapan udara 64% dan suhu tanah $28,3^\circ\text{C}$.

Berdasarkan tabel 4.4 diketahui bahwa faktor fisik dan kimia pada arah mata angin bagian timur memiliki pH tanah 5,6 yaitu memiliki pH tanah agak masam, kelembapan tanah 77%, suhu udara $33,9^\circ\text{C}$, kelembapan udara 69% dan suhu tanah $29,5^\circ\text{C}$. Arah mata angin bagian utara memiliki pH tanah 6,1 yaitu memiliki pH tanah agak masam, kelembapan tanah 80%, suhu udara $31,7^\circ\text{C}$, kelembapan udara 72% dan suhu tanah $26,1^\circ\text{C}$. Arah mata angin bagian selatan

memiliki pH 5,0 yaitu memiliki pH tanah masam, kelembapan tanah 65%, suhu udara 31,5°C, kelembapan udara 77% dan suhu tanah 35,9°C.

Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari sampai dengan sore hari dan kondisi cuaca pada saat pengambilan sampel dalam keadaan hujan dan panas dengan kondisi tanah yang lembab. Semakin tinggi nilai berat basah maka semakin tinggi tingkat kelembapan tanah tersebut. Tanah bersifat asam karena berkurangnya kation kalsium, magnesium, kalium dan natrium. Peningkatan suhu tanah juga dapat merangsang kegiatan metabolisme dekomposer untuk mempercepat laju proses mineralisasi. Namun, pada suhu rendah maka metabolisme dekomposer akan menurun dan mengakibatkan proses mineralisasi berkurang.⁹⁴

2. Pemanfaatan Hasil Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar

Hasil Penelitian simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi getohermal Ie Jue Seulawah Agam ini dapat diterapkan dalam proses pembelajaran khususnya pada matakuliah ekologi tumbuhan. Modul pembelajaran yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan semangat mahasiswa dalam menggali pengetahuan lebih dalam lagi.

⁹⁴ Nurul Farija, dkk “Estimasi Stok Karbon Tanah di Hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar”, *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, ISBN: 978-602-20401-3-8, (2017), h. 95.

Modul pembelajaran ini juga diharapkan dapat meningkatkan ketertarikan mahasiswa dalam mengetahui lebih rinci lagi mengenai simpanan karbon tanah agar mahasiswa lebih mengerti mengenai simpanan karbon tanah, menumbuhkan rasa peduli yang tinggi terhadap lingkungan dan pentingnya menjaga lingkungan dimulai dari hal yang kecil agar dapat menjaga ciptaan yang telah Allah titipkan untuk kita.



BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

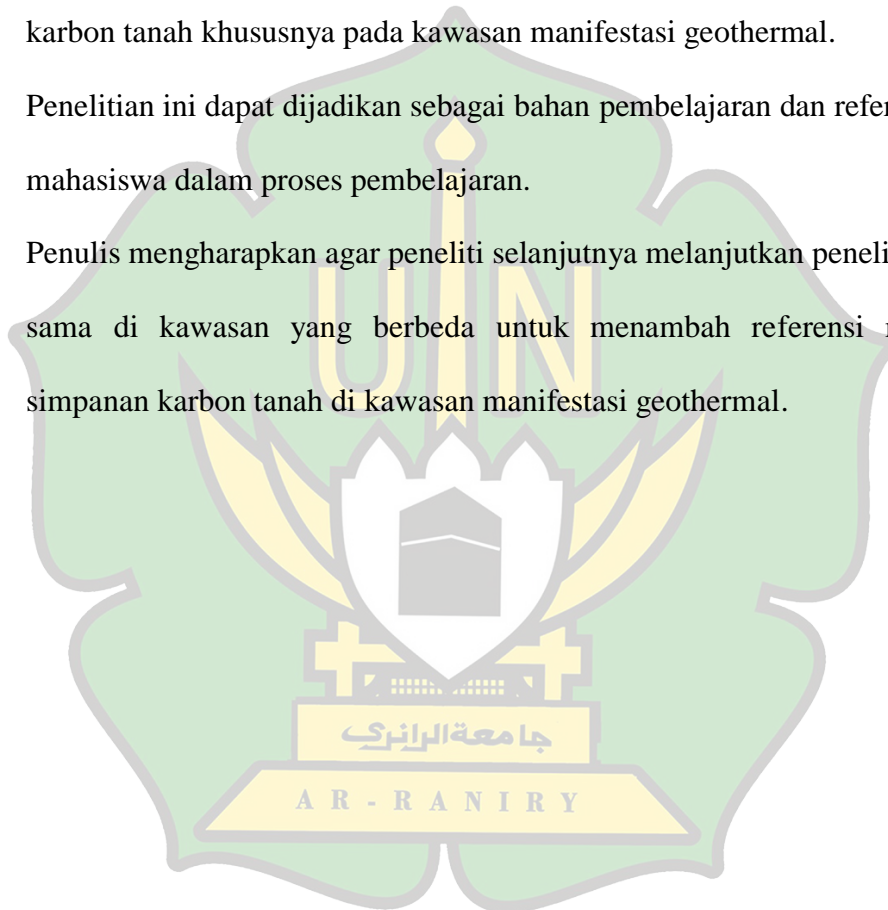
Berdasarkan hasil penelitian simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Aceh Besar dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah total simpanan karbon di stasiun 1 sebanyak 2767,77 ton/ha dengan total kandungan karbon tanah sebanyak 27,6777 g/cm² dengan rata-rata 2,3065 g/cm², jumlah total (ton/ha) pada stasiun 2 sebanyak 2058,96 ton/ha dengan total kandungan karbon tanah sebanyak 20,5896 g/cm² dengan rata-rata 2,288 g/cm² dan total simpanan karbon organik tanah per hektar pada stasiun 1 dan stasiun 2 sebanyak 4826,73 ton/ha.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi pada mata kuliah ekologi tumbuhan dalam bentuk modul pembelajaran. Modul pembelajaran yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan semangat mahasiswa dalam menggali pengetahuan lebih dalam lagi.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Aceh Besar, maka saran dari penelitian ini adalah.

1. Penelitian dilakukan agar mahasiswa mudah memahami konsep simpanan karbon tanah khususnya pada kawasan manifestasi geothermal.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa dalam proses pembelajaran.
3. Penulis mengharapkan agar peneliti selanjutnya melanjutkan penelitian yang sama di kawasan yang berbeda untuk menambah referensi mengenai simpanan karbon tanah di kawasan manifestasi geothermal.



DAFTAR PUSTAKA

- Afdal. (2007). "Siklus Karbon dan Karbon Dioksida di Atmosfer dan Samudera", *Jurnal Oseanograf*. Vol. XXXII, No. 2: 28.
- Ali, Maulana Muhammad. (2006). *The Holly Quran*". Jakarta: Darul Kutubil Islamiyah.
- Arnata, Dewa Putu Budi. dkk. (2012). "Identifikasi Sistem Panas Bumi di Desa Masaingi dengan Menggunakan Metode Geolistrik". *Jurnal Natural Science*. Vol. 1, No. 1.
- Arsyad, Azhar. (2014). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Azhar, Luthfiana. (2015). *Survei Geofisika pada Kawasan Panas Bumi Le Ju, Lamteuba Menggunakan Metode Geolistrik Wenner-Schlumberger*. Skripsi.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011. (2011). *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Baderan, Dewi Wahyuni K. (2017). *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Deepublish.
- Buku Panduan Akademik*. (2014/2015). Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Burnie, David. (2005). *Bengkel Ilmu Ekologi*. Jakarta: Erlangga.
- Campbell. dkk. (2004). *Biologi Edisi 5 jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
- Dariah, Ai. Dkk. 2014. *Tanah Andosol di Indonesia*, Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.
- Edwin, Muli. (2016). "Penilaian Stok Karbon Tanah Organik pada Beberapa Tipe Penggunaan lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur". *Jurnal Agrifor*, Vol. XV, No. 2.
- Ellannia, Leoni Delta. (2016). *Analisis Karbon Tersimpan pada Serasah dan Tanah di Areal Budidaya dan Areal Alami Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

- Fanani, Iqbal. (2014). *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Berdasarkan Data Geomagnetik*. Skripsi.
- Farija, Nurul. Dkk. (2017). "Estimasi Stok Karbon Tanah di Hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar". *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, ISBN: 978-602-20401-3-8.
- Fauzi, Ahmad. (2008). *Analisa Kadar Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen di Dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis RIAU*. Skripsi.
- Gleason. Dkk. (2012). "Organic Matter Dynamic on The Forest Floor of a Micronesian Mangrove Forest: an Investigation of Species Composition Shifts", *Biotropica*.
- Haerudin, Nandi. Dkk. (2009). "Analisis Reservoar Daerah Potensi Panas Bumi Gunung Rajabasa Kalianda dengan Metode Tahanan Jenis dan Geotermometer". *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 10, No. 2.
- Hadi, Nasir. https://www.academia.edu/25630668/Buku_Ajar_Ekologi_Tumbuhan di akses pada tanggal 20 November 2018.
- Hamdi. (2016). *Energi Terbarukan*. Jakarta: Kencana.
- Hanafiah, Kemas Ali. (2005). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hardiansyah, Bagus. (2016). *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi TG-11 dengan Menggunakan Metode Gaya Berat*. Skripsi.
<http://eprints.polsri.ac.id/939/3/BAB%20II.pdf>,, diakses pada tanggal 5 Februari 2018.
- Jumin, Hasan Basri. (2005). *Dasar-dasar Agronomi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Juliana. (2016). *Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan*. Skripsi.
- K, Hairiah. Dkk. (2011). *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Petunjuk Praktis Edisi Kedua*. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF SEA Regional.
- Kartikasari, Sri Nurani. (2007). *Ekologi Papua*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor.

- Marsipatin, Nur. Dkk. (2010). *“Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Marthatika, Dini. (2012). *Pengaruh Penggunaan Bahan Ajar Modul Berbasis CTL Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar kelas VIII SMP Negeri 1 Bawen Tahun Pelajaran 2011/2012*. Skripsi.
- Msnjur, Surya. Dkk. (2000). *Mengenal Bahan Pustaka dan Cara Mengelolanya*. Bogor: Pusat Perpustakaan Pertanian dan Komunikasi Penelitian.
- Mulyadi. (2017). *Silabus Ekologi Tumbuhan*. Banda Aceh: Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan.
- Muslim, Dicky. dkk. (2011). *“Identifikasi Prospek Panas Bumi Berdasarkan Fault and Fracture Density (FFD): Studi Kasus Gunung Patuha, Jawa Barat”*. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. Vol. 2, No. 1.
- Ngabekti, Sri. (2006). *Buku Ajar dengan Pendekatan Jelajah Alam Sekitar (JAS)*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Nontji, Anugerah. (2008). *Plankton Laut*. Jakarta: LIPI Press.
- Noor, Djauhari. (2014). *Geologi untuk Perencanaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Noor, Rezky Mulyawan. (2015). *Panduan Pembuatan Modul Praktikum*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Notohadiprawiro, Tejoyuwono. (2006). *Ilmu Tanah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Nugrahaini, Nining. (2013). *Layanan Referensi dan Promosi Koleksi Referensi*. Malang: UPT Perpustakaan Universitas Negeri Malang.
- Papilo, Petir. Dkk. (2015). *“Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Alternatif Energi Kelistrikan”*. *Jurnal Pasti*, Vol. IX, No. 2.
- Rakhmawati, Melinda. (2012). *“Hubungan Biomassa Penutup Lahan dengan Indeks Vegetasi di Kabupaten Mamuju Utara, Sulawesi Barat”*, *Jurnal Globe*, Vol. 14, No. 2.
- Risman. (2006). *Atmosfer Bumi Makin Panas*. Jakarta: Dharma Utama Publishing.
- Rosmarkan, Afandie dan Yuwono, Nasih Widya. (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Kanisus.

- Saragih, Bram Ferdinand. dkk. (2015). "Identifikasi Manifestasi Panas Bumi dengan Memanfaatkan Kanal *Thermal* pada Citra Landsat (Studi Kasus: Kawasan DIENG)", *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 4, No. 4.
- Sasmita, Alwi Karya. (2016). *Analisis Sistem Panas Bumi pada Lapangan "L" Berdasarkan Inversi 2D Audiomagnetotellurik dan Data Geokimia*. Skripsi.
- Shihab, Muhammad Quraish. (2002). *Tafsir Al-Misbah*. Jakarta: Lentera Hati.
- Singarimbun, Alamta. dkk. (2011) . "Identifikasi Prospek Panas Bumi Berdasarkan *Fault and Fracture Density* (FFD): Studi kasus Gunung Patuha, Jawa Barat". *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. Vol. 2, No. 1.
- Siringoringo, Harris Herman. (2007). "Potensi Simpanan Karbon Pada Jenis Tanah Acrisols dan Ferralsols di Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. dan *Shorea leprosula* Miq. Kabupaten Bogor". *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vo. IV, No. 5.
- Soemarwoto, Otto. (1996). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Subarno. Sartohadi, Junun. (2015). "Variabilitas Spasial Karbon Organik Tanah di DAS Bendo Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur". *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 4, No. 4.
- Sufardi. Dkk. (2014). *Penuntun Praktikum Kimia Tanah*. Banda Aceh: Program Studi Ilmu Tanah.
- Surono, Untoro Budi. (2010). "Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan". *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 4, No. 1.
- Sutaryo, Dandun. (2009). *Penghitungan Biomassa*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Team SOS. (2011). *Pemanasan Global*. Jakarta: Gramedia.
- Wahyudi. (2006). "Perbandingan Antara Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan". *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol. 9, No. 2.
- Wahyuni, Dewi. (2012). *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo*. Yogyakarta: Deepublish.

- Wangsa, Aprillino. dkk. (2018). “Interpretasi Kuantitatif Data Anomali Gravitasi di Kawasan Panas Bumi Seulawah Agam, Aceh Besar”. *Jurnal Aceh Phys Soc*, Vol. 7, No. 1.
- Wibowo, Ari. Dkk. 2013. *Petunjuk Praktis Menghitung Cadangan Karbon Hutan*. Bogor: UNESCO.
- Wicaksono, Donny. Dkk. (2014). “Potensi Cadangan Karbon Tegakan Hutan SUB Montana di Taman Nasional Gunung Halimun Salak”. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. Vol. 11, No. 1.
- Widiatmaka. Dkk. (2012). “Perubahan Cadangan Karbon Organik Tanah dalam Konteks Perubahan Penggunaan Lahan Selama 2 Dekade: Studi Kasus Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat”. *Jurnal Globe*, Vo. 14, No. 2.
- W.J.S, Poewadarmita. (1990). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Yatim, Wildan. (1999). *Kamus Biologi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Yunita, Lia. (2016). “Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Meranti (*Shorea leprosula*) di Hutan Alam pada Area Silin PT Inhutan II Pulau Laut Kalimantan Selatan”. *Jurnal Hutan Tropis*, Vol. 4, No.2.
- Zamroni, Yuliadi. (2008). “Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat”. *Jurnal Biodiversitas*, Vol. 9, No. 4.



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY

Nomor: B-7213/Un.08/FTK/KP.07.6/07/2018

TENTANG:

PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

- Menimbang : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;
- b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai Pembimbing Skripsi.
- Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Sistem Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
8. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
9. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;
10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011, tentang Penetapan Intitut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
11. Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Memperhatikan : Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 11 Juli 2018.

MEMUTUSKAN

Menetapkan
PERTAMA

Menunjuk Saudara:

1. Muslich Hidayat, S.Si., M. Si Sebagai Pembimbing Pertama
2. Nurdin Amin, M. Pd. Sebagai Pembimbing Kedua

Untuk membimbing Skripsi :

Nama : Qisthi

NIM : 140207031

Program Studi : Pendidikan Biologi

Judul Skripsi : Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal le Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan

KEDUA

Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut diatas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2018;

KETIGA

Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2018/2019;

KEEMPAT

Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

Ditetapkan di : Banda Aceh

Pada tanggal : 11 Juli 2018

An. Rektor

Dekan,



Muhiburrahman

Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua Prodi Pendidikan Biologi;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.



PEMERINTAH KABUPATEN ACEH BESAR
KECAMATAN SEULIMEUM
GAMPONG MEURAH

Sekretariat : Jln. Meurah lampanah kode pos 23951

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 40

Keuchik Gampong Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Qisthi
Nim : 140207031
Prodi/Jurusan : Pendidikan Biologi
Semester : IX
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam
Alamat : Jl. Tgk Meurana III, Lr. Flamboyan, Geuce Meunara Banda Aceh .

Benar nama tersebut di atas telah melakukan penelitian di kawasan Ie jue Gampong Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar yang berjudul :

“Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermaal Ie Jue Desa Merah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar Sebagai Referensi Matakuliah Ekologi Tumbuhan ”

Demikianlah surat keterangan ini kami buat dengan penuh rasa tanggung jawab, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

AR - RANIRY

Meurah, 10 Januari 2019

Mengetahui,

Keuchik Gampong Meurah





LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyan dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : labpend.biologi@ar-raniry.ac.id



12 Juli 2019

Nomor : B-100/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/07/2019
Sifat : Biasa
Lamp : -
Hal : Surat Keterangan Bebas Laboratorium


Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **Qisthi**
NIM : 140207031
Prodi : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN
Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat : Jl. Geuceu Meunara No.46 - Banda Aceh

Benar yang nama yang tersebut diatas telah selesai melakukan penelitian dengan judul ***"Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum kabupaten Aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan"*** dalam rangka menyelesaikan tugas akhir skripsi pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, dan telah menyelesaikan segala urusan administrasi yang berhubungan dengan laboratorium Pendidikan Biologi.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

A.n. Kepala Laboratorium FTK
Pengelola Lab. PBL,


Mulyadi



LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyan dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : labpend.biologi@ar-raniry.ac.id



12 Juli 2019

Nomor : B-98/Un.08/KL.PBL/PP.00.9/07/2019
Sifat : Biasa
Lamp : 1 Eks
Hal : *Surat Telah Mengembalikan Alat
Laboratorium*


Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas
Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **Qisthi**
NIM : 140207031
Prodi : Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Banda Aceh
Alamat : Jl. Tgk. Meunara III, Lr. Flamboyan - Banda Aceh
No. HP : 082215145171

Benar nama yang tersebut diatas telah meminjam alat di Laboratorium Pendidikan Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh untuk melakukan penelitian dengan
judul ***“Simpanan Karbon Tanah di Kawasan manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam
Desa Meurah Kecamatan Seulumum kabupaten aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah
Ekologi Tumbuhan”***. Dan telah menyelesaikan segala urusan administrasi yang berhubungan
dengan laboratorium Pendidikan Biologi. *Daftar peminjaman alat laboratorium terlampir.*

Demikianlah surat ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

A.n. Kepala Laboratorium FTK
Pengelola Lab. PBL,


Mulyadi
FTK UIN AR-RANIRY



LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : labpend.biologi@ar-raniry.ac.id

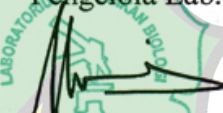


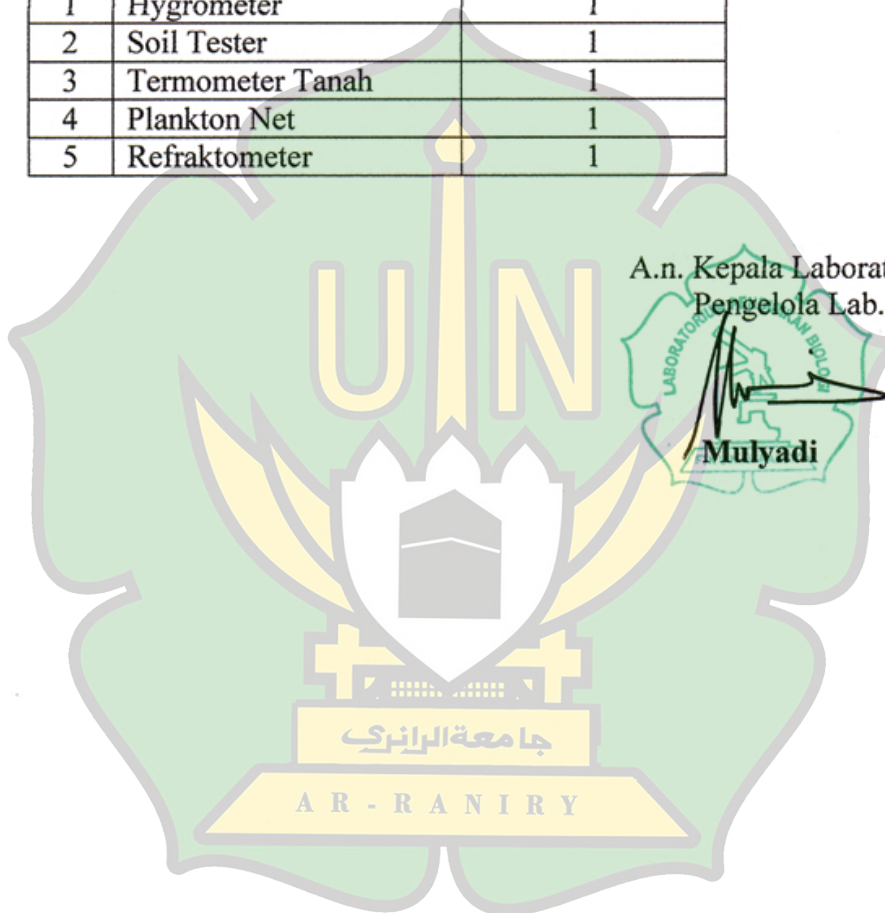
Lampiran :

Daftar Peminjaman Alat di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

NO	Nama Alat	Jumlah
1	Hygrometer	1
2	Soil Tester	1
3	Termometer Tanah	1
4	Plankton Net	1
5	Refraktometer	1

A.n. Kepala Laboratorium FTK
Pengelola Lab. PBL,


Mulyadi





LABORATORIUM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
Alamat : Jl. Lingkar Kampus Darussalam, Komplek Gedung A Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, Email : labpend.biologi@ar-raniry.ac.id



12 Juli 2019

Nomor : B-99/Un.08/KL.PBL/KS.00/07/2019
Sifat : Biasa
Lamp : 1 Eks
Hal : *Surat Telah Melakukan Identifikasi
Penelitian di Laboratorium*

Laboratorium Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **Qisthi**
NIM : 140207031
Prodi : Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Banda Aceh
Alamat : Jl. Tgk. Meunara III, Lr. Flamboyan, Geuce Menara – Banda Aceh
No. HP : 082277324483

Benar nama yang tersebut diatas telah meminjam alat laboratorium dan Pemakaian ruang laboratorium unuk melakukan identifikasi hasil penelitian di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, dengan judul ***“Simpanan Karbon Tanah di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jue Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum kabupaten Aceh Besar sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan”***.

Demikianlah surat ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat digunakan seperlunya.

A.n. Kepala Laboratorium FTK
Pengelola Lab. PBL,


Mulyadi

Lampiran Data Awal Simpanan Karbon Tanah

Stasiun 1

No.	Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	Kedalaman Sampel								
				10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
				Berat Basah (g)			Berat Kering Sampel (g)			Berat Kering Total (g)		
1.	Stasiun 1	Timur	Plot 1	1400	1370	1345	100	100	100	61.48	66.28	62.09
			Plot 2	1520	1465	1550	100	100	100	65.10	62.34	67.64
			Plot 3	1430	1475	1510	100	100	100	63.54	71.25	60.20
		Selatan	Plot 1	1330	1470	1440	100	100	100	66.81	70.32	76.95
			Plot 2	1620	1460	1420	100	100	100	69.05	64.43	66.76
			Plot 3	1700	1410	1500	100	100	100	60.52	63.33	61.61
		Barat	Plot 1	1560	1445	1550	100	100	100	67.08	63.56	72.03
			Plot 2	1400	1350	1395	100	100	100	70.71	67.15	73.84
			Plot 3	1640	1570	1610	100	100	100	71.11	68.43	62.34
		Utara	Plot 1	1430	1300	1410	100	100	100	68.15	66.81	65.66
			Plot 2	1370	1520	1500	100	100	100	72.26	63.44	67.46
			Plot 3	1600	1540	1550	100	100	100	67.37	64.03	59.93
Total				18000	17375	17780	1200	1200	1200	803.18	791.37	796.51
Rata-rata				1500	1447.917	1481.667	100	100	100	66.93167	65.9475	66.37583

Stasiun 2

No.	Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	Kedalaman Sampel								
				10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
				Berat Basah (g)			Berat Kering Sampel (g)			Berat Kering Total (g)		
1.	Stasiun 2	Timur	Plot 1	1560	1510	1545	100	100	100	69.77	64.57	76.95
			Plot 2	1360	1410	1375	100	100	100	61.69	70.14	64.18
			Plot 3	1645	1610	1625	100	100	100	62.14	65.88	62.65
		Utara	Plot 1	1550	1345	1410	100	100	100	60.73	64.91	68.34
			Plot 2	1440	1300	1415	100	100	100	68.30	72.22	62.94
			Plot 3	1450	1505	1490	100	100	100	66.47	61.76	68.01
		Selatan	Plot 1	1665	1500	1620	100	100	100	71.13	68.20	62.68
			Plot 2	1200	1330	1310	100	100	100	60.55	65.93	63.44
			Plot 3	1455	1200	1340	100	100	100	62.63	60.82	70.43
Total				13325	12710	13130	900	900	900	583.41	594.43	599.62
Rata-rata				1480.556	1412.222	1458.889	100	100	100	64.82333	66.04778	66.62444

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Lampiran Hasil Titrasi

No. Sampel	Titration	fka
93	3.6	1.07
94	2.4	1.08
95	4.0	1.04
96	3.6	1.03
97	3.8	1.04
98	3.9	1.06
102	1.8	1.07

Blanko: 5,5

No. Sampel	Titration	fka
111	1.6	1.05

Blanko: 5,1

No. Sampel	Titration	fka
103	4.4	1.06
104	3.1	1.04
105	3.1	1.03
106	0.3	1.09
108	2.9	1.05
109	3.0	1.05

Blanko, 4,6

No. Sampel	Titration	fka
107	2.5	1.06
99	2.4	1.07
100	0.2	1.07
101	2.5	1.07
110	1.9	1.06
112	1.7	1.05
113	2.7	1.03

Blanko: 5,7

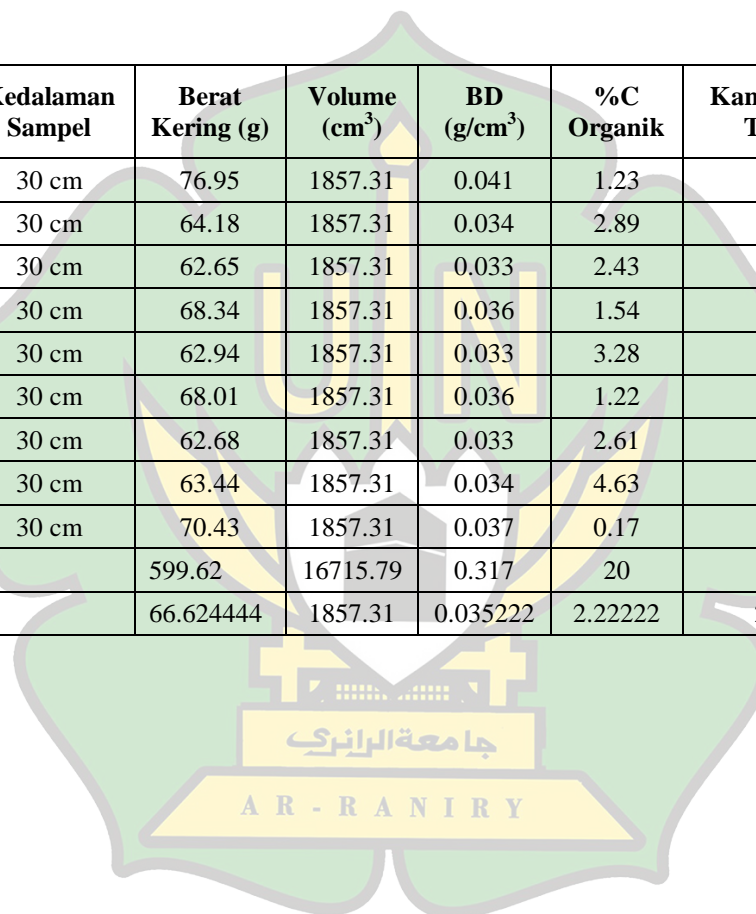
Lampiran Data Mentah

Stasiun 1

Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	Kedalaman Sampel	Berat Kering (g)	Volume (cm ³)	BD (g/cm ³)	%C Organik	Kandungan Karbon Tanah (g/cm ²)	Karbon Organik Tanah (ton/ha)
Stasiun 1	Timur	Plot 1	30 cm	62.09	1857.31	0.033	2.65	2.6235	262.35
		Plot 2	30 cm	67.64	1857.31	0.036	1.39	1.5012	150.12
		Plot 3	30 cm	60.20	1857.31	0.032	3.14	3.0144	301.44
	Selatan	Plot 1	30 cm	76.95	1857.31	0.041	3.69	4.5387	453.87
		Plot 2	30 cm	66.76	1857.31	0.035	1.34	1.407	140.7
		Plot 3	30 cm	61.61	1857.31	0.033	1.31	1.2969	129.69
	Barat	Plot 1	30 cm	72.03	1857.31	0.038	1.22	1.3908	139.08
		Plot 2	30 cm	73.84	1857.31	0.039	1.39	1.6263	162.63
		Plot 3	30 cm	62.34	1857.31	0.033	2.70	2.673	267.3
	Utara	Plot 1	30 cm	65.66	1857.31	0.035	1.59	1.6695	166.95
		Plot 2	30 cm	67.46	1857.31	0.036	2.75	2.97	297
		Plot 3	30 cm	59.93	1857.31	0.032	3.09	2.9664	296.64
Total				796.51	22287.72	0.423	26.26	27.6777	2767.77
Rata-rata				66.375833	1857.31	0.035	2.18833	2.306475	230.6475

Stasiun 2

Lokasi Pengamatan	Arah Mata Angin	Plot Pengambilan Sampel	Kedalaman Sampel	Berat Kering (g)	Volume (cm ³)	BD (g/cm ³)	%C Organik	Kandungan Karbon Tanah (g/cm ²)	Karbon Organik Tanah (ton/ha)
Stasiun 2	Timur	Plot 1	30 cm	76.95	1857.31	0.041	1.23	1.5129	151.29
		Plot 2	30 cm	64.18	1857.31	0.034	2.89	2.9478	294.78
		Plot 3	30 cm	62.65	1857.31	0.033	2.43	2.4057	240.57
	Utara	Plot 1	30 cm	68.34	1857.31	0.036	1.54	1.6632	166.32
		Plot 2	30 cm	62.94	1857.31	0.033	3.28	3.2472	324.72
		Plot 3	30 cm	68.01	1857.31	0.036	1.22	1.3176	131.76
	Selatan	Plot 1	30 cm	62.68	1857.31	0.033	2.61	2.5839	258.39
		Plot 2	30 cm	63.44	1857.31	0.034	4.63	4.7226	472.26
		Plot 3	30 cm	70.43	1857.31	0.037	0.17	0.1887	18.87
Total				599.62	16715.79	0.317	20	20.5896	2058.96
Rata-rata				66.624444	1857.31	0.035222	2.22222	2.287733333	228.7733





Peneliti Membuat Plot Pengamatan



Peneliti Membersihkan Serasah di Atas Tanah



Peneliti Mengambil Sampel Sesuai Kedalaman



Peneliti Mengukur Kedalaman Tanah



Peneliti Memasukkan Sampel kedalam Plastik



Peneliti Menandai Sampel



Peneliti Menimbang Tanah yang Akan di Oven di Laboratorium Botani



Peneliti Memasukkan Tanah ke Dalam Oven



Peneliti Mengatur Suhu Oven



Peneliti Menimbang Tanah yang Sudah di Keringkan di Oven



Bahan yang Akan di Gunakan Untuk Analisis Sampel di Laboratorium Kimia Tanah Unsyiah



Laboran Menjelaskan Mengenai Metode Awal Persiapan Sampel



Peneliti Mengayak Sampel Tanah yang Akan di Analisis



Peneliti Menimbang Tanah yang Akan di Analisis



Sampel Tanah yang di Oven



Peneliti Melakukan Penentuan C Organik dengan Metode Walkey & Black



Setelah di Tambahkan Larutan



Hasil Titrasi Sampel