

**SIMPANAN KARBON PADA TANAH DI KAWASAN GEOTHERMAL IE BROK
SEULAWAH AGAM DESA MEURAH KECAMATAN SEULIMEUM KABUPATEN
ACEH BESAR**

Nelly Arfina¹, Muslich Hidayat², Khairun Nisa³

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Biologi FTK UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Email: Nellyarfina3@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah simpanan karbon tanah yang berada di kawasan Geothermal. Penelitian ini dilakukan di kawasan Ie Brok Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gabungan (*composite sampling*) dengan teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Data jumlah simpanan karbon pada tanah dianalisis dengan menggunakan teknik analisis kuantitatif dan kualitatif. Hasil jumlah total (ton/ha) simpanan karbon tanah di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam yaitu 3704,88 ton/ha.

Kata Kunci: Simpanan Karbon, Kawasan Geothermal Ie Brok, Metode Gabungan (*composite sampling*)

PENDAHULUAN

Siklus karbon merupakan unsur yang mengalami daur dalam ekosistem. Dimulai dari karbon yang ada di atmosfer berpindah melalui tumbuhan hijau, konsumen, dan organisme pengurai, kemudian kembali ke atmosfer. Di atmosfer karbon terikat dalam bentuk senyawa karbon dioksida (CO₂). (Janzen, 2013). Karbon dioksida (CO₂) merupakan gas dengan konsentrasi tertinggi ke lima di atmosfer yang mengalami peningkatan sebanyak 35% dalam 300 tahun terakhir. Peningkatan tersebut disebabkan karena aktivitas manusia dari pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan perubahan lainnya. Karbon dioksida secara alami juga mengalami siklus pertukaran melalui proses fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan. (Novita Ambarsari dan Bambang S, Tedjasukmana, 2011).

Adanya tumbuhan sebagai penyimpan karbon menyebabkan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer menurun. (Anwar, dkk, 2002). Melalui fotosintesis, karbon dioksida diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Kandungan karbon dalam biomassa yang tersimpan pada

suatu biomassa dikenal dengan istilah *carbon storage* atau karbon tersimpan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau sebentar. Karbon tersimpan setidaknya dalam 4 kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah biomassa atas permukaan (pohon), karbon organik tanah, biomassa bawah permukaan, dan bahan organik mati. Dari keempat kantong tersebut hanya satu kantong karbon yang tersimpan di pohon, sedangkan yang lainnya tersimpan di dalam tanah. (Muli Edwin, 2019).

Tanah merupakan penampung karbon terbesar dalam siklus karbon di darat. Tanah merupakan gudang karbon organik (*organic carbon pool/organic carbon reservoir*) yang sangat penting dalam periode jangka panjang pada ekosistem daratan, karena tanah mengakumulasi karbon (C) dalam jumlah lebih besar dari pada jumlah karbon (C) pada biomassa tanaman dan atmosfer. (Tarnocai, 2009). Jumlah karbon yang berada di tanah diperkirakan sebesar 1.100-1.600 miliar ton, dua kali lipat lebih banyak dari pada jumlah karbon yang disimpan dalam tumbuhan hidup (sekitar 560 miliar ton), dan juga jauh lebih banyak dari

pada yang terdapat di atmosfer (750 miliar ton). (Team SOS, 2011). Karbon yang terakumulasi di dalam tanah (*Soil Carbon Stock*) dipengaruhi oleh perubahan pada vegetasi dan pertumbuhannya, sisa biomassa melalui pemanenan, dan gangguan mekanis pada tanah. (Arifin Munandar, 2007). Simpanan karbon tanah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah tanah di daerah Geothermal.

Panas bumi (*Geothermal*) merupakan sumber energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi. Sumber energi panas tersebut berasal dari pemanasan batuan dan air bersama unsur-unsur lain yang dikandung panas bumi yang tersimpan di dalam kerak bumi. Ciri atau tanda dari panas bumi dapat dilihat dari manifestasi geothermal. Manifestasi panas bumi merupakan suatu wilayah yang memiliki potensi panas bumi dapat diketahui dengan ditemukannya manifestasi permukaan. Manifestasi permukaan diantaranya adalah: mata air panas, uap panas, lumpur panas, dan tanah panas. (Sella Arum Saputri, 2014). Salah satu daerah Geothermal yang terdapat di Provinsi Aceh adalah daerah Ie Brok Seulawah Agam.

Ie Brok merupakan kawasan yang terdapat di pegunungan Seulawah Agam. Kawasan ini adalah satu kawasan panas bumi Seulawah yang dibuktikan oleh adanya mata air panas yang merupakan manifestasi dari panas bumi dengan posisi geografis $5^{\circ}28'51''$ LU dan $95^{\circ}43'53''$ BT. Kawasan Seulawah Agam memiliki ketinggian 1800 meter di atas permukaan laut dengan luas 1,4 juta ha, memiliki suhu udara minimum $19-21^{\circ}\text{C}$, dan maksimum $25-30^{\circ}\text{C}$, serta curah hujan berkisar 2.000-2.500 mm pertahun. (Muhammad Raihansyah, 2011). Kawasan Ie Brok merupakan salah satu kawasan yang penting untuk diteliti tentang kandungan karbon pada tanah. Pada kawasan ini belum pernah ada penelitian untuk melihat simpanan karbon pada tanah.

Penelitian mengenai karbon tanah pernah dilakukan oleh Juliana di Kampus UIN Ar-Raniry diperoleh hasil simpanan karbon pada 9 lokasi/titik pengamatan sebanyak $1,36 \times 10^{-5}$ ton/ha, dan jumlah total %C organik ialah

sebanyak 12,13. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa simpanan karbon pada beberapa lokasi/titik pengamatan di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh memiliki hasil yang bervariasi. Hasil simpanan karbon pada tanah dibuat dalam bentuk modul pembelajaran sebagai referensi matakuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan. (Juliana, 2017).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019 di kawasan geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar. Sampel diteliti lebih lanjut di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Laboratorium Pertanian Kimia Tanah Universitas Syiah Kuala. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengambilan sampel gabungan (*composite sampling*) di setiap kedalaman pada plot. Metode ini mencakup pengambilan sampel pada masing-masing kedalaman dan mencampurnya, mengambil subsampel dari hasil campuran dan mencatatnya sebagai satu sampel. Sampel tanah yang diambil berdasarkan 4 arah mata angin Barat, Timur, Utara, dan Selatan dengan 3 titik pengamatan yaitu 0, 50, dan 100 m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian simpanan karbon pada tanah di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar pada 12 titik pengamatan sebanyak 3704,88 ton/ha dapat dilihat pada Tabel 4.1. sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Simpanan Karbon pada Tanah di Kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar

No	Arah Mata Angin	Masing-Masing Titik Pengamatan	Kedalaman Sampel (cm)	BD (Bulk Densitiy)	%C Organik	Simpanan Karbon Tanah (g/cm ²)	Rata-rata Simpanan Karbon (g/cm ²)
1	Barat	0	30	0,044	1,78	2,35	2,64
		50	30	0,038	1,46	1,66	
		100	30	0,043	3,05	3,93	
2	Timur	0	30	0,039	3,45	4,03	3,51
		50	30	0,042	2,65	3,33	
		100	30	0,040	2,65	3,18	
3	Utara	0	30	0,041	2,49	3,06	2,58
		50	30	0,037	3,81	4,22	
		100	30	0,041	0,93	0,47	
4	Selatan	0	30	0,038	2,80	3,19	3,58
		50	30	0,038	3,82	4,34	
		100	30	0,043	2,51	3,23	
Total				0,484	31,4	37,0488	
Rata-rata				0,040	2,61	3,0874	
Jumlah/total (ton/ha) setelah dikonversikan				3704,88			

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 4.2. pada 4 arah mata angin pengamatan yaitu Barat, Timur, Utara, dan Selatan dengan 12 subplot di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar diperoleh sifat fisik yang bervariasi seperti pada arah mata angin Barat dengan rata-rata pH 4,9, suhu udara 29,03°C, kelembaban udara 55% dan suhu tanah sebanyak 26,9°C. Arah mata angin Utara dengan rata-rata pH 4,5, suhu udara 29°C, kelembaban udara 68,66%, dan suhu tanah 26,6°C. Arah mata angin Selatan dengan rata-rata pH 7, suhu udara 28,6°C, kelembaban udara 69,66%, dan suhu tanah 27°C. Arah mata angin Timur dengan rata-rata pH 5,23, suhu udara 29,1°C, kelembaban udara 69,33%, dan suhu

tanah sebanyak 26,93°C. Sehingga, dari grafik di atas dapat diketahui

bahwa faktor fisik seperti pH tertinggi terdapat di arah mata angin Selatan sebanyak 7, suhu udara tertinggi terdapat di arah mata angin Barat sebanyak 29,3°C, kelembaban udara tertinggi terdapat di arah mata angin Selatan sebanyak 69,66%, dan suhu tanah tertinggi terdapat di arah mata angin Timur sebanyak 26,93°C.

PEMBAHASAN

Tanah merupakan representasi gudang karbon organik (*organic carbon pool/organic carbon reservoir*) yang sangat penting dalam periode jangka panjang pada ekosistem daratan, karena tanah mengakumulasi karbon (C) lebih besar dari pada jumlah karbon (C) pada

biomassa tanaman dan atmosfer. (Tarnocai, 2017). Tanah merupakan penampung karbon terbesar dalam siklus karbon di darat. Jumlah karbon yang berada di tanah diperkirakan sebesar 1.100-1.600 miliar ton. (Team SOS, 2011). Adapun jumlah/total simpanan karbon pada tanah di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar ialah sebanyak 3704,88 ton/ha.

Ie Brok merupakan kawasan yang terdapat di Desa Meurah pegunungan Seulawah Agam. Kawasan ini termasuk salah satu kawasan panas bumi (*Geothermal*) yang dibuktikan oleh adanya mata air panas yang merupakan manifestasi dari panas bumi (*geothermal*) dengan posisi geografis $5^{\circ}28'51''$ LU dan $95^{\circ}43'53''$ BT. Kawasan Seulawah Agam memiliki luas 1,4 juta ha, dengan suhu udara minimum $19-21^{\circ}\text{C}$, dan maksimum $25-30^{\circ}\text{C}$, curah hujan berkisar 2.000-2.500 mm pertahun, dengan ketinggian 1800 meter di atas permukaan laut.

Berdasarkan tabel 4.1. diperoleh hasil jumlah simpanan karbon pada tanah arah mata angin Barat, Timur, Utara, Selatan yaitu sebanyak 37,0488 g/cm^2 dengan rata-rata 3,0874 g/cm^2 . Jumlah simpanan karbon pada tanah yang paling tinggi terdapat pada arah mata angin Selatan titik 50 sebanyak 4,3434 g/cm^2 . Sedangkan jumlah simpanan karbon pada tanah yang paling rendah terdapat pada arah mata angin Utara titik 100 sebanyak 0,4797 g/cm^2 . Jadi, pada arah mata angin Selatan ditumbuhi banyak pohon yang menyebabkan cahaya matahari susah menembus permukaan tanah karena terhalang oleh dedaunan sehingga menghasilkan biomassa yang banyak. Matahari mampu mempengaruhi sedikit atau banyaknya biomassa tanah. Sedangkan pada arah mata angin Utara memiliki sedikit pohon yang menyebabkan cahaya matahari langsung mengenai tanah tanpa adanya penghalang sehingga menghasilkan biomassa yang sedikit. Tinggi rendahnya biomassa dan karbon pancang juga tergantung pada tempat tumbuh dan sinar matahari dengan faktor diameter yang paling menentukan biomassa dan karbon. (Nasib Tuah,

Rudianda Sulaeman, Defri Yoza, 2017). Semakin besar kesuburan tanah maka semakin besar pertumbuhan vegetasi sehingga diduga akan semakin besar karbon yang akan tersimpan pada tegakan maupun tumbuhan bawah atau serasah. (Omo Rusdiana dan Rinal Syahputra Lubis, 2012).

Selain itu, simpanan karbon pada tanah juga dipengaruhi oleh konsentrasi karbon organik tanah (SOC) (C%), kerapatan tanah (BD), dan kedalaman tanah. (Harris Herman Siringoringo, 2013). Jumlah simpanan karbon pada tanah yang berbeda dipengaruhi oleh suhu, pH, tekstur tanah, dan faktor yang lainnya. Banyak faktor yang mempengaruhi simpanan karbon di dalam tanah, baik faktor lingkungan seperti pemanfaatan lahan dan faktor fisika-kimia tanah (tekstur, pori-pori, suhu, pH, tekstur, dan lain-lain).

BD (*Bulk Density*) merupakan berat tanah yang sudah dikeringkan dengan menggunakan oven, pori-pori tanah termasuk persatuan volume tanah yang dinyatakan dalam g/cm^3 . Jumlah BD (*Bulk Density*) dari masing-masing arah mata angin Barat, Timur, Utara, Selatan yaitu sebanyak 0,484 g/cm^3 dengan rata-rata 0,040 g/cm^3 . Jumlah BD (*Bulk Density*) yang paling tinggi terdapat pada arah mata angin Barat titik 0 sebanyak 0,044 g/cm^3 . Sedangkan jumlah BD (*Bulk Density*) yang paling rendah terdapat pada titik pengamatan Utara titik 50 sebanyak 0,037 g/cm^3 karena memiliki tekstur tanah yang liat. Faktor yang mempengaruhi konsentrasi BD (*Bulk Density*) adalah jumlah kadar air, tekstur tanah, dan juga dipengaruhi oleh ukuran partikel-partikel yang ditunjukkan dalam tekstur tanah yang mempengaruhi nilai berat isi tanah. (Sugirahayu, Lilik, 2013). Kadar liat semakin tinggi, semakin halus tekstur tanah kemampuan tanah untuk menahan air akan lebih lama disebabkan karena pori-pori tanah lebih kecil sebaliknya, semakin besar pori-pori tanah kemampuan tanah menahan air akan semakin kecil. (Rusdiana & Lubis, R. S., 2012). Kondisi kawasan yang berbeda-beda juga mempengaruhi kandungan BD (*Bulk Density*). (Gst. Agung Indah Mahasani, 2016).

Setelah dianalisis di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Unsyiah jumlah %C organik tanah pada masing-masing arah mata angin yaitu arah mata angin Barat, Timur, Utara, Selatan yaitu sebanyak 31,4% dengan rata-rata 2,61%. Jumlah %C organik tanah pada masing-masing arah mata angin yang paling tinggi yaitu arah mata angin Selatan titik 50 sebanyak 3,82%. Sedangkan jumlah %C organik tanah pada masing-masing titik pengamatan yang paling rendah yaitu titik pengamatan Utara titik 100 sebanyak 0,93%. Kandungan bahan organik tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain iklim, pH, suhu, kelembaban, tipe penggunaan lahan, relief. *Landform*, dan aktivitas manusia. Jumlah simpanan karbon pada setiap lahan bervariasi tergantung dari kerapatan tumbuhan dan keanekaragaman tumbuhan yang ada dan jenis tanahnya. Apabila kondisi kesuburan tanah baik maka penyimpan karbon pada suatu lahan menjadi lebih besar disebabkan karena biomassa pohon yang meningkat dapat memberikan pengaruh besar. Kandungan karbon organik tanah memiliki peranan penting dalam menekan terjadinya perubahan iklim, semakin meningkatnya kandungan karbon organik tanah semakin besar tanah itu dapat menyimpan CO² dari udara dalam bentuk bahan organik di dalam tanah. Kandungan karbon organik tanah dapat diduga dari kepadatan karbon organik di dalam tanah. Semakin meningkatnya kepadatan karbon organik tanah diikuti dengan meningkatnya kandungan karbon organik tanah. Kandungan karbon organik tanah memiliki peranan penting dalam menekan terjadinya perubahan iklim, semakin meningkatnya kandungan karbon organik tanah semakin besar tanah itu dapat menyimpan CO² dari udara dalam bentuk bahan organik di dalam tanah. Kandungan karbon organik tanah dapat diduga dari kepadatan karbon organik di dalam tanah. Semakin meningkatnya kepadatan karbon organik tanah diikuti dengan meningkatnya kandungan karbon organik tanah.

Pengambilan sampel tanah pada titik 0 diperoleh sifat fisik yang bervariasi seperti pada arah mata angin Barat titik 0 dengan pH 5,3, suhu udara 29,6°C, kelembaban udara 50% dan suhu tanah 27,5, pada Utara titik 0 dengan pH 5,5, suhu udara 29,1°C, kelembaban udara 69% dan suhu tanah 26,8, pada Selatan titik 0 dengan pH 5,4, suhu udara 28,8°C, kelembaban udara

68% dan suhu tanah 27,5, pada Timur titik 0 dengan pH 5,5, suhu udara 29,4°C, kelembaban udara 72% dan suhu tanah 27,3 merupakan titik yang paling dekat dengan sumber air panas. Di titik tersebut tidak banyak ditumbuhi oleh vegetasi karena suhu yang berada pada titik tersebut tinggi sehingga tumbuhan tidak mampu bertahan hidup karena tidak bisa menyesuaikan diri dengan lingkungan.

Pengambilan sampel tanah pada titik 50 diperoleh sifat fisik yang bervariasi seperti pada arah mata angin Barat titik 50 dengan pH 5, suhu udara 29,2°C, kelembaban udara 55% dan suhu tanah 27,1, pada Utara titik 50 dengan pH 4,5, suhu udara 29,3°C, kelembaban udara 65% dan suhu tanah 26,9, pada Selatan titik 50 dengan pH 4,4, suhu udara 28,6°C, kelembaban udara 70% dan suhu tanah 26,5, pada Timur titik 50 dengan pH 5,2, kelembaban tanah 50%, suhu udara 29,1°C, kelembaban udara 67% dan suhu tanah 27,1 merupakan titik yang berjarak 50 m dari air panas. Di titik tersebut banyak ditumbuhi oleh vegetasi seperti herba dan semak.

Pengambilan sampel tanah pada titik 100 diperoleh sifat fisik yang bervariasi seperti pada arah mata angin Barat titik 100 dengan pH 4,4, suhu udara 28,3°C, kelembaban udara 60% dan suhu tanah 26,1, pada Utara titik 100 dengan pH 4,4, suhu udara 28,6°C, kelembaban udara 72% dan suhu tanah 26,1, pada Selatan titik 100 dengan pH 4,2, suhu udara 28,4°C, kelembaban udara 71% dan suhu tanah 26,8, pada Timur titik 100 dengan pH 5, suhu udara 28,8°C, kelembaban udara 69% dan suhu tanah 26,4 merupakan titik yang berada 100 m dari air panas. Daerah tersebut banyak didominasi oleh vegetasi rendah dan tinggi seperti herba, semak dan pohon.

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.2. di atas diketahui bahwa sifat fisik yang terdapat di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar berbeda. Pengambilan sampel tanah di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar dalam keadaan hujan dan panas dengan kondisi tanah yang lembab. Curah hujan merupakan faktor iklim yang mempunyai pengaruh besar pada produktivitas tanaman dan pasokan karbon organik ke dalam tanah. Pada wilayah curah

hujan tinggi, tanah cenderung mempunyai simpanan karbon organik yang dapat dihasilkan lebih besar daripada tipe tanah yang sama pada wilayah curah hujan rendah oleh karena pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi.

Semakin tinggi nilai berat basah maka semakin tinggi tingkat kelembaban tanah tersebut. Tanah bersifat asam karena kekurangan 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 laju

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang Simpanan Karbon pada Tanah di Kawasan

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, Novita dan Bambang S, Tedjasukmana. 2011. "Kajian Perkembangan Teknologi Sounding Untuk Mengukur Konsentrasi (CO₂) di Atmosfer". *Berita Dirgantara*, Vol. 12. No. 1.
- Anwar, dkk, 2002. *Ekologi Ekosistem Sumatera*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Badan Standardisasi Nasional [BSN], Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011. 2011. *Pengukurandan Penghitungan Cadangan Karbon Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Edwin, Muli. 2019. Penilaian Stok Karbon Tanah Organik Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*. Volume XV. Nomor 2.
- Ekadinata, Hairiah dan Rahayu S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon: dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Petunjuk Praktis Edisi Kedua*. Bogor: Buku WorldAgroforestry Centre ICRAF SEA Regional.
- Farija, Nurul, dkk. 2017. "Estimasi Stok Karbon Tanah di Hutan Seulawah Agam Desa Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa jumlah total simpanan karbon pada tanah di Kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar ialah sebanyak 3704,88 ton/ha dengan jumlah total %C organik ialah sebanyak 31,4% dan total BD (*Bulk Density*) yaitu 0,484 (g/cm³). dekomposer akan menurun dan mengakibatkan proses mineralisasi berkurang. (Nurul Farija, 2017). Apabila suhu dingin maka akan meningkatkan kandungan karbon organik tanah dengan mengurangi nilai kehilangan karbon di dalam tanah.
- Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar". *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, ISBN: 978-602-20401-3-8.
- Janzen. 2013. *Ekologi Terapan*. Bandung: Swadaya dalam Juliana Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus Uin Ar-Raniry Banda Aceh sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan, *Skripsi*.
- Juliana. 2017. Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus Uin Ar-Raniry Banda Aceh sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungana., *Skripsi*.
- Mahasani, Gst. Agung Indah, dkk. 2016. Karbon Organik di Bawah Permukaan Tanah pada Kawasan Rehabilitasi Hutan Mangrove, Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan, Faculty of Marine Science and Fisheries Udayana University*.
- Munandar, Arifin, 2007. *Buku Panduan Penataan Taman Umum, Penanaman Tanaman, Penanganan Sampah dan Pemberdayaan Masyarakat*. Jakarta: Sampoerna Hijau Kotaku Hijau.
- Raihansyah, Muhammad dan Syukriyadin. 2011. *Studi Analisa Kapasitas Energi Listrik Panas Bumi Gunung Seulawah Agam Aceh*. Jurusan Teknik Elektro

- Fakultas Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.
- Rusdiana dan Lubis, R. S. 2012. Pendugaan Korelasi Antara Karakteristik Tanah Terhadap Cadangan Karbon (*Carbon Stock*) pada Hutan Sekunder. *Jurnal Silviculture Tropika*.
- Rusdiana, Omo dan Rinal Syahputra Lubis. 2012. "Pendugaan Korelasi antara Karakteristik Tanah terhadap Cadangan Karbon (*Carbon Stock*) pada Hutan Sekunder". *Jurnal Silviculture Tropika*. Vol. 03. No. 01.
- Saputri, Sella Arum. 2014. Geologi dan Identifikasi Manifestasi Panas Bumi di Daerah Gunung Pandan dan Sekitarnya, *Jurnal Teknik Geologi ITATS*. vol. 3. no. 1.
- Siringoringo, Harris Herman. 2013. "Potensi Sekuestrasi Karbon Organik Tanah pada Pembangunan Hutan Tanaman *Acacia mangium Willd*" *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. vol. 10. No. 2.
- Sugirahayu. 2013. Perbandingan Simpanan Karbon pada Beberapa Penutupan Lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya. *Skripsi*. Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Sutaryo, Dandun. 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programe.
- Tarnocai. 2009. Soil Organic Carbon Pools In The Northern Circumpolar Permafrost Region. *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. 23. No. 11 dalam Juliana Simpanan Karbon pada Tanah di Kampus Uin Ar-Raniry Banda Aceh sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan. *Skripsi*.