

PENDUGAAN CADANGAN KARBON KELAPA SAWIT PADA KELAS UMUR TANAMA DEWASA DAN TUA PADA LAHAN TANAM BERPIRIT

Sari Anggraini*, Nur Afriyanti, Yudha Wiratama Arifin

Program Studi Agroteknologi Fakultas Agroteknologi Universitas Prima Indonesia, Sumatera Utara, Indonesia

*Email Korespondensi: sarianggraini@unprimdn.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan konsentrasi CO₂ ke atmosfer menjadi salah satu penyebab pemanasan global akibat efek gas rumah kaca, Perluasan perkebunan kelapa sawit, terutama bila mengonversi hutan, berpotensi menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK). Tanaman kelapa sawit yang merupakan tanaman tahunan yang berpotensi dalam penyerapan emisi karbon. Penelitian dilakukan di perkebunan kelapa sawit lahan berpirit PT. Mopoli Raya bagian afdeling I Damar Condong. Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif dengan metode sampling tanpa pemanenan (non-destructive sampling) untuk pengukuran biomassa pohon hidup, pohon mati, dan kayu mati dan metode sampling dengan pemanenan (destructive sampling) untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah. Pengamatan pada plot-plot contoh sesuai dengan asal tipe bibit kelapa sawit bersertifikat. Penelitian akan dilaksanakan pada Agustus – September 2020, dengan plot ukuran 20 m x 60 m sebanyak dua kali ulangan pada kelapa sawit kategori dewasa dengan tegakan umur 15-20 tahun dan kategori tua dengan tegakan umur besar dari 20 tahun. Cadangan karbon lahan berpirit semakin besar bila umur sawit dalam kondisi produktif.

Kata kunci: Cadangan karbon, Lahan pirit, dan Kelapa Sawit

Diterima: 3 Mei 2022

Diterbitkan: 28 Juni 2022

PENDAHULUAN

Kemampuan memfiksasi CO₂, produksi O₂ (183,2 ton/ha/th) dan produksi biomassa (C) yang tinggi tanaman kelapa sawit mampu mempengaruhi penurunan suhu permukaan bumi dan mengurangi efek rumah kaca (Thenkabail, dkk, 2011). Penelitian ini meminimalisir adanya pro dan kontra perkembangan kelapa sawit oleh aktivis lingkungan hidup karena dianggap sebagai penyebab deforestasi dan merusak lingkungan hutan (H. Sabine, U Martin, dan Thomas Kastener, 2015).

Pemilihan areal tanam adalah salah satu faktor penentu produksi tanaman kelapa sawit yang dihasilkan (IPPC, 2011). Cadangan karbon kelapa sawit pada areal yang dikelola dengan baik mencapai 3 ton/ha atau sekitar 7 ton CO₂/ha/tahun dalam penyerapan emisi sedangkan yang tidak dikelola dengan baik mengurangi pengurangan tiga kali lipat dan hanya mencapai 1 ton/ha (Khasanah, dkk, 2012).

Kabupaten Langkat merupakan salah satu

dari kabupaten/kota di provinsi Sumatera Utara yang memiliki 4.612 ha areal perkebunan kelapa sawit diharapkan mampu memberikan jumlah cadangan karbon yang besar (Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Langkat, 2015). Pengelolaan produksi kelapa sawit di kawasan ini belum berjalan dengan baik karena sebagian besar lahan tanam yang digunakan adalah lahan tanam berpirit yang membutuhkan optimalisasi dalam pengelolaannya (PPKS, 2012).

Perumusan Masalah

Mekanisme pengelolaan kelapa sawit terutama terhadap tipe lahan tanam yang digunakan memiliki korelasi terhadap tinggi dan rendahnya cadangan karbon yang dihasilkan. Terutama pada lahan tanam berpirit yang merupakan pengembangan perluasan area tanam kelapa sawit yang membutuhkan optimalisasi dalam seluruh kegiatan tanam kelapa sawit. Melalui penelitian ini akan dianalisis estimasi cadangan karbon, faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah cadangan karbon pada kelapa sawit dalam kondisi lahan

tanam berpirit dengan pengamatan tipe umur tanam berbeda

Tujuan penelitian

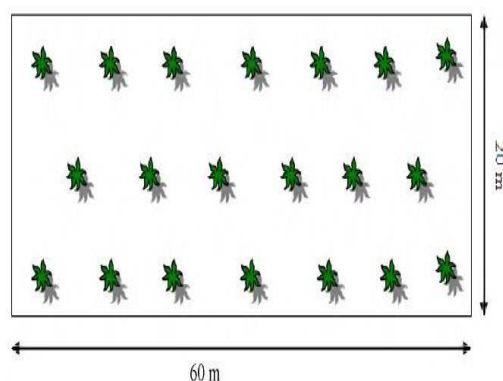
Menganalisis estimasi cadangan karbon, faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah cadangan karbon pada kelapa sawit dalam kondisi lahan tanam berpirit dengan pengamatan tipe umur tanam berbeda.

Manfaat Penelitian

Adanya data dan informasi mengenai perbandingan estimasi cadangan karbon, faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah cadangan karbon yang dihasilkan oleh cadangan karbon pada kelapa sawit dalam kondisi lahan tanam berpirit dengan pengamatan tipe umur tanam berbeda. Data dan Informasi tersebut dapat digunakan oleh berbagai pihak yang membutuhkan pengetahuan mengenai hal tersebut khususnya petani kelapa sawit, peneliti, dan pemangku kebijakan dibidang sumber daya alam dan lingkungan hidup

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus – September 2020. Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada perkebunan kelapa sawit PT. Mopoli Raya bagian afdeling I Damar Condong pada kategori umur tegakan 15-20 tahun (dewasa) dan kategori umur tegakan tua besar dari 20 tahun (tua). Uji dan perhitungan cadangan karbon dilakukan di Laboratorium terpadu Fakultas Agro Teknologi Universitas Prima Indonesia dan Daun PPKS Medan Sumatera Utara.



Gambar 1. Plot Pengamatan Biomassa Tanaman Kelapa Sawit

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini mempergunakan rancangan deskriptif dengan metode sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*) untuk pengukuran biomassa pohon hidup, pohon mati, dan kayu mati dan metode sampling dengan pemanenan (*destructive sampling*) untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah (Hairiah dan Rahayu, 2011). Pengamatan pada plot-plot contoh sesuai dengan umur tanama kelapa sawit dilahan berpirit.

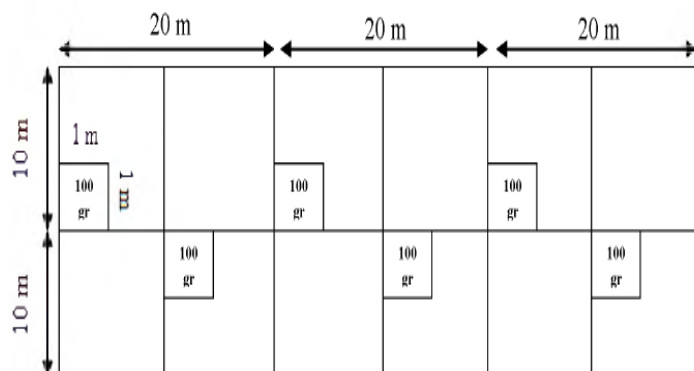
Alat dan Bahan

Alat - alat yang digunakan sebagai berikut peta perkebunan kelapa sawit untuk menentukan letak plot, meteran, timbangan, parang, gunting tanaman, kantung kertas, tali rafia, pancang, petak kuadran, box, cetok tanah, alat tulis, dan cat dan kuas untuk menandai (penomoran) pohon. Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah tanaman 15-20 tahun (dewasa) dan kategori umur tegakan tua besar dari 20 tahun (tua).

Tahapan Penelitian

Terdapat beberapa tahapan pada penelitian ini diantaranya:

1. Pengukuran biomassa tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) diawali dengan membuat plot berukuran 20 m x 60 m sebanyak 2 kali ulangan (Gambar 1). Area pengamatan dipancang dengan bambu dan tali rafia serta ukur tinggi tanaman kelapa sawit dari pelepah ke- 17 sampai pangkal akar menggunakan meteran dan catat. Menghitung biomassa pada tanaman kelapa sawit



Gambar 2. Plot Pengamatan Biomassa Tumbuhan

menggunakan model allometrik $Bap = 0.0706 + 0.0976H$ dimana Bap merupakan biomassa atas permukaan tanah (ton/pohon), H adalah tinggi tanaman kelapa sawit (m) yang diukur pada tinggi bebas pelepah ke 17 (ICRAF, 2014).

2. Pengukuran biomassa tumbuhan bawah yaitu herba atau rumput – rumputan yang terdapat dalam petak pengukuran (kuadran) dimana ukuran kuadran adalah 1 m x 1 m yang terletak di dalam petak pengukuran biomassa tegakan *Elaeis guineensis* Jacq (Gambar 2.). Bawah Tanaman Kelapa Sawit Semua sampel tumbuhan bawah dimasukkan kedalam kantung kertas dan beri label sesuai variabel untuk diuji di laboratorium. Sampel tersebut diambil (sekitar 100 gr) dan ditimbang berat basah daun atau batang. Sampel dioven pada suhu 80 °C selama 2 x 24 jam dan ditimbang berat keringnya. Menurut Hairiah dan Rahayu (2007) total berat kering tumbuhan bawah per kuadran dihitung dengan rumus Total BK (gr) = {BK subsampel (gr) : BB subsampel (gr)} x TotalBB (gr) dimana , BK = berat kering dan BB = berat basah. Serta ditung potensi karbon tersimpan dengan rumus Potensi Karbon Tersimpan (Ton/Ha) = (Biomassa Permukaan Tanaman Kelapa Sawit + Tumbuhan Bawah) x 0,46.

3. Pengukuran penyerapan CO₂ dengan persamaan kimiawi dimana 1 gram karbon (C) equivalen dengan 3,67 gram CO₂ sehingga jumlah CO₂ yang dapat diserap oleh tegakan hutan adalah jumlah karbon tersimpan dikali dengan 3,67 atau dengan rumus $CO_2 = C \times 3,67$ dimana, CO₂ = penyerapan karbon dioksida dan C = potensi karbon tersimpan (Thenkabail, et.al, 2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biomassa Kelapa Sawit

Biomassa merupakan bahan organik hasil dari proses fotosintesa yang dinyatakan dalam satuan bobot kering. Biomasa kelapa sawit yang diamati pada penelitian ini merupakan biomassa kelapa sawit dengan rerata umur tegakan awal 15 -20 tahun (dewasa) pada

Lokasi I dan Lokasi II adalah lokasi dimana kelapa sawit dengan rerata umur tegakan diatas 20 tahun. Tabel 1 menunjukkan hasil biomassa kelapa sawit yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan metode *nondestructive sampling*.

Dari Tabel 1. dapat di lihat bahwa biomassa tumbuhan kelapa sawit dilahan berpirit pada pada plot kelapa sawit umur lokasi II sebesar 12,6508 ton/ha lebih rendah daripada kelapa sawit pada lokasi I sebesar 12,7520 ton/ha. Tinggi kelapa sawit pada lahan berpirit rata-rata 4-5 meter berbeda pada sawit dilahan non berpirit Biomassa tanaman kelapa sawit rentang umur 15-20 tahun adalah masa dewasa dengan penghasilan buah yang memuncak. TBS (Tandan Buah Segar) yang di dihasilkan pada masa ini adalah hasil yang terbesar (Khoon dan Jackson, 2015). Penelitian Muhdi (2014) menyatakan bahwa rata-rata biomassa terbesar pohon berasal dari batang, yakni 416,6 kg atau 82,97% dari total biomassa pohon. Selanjutnya biomassa pelepah sebesar 45,2 kg (9,01%), dan daun sebesar 30,3 kg (6,03%). Hasil penelitian Muhdi (2013) pada 55 pohon contoh di hutan alam tropika, Kalimantan Timur menyatakan rata-rata biomassa terbesar pohon berasal dari batang yakni 485,65 kg (64,31%) dari total biomassa pohon. Biomassa akar sebesar 163,76 kg (21,68 %), cabang 76,69 kg (10,16%), daun 28,84 kg (3,82%), dan buah 0,18 kg (0,18%) dari total biomassa pohon. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa rata-rata kadar air tertinggi terdapat pada daun, yakni sebesar 20 108,72%, sedangkan kadar air terendah terdapat pada bagian cabang sebesar 80,21%. Daun memiliki nilai kadar air tertinggi disebabkan oleh struktur daun tersusun atas rongga stomata yang diisi oleh sedikit bahan penyusun kayu seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Penelitian di tahun yang berbeda dan di lokasi yang berbeda oleh Muhdi (2014) pada perkebunan sawit di Sumatera Utara yang menyatakan bahwa rata-rata kadar air tertinggi terdapat pada pelepah, yakni sebesar 261,9%,

Tabel 1. Biomassa tanaman kelapa sawit pada kebun Afdeling I Damar Condong PT Mopoli Raya

Plot	Jumlah Pohon Sampel	Biomassa Tanaman Kelapa Sawit (ton/ha)
Lokasi I	20	12,7520
Lokasi II	20	12,6508

sedangkan kadar air terendah terdapat pada bagian daun, yakni sebesar 143,9%. Sedangkan hasil penelitian Iswanto et al. (2010) menyatakan bahwa besarnya kadar air tanaman kelapa sawit berkisar antara 219,9-379,4%.

Hasil di atas diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Onrizal (2004) dan Hilmi (2003) menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada batang. Hal ini disebabkan karena batang lebih banyak disusun oleh selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif sehingga rongga sel batang sedikit terisi oleh air. Melalui proses fotosintesis, CO_2 di udara diserap oleh tanaman dan dengan bantuan sinar matahari kemudian diubah menjadi karbohidrat untuk selanjutnya didistribusikan ke seluruh tubuh tanaman dan ditimbun dalam bentuk daun, batang, cabang, buah dan bunga (Hairiah dan Rahayu, 2014).

Dari Tabel 2. pengukuran biomassa tumbuhan bawah di kebun menunjukkan bahwa pada sawit lahan berpirit lokasi I menghasilkan 0,19200 ton/ha sedangkan pada lokasi II menghasilkan 0,18709 ton/ha. Biomassa ini merupakan hasil pengukuran dengan menggunakan metode *destructive sampling*. Biomassa tumbuhan bertambah karena tumbuhan mengikat CO_2 dari udara dan mengubahnya menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis. Laju dimana biomassa bertambah adalah produktivitas primer kotor. Hal ini tergantung dari luas daun yang disinari, suhu, dan sifat masing-masing jenis tumbuhan. Sisa hasil fotosintesis yang tidak digunakan untuk pernapasan dinamakan produktivitas primer bersih dan produktivitas yang tersedia setelah waktu tertentu dinamakan produksi primer bersih (Whitmore, 1985).

Biomassa diukur dari biomassa di atas permukaan tanah dan biomassa di bawah permukaan tanah, dari bagian tumbuhan yang hidup, semak, dan serasah (Brown dan Gaston, 1996). Beberapa faktor yang mempengaruhi

biomassa tanaman antara lain adalah umur tanaman, perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tanaman. Selain itu juga dipengaruhi oleh faktor iklim seperti suhu dan curah hujan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Thenkabail (2011) menyatakan bahwa kandungan C biomassa per hektar hanya antara 14,75-14,94 ton pada umur tanam 1-5 tahun. Effendi (2012) menyatakan kegiatan penjarangan yang dilakukan terhadap tegakan, baik pada batang, cabang maupun ranting juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan bawah. Hal ini berkaitan dengan intensitas cahaya matahari yang dapat diterima oleh tumbuhan bawah. Semakin banyak cahaya matahari yang diterima tumbuhan, berarti semakin baik proses fotosintesis pada tumbuhan tersebut. Hal ini dikarenakan pada tumbuhan bawah, kandungan karbon dan biomasanya dipengaruhi oleh komposisi vegetasi tumbuhan bawah penyusunnya. Demikian juga halnya dengan kandungan karbon dan biomassa pada serasah yang dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusunnya, misalnya kayu busuk, daun, dan ranting. (ICRAF, 2014).

Potensi Karbon Tersimpan Pada Kelapa Sawit

Hasil pendugaan C biomassa memiliki nilai yang bervariasi karena sangat ditentukan umur tanaman, kerapatan per satuan luas, iklim dan pengolahan lahan serta lingkungan pertumbuhan kelapa sawit terutama jenis lahannya dan juga teknik pengukuran yang digunakan. Kandungan C biomassa dapat diduga dengan menghitung biomassa menggunakan persamaan regresi alometrik yang didasarkan pada dimensi dari tanaman dan pengukuran langsung. Beberapa penelitian terdahulu juga telah melakukan penelitian tentang pendugaan C biomassa kelapa sawit pada berbagai jenis lahan.

Tabel 2. Biomassa tumbuhan bawah kelapa sawit pada kebun Afdeling I Damar Condong PT Mopoli Raya

Plot	Jumlah Biomassa Tumbuhan Bawah (ton/ha)
Lokasi I	0,19200
Lokasi II	0,18709

Tabel 3. Potensi karbon tersimpan berdasarkan umur kelapa sawit

Plot	Biomassa Tanaman Kelapa Sawit (ton/ha)	Biomassa Tumbuhan Bawah (ton/ha)	Potensi Karbon Tersimpan (ton C/ha)
Lokasi I	12,7520	0,19200	5,9542
Lokasi II	12,6508	0,18709	5,9054

Tabel 4. Penyerapan karbon dioksida berdasarkan umur kelapa sawit dewasa (15-20 tahun) dan tua (>20 tahun) di kebun PT Mopoli Raya

Plot	Penyerapan Karbon (CO ₂) (ton CO ₂ /ha/tahun)
Lokasi I	21,85206
Lokasi II	21.67293

Cadangan C biomassa pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkisar antara 31-101 ton/ha (Sitompul et al. 2000 dalam Lasco 2002). Perhitungan cadangan karbon biomassa kelapa sawit ditentukan berdasarkan persentase kandungan C dalam biomassa.

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa di kebun PT Mopoli Raya potensi karbon tersimpan pada lahan berpirit pada kelapa sawit Lokasi I adalah 5,9542 ton C/ha lebih besar dari kelapa sawit kategori tua tersimpan 5,9054 ton C/ha. Potensi karbon tersimpan yang dimiliki oleh PT Mopoli Raya Afdeling I Damar Condong selaras dengan kemampuan dalam menyerap CO₂ yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 4 dibawah ini. Dari Tabel 4 menyatakan pada kelapa sawit pada kebun PT Mopoli Raya mampu melakukan penyerapan karbondioksida dimana pada kelapa sawit lokasi I adalah 21,85206 ton CO₂/ha/tahun lebih besar dari kelapa sawit lokasi II 21.67293 ton CO₂/ha/tahun. Dalam proses fotosintesis, kelapa sawit akan menyerap CO₂ dari udara dan akan melapas O₂ ke udara. Proses ini akan terus berlangsung selama pertumbuhan dan perkembangannya masih berjalan. Umur kelapa sawit dapat mencapai lebih 25 tahun dengan pengolaan yang baik. Berdasarkan data Direktorat Jendral Perkebunan (2006), perkebunan kelapa sawit di Indonesia mampu menyerap CO₂ sebanyak 430 juta Ton.

Yulianti (2009) mengemukakan bahwa di Sumatra utara memiliki potensi yang sangat besar terutama perkebunan kelapa sawit. Peran perkebunan kelapa sawit sebagai penyerapan CO₂, hasil proses fotosintesis ini jauh lebih besar dari pada respirasi. Akibat oksigen yang

di hasilkan persatuan waktu, semakin luas perkebunan kelapa sawit yang bertumbuh dan berproduksi semakin besar pula oksigen yang di hasilkan persatuan waktu dan ruang.

Perbedaan penyerapan netto CO₂ tersebut disebabkan perbedaan laju fotosintesis dan respirasi. Pada perkebunan (kelapa sawit) pertumbuhan biomassa (termasuk produksinya) masih terjadi sampai kelapa sawit ditebang (umur 25 tahun), sehingga laju fotosintesis lebih besar dari laju respirasi. Sedangkan hutan alam tropis yang sudah mencapai umur dewasa (mature) pertumbuhan biomassa sudah berhenti atau sangat kecil, sehingga laju fotosintesis sudah sama (mendekati laju respirasi). Dengan demikian untuk penyerapan CO₂ dari atmosfer bumi, konversi hutan dewasa menjadi perkebunan bukanlah bentuk deforestasi tetapi bersifat reforestasi (Soemarwoto, 1992). Mungkin lebih tepat disebut afforestasi yakni membangun fungsi ekologis hutan di luar (administratif) kawasan hutan. Berdasarkan definisi hutan dengan konsep land cover change yang dianut banyak negara, perkebunan termasuk perkebunan kelapa sawit dapat dikategorikan sebagai hutan (berfungsi ekologis hutan), meskipun secara administratif tidak berada dalam kawasan hutan.

Sutandi, dkk (2011) semakin dangkal pirit berpengaruh nyata terhadap menurunnya pH tanah. Produksi kelapa sawit juga dipengaruhi oleh kedangkalan pirit, penurunan produksi pada kedalaman pirit <60 cm dan 60-120 cm berturut-turut adalah 26-15%. pH tanah berkisar 3,0-9,0. Unsur hara lebih mudah diserap akar tanaman pada pH netral, selain itu pada pH netral kandungan hara makro yang

dibutuhkan tanaman juga tersedia dalam jumlah banyak.

Htut (2004) menyatakan mengemukakan bahwa karbon biomassa meningkat dengan peningkatan umur. Kondisi maksimum pada umur 19-24 tahun dengan kandungan karbon sebesar 27.168 ton setiap hektarnya. Variasi nilai yang diperoleh tersebut sesuai dengan luasan lokasi penelitian dan umur kelapa sawit. Namun, pembukaan lahan dengan cara pembakaran hutan dan konversi lahan gambut menjadi perkebunan terbukti melepaskan CO₂ sebesar 20–55 ton/ha/tahun (Hooijer et al., 2006).

Areal yang berpotensi untuk perluasan perkebunan kelapa sawit tidak saja lahan mineral, tetapi juga lahan gambut. Lahan gambut menyimpan karbon yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral. Di daerah tropis karbon yang disimpan tanah dan tanaman pada lahan gambut bisa 10 kali karbon yang disimpan oleh tanah dan tanaman pada tanah mineral. Penelitian oleh Yulianti (2009) pada lahan gambut di PTPN IV Ajamu, Kabupaten Labuhan Batu menunjukkan bahwa kandungan karbon kelapa sawit umur 11 tahun adalah sebesar 799 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan jenis tanah, varietas tanaman, dan lain sebagainya sangat mempengaruhi kandungan C tanaman sawit. Beberapa penelitian terdahulu juga telah melakukan penelitian tentang pendugaan C biomassa kelapa sawit pada berbagai jenis lahan. Cadangan C biomassa pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkisar antara 31-101 ton/ha (Lasco, 2002).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dapat di simpulkan bahwa cadangan karbon lahan berpirit semakin besar bila umur sawit dalam kondusi produktif. Ini dapat dilihat dari kelapa sawit dengan umur diawal 15 tahun pada lokasi I memiliki kemampuan penyerapan karbon pada kelapa sawit adalah 21,85206 ton CO₂/ha/tahun lebih besar dari kelapa sawit diumur 20 tahun pada lokasi II 21.67293 ton CO₂/ha/tahun.

Saran

Adapun saran dari penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghitung berapa besar cadangan karbon di setiap tingkatan kedalaman pirit yang ada di areal perkebunan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Atang Sutandi, Budi Nugroho, dan Bayu Sejati. 2011. Hubungan kedalaman pirit dengan beberapa sifat kimia tanah dan produksi kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). *Jurnal Ilmu tanah dan Lingkungan* 13 (1):1-12.
- Brown, S dan G. Gaston. 1996. *Estimates of Biomass Density For Tropical Forests*. MIT Press. Cambridge.
- Direktorat Jenderal Perkebunan Departemen Pertanian. 2006. *Profil Kelapa Sawit Indonesia*. Jakarta.
- Efendi, K. 2012. Potensi Karbon Tersimpan Dan Penyerapan Karbon Dioksida Hutan Tanaman Eucalyptus, sp. *Tesis*. Mahasiswa Pasca Sarjana Program Studi Maagister Pngelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hairiah, K dan Rahayu. 2014. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre, ICRAF. Bogor.
- Henson, I E. 2017. A. Review of Models for Assessing Carbon Stocks and Carbon Sequestration in Oil Palm. *Journal of Oil Palm Research* 29 (1) :1 – 10.
- Hilmi, E. 2003. Model Penduga Kandungan Karbon Pada Kelompok Jenis Rhizopora spp. Dan Bruguiera spp. Dalam Tanaman Hutan Mangrove (Studi Kasus di Indragiri Hilir, Riau). *[Disertasi]*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Wösten, and S. Page. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ Emissions from Drained Peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics Report Q3943 (2006), in Cooperation with Wetlands International and Alterra, [Http://www.wetlands.org/publication](http://www.wetlands.org/publication). [Diakses: 12 Oktober 2020]
- ICRAF. 2014. *Trees on Farm: Analysis of Gobal Extent and Geogrphival Pattern*

- of Agroforestry. United Nation Avenue. Kenya.
- Iswanto, A.H., T. Sucipto, I. Azhar and F. Febrianto. 2010 Sifat Fisis dan Mekanis Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Asal Kebun Aek Pancur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, Vol. 3(1): 7-12.
- Koo Lip Khon and Martin Rudbeck Jackson. 2015. Carbon stock of oil palm plantations and tropical forests in Malaysia: A review *Singapore Journal of Tropical Geography* 36(2): 249-266
- Lasco, R.D. 2002. Forest Carbon Budgets in Southeast Asia Following Harvesting and Land Cover Change. *Science in China*. 4 (2):55-64.
- Muhdi. 2013. Potensi Biomassa Tanaman Setelah Pemanenan Kayu di Hutan Alam Tropika Kalimantan Timur. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Biologi*. Departemen Ilmu Kehutanan USU. Medan.
- Muhdi. 2014. Pendugaan Cadangan Biomassa di Atas Permukaan Tanah Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera Utara. *Dalam Seminar Nasional Biologi*. Departemen Ilmu Kehutanan USU. Medan.
- Onrizal. 2004. Model Pendugaan Biomassa dan Karbon Tanaman Hutan Kerangas di Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Barat [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ramdan, H., Yusran, & Darusman, D. (2003). *Pengelolaan sumberdaya alam dan otonomi daerah: perspektif kebijakan dan valuasi ekonomi (cetakan pertama)*. Alqaprint Jatinangor Sumedang. Bandung
- Soemarwoto, O. 1992. *Indonesia Dalam Kancah Isu Lingkungan Global*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Thenkabail, P.S., N. Stucky., B.W. Griscom., M.S. Sahton., J. Diels., B. Van Der Meer dan E. Eclona. 2011. Biomass Estimations and Carbon Stock Calculations in The Palm Plantations of African Derived Savannas Using Ikonos Data. *International Journal of Remote Sensing* 25: 8-14.
- Whitmore, TC. 1985. *Tropical Rain Forest of The Far East*. Oxford University Press. London.
- Yulianti, N. 2009. Cadangan Karbon Lahan Gambut Dari Agroekosistem Kelapa Sawit PTPN IV Ajamu, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.