

**NERACA KARBON PADA SISTEM PERTANIAN BERBASIS
PENGUNAAN ABU SISA DARI BAKARAN DI LAHAN GAMBUT PEDALAMAN
(Studi kasus pada Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays L. Saccharata*) di Kalimantan)
(Carbon Balance in Farming systems Based the Use of Ash of Burnt on Inland Peat : The Case
Study on Cultivation of Corn (*Zea mays L. Saccharata*) in Kalimantan)**

Surawijaya, P.,¹⁾ dan Yovita²⁾

¹⁾Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya

²⁾Jurusan Agribisnis UPBJJ-Universitas Terbuka Palangka Raya

Email: surawijayapanji@gmail.com

Diterima : 18/3/2017

Disetujui : 30/3/2017

ABSTRACT

This study aims to: (1) analyzing the balance of carbon in the combustion materials to produce ash burnt on the cultivation of corn plants (2) analyze the effect of the ash of burn on the physical and chemical properties of peat ombrogen. The results showed that the net balance obtained from this study is negative, this is because the value of the carbon is lost during an emissions in the combustion process wood / roots, weeds urchins and groundcover plants prior to obtaining the ashes of burnt of litter is 0.607 t of carbon/ha is larger than the value of the carbon that is successfully moored by weeds urchins 0.057 t of carbon/ha and litter previous crop (great chili plant litter) is 0.11 t of carbon/ ha, only 21,41% carbon successfully tethered.

Keywords: Balance of carbon, peat ombrogen, ash ameliorant and sweet corn crops.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis neraca karbon pada pembakaran bahan-bahan untuk menghasilkan abu bakaran pada budidaya tanaman jagung manis (2) menganalisis pengaruh abu bakaran terhadap sifat fisik dan kimia tanah gambut ombrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa neraca karbon yang diperoleh dari hasil penelitian ini bernilai negatif, hal ini dikarenakan nilai karbon yang hilang saat terjadi emisi pada proses pembakaran kayu/akar, gulma bulu babi dan serasah tanaman sebelumnya untuk memperoleh abu bakaran dari serasah adalah 0,607 t karbon/ha ini lebih besar dari nilai karbon yang berhasil ditambat oleh gulma bulu babi 0,057 t karbon/ha dan serasah tanaman sebelumnya (serasah tanaman lombok besar) yaitu 0,11 t karbon/ha, hanya 21,41% karbon yang berhasil ditambat.

Kata Kunci: Neraca karbon, gambut ombrogen, abu amelioran dan tanaman jagung manis.

PENDAHULUAN

Kalimantan Tengah merupakan provinsi dengan lahan gambut yang luas yaitu sekitar 3 juta ha atau 52,18% dari total gambut di Kalimantan (Wahyunto, *et al.*, 2004). Lahan gambut di Kalimantan Tengah sebagian besar merupakan lahan gambut ombrogen, yaitu lahan gambut yang kondisi hidrologisnya hanya dipengaruhi oleh curah

hujan dan tingkat kesuburan tanah sangat rendah.

Salah satu kendala utama petani dalam pengelolaan lahan gambut untuk pertanian adalah tingkat kemasaman yang tinggi. Kurnain (2005) menunjukkan bahwa sumber utama kemasaman pada lahan gambut adalah hasil disosiasi asam-asam organik.

Pada umumnya upaya petani dalam penurunan tingkat kemasaman adalah memberikan abu bakaran serasah tanaman. Abu hasil pembakaran selanjutnya dicampur dengan bahan amelioran lainnya, kemudian diberikan ke dalam lobang tanam.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa petani di lahan gambut sudah cukup lama mempraktekkan pembakaran bahan-bahan tersebut secara terkendali, guna memperoleh abu sebagai bahan penyubur terpenting bagi tanaman yang dibudidayakan. Pembakaran tersebut dikhawatirkan berdampak pada simpanan karbon di lahan gambut, sehingga diperlukan suatu kajian untuk menilai keberlanjutan usahatani berbasis abu bakaran di lahan gambut. Keberlanjutan tersebut dapat didekati dengan menganalisa perubahan kualitas tanah gambut dan peningkatan produktivitas sebagai akibat pemberian abu bakaran. Selain itu juga dapat di analisis dari neraca karbon pada sistem pertanian berbasis abu bakaran di lahan gambut ombrogen.

Lahan gambut yang kaya bahan organik, dengan ketebalan minimal 50 cm memiliki kandungan karbon minimal 12-18%. Diperkirakan dalam setiap 1 meter gambut memiliki simpanan 700 ton karbon (Sitanggang, *et al.*, 2012). Hasil penelitian Rumbang (2013) menunjukkan rata-rata bahan organik pada lahan gambut di Kalamangan berkisar antara 98,01 – 98,68% dan kandungan C-organik berkisar antara 56,95 – 57,23%.

Konversi gambut sebagai lahan pertanian dihadapkan beberapa kendala; seperti pH rendah, KTK tinggi, KB rendah, dan rendahnya unsur makro atau mikro. Pemberian kapur (dolomit atau kalsit) mampu memperbaiki kondisi tersebut, berdampak pada terjadinya emisi CO₂ yang dilepas melebihi penambatannya. Juga berdampak pada efek gas rumah kaca, dan terancamnya keberadaan gambut sebagai gudang karbon. Salah satu alternatif yang digunakan oleh petani adalah memberikan

abu bakaran. Sagiman (2007) menjelaskan bahwa abu bakaran dapat memperbaiki kesuburan tanah namun pembakaran harus dilakukan secara terkendali. Abu bakaran ternyata meningkatkan, kerapatan lindak, total kalsium, dan total fosfor (Sasli, 2011).

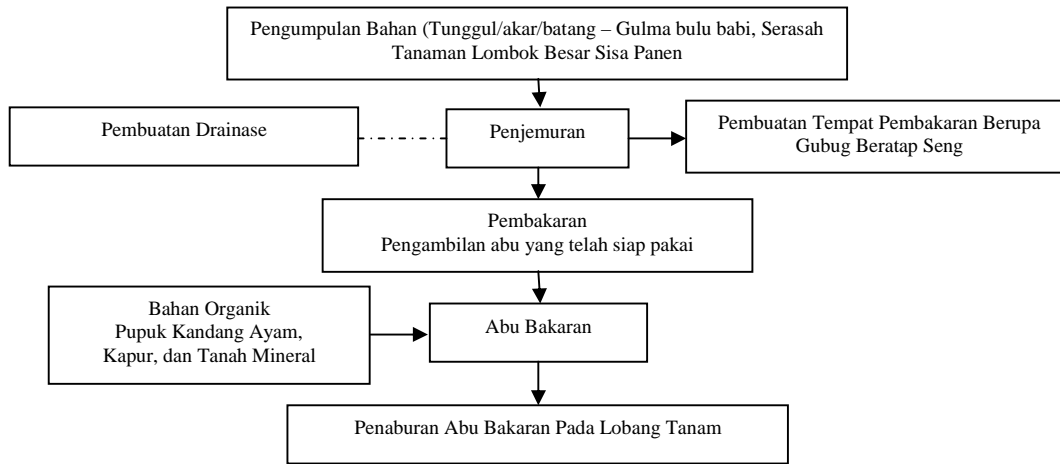
Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis neraca karbon pada pembakaran bahan-bahan untuk menghasilkan abu bakaran pada budidaya tanaman jagung (2) menganalisis pengaruh abu bakaran terhadap sifat fisik dan kimia tanah gambut ombrogen.

BAHAN DAN METODE

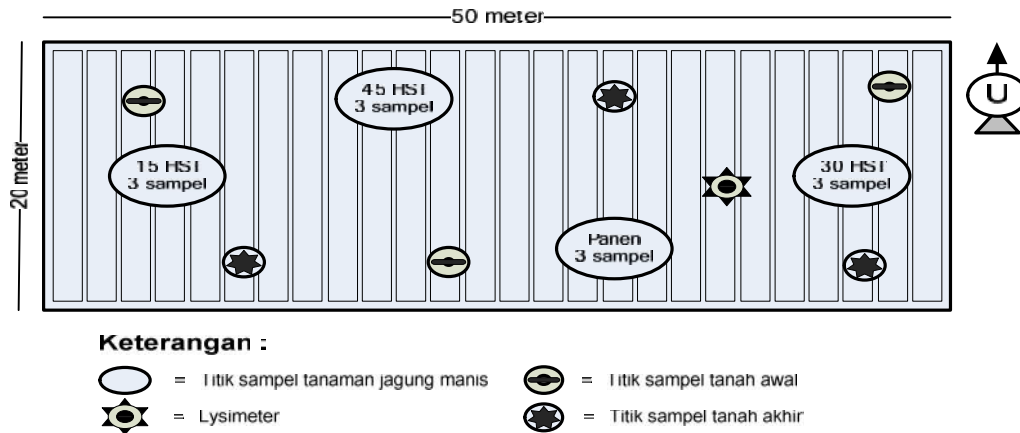
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Nopember 2013 sampai dengan bulan Januari 2014. Dilaksanakan dalam bentuk penelitian lapangan dan penelitian laboratorium. Penelitian lapangan ditetapkan titik sampel lahan petani di Kelurahan Kalamangan, Kecamatan Sebangau, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Sementara itu, untuk penelitian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Dasar dan Analitik Universitas Palangka Raya dan Laboratorium CIMTROP Universitas Palangka Raya.

Penelitian ini dirancang dengan mengikuti rangkaian budidaya tanaman jagung sebagaimana yang dilakukan petani di Kelurahan Kalamangan. Dalam budidaya ini terlebih dahulu diawali dengan pembuatan abu bakaran yang dipergunakan sebagai amelioran pendukung usaha tani. Karena mengikuti pola petani, maka perlakuan kontrol tidak ada. Hal ini sesuai dengan keyakinan petani tanpa abu tidak ada tanaman yang dapat tumbuh baik diatas lahan gambut.

Proses pembuatan abu bakaran yang berasal dari bahan-bahan berupa bongkahan kayu/akar, gulma bulu babi, dan serasah tanaman lombok besar sisa panen sebelumnya dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan abu bakaran sebagai bahan amelioran untuk Budidaya tanaman jagung manis



Gambar 2. Petakan tanaman jagung manis

Budidaya Jagung Manis

Budidaya tanaman jagung manis atau usaha tani tanaman jagung manis, dengan menggunakan abu bakaran bekas tanaman lombok besar. Petakan tanaman Jagung manis dapat dilihat pada Gambar 2. Parameter yang diukur pada usahatani tanaman jagung manis dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter yang diukur pada usahatani tomat meliputi:

- 1) Analisis awal kondisi tanah baik sifat fisik (kadar air, BD); sifat kimia (pH, DHL, N total, P Bray 1, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK, KB).
- 2) Analisis sifat fisik tanah umur 6 MST (kadar air, BD); sifat kimia (pH, DHL,

N total, P Bray 1, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK, KB).

- 3) Berat basah tanaman jagung manis umur 15, 30, 45 HST dan saat panen (98 HST)
- 4) Berat kering tanaman tomat umur 15, 30, 45 HST dan saat panen (98 HST) (dioven pada suhu 105°C selama 48 jam).
- 5) Berat tanaman jagung manis umur 15, 30, 45 HST dan saat panen (98 HST) setelah dilakukan pengabuan (dioven pada suhu 900°C selama 5 jam)
- 6) Analisis akhir kondisi tanah setelah panen tanaman jagung manis baik sifat fisik (kadar air, BD); sifat kimia (pH, DHL, N total, P Bray 1, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK, KB).

Metode Analisa Laboratorium, pada penelitian ini dilakukan 4 tahapan pengujian laboratorium. Untuk tahap I parameter yang ditetapkan yaitu pH (H₂O) abu, kandungan P, K dan Ca untuk abu bakaran. Pada tahap II pengujian sifat tanah awal. Pada tahap III parameter yang dilihat yaitu uji total emisi karbon saat pembakaran serasah menjadi abu bakaran dan tahap IV parameter yang dilihat yaitu uji besarnya karbon tertambat oleh tanaman budidaya dan gulma pada lahan tersebut. Analisa abu bakaran seperti: Analisis pH, P, K, Ca.

Pengukuran karbon (C) tercuci dengan alat soil lysimeter (Barton, *et al.*, 2005; Hepperly, *et.al*, 2009). Lysimeter yang digunakan terbuat dari plat baja dengan ukuran lebar 20 cm panjang 30 cm. Alat ini digunakan di lapangan sebanyak 1 (satu) buah yang ditempatkan pada petak/plot penanaman, yaitu plot penanaman tomat. Alat ini diletakkan dibawah akar tanaman dengan kedalaman 15 cm dibawah permukaan tanah dengan kemiringan 15°C, alat ini dihubungkan ke jerigen penampungan air perkolasi dengan selang plastik dan diletakkan 25 cm dari permukaan tanah dan diberi pipa udara agar air perkolasi bisa masuk ke jerigen. Air perkolasi sebagai sumber data pencucian karbon (leaching) diukur sebanyak 4 kali yaitu pada saat tanaman berumur 15 hari, 30 hari, 45 hari dan saat panen (58-98 HST).

1. Pengukuran emisi karbon permukaan tanah gambut ombrogen, untuk mengetahui besarnya emisi karbon dengan metode chamber tertutup (*closed chamber method*) (Morishita, 2002).

2. Pengukuran emisi karbon saat pembuatan abu bakaran, proses pengukuran emisi saat pembuatan abu bakaran dengan menggunakan Chimney (cerobong) yang sudah disetting sebelum kegiatan pembakaran (Hamada., 2013a dan 2013b)
3. Penambatan karbon oleh serasah tanaman dan gulma bulu babi. Pengukuran jumlah karbon yang tertambat berdasarkan kehilangan bobot karena pemanasan. Kadar abu dapat dihitung dengan persamaan:

$$KA = \frac{(\text{Berat awal sampel} - \text{Berat akhir sampel})}{(\text{Berat awal sampel})} \times 100\%$$

Setelah nilai bahan kering serasah tanaman sisa panen dan gulma bulu babi serta kadar abu didapatkan maka kandungan karbon dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kandungan Karbon} = \text{Kadar Bahan Kering} - \text{Kadar Abu}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Karbon Tercuci

Besarnya karbon tercuci melalui air perkolasi akan sangat tergantung dengan besarnya air hujan yang turun pada lahan tersebut. Semakin banyak air hujan yang turun di lahan tersebut maka semakin besar jumlah karbon yang terlarut. Nilai karbon tercuci melalui air perkolasi pada budidaya tanaman jagung manis dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Karbon tercuci melalui air perkolasi pada budidaya tanaman jagung manis

No.	Tanaman/ Waktu Pengukuran	Jml Air Perkolasi (l) ^{*)}	Jumlah CO ₂ (mg/l) ^{**)}	Jumlah CO ₂ terlarut (mg/tnm)	Populas i Tanam an	Total CO ₂ terlarut (mg/1000 m ²)	Total CO ₂ terlarut (g/1000 m ²)	Total CO ₂ Tercuci (g/1000 m ²)
1.	15 HST	2.65	28.34	75.10	3.584	271.334	0.271	
2.	30 HST	1.42	29.92	42.49	3.584	152.270	0.152	
3.	45 HST	0.99	23.94	23.70	3.584	84.944	0.085	
4.	Saat Panen	0.75	28.16	21.12	3.584	75.694	0.076	
	Total	5.81	110.36	162.41	14.336	584.242	0.584	2.143

Emisi karbon permukaan tanah

Emisi karbon permukaan tanah gambut ombrogen di lahan budidaya tanaman jagung manis di Kalampangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Emisi karbon permukaan tanah gambut ombrogen di lahan budidaya tanaman jagung manis di Kalampangan

Ulangan	Budidaya Tanaman jagung manis	
	(g/1000 m ²)	
1.	172.473	
2.	171.998	
3.	169.717	
Jumlah	514.188	
Rataan	171.396	

Emisi karbon saat pembuatan abu bakaran

Emisi karbon saat pembakaran di lahan budidaya tanaman jagung manis di Kalampangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Emisi karbon saat pembakaran di lahan budidaya tanaman jagung manis di Kalampangan

Ulangan	Budidaya Tanaman jagung manis	
	(g/1000 m ²)	
1.	606.024	
2.	606.468	
3.	609.132	
Jumlah	1.821.624	
Rataan	607.208	

Penambatan karbon oleh gulma bulu babi dan serasah tanaman

Penambatan karbon oleh gulma bulu babi, dan serasah tanaman Lombok besar sisa panen sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Penambatan karbon oleh gulma bulu babi sebesar 207.856 g per 1000 g berat segar atau berat basah gulma bulu babi saat ditimbang, jumlah gulma bulu babi yang diperoleh 275 kg sehingga penambatan untuk penanaman jagung manis sebesar 57.160 g/1000 m².

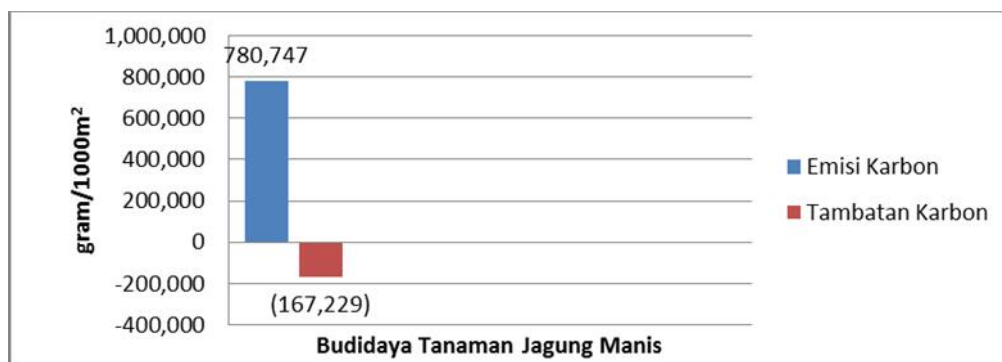
Tabel 4. Penambatan karbon oleh gulma bulu babi di Kalampangan

No.	Penambat	Bobot Karbon			Jumlah	Rataan	Kalibrasi 1000 g	Satuan bobot karbon
		1	2	3				
1.	Gulma Bulu Babi	25.57	35.12	18.78	80.96	26.987	207.856	g/kg BB

Sumber : Data diolah, 2015.

Tabel 5. Penambatan karbon oleh serasah tanaman lombok besar sisa panen sebelumnya di Kalampangan

Tanaman	Bobot Basah (g)	Rataan			Populasi Tanaman	Bobot Karbon (g/1000 m ²)
		Bobot Kering (g)	Bobot Abu (g)	Bobot Karbon (g)		
Serasah Jagung	257,78	47,51	2,84	44,67	2464	110,078



Gambar 3. Neraca karbon pada budidaya tanaman jagung manis

Tabel 6. Data hasil analisis tanah di awal, 6 MST dan di akhir setelah panen pada budidaya tanaman jagung manis

No.	Parameter	Awal tanam	6 MST	Akhir Setelah Panen
1.	pH H ₂ O (1:2,5)	3,48	5,24	3,82
2.	pH KCl (1:2,5)	3,31	4,60	2,73
3.	DHL mS cm ⁻¹	0,07	0,02	0,29
4.	C Org (%)	43,15	29,43	51,51
5.	N-Total (%)	0,40	0,48	0,66
6.	C/N	108,26	60,94	79,31
7.	P Bray I (ppm)	804,30	682,29	703,33
8.	K-dd (me/100g)	1,22	1,71	0,57
9.	Ca-dd (me/100g)	4,85	5,01	5,01
10.	Mg-dd (me/100g)	1,22	1,60	1,35
11.	Na-dd (me/100g)	0,15	0,18	0,19
12.	KB (%)	23,76	17,84	21,30
13.	KTK (me/100g)	131,34	147,72	133,61
14.	BD (g/cm ³)	0,37	0,35	0,38
15.	Kadar Air (%)	63,21	62,48	56,32
16.	Tingkat Dekomposisi	Saprik	Saprik	Saprik

Pengaruh abu bakaran terhadap sifat fisik dan kimia tanah tanah gambut ombrogen

Para petani di Kelurahan Kalampangan mengandalkan penggunaan abu bakaran dalam bercocok tanam. Hal ini dilandasi keyakinan dan pengalaman para petani itu sendiri bahwa abu bakaran memiliki kemampuan dalam mengatasi kendala kesuburan lahan gambut sehingga akan lebih mampu menjadikan tanaman tumbuh lebih baik. Hasil analisis tanah awal, 6 MST dan akhir saat panen dapat dilihat pada Table 6, dimana pH tanah yang naik setelah diberikan abu bakaran, akan turun kembali diakhir budidaya atau setelah panen, oleh sebab itu setiap kali budidaya

selalu diberikan abu pada setiap lobang tanam.

Pembakaran bahan organik menjadi abu bakaran dilakukan menurut jenis bahan organik. Bahan organik yang diperlukan setiap fase penanaman seperti bahan kayu/akar yang diperoleh dari lahan itu sendiri saat pengolahan tanah berjumlah 946 kg, serasah gulma bulu babi sebanyak 275 kg dan serasah tanaman sisa panen sebelumnya sebanyak 2464 tanaman dari ketiga bahan tersebut saat di bakar diperoleh abu sebanyak 436 kg.

Kebutuhan bahan organik pada budidaya tanaman jagung manis dengan luas lahan 1000 m² dan populasi 3584 tanaman, kebutuhan bahan organik per lobang tanam sesuai apa yang dilakukan petani sebanyak

120 gram sehingga total kebutuhan bahan organik 431 kg. Analisis kualitas abu bakaran untuk budidaya tanaman jagung manis dengan pH H₂O sebesar 6,35, K-dd 0,19 me/100 g, Ca-dd 2,36 me/100 gram dan P total 2.250 ppm.

Pengaruh Abu bakaran terhadap sifat fisik tanah gambut ombrogen

Karakteristik fisik tanah gambut yang penting dalam pemanfaatannya untuk pertanian meliputi kadar air, berat isi (*bulk density*), daya menahan beban (*bearing capacity*), penurunan permukaan (*subsiden*), dan mengering tidak balik (*irreversible drying*). Kadar air tanah gambut berkisar antara 100-1.300% dari berat keringnya (Mutalib *et al.*, 1991). Berat volume tanah gambut ditentukan antara lain oleh tingkat kematangan bahan gambut dan kadar lengasnya. Hasil analisa tanah tingkat kematangan kedua lokasi penelitian yang tergolong saprik (matang), ialah gambut yang sudah melapuk lanjut dan bahan asalnya tidak dikenali, berwarna coklat tua sampai hitam, dan bila diremas kandungan seratnya < 15% (Radjagukguk, 1993 dan Rielely *et al.*, 1996).

Pengaruh abu bakaran terhadap sifat fisik tanah gambut ombrogen dalam budidaya tanaman jagung manis

Hasil pengujian terhadap sifat fisik tanah gambut ombrogen pada budidaya tanaman Jagung Manis di Kelurahan Kalamangan, dimana untuk parameter kadar air (%) pada lahan budidaya tanaman jagung manis awal tanam 63,21 %, umur 6 MST 62,48 dan saat setelah panen 56,32 %. Data Berat isi tanah gambut ombrogen pada awal tanam sebesar 0,37 g/cm³, umur 6MST 0,35 g/cm³, dan Saat setelah panen 0,38 g/cm³.

Pengaruh Abu bakaran terhadap sifat kimia tanah gambut ombrogen

Hasil pengujian terhadap sifat kimia tanah gambut ombrogen pada budidaya tanaman jagung manis di Kelurahan Kalamangan dapat dilihat sebagaimana Tabel 7.

Produksi Tanaman Jagung Manis

Produksi tanaman jagung manis yang diperoleh dari penghitungan panen salah seorang petani di Kelurahan Kalamangan dapat dilihat sebagaimana Tabel 8.

Tabel 7. Sifat kimia tanah gambut ombrogen pada budidaya tanaman jagung manis di Kelurahan Kalamangan.

No.	Parameter	Tomat		
		Tnh awal tanam	6 MST ^{*)}	Tnh akhir panen
1.	pH H ₂ O (1:2,5)	3.48	5.24	3.82
2.	pH KCl (1:2,5)	3.31	4.6	2.73
3.	DHL (mS cm ⁻¹)	0.07	0.02	0.29
4.	N-Total (%)	0.40	0.48	0.66
5.	P-Bray 1 (ppm)	804.3	682.29	703.33
6.	K-dd (me/100g)	1.22	1.71	0.57
7.	Ca-dd (me/100g)	4.85	5.01	5.01
8.	Mg-dd (me/100g)	1.22	1.6	1.35
9.	Na-dd (me/100g)	0.15	0.18	0.19
10.	KB (%)	23.76	17.84	21.30
11.	KTK (me/100g)	131.34	147.72	133.61

^{*)} MST = Minggu Setelah Tanam

Tabel 8. Data Panen dan Produksi Tanaman Jagung Manis

No.	Parameter yang dilihat	Tomat
1	Hasil panen	3573 tongkol (20x50m)
2	Harga jual	Rp.1000-/Kg
3	Hasil jual (Rp)	3.575.000
4	Hasil bersih/ luasan riil	3.103.050

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Neraca karbon yang diperoleh dari hasil penelitian ini bernilai negatif, nilai karbon yang hilang saat terjadi emisi pada proses pembakaran kayu/akar, gulma bulu babi dan serasah tanaman sisa panen sebelumnya untuk memperoleh abu bakaran dari serasah adalah 0,781 t karbon ha⁻¹ ini lebih besar dari nilai karbon yang berhasil ditambat oleh gulma bulu babi dan serasah tanaman lombok besar yaitu 0,167 t karbon ha⁻¹, hanya 21,41% karbon yang berhasil ditambat.

Pemberian abu bakaran berpengaruh positif terhadap sifat kimia tanah gambut ombrogen seperti pH, P Bray 1, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, KTK dan KB, sehingga lahan gambut ombrogen Kalamangan bisa dimanfaatkan untuk lahan budidaya tanaman jagung manis.

Saran

Disarankan penelitian ini bisa berlanjut untuk melihat macam-macam tanaman budidaya yang lain karena masih banyak siklus tanaman yang dibudidayakan oleh petani di lahan budidaya dan biasanya didasarkan pada kondisi pasar.

DAFTAR PUSTAKA

Barton, L., Schipper, L.A., Barkle, G.F and McLeod, M. 2005. Land Application of Domestic Effluent onto Four Soil Types: Plant Uptake

and Nutrient Leaching. *Journal of Environmental* (34):635-643.

Hamada, Y. 2013a. Procedure for gas/smoke emission measurement ver. 1.0 (Tentative).

Hamada, Y. 2013b. Design of chimney for measuring crop residue burning emission.

Hepperly, P., L. Don., U. C. Ziegler., S. Rita., R. Carolyn. 2009. Compost, Manure and Synthetic Fertilizer Influences Crop Yields, Soil Properties Nitrat Leaching and Crop Nutrient Content. *Compost Science & Utilization* (17):117-126.

Kurnain, A.2005. Dampak Kegiatan Pertanian dan Kebakaran atas Watak Gambut Ombrogen. *Disertasi Program Pascasarjana UGM.Yogyakarta.*

Morishita. 2002. How to Collect Soil Air. Hokkaido University.Sapparo Japan.

Mutalib, A.A., J.J. Lim., M.H. Wong and L. Koonvai. 1991. Characterization, distribution and utilization of peat in Malaysia. Proc. International Symposium on tropical peatland. 6-10 May 1991, Kuching, Serawak, Malaysia.

Radjaguguk, B. 1993. Peat Resource of Indonesia: its Extent Characteristics, and Development Possibilities. Makalah disajikan pada The Third Seminar On The Greening of Desert Entitled: Desert Greening With Peat. March, 17th, 1993, Waseda University, Tokyo.

Rieley, J.O, Ahmad-Shah, A.A and Brady, M.A. 1996. The extent and nature of tropical peat swamps, E. Maltby, C. P. Immirzi and R. J. Safford, Eds. In proceeding of a workshop on integrated planning and management of tropical lowland peatlands.IUCN.Gland. Switzerland. P. 28.

Rumbang, N. 2013. Kajian Emisi karbon Dioksida pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Gambut di Kalimantan. *Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.* 263.

- Sagiman, S. 2007. Pemanfaatan Lahan Gambut Dengan Perspektif Pertanian Berkelanjutan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Sasli, I. 2011. Karakterisasi Gambut Dengan Berbagai Bahan Amelioran Dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Guna Mendukung Produktivitas Lahan Gambut. J. Agrovigor volume 4 no.1 maret 2011.
- Sitanggang, G.T., R. Rahmawaty., R. Abdul. 2012. Pemetaan Potensi Karbon di Lahan Gambut Topogen Pada Berbagai Kecamatan di Kabupaten Humbang Hasudutan, Provinsi Sumatera Utara. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Wahyunto, S. Ritung dan H. Subagjo. 2004. Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan / Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan, 2000-2002. Wetlands International-Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC).