



## **Dinamika Hara pada Lahan Gambut dengan Penggunaan Lahan Kebun Kelapa Sawit, Semak dan Hutan Sekunder**

### ***Method Nutrient Dynamics of Peatland on Oil Palm Plantation, Shrub and Secondary Forest Land Uses***

Heru Bagus Pulunggono, Syaiful Anwar, Budi Mulyanto, Supiandi Sabiham

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB, Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor

---

#### **Article Info:**

Received: 07 - 11 - 2018

Accepted: 16 - 01 - 2019

#### **Keywords:**

*Characteristics, collection drain, distribution, land use, nutrient content*

#### **Corresponding Author:**

Heru Bagus Pulunggono  
Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB;  
Tel. 0251-8629360  
Fax. 0251-8629358  
Email:  
[heruipb@yahoo.co.id](mailto:heruipb@yahoo.co.id)

**Abstract:** *Natural peat and reclaimed peat for agricultural activities have different characteristics and distribution of nutrients. The characteristics and distribution of peat nutrients are determined by factors, i.e. the nature of the peat itself (chemical-physical properties), nutrients (types, properties, quantities and sources of nutrients) and water present in the peat system (content, water level and water fluctuations). Peat nutrient dynamics research was intended to identify the characteristics and distribution of macro nutrients in peat water and peat in secondary forests, shrubs and oil palm plantations. This research was conducted with purposive sampling method. Observations on oil palm plantations were carried out at three ages of oil palm (5, 12, and 16 years). Secondary forest and shrub peatlands were used as a comparison. Sampling of peat water and peat was carried out during the rainy and dry season, at four distances from the collection drain (25, 50, 75, 100, and 150 m). The results showed that nutrient levels in peat water during the dry season were greater than the wet season. The status of peat water and peat nutrients in secondary forests and shrubs is relatively the same as that of oil palm plantations that were fertilized. Seasonal, land use and distance from the collection channel differences did not have a major influence on the distribution and characteristics of macro nutrients on peat. The macro nutrients content of peat water and peat, however, showed an increase with the distance from the collection channel.*

#### **How to cite (CSE Style 8<sup>th</sup> Edition):**

Pulunggono HB, Anwar S, Mulyanto B, Sabiham S. 2019. Dinamika hara pada lahan gambut dengan penggunaan lahan kebun kelapa sawit, semak dan hutan sekunder. *JPSL* 9(3): 692-699. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.3.692-699>.

---

## **PENDAHULUAN**

Gambut alami dan gambut yang telah dibuka untuk kegiatan pertanian mempunyai karakteristik dan distribusi hara yang berbeda. Karakteristik dan distribusi hara gambut ditentukan oleh berbagai faktor utama yang mempengaruhi yaitu sifat gambut itu sendiri (sifat kimia-fisik), hara (jenis, sifat, jumlah dan sumber hara) dan air yang ada dalam sistem gambut tersebut (kandungan, tinggi muka air dan fluktuasi air).

Pembuatan saluran drainase untuk menciptakan kondisi lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan tanaman mutlak diperlukan dalam kegiatan pertanian di lahan gambut. Namun drainase pada lahan gambut terutama yang berlebihan akan memicu percepatan dekomposisi gambut lapisan atas dan lebih lanjut menyebabkan terjadinya perubahan sifat gambut (Wosten *et al.* 2008). Lahan gambut yang telah dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit dihadapkan pada permasalahan yang menyangkut produktivitas dan keberlanjutan kelapa sawit yang ada pada saat ini. Selain tingginya *input* pupuk yang diperlukan untuk menjaga agar produktivitas kelapa sawit di lahan gambut tetap optimal, masalah perubahan sifat gambut akibat konversi lahan ke perkebunan kelapa sawit menjadi hal yang tidak bisa diabaikan sebagai akibat dari drainase lahan. Perubahan sifat gambut ini jika tidak dikelola dengan bijaksana akan mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan.

Drainase lahan gambut dan fluktuasi muka air tanah menciptakan kondisi lebih aerob terutama pada lapisan atas gambut. Winarna *et al.* (2015) menjelaskan bahwa pada puncak musim hujan muka air tanah bisa mencapai 25-60 cm, sedangkan pada puncak musim kemarau muka air tanah bisa berada pada 80-100 cm di bawah permukaan gambut. Bahkan menurut Takahashi *et al.* (2002) muka air tanah pada hutan alami dapat mencapai 120 cm di bawah permukaan gambut. Hal ini memunculkan lapisan gambut yang teraerasi dan mempengaruhi kondisi biofisik lahan. Suwondo *et al.* (2010) menjelaskan bahwa perubahan kondisi biofisik lahan gambut setelah menjadi kebun kelapa sawit secara ekologi dipengaruhi oleh tinggi muka air tanah (MAT).

Pemupukan merupakan salah satu upaya mengatasi permasalahan produktivitas lahan. Pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut, pemupukan terutama dilakukan untuk mengatasi kekurangan hara karena ketersediaannya sangat berpengaruh besar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Hara yang ada juga terlarut dalam air gambut. Kandungan hara yang terdapat dalam air gambut dipengaruhi oleh fluktuasi muka air, dan sifat-sifat gambut (Sulistiyanto *et al.* 2007). Hal ini mengakibatkan perilaku dan kandungan hara dalam air gambut dan gambut berbeda-beda. Kekhawatiran kehilangan hara melalui air drainase juga menyebabkan ketidakefisienan pemanfaatan hara dari pupuk, sedangkan pengadaan pupuk membutuhkan biaya tinggi. Oleh karena itu informasi yang menyeluruh mengenai karakteristik hara dalam air gambut dan gambut sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan hara yang baik untuk mendukung produktivitas tanaman dan efisiensi pemupukan. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik dan distribusi hara makro dalam gambut pada berbagai penggunaan lahan yaitu hutan sekunder, semak dan perkebunan kelapa sawit.

## **METODE**

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Pengambilan contoh air gambut dan gambut dilakukan di perkebunan kelapa sawit di Desa Pangkalan Pisang, Kota Gasib, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Analisis air gambut dan gambut dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB, di Bogor. Penelitian diawali dengan penetapan lokasi penelitian pada bulan Januari 2015 dengan pengambilan contoh dan analisis laboratorium dilaksanakan mulai Agustus 2015 sampai Januari 2017.

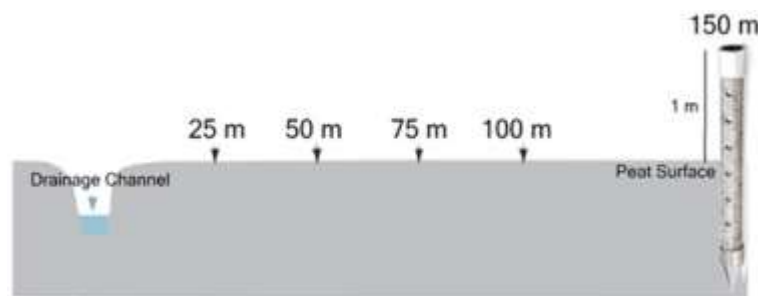
### **Pemilihan Lokasi dan Penetapan Titik Pengamatan**

Pengamatan dilakukan pada tiga jenis penggunaan lahan (hutan sekunder, semak dan kebun kelapa sawit) di lahan gambut dengan ketebalan < 3 m, tingkat kematangan hemik sampai saprik dan bobot isi antara 0.10 sampai 0.18 g cm<sup>-3</sup>. Khusus untuk pengamatan pada kebun kelapa sawit dipilih lokasi yang memenuhi kriteria umur tanaman kelapa sawit yaitu 5 tahun, 12 tahun dan 16 tahun. Lokasi transek yang terpilih untuk dijadikan sebagai lokasi pengamatan disajikan pada Tabel 1. Seluruh transek seperti tersebut dalam Tabel 1, ditetapkan tegak lurus dengan saluran kolektor (*collection drain*). Titik pengambilan contoh air gambut dan gambut berada pada jarak 25, 50, 75, 100 dan 150 m dari saluran kolektor (Gambar 1). Contoh air gambut diambil dari Piezometer yang dipasang pada jarak 4 m dari pokok kelapa sawit sedangkan contoh gambut diambil dari

empat titik di sekitar Piezometer masing-masing pada kedalaman 0–20 cm, 20–40 cm dan 40–60 cm lalu pada masing-masing kedalaman dikompositkan. Contoh air gambut diambil pada musim hujan dan kemarau masing-masing 25 contoh air gambut, sedangkan untuk masing-masing penggunaan lahan dan jarak dari saluran 10 contoh air gambut. Contoh gambut sebanyak 75 contoh gambut masing-masing pada musim hujan dan musim kemarau, sedangkan untuk masing-masing penggunaan lahan dan jarak dari saluran sebanyak 30 contoh gambut.

Tabel 1 Lokasi transek yang mewakili penggunaan lahan dengan ketebalan gambut < 3 m.

Penggunaan Lahan		Blok Lokasi Transek dan Koordinat Geografis	
1	Kelapa sawit umur 5 tahun	<b>L7/2</b>	: 0.74069° LU; 101.76787° BT
2	Kelapa sawit umur 12 tahun	<b>K19</b>	: 0.73271° LU; 101.76559° BT
3	Kelapa sawit umur 16 tahun	<b>K24</b>	: 0.77256° LU; 101.75771° BT
4	Hutan sekunder	<b>H</b>	: 0.76888° LU; 101.74099° BT
5	Semak	<b>S</b>	: 0.76907° LU; 101.73995° BT



Gambar 1 Posisi contoh berdasarkan jarak dari saluran di hutan sekunder, semak dan kebun kelapa sawit dalam satu transek.

### Penetapan Hara Makro Air Gambut dan Gambut

Sifat kimia yang diukur adalah hara makro yang mencakup N, P, K, Ca dan Mg dalam bentuk terlarut untuk air gambut dan dalam bentuk total untuk gambut. Penetapan hara gambut dilakukan dengan pengabuan basah menggunakan pengekstrak 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (USDA 2004). Selanjutnya N ditetapkan dengan metoda Kjeldhal, P dengan metoda Bray 1 yang intensitas warna biru dibaca dengan *Spectrofotometer* Shimadzu UV 1280. Basa-basa Ca, Mg ditetapkan dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Shimadzu AA 6300 sedangkan K ditetapkan dengan *Flamephotometer Corning* 405. Penetapan kandungan hara air gambut dilakukan dengan cara yang sama setelah dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 42.

### Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari penetapan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dari air gambut dan gambut diolah dengan microsoft excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Dinamika Hara Air Gambut

Total hara makro terlarut dalam air gambut pada musim hujan lebih rendah dibandingkan pada musim kemarau kecuali nitrogen (N) total (Gambar 2). Hal ini disebabkan adanya pelarutan dan pengenceran sebagian besar hara pada saat musim hujan. Pada musim hujan muka air gambut meningkat sehingga air mengisi sebagian besar koloid gambut dan mengencerkan sebagian unsur hara menyebabkan hara terlarut menjadi lebih

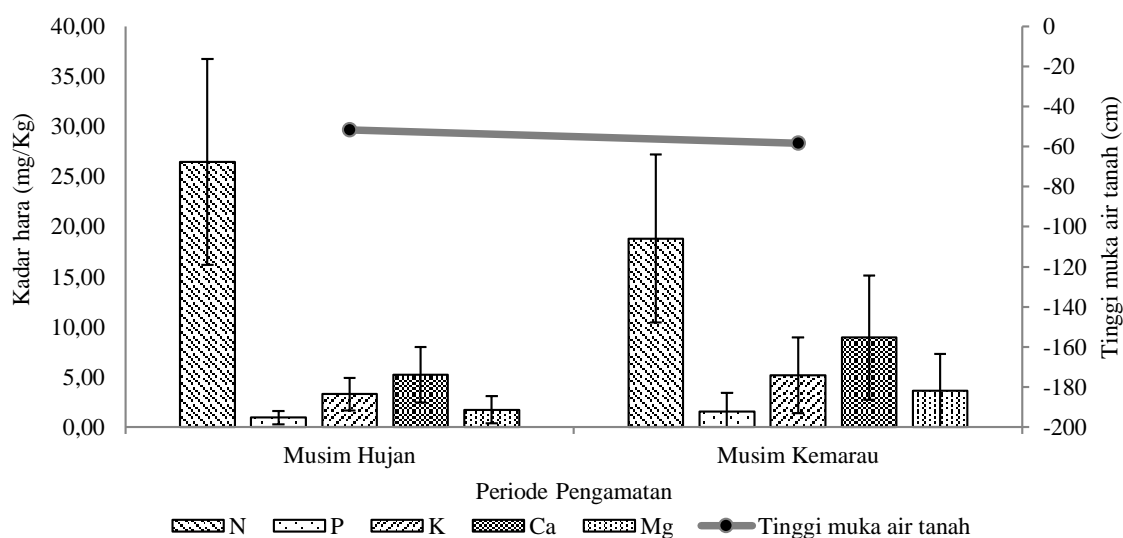
rendah. Keadaan itu juga dapat pula disebabkan oleh adanya peningkatan dekomposisi gambut pada musim kemarau yang menyumbangkan peningkatan hara karena menurunnya kadar air gambut. Menurut Radjagukguk (2001) kadar nitrogen total pada tanah gambut yang tinggi disebabkan tingginya N yang tidak tersedia, karena N tersedia hanya setelah drainase dan mineralisasi, sedangkan kadar N tidak tersedia karena dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk dekomposisi bahan organik. Hal ini berimplikasi juga pada kadar hara N total pada air gambut yang tinggi setelah gambut didrainase.

N total yang tinggi dalam air gambut pada musim hujan diduga disebabkan oleh tingginya pupuk N yang diaplikasikan dan pupuk ini mudah terlarut. Selain itu penambahan N dimungkinkan dari proses mineralisasi gambut dan dari udara yang dibawa air hujan.

Status hara air gambut di hutan sekunder dan semak masih relatif sama dengan kebun kelapa sawit yang diberi pupuk. Kadar hara makro terlarut dalam air gambut pada hutan sekunder, semak dan kelapa sawit 12 tahun lebih tinggi dibandingkan kelapa sawit 5 dan 12 tahun (Gambar 3). Hal ini disebabkan adanya penyerapan hara yang tinggi untuk kebutuhan tanaman di kebun kelapa sawit dan residu pupuk belum terakumulasi untuk kelapa sawit umur 5 dan 12 tahun sehingga pupuk yang tercuci menjadi sedikit. Kadar hara air gambut di hutan sekunder dan semak yang cukup besar berasal dari hara selama proses dekomposisi bahan organik sedangkan serapan hara diduga relatif lebih rendah dari kebun kelapa sawit.

Kadar air gambut di hutan sekunder dan semak jauh lebih rendah dibandingkan kebun kelapa sawit, sedangkan kadar hara air gambut di kebun kelapa sawit relatif tidak berbeda dengan lahan hutan sekunder dan semak. Hal ini berarti bahwa dekomposisi bahan organik cukup tinggi di hutan sekunder dan semak pada kondisi kadar air rendah. Tidak adanya perbedaan kadar hara air gambut di kebun kelapa sawit dan di hutan sekunder mengindikasikan bahwa hara yang diserap oleh tanaman kelapa sawit banyak berasal dari pupuk bukan dari dekomposisi bahan gambut.

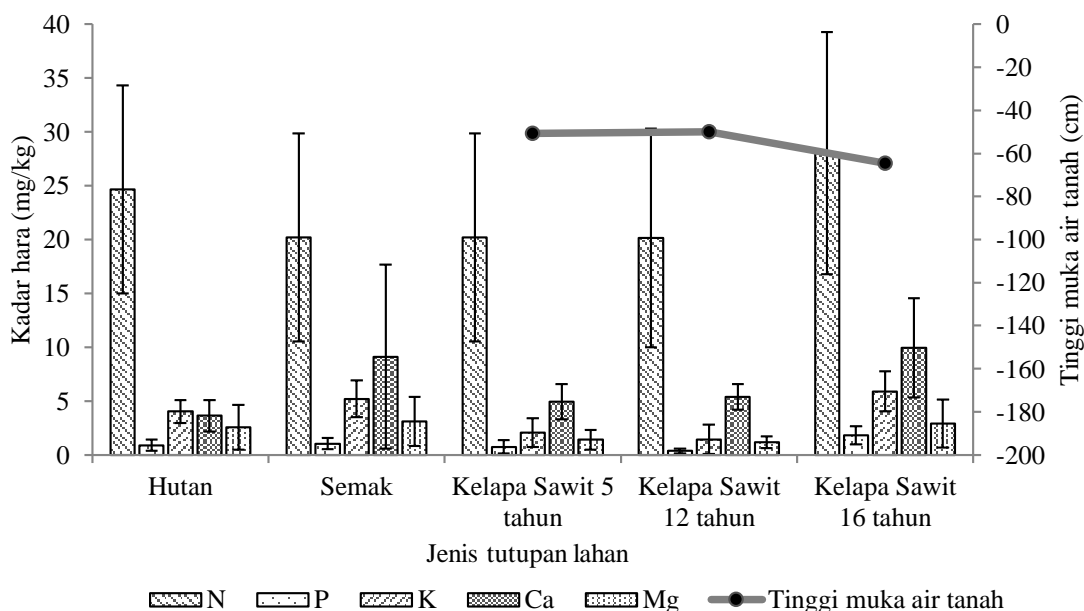
Kadar hara terlarut terutama K, Ca dan Mg air gambut di semak lebih tinggi dibandingkan hutan sekunder dan kebun kelapa sawit. Hal ini dapat disebabkan adanya pelarutan hara yang lebih besar di semak daripada di hutan sekunder dan kebun kelapa sawit. Semak didominasi oleh vegetasi dengan tutupan lahan yang rendah sehingga dekomposisi bahan organik lebih tinggi, sedangkan penyerapan hara relatif lebih rendah karena daya jangkauan akar yang rendah. Hal ini memungkinkan hara lebih banyak hilang melalui air perkolasi di semak dibandingkan di hutan sekunder dan kebun kelapa sawit.



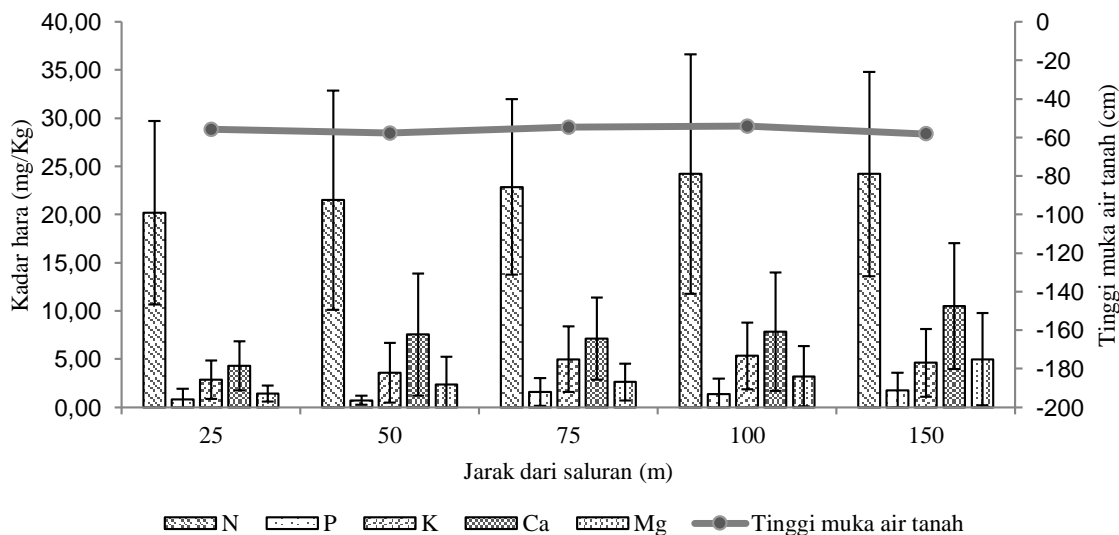
Gambar 2 Hara makro air gambut pada musim hujan dan kemarau.

Kadar hara makro air gambut berdasarkan jarak dari saluran kolektor menunjukkan peningkatan dengan semakin jauh jarak dari saluran kolektor (Gambar 4). Kadar hara pada jarak 25 m dari saluran paling rendah dibandingkan jarak lainnya. Pada jarak 25 m dari saluran semua hara menurun, hal ini menunjukkan sedikit sekali kehilangan hara melalui air perkolasi dan air ke saluran. Sebagian besar hara masih tertahan pada kompleks jerapan gambut dan kehilangan hara melalui pergerakan air ke saluran relatif kecil. Hal ini ditunjukkan pada jarak yang jauh dari saluran (50-150 m), kadar hara total dalam air gambut masih relatif tinggi.

Semakin jauh dari saluran kolektor terdapat peningkatan kadar hara terutama N, yang disebabkan menurunnya muka air gambut pada jarak yang semakin jauh dari saluran kolektor. Penurunan muka air gambut atau berkurangnya kadar air gambut memicu peningkatan dekomposisi gambut yang menyumbangkan sebagian besar hara. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Widyanto *et al.* (2014) dimana dekomposisi gambut yang ditandai oleh emisi CO<sub>2</sub> pada jarak terjauh dari saluran drainase (108 m) mempunyai nilai tertinggi dibandingkan titik terdekat dengan saluran drainase.



Gambar 3 Hara makro air gambut berdasarkan penggunaan lahan.



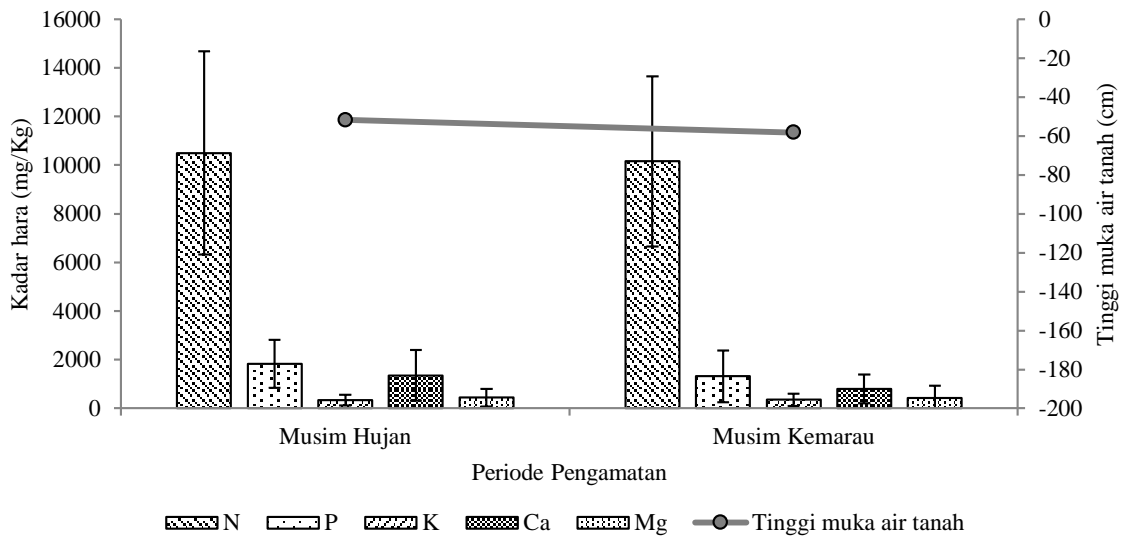
Gambar 4 Hara makro air gambut berdasarkan jarak dari saluran.

### **Dinamika Hara Gambut**

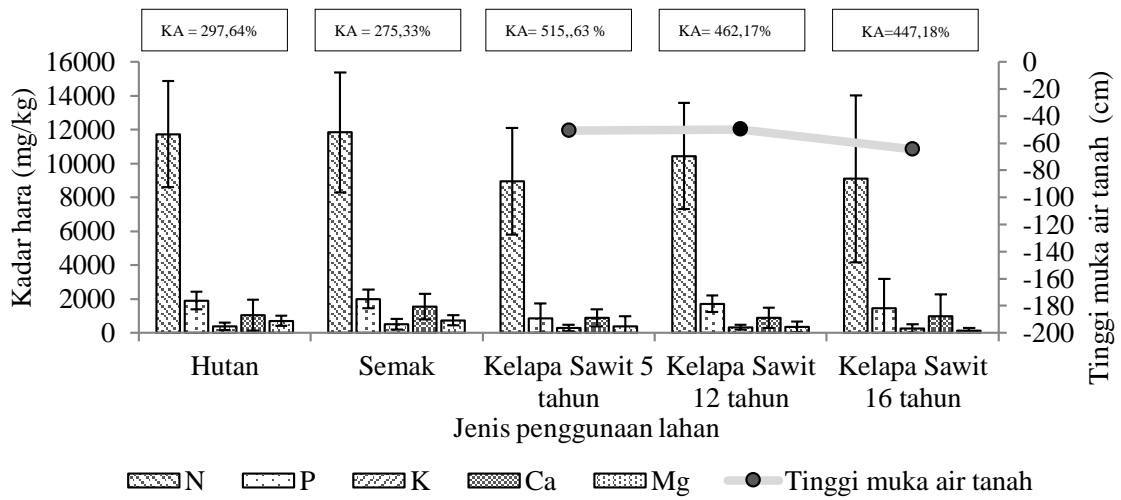
Kadar hara makro total gambut pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan kadar hara makro total musim kemarau kecuali K (Gambar 5). Kadar hara N total pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau disebabkan oleh lebih tingginya volatilisasi N yang terjadi di musim kemarau karena sifat N yang mudah ter volatilisasi pada kondisi kadar air rendah dan teraerasi. Sedangkan unsur hara P, Ca dan Mg yang lebih tinggi pada musim hujan karena tingginya aplikasi pupuk P, amelioran dolomit dan kaptan pada kelapa sawit dan sifat unsur hara P, Ca dan Mg yang relatif *imobil* sehingga tidak mudah tercuci. Pada musim hujan unsur hara K lebih mudah tercuci karena sifatnya yang mudah bergerak (*mobil*) dan pada musim kemarau terjadi pemekatan konsentrasi hara tersebut sehingga pada musim kemarau kandungannya lebih tinggi dibandingkan musim hujan.

Berdasarkan perbedaan tutupan lahan, kadar hara total gambut terutama nitrogen lebih rendah di kelapa sawit umur 5 tahun dan 16 tahun (Gambar 6), begitu juga untuk hara P, K, Ca, dan Mg juga relatif lebih rendah dibandingkan kelapa sawit umur 12 tahun, hutan sekunder, dan semak. Hal ini disebabkan oleh dosis pemupukan untuk kelapa sawit 12 tahun lebih besar dibandingkan dengan kelapa sawit 5 tahun dan 16 tahun dan umumnya dosis pemupukan kelapa sawit mengikuti sekuen umur 12 tahun > 16 tahun > 5 tahun. Kondisi ini jika tidak diimbangi dengan pemupukan yang memadai akan menyebabkan pengurasan hara gambut pada awal pertumbuhan kelapa sawit. Untuk meminimalkan pengurasan hara gambut agar gambut yang bersifat mudah rusak (*fragile*) tidak mengalami tekanan yang lebih tinggi yang dapat menurunkan daya dukung gambut maka diperlukan bahan amelioran untuk meningkatkan kemampuan gambut meretensi hara (seperti terak baja, abu terbang dan tanah mineral) dan pemberian pupuk yang bersifat lambat tersedia. Kondisi kadar hara yang rendah (kelapa sawit 5 tahun) berada pada kadar air lebih dari 500% (w/w) (Gambar 6). Pada kelapa sawit 12 dan 16 tahun kondisi kadar air gambut menurun seiring dengan pertambahan umur karena adanya penyerapan air untuk pembentukan biomassa. Seiring dengan itu terdapat penurunan kadar hara total gambut terutama nitrogen, hal ini disebabkan tingginya kebutuhan hara dari tanaman untuk membentuk biomassa dalam pertumbuhan dan produksi kelapa sawit. Pada lokasi kebun kelapa sawit terjadi peningkatan kadar air gambut yang diikuti oleh penurunan kadar hara gambut. Kondisi tersebut tidak terjadi pada hutan sekunder dan semak (Gambar 6). Peningkatan kadar air gambut di kebun kelapa sawit menurunkan potensi dekomposisi gambut yang menyumbangkan hara ditunjukkan dengan rendahnya aktivitas enzim, sehingga pemupukan yang dilakukan menjadi penting untuk mendukung pertumbuhan kelapa sawit (Harianti *et al.* 2017).

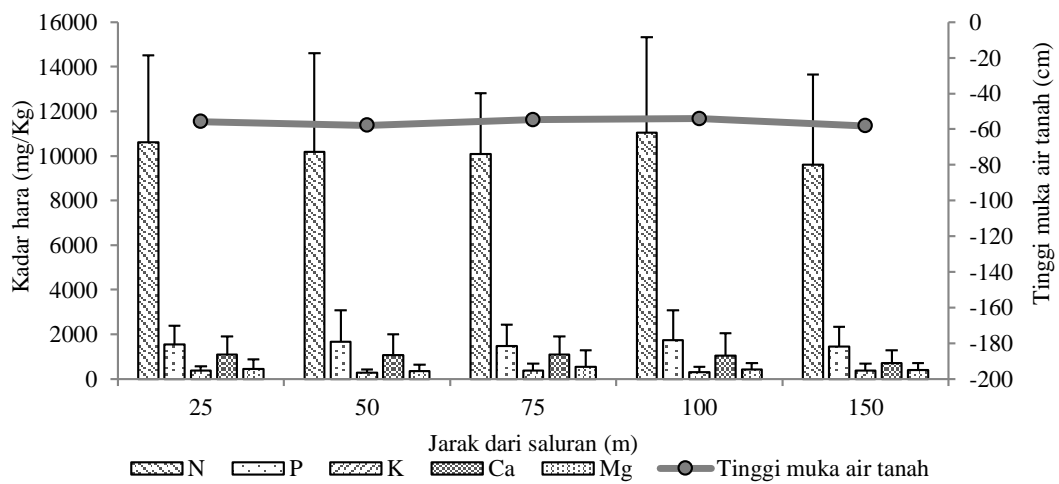
Gambar 7 memperlihatkan pola yang sama pada kadar hara makro total N, P, K, Ca dan Mg berdasarkan jarak dari saluran kolektor. Hal ini diduga pergerakan air yang membawa unsur hara secara lateral dan vertikal kecil. Pergerakan air secara lateral dan vertikal sangat dipengaruhi oleh porositas gambut. Besar kecilnya porositas gambut dipengaruhi oleh tingkat kematangan gambut. Pada lokasi penelitian ini, gambut mempunyai tingkat kematangan yang sama yaitu hemik – saprik. Kadar hara total nitrogen lebih fluktuatif dibandingkan hara makro lainnya. Kadar hara N total polanya mengikuti kadar air gambut (Gambar 7). Kadar N-total menurun dengan penurunan kadar air, hal ini sangat terkait sifat nitrogen yang mudah ter volatilisasi pada kondisi kadar air rendah dan teraerasi. Menurut Couwenberg *et al.* (2009) emisi N<sub>2</sub>O lebih tinggi terjadi pada musim hujan. Hal ini yang menyebabkan N-total lebih tinggi pada kadar air tinggi karena terdapat bentuk-bentuk N yang dilarutkan pada kandungan air yang tinggi baik yang berasal dari pupuk maupun dari dekomposisi bahan organik.



Gambar 5 Hara makro total gambut pada musim hujan dan musim kemarau.



Gambar 6 Hara makro total gambut berdasarkan penggunaan lahan.



Gambar 7 Hara makro total gambut berdasarkan jarak dari saluran.

Berdasarkan data hasil analisis dari berbagai variabel menunjukkan bahwa hara yang ditambahkan dari pupuk relatif habis diserap oleh tanaman kelapa sawit. Hal ini ditunjukkan dengan tidak lebih tingginya hara di lahan kelapa sawit pada berbagai umur dibandingkan dengan hutan dan semak belukar serta sangat rendahnya hara di air gambut. Hal ini mengindikasikan bahwa pemupukan tanaman kelapa sawit di lahan gambut berjalan secara efisien sehingga diperkirakan tidak banyak yang mengalami pencucian dan mencemari perairan.

## **SIMPULAN**

Kadar hara pada air gambut pada musim kemarau lebih besar dibandingkan musim hujan. Status hara air gambut dan gambut di hutan sekunder dan semak relatif sama dengan di kebun kelapa sawit yang diberi pupuk. Perbedaan musim, penggunaan lahan dan jarak dari saluran tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap distribusi dan karakteristik hara pada lahan gambut. Kadar hara makro dalam air gambut dan gambut berdasarkan jarak dari saluran menunjukkan peningkatan dengan semakin jauh jarak dari saluran.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Couwenberg J, R Dommain, H Joosten. 2009. Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in south-east Asia. *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02016.
- Harianti M, A Sutandi, R Saraswati, Maswar, S Sabiham. 2017. Organic acids exudates and enzyme activities in the rhizosphere based on distance from the trunk of oil palm in peatland. *Malaysian Journal of Soil Science*, 21: 73-88.
- Radjagukguk, B. 2001. Perspektif permasalahan dan konsepsi pengelolaan lahan gambut tropika untuk pertanian berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sulistiyanto Y, H Vasander, J Jauhiainen, JO Rieley, SH Limin. 2007. Mineral nutrient content of water at different depths in peatland in Central Kalimantan, Indonesia. Di dalam: JO. Rieley, CJ. Banks and B Radjagukguk, editor. *Carbon-Climate-Human Interactions on Tropical Peatland; Carbon pools, fire, mitigation, restoration and wise use. Proceedings of International Symposium and Workshop on Tropical Peatland*. Yogyakarta. 77-82.
- Suwondo, S Sabiham, Sumardjo, B Paramudya. 2010. Analisis lingkungan biofisik lahan gambut pada perkebunan kelapa sawit. *J Hidrolitan*. 1(3): 20-28.
- Takahashi H, A Usup, H Hayasaka, SH Limin. 2002. Estimation of ground water level in a peat swamp forest as an index of peat/forest fire. In: *Proceedings of the international symposium on land management and biodiversity in Southeast Asia, Bali Indonesia; 2002 Sep 17-20; Bali, Indonesia*. hlm: 311–314.
- USDA. 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. In: Burt R, editor. *Soil Survey Investigations Report Natural Resources Conservation Service*. 42(4).
- Widyanto H, Nurhayati, A Dariah, A Jamil. 2014. Variasi temporal emisi CO<sub>2</sub> di bawah perkebunan kelapa sawit pada lahan gambut di Riau. *Prosiding Seminar Nasional. Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi untuk Mitigasi Emisi GRK dan Peningkatan Nilai Ekonomi*. 2014 Agu 18-19. hlm 285-293.
- Winarna, K Murtalaksono, S Sabiham S, A Sutandi, ES Sutarta. 2015. Effect of groundwater level and steel slag application on soil moisture variability and actual hydrophobicity of peat soil in oil palm plantation. *Journal Agron*.14(1): 15-22.
- Wösten JHM, E Clymans, SE Page, JO Rieley, SH Limin. 2008. Peat–water interrelationships in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. *Catena*.73: 212- 224.