

Fluktuasi Tinggi Muka Air Tanah Gambut di Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Desa Kubu Kecamatan Kubu Kabupaten Kubu Raya

Wahyu Ramadhan¹, Gusti Zakaria Anshari^{1,2}, dan Rossie Wiedya Nusantara²

¹Magister Ilmu Lingkungan Universitas Tanjungpura;

²Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura; e-mail: rwiedyanusantara@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengukur tinggi muka air tanah gambut di perkebunan kelapa sawit PT Ichiko Agro Lestari Kecamatan Kubu Kabupaten Kubu Raya Provinsi Kalimantan Barat. Penelitian dilaksanakan bulan Agustus – Oktober 2021. Pengukuran curah hujan, tinggi muka air tanah gambut dan tinggi muka saluran dilaksanakan selama 30 hari dimulai pada tanggal 1 September – 30 September 2021. Pengukuran curah hujan menggunakan ombrometer sedangkan pengukuran tinggi muka air tanah gambut menggunakan piezometer. Pengukuran tinggi muka air tanah gambut dilakukan pada 3 blok dimana setiap blok dipasang 3 piezometer dengan jarak 250 m, 500 m dan 750 m dan diukur pada pagi hari dan sore hari. Pada lokasi yang sama dilakukan pengambilan sampel tanah di 9 titik pada kedalaman 0 cm – 25 cm, 25 cm – 50 cm, 50 cm – 75 cm dan 75 cm – 100 cm untuk dianalisis sifat fisika dan kimia tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah gambut pada blok pertama kondisi pagi hari dengan kedalaman -40 cm dan pada sore hari -11 cm. Pada blok kedua tinggi muka air tanah gambut pada pagi hari -37cm dan pada sore hari -38 cm. Sedangkan pada blok ketiga tinggi muka air tanah gambut pada pagi hari -40 cm dan pada sore hari -53 cm.

Kata kunci: curah hujan, drainase, perkebunan kelapa sawit, tinggi muka air tanah, tanah gambut

ABSTRACT

This research aims to measure the peat groundwater level in the oil palm plantation of PT Ichiko Agro Lestari, Kubu District, Kubu Raya Regency, West Kalimantan Province. The research was conducted from August to October 2021. Measurements of rainfall, peat water table and channel height were carried out for 30 days starting on September 1 - September 30, 2021. Rainfall measurements used an ombrometer while peat water table measurements used a piezometer. Measurement of the peat water table was carried out in 3 blocks where 3 piezometers were installed in each block with distances of 250 m, 500 m and 750 m and measured in the morning and afternoon. At the same location, soil samples were taken at 9 points at a depth of 0 cm - 25 cm, 25 cm - 50 cm, 50 cm - 75 cm and 75 cm - 100 cm to be analyzed for soil physical and chemical properties. The results showed that the water table of the peat soil in the first block was -40 cm in the morning and -11 cm in the afternoon. In the second block, the water table was -37 cm in the morning and 38 cm in the afternoon. In the third block, the water table was -40 cm in the morning and -53 cm in the afternoon.

Keywords: rainfall, drainage, palm oil plantation, peat water

Citation: Ramadhan, W., Anshari, G.P., dan Nusantara, R.W. (2023). Fluktuasi Tinggi Muka Air Tanah Gambut di Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Desa Kubu Kecamatan Kubu Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 781-788, doi:10.14710/jil.21.4.781-788

1. Pendahuluan

Pada saat ini sektor perkebunan, pertanian, dan properti merupakan sektor utama dalam pembangunan skala nasional maupun internasional dalam meningkatkan ekonomi suatu negeri. Sektor-sektor tersebut tentunya akan mengakibatkan alih fungsi lahan yang sebelumnya merupakan ekosistem alami atau tidak digunakan sehingga mengakibatkan perubahan lahan tersebut untuk membangun sebuah perkebunan, atau pertanian maupun permukiman.

Salah satu lahan yang dimanfaatkan pada saat ini yaitu lahan gambut. Pembangunan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dilengkapi dengan sistem irigasi yaitu dengan membangun drainase/kanal-kanal yang saling berhubungan dengan blok-blok perkebunan tersebut. Menurut (Edi, 2017) penurunan tanah gambut pada perkebunan kelapa sawit yang umur tanamannya 5 tahun mengalami *subsidence* sebesar 5,6 cm dan pada tahun berikutnya subsidensi dapat terjadi sekitar 2 – 6 cm tiap tahun

tergantung pada kematangan gambut dan kedalaman saluran drainase hingga mendekati stabil.

Pengukuran fluktuasi tinggi muka air tanah gambut pada perkebunan kelapa sawit sangat penting untuk didokumentasikan dengan metode pengukuran langsung. Hal tersebut dapat memberikan informasi-informasi mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi dan penentu dalam fluktuasi tinggi muka air tanah gambut di lahan perkebunan kelapa sawit. Pengukuran tinggi muka air tanah gambut ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi muka air tanah gambut di perkebunan kelapa sawit.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di perusahaan perkebunan kelapa sawit PT. Ichiko Agro Lestari yang terletak di Desa Kubu Kecamatan Kubu Kabupaten Kubu Raya Provinsi Kalimantan Barat (Gambar 1). Waktu penelitian dilakukan pada bulan Agustus hingga Oktober tahun 2021. Pengukuran topografi blok lokasi penelitian, pengamatan kematangan gambut, pengambilan sampel dan pengukuran kedalaman gambut dilakukan pada tanggal 14 Agustus – 16 Agustus 2021. Pengamatan tinggi muka air tanah gambut dilakukan pada tanggal 1 September – 30 September 2021.

Lokasi penelitian berada pada 3 blok perkebunan kelapa sawit yang telah ditanam. Ketiga blok tersebut dipasang piezometer masing-masing 3 buah (T1, T2, T3) per bloknya dengan total 9 buah. Pemasangan piezometer berada di tengah blok dan dipasang dengan jarak 250 m, 500 m dan 750 m untuk setiap bloknya. Pengambilan titik sampel tanah gambut juga dilakukan pada titik yang sama dengan peletakan piezometer (Gambar 2).

Pengukuran curah hujan dilakukan selama 30 hari dimulai pada tanggal 1 September - 30 September 2021. Pengukuran curah hujan dilakukan dengan memasang ombrometer yang diletakkan pada blok kedua lokasi penelitian. Pengukuran curah hujan dilakukan setiap hari pada pukul 07:00 WIB.

Pengukuran sifat fisika dan sifat kimia tanah gambut juga dilakukan pada penelitian ini (Tabel 1). Pengambilan sampel tanah gambut dilakukan di 9 titik dimana peletakan piezometer berada. Pengambilan sampel tanah menggunakan ring sampel dengan kedalaman 0 cm – 25 cm, 25 cm – 50 cm, 50 cm – 75 cm dan 75 cm – 100 cm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengukuran Topografi

Hasil pengukuran topografi menunjukkan bahwa adanya perbedaan tinggi pada ketiga blok penelitian, dimana kondisi depan blok lebih tinggi dibandingkan

dengan kondisi belakang blok (Gambar 3). Kondisi ini juga melihat arah aliran drainase di sekitar blok penelitian.

Tabel 1. Pengukuran Sifat Fisika dan Kimia Tanah

No	Parameter	Metode
Sifat Fisika tanah		
1	Berat Isi	Gravimetri
2	Porositas Total	Gravimetri
3	Permeabilitas Tanah	Permeabilitas
Sifat kimia tanah		
4	pH	pH-meter
5	C-organik	LoI
6	Kadar abu	LoI

3.2. Pengukuran Curah Hujan

Pada lokasi penelitian terdapat hari hujan sebanyak 12 hari dan hari tidak hujan sebanyak 18 hari. Curah hujan tertinggi terjadi pada tanggal 19 September 2022 yaitu sebesar 86 mm di lokasi penelitian yang telah terukur di ombrometer. Diagram yang kosong diartikan tidak terjadi hujan pada hari tersebut. Hanya terdapat 6 kali terjadinya hujan di 3 stasiun tersebut. Hasil pengukuran curah hujan dapat dilihat pada Gambar 4.

3.3. Tinggi Muka Air Tanah

Hasil pengamatan pada blok pertama (I) nilai tinggi muka air tanah gambut pada pengukuran pagi hari cenderung lebih dangkal dibandingkan dengan pengukuran pada sore hari yang lebih dalam. Grafik hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 2. Kondisi tinggi muka air tanah gambut pada pagi hari cenderung dangkal atau dapat dikatakan kondisi pasang. Bertolak belakang dengan kondisi sore hari mengalami penurunan kedalaman atau dapat dikatakan kondisi surut.

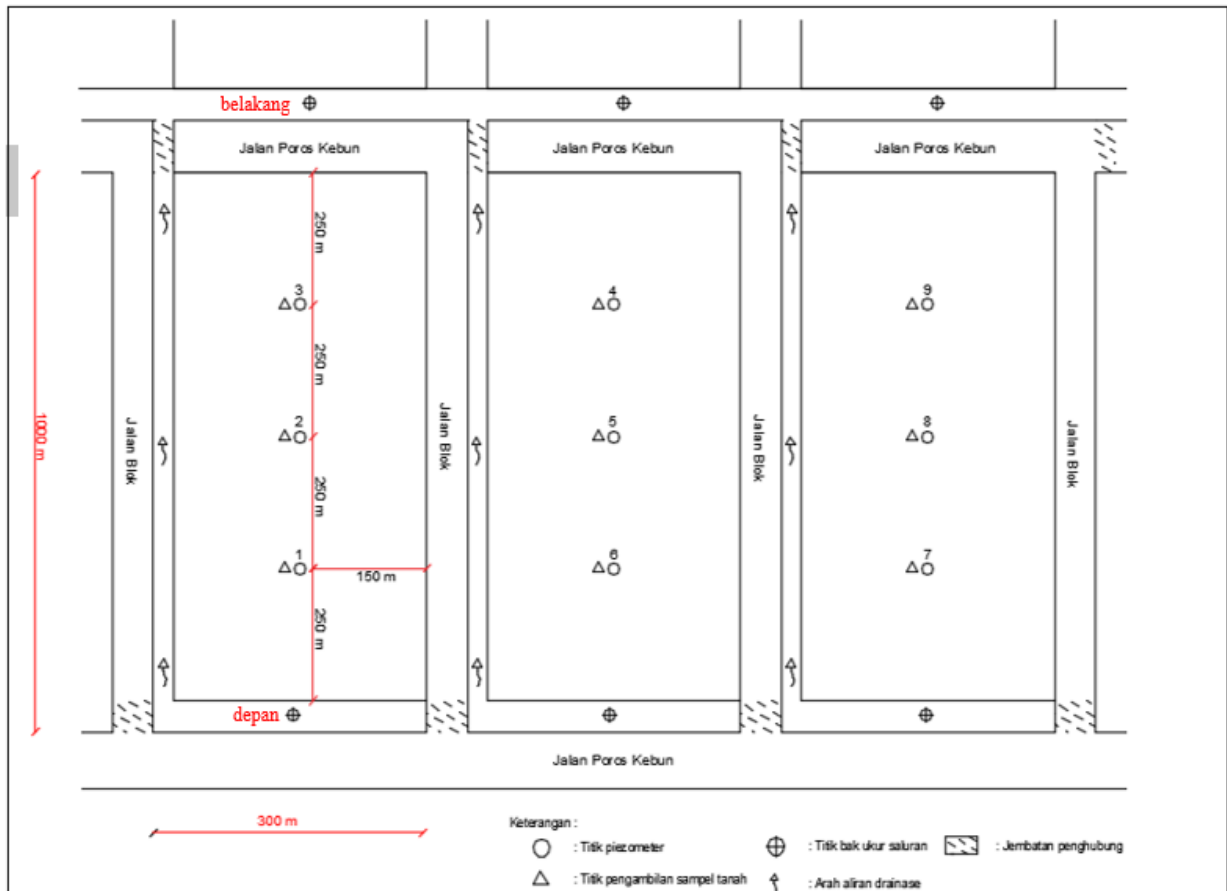
Hasil pengamatan pada blok kedua (II) nilai tinggi muka air tanah gambut pada pengukuran pagi hari cenderung lebih dangkal dibandingkan dengan pengukuran pada sore hari yang lebih dalam. Kondisi ini sama dengan blok pertama. Grafik hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 2.

Kondisi tinggi muka air tanah gambut yang terjadi di blok kedua pada pagi hari cenderung dangkal atau dapat dikatakan kondisi pasang. Sedangkan tinggi muka air tanah gambut pada sore hari mengalami penurunan kedalaman atau dapat dikatakan kondisi surut. Pengamatan juga dilakukan pada tinggi muka air saluran bagian depan blok dan bagian belakang blok juga dilakukan pengamatan.

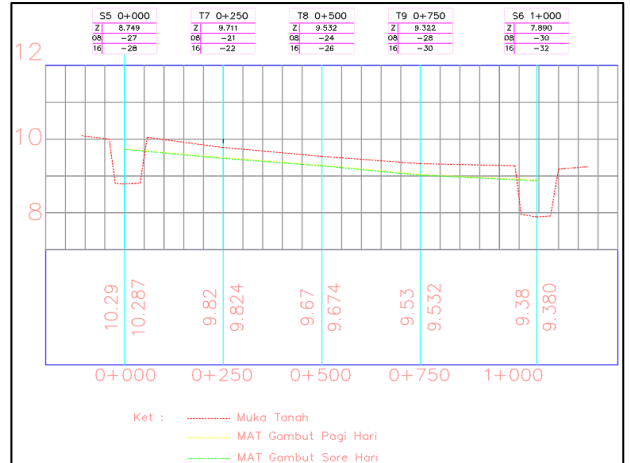
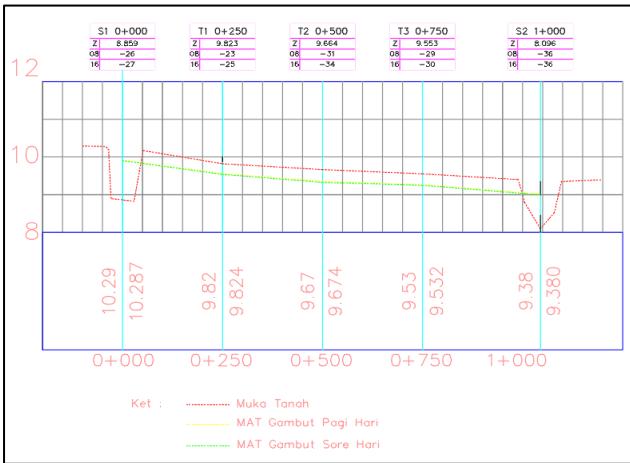
Pada blok ketiga (III) untuk pengamatan tinggi muka air tanah gambut sama halnya dilakukan pada blok pertama dan kedua. Grafik hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 2. Kondisi blok ketiga memiliki kondisi yang sama dengan blok pertama dan blok kedua penelitian.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

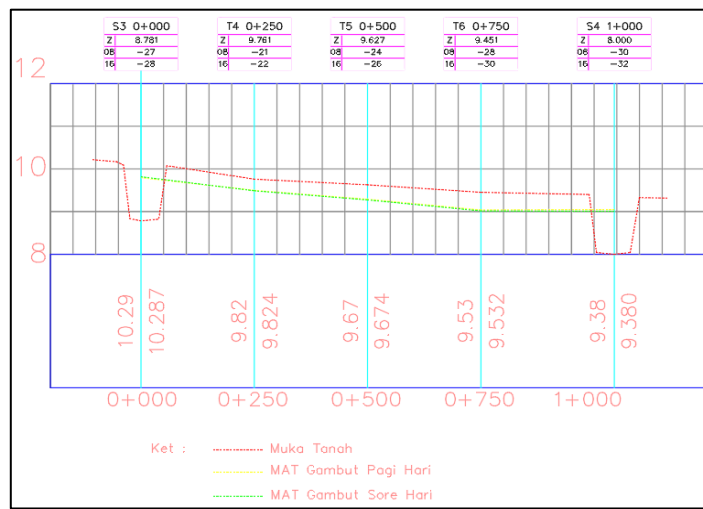


Gambar 2 Denah Peletakan Piezometer



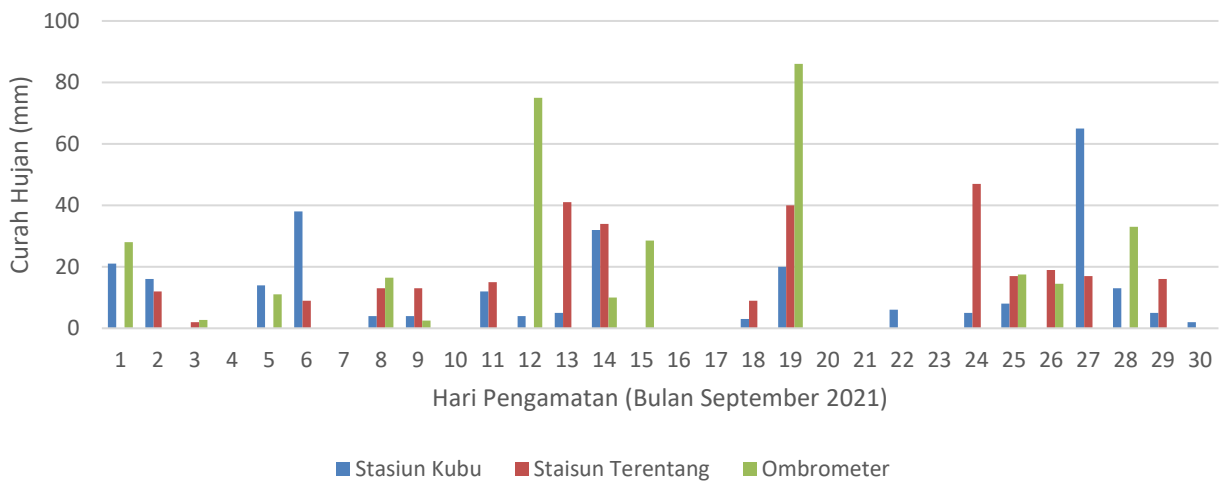
(a)

(b)



(c)

Gambar 3 Hasil Pengukuran Topografi (a) Blok Pertama; (b) Blok Kedua; (c) Blok Ketiga

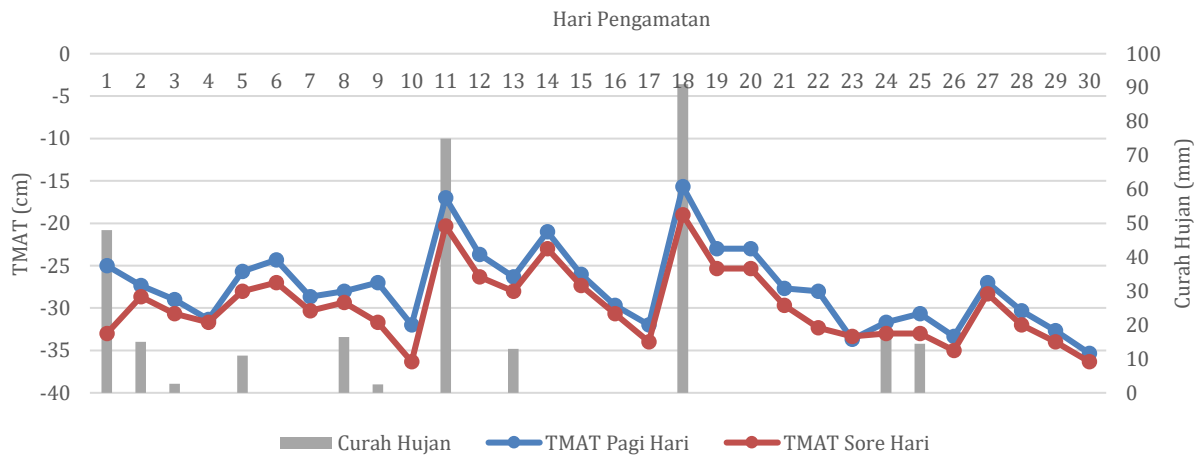


Gambar 4 Curah Hujan pada Bulan September 2021

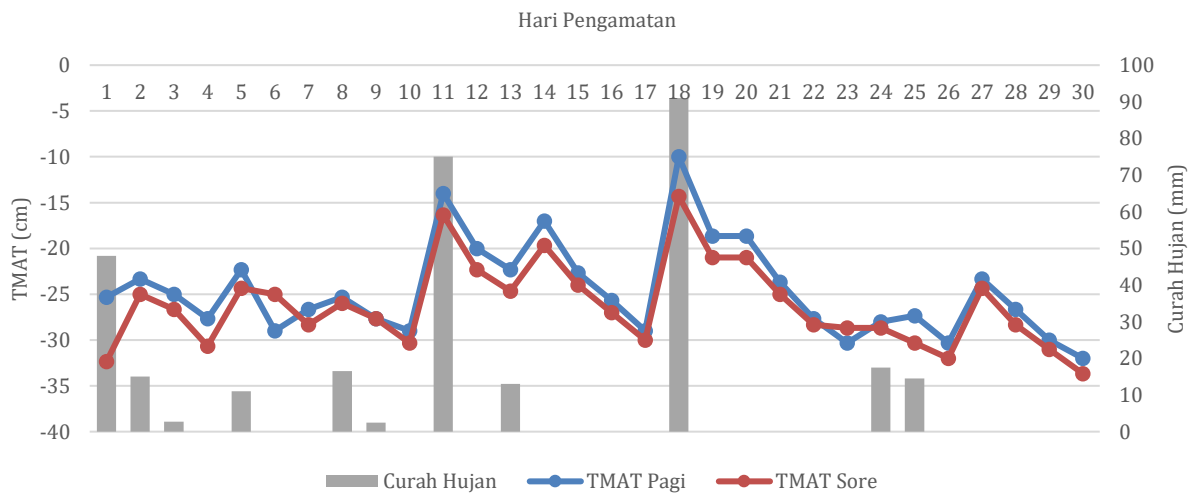
Tabel 2. Hasil Pengukuran Tinggi Muka Air Tanah Gambut di Lokasi Penelitian Selama 30 hari

Blok	Waktu	Titik sampel	\bar{x}	min	max	Stdev
I	Pagi	T1	-23	-29	-11	4,49
		T2	-31	-40	-19	5,32
		T3	-29	-37	-17	4,78
	Sore	T1	-25	-38	-14	4,43
		T2	-34	-41	-23	4,33
		T3	-30	-39	-20	4,73
II	Pagi	T1	-21	-36	-9	5,68
		T2	-24	-31	-7	4,98
		T3	-28	-37	-11	6,09
	Sore	T1	-22	-35	-11	4,83
		T2	-26	-34	-14	4,61
		T3	-30	-34	-18	4,82
III	Pagi	T1	-22	-35	-11	4,83
		T2	-26	-34	-14	4,61
		T3	-30	-38	-18	4,82
	Sore	T1	-15	-39	-2	7,40
		T2	-9	-37	-1	8,70
		T3	-19	-40	-4	6,68

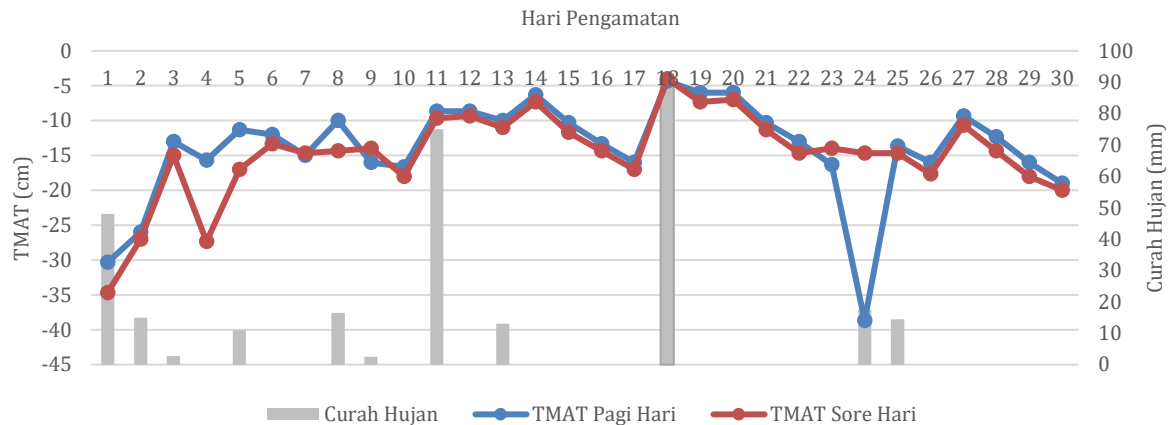
Keterangan: 1-3 = ulangan



Gambar 5 Tinggi Muka Air Tanah Gambut Blok I



Gambar 6 Tinggi Muka Air Tanah Gambut Blok II



Gambar 7 Tinggi Muka Air Tanah Gambut Blok III

Pada Gambar 5, 6 dan 7 maka dapat dilihat fluktuasi tinggi muka air tanah gambut pada blok 1, 2 dan 3 bervariasi dimana curah hujan tinggi maka tinggi muka air tanah gambut juga mengalami kenaikan dan sebaliknya. Menurut Runtuuwu (2011) curah hujan dapat menjadi salah satu faktor utama dalam mempengaruhi elevasi muka air tanah gambut. Hal ini juga sama yang diutarakan oleh Hafiyyan (2017) bahwa tinggi muka air tanah gambut dipengaruhi juga curah hujan.

Kondisi curah hujan tinggi tidak serta merta diikuti dengan naiknya tinggi muka air tanah gambut (Prasetya et al. 2020). Hal ini sependapat dengan Nusantara et al. (2023) bahwa setelah 3 hari hujan mengakibatkan peningkatan muka air tanah. Kondisi fluktuasi tinggi muka air tanah gambut dan tinggi muka air saluran tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan melainkan juga dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Lokasi penelitian merupakan perkebunan kelapa sawit yang sudah dibuka selama 7 tahun dan juga dibangun drainase dikelilingi blok. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi gambut itu sendiri. Pembukaan lahan dan pembangunan drainase menjadi faktor utama perubahan gambut yang telah dikonversi menjadi pertanian, perkebunan dan perkebunan karet (Anshari et al. 2010).

Pembukaan drainase juga mempengaruhi tinggi muka air tanah gambut di lahan tersebut. Permukaan drainase tidak hanya mempengaruhi tinggi muka air tanah gambut, juga mempengaruhi fungsi hidrologi, lahan gambut dan meningkatkan kehilangan karbon (Aswandi et al. 2016).

Hal ini dapat menjadi faktor yang menyebabkan adanya penurunan tinggi muka air tanah gambut di lokasi penelitian walaupun masih dalam ambang batas yang ditetapkan oleh Pemerintah yaitu kurang dari 0,4 m (PP Nomor 71 Tahun 2014).

3.4. Pengukuran Sifat Fisika Tanah

3.4.1 Bobot Isi

Hasil pengujian sampel tanah untuk melihat sifat fisika tanah, bahwa lapisan atas dengan kedalaman

rata-rata antara 0 - 15 cm memiliki tingkat kematangan saprik. Pada kedalaman 15 - 400 cm tingkat kematangan hemik hingga fibrik. Nilai Berat isi pada lapisan 0 - 25 cm berkisar antara 0.1 g/cm³-0.22 g/cm³ pada kematangan saprik. Sedangkan pada kedalaman 25 - 100 cm berkisar antara 0,1 g/cm³ sampai 0,07 g/cm³. Pada lahan perkebunan kelapa sawit nilai bulk density berkisar 0.09 g/cm³ - 0,13 g/cm³ (Nusantara et al. 2012).

Kondisi tanah gambut yang memiliki tinggi muka air tanah yang dalam / kering memiliki nilai bobot isi yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah gambut mempengaruhi nilai bobot isi (Nikosius, 2019).

3.4.2 Porositas

Hasil pengamatan, pada kedalaman 0 cm - 25 cm rata-rata nilai porositas totalnya berkisar 85 % - 89 %. Pada kedalaman 25 cm - 50 cm nilai porositas totalnya berkisar 90 % - 95 %. Menurut Arabia et al. (2020) porositas tanah menentukan kecepatan gerakan air tanah berkisar antara 75 % - 95 %. Nilai porositas sangat erat kaitannya dengan tinggi muka air tanah gambut.

Berdasarkan hasil penelitian Nikosius (2019) nilai porositas sangat dipengaruhi oleh tinggi muka air tanahnya dimana permukaan atas tanah yang jauh dari muka air tanah memiliki nilai porositas yang kecil dibanding dengan kedalaman yang selalu di isi oleh air. Nilai porositas tanah juga saling berhubungan dengan nilai berat isi dari tanah tersebut. Hal ini juga diungkapkan oleh Norsiah (2017) bahwa pada tingkat kematangan gambut saprik memiliki nilai porositas lebih rendah dibanding dengan nilai porositas pada tingkat kematangan hemik dan fibrik. Menurut Sihalo (2015) nilai porositas gambut tergantung dengan nilai berat isi dimana nilai berat isi tergantung kepada tingkat dekomposisi dan kadar abu.

3.4.3 Kadar air

Hasil pengamatan bahwa pada kedalaman 0 cm - 25 cm memiliki kadar air yang lebih kecil dibandingkan dengan kadar air pada kedalaman 25

cm - 50 cm. Nilai kadar air rata-rata setiap blok penelitian pada kedalaman 50 cm – 75 cm lebih kecil dibandingkan dengan kedalaman 25 cm – 50 cm.

Menurut Simatupang (2018) peningkatan nilai kadar air dipengaruhi oleh tinggi muka air tanah gambut. Kedalaman tanah gambut 75 cm – 100 cm pada semua titik memiliki nilai kadar air yang lebih besar. Hal ini dikarenakan semakin dalam tanah gambut mampu menyimpan volume simpanan air tanah. Kedalaman lapisan tanah gambut dan kematangan gambut yang rendah menyebabkan tingginya kadar air gambut tersebut (Oksana, 2015).

Nilai kadar gambut pada kematangan fibrik lebih besar dibandingkan dengan nilai kadar air yang tanahnya memiliki tingkat kematangan hemik dan saprik (Nusantara et al. 2012). Semakin matang gambut maka semakin tinggi kadar airnya (Prihutami, 2019).

3.4.4 Permeabilitas

Hasil pengamatan permeabilitas bahwa pada kedalaman 0 cm – 25 cm memiliki nilai permeabilitas antara 1,62 – 2,07 cm/jam ibanding dengan kedalaman 25 cm – 50 cm yaitu antara 1,73 – 2,53 cm/jam. Pada kedalaman 75 cm – 100 cm memiliki nilai permeabilitasnya antara 1,80 – 5,26 cm/jam. Laju permeabilitas menunjukkan besarnya jumlah pori-pori yang terdapat pada tanah gambut (Perdana, 2015).

Hal ini dapat dikatakan bahwa nilai porositas tanah mempengaruhi nilai permeabilitas pada tanah. Nilai porositas dipengaruhi oleh kadar air dan berat isi. Kenaikan laju permeabilitas diikuti juga dengan meningkatnya nilai porositas dan kadar air tanah. Meningkatnya ruang pori dan Berat isi tanah yang rendah dapat menyebabkan air dengan mudah masuk dalam tanah yang mana meningkatkan permeabilitas (Situmorang, 2015).

Kondisi porositas tanah menunjukkan ruang pori pada tanah, apabila nilai porositas besar maka air akan terus mengalir (Harist, 2017). Pembukaan lahan dan pembuatan drainase menjadi salah satu penyebab fluktuasi tinggi muka air tanah gambut. Pembangunan drainase dapat menyebabkan air mengalir menuju saluran yang dibangun (Nusantara et al. 2012). Pembangunan drainase menyebabkan proses dekomposisi menjadi lebih cepat (Triadi, 2018).

3.5. Pengukuran Sifat Kimia Tanah

3.5.1 Derajat Kemasaman (pH)

Analisis pH tanah pada kedalaman 0 cm – 25 cm, 25 cm – 50 cm, 50 cm – 75 cm dan 75 cm – 100 cm berkisar antara, Kecenderungan pH tanah menurun menurut kedalaman gambut

Salah satu faktor penyebab perubahan pH pada tanah gambut yaitu muka air tanah gambut. Menurut (Harun et al. 2020) nilai pH tanah dipengaruhi oleh fluktuasi muka air tanah dimana lapisan bawah tanah gambut terdapat bahan sulfidik yang mempengaruhi pH lapisan gambut yang mengikuti fluktuasi muka air tanah gambut.

3.5.2 Kandungan C Organik

Rata-rata pada lokasi penelitian untuk kedalaman 0 cm – 25 cm memiliki nilai kandungan C organiknya antara 56,81 – 57,74% atau lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman 25 cm – 50 cm yang memiliki nilai antara 54,55 – 56,71 %. Sedangkan pada kedalaman dan 50 cm – 75 cm memiliki nilai antara 56,85 – 57,72% dan pada kedalaman 75 – 100 cm sebesar 55,25 – 57,51%. Nilai rata-rata kandungan C organik pada lokasi penelitian untuk kedalaman 0 cm – 25 cm dan 25 cm – 50 cm sekitar 56 % - 58 %. Menurut (Frizdew 2012) hubungan kedalaman muka air tanah dengan kadar C organik saling berubungan dimana semakin dangkal muka air tanah gambut maka terjadi peningkatan kandungan C organiknya, dengan rata-rata kisaran kandungan C organiknya berisar 55,16 % sampai 57 28%.

3.5.3 Kadar Abu

Hasil pengamatan kadar abu yang didapatkan berkisar antara 0,3 % - 5,94 %. Tanah gambut memiliki nilai kadar abu berkisar 1,25 % - 4,90 %. Kadar abu menunjukkan kadar tanah mineral yang terkandung di dalam tanah gambut. Apabila kadar abu tanah gambut > 5% maka dapat dikatakan gambut sudah dipengaruhi oleh tanah mineral (Frizdew 2012).

Peningkatan kadar abu pada lahan gambut dikarenakan meningkatnya dekomposisi (Sukriawan et al. 2015). Dalam hal ini peningkatan kadar abu erat kaitannya dengan tinggi muka air tanah gambut. Kematangan gambut, kadar abu dan kadar bahan organik saling berhubungan dimana semakin tinggi kandungan mineral yang terkandung di dalam tanah gambut maka semakin besar nilai kadar abunya (L. B. Triadi, 2018).

4. Kesimpulan

Fluktuasi tinggi muka air tanah gambut di perkebunan kelapa sawit dipengaruhi oleh faktor curah hujan. Curah hujan di lokasi penelitian mempengaruhi kondisi tinggi muka air tanah gambut dimana dapat terlihat dari grafik antara muka air tanah gambut dan curah hujan pada saat hari hujan tinggi muka air tanah gambut menjadi lebih dangkal dibandingkan dengan kondisi tidak hujan.

Faktor lainnya yaitu kondisi pasang surut yang diakibatkan fase bulan juga mempengaruhi fluktuasi tinggi muka air tanah gambut. Faktor lain yang mempengaruhi tinggi muka air tanah gambut yaitu pembukaan lahan, konversi lahan dan pembangunan drainase juga dapat menjadi salah satu faktor fluktuasi muka air tanah gambut atau menurunnya tinggi muka air tanah gambut.

Tinggi muka air tanah gambut pada sembilan titik pengamatan menunjukkan bahwa nilainya kurang dari 0.4 m. Luasan blok penelitian hanya 90 hektar atau sekitar 0,01% dari total keseluruhan luasan perkebunan kelapa sawit. Jadi hal tersebut belum dapat dikatakan mewakili kondisi keseluruhan kondisi tinggi muka air tanah gambut pada blok-blok

yang lain. Waktu penelitian yang hanya selama 30 hari membatasi fluktuasi muka air tanah dan tidak dapat menjelaskan kondisi muka air tanah sepanjang tahun.

Pada lokasi penelitian air tanah gambut berangsur surut perlahan pada saat hari tidak hujan. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk memahami fenomena ini, dan pengamatan jangka panjang yang meliputi musim kering dan musim hujan kemungkinan menghasilkan perbedaan ketinggian muka air tanah secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, H., Wawan, & Wardati. 2017. "Sifat Fisik Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman Karet (Hevea Brasiliensis Muell. Arg) Pada Beberapa Kondisi Penutupan Lahan Dengan Mucuna Bracteata." *Jurnal Online Pertanian* 4 (2): 1-14.
- Anshari, G. Z., Afifudin, M., Nuriman, M., Gusmayanti, E., Arianie, L., Susana, R., Nusantara, R. W., Sugardjito, J., & Rafiastanto, A. 2010. "Drainage and Land Use Impacts on Changes in Selected Peat Properties and Peat Degradation in West Kalimantan Province, Indonesia." *Biogeosciences* 7 (11): 3403-19. <https://doi.org/10.5194/bg-7-3403-2010>.
- Arabia, T., Basri, H., Manfarizah, Zainabun, & Mukhtaruddin. 2020. "Physical and Chemical Characteristics in Peat Lands of Aceh Jaya District , Indonesia Physical and Chemical Characteristics in Peat Lands of Aceh Jaya District , Indonesia." In *International Symposium on Wetlands Environmental Management*, 499. Darussalam Banda Aceh: IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/499/1/012004>.
- Aswandi, Sadono, R., Supriyo, H., & Hartono. 2016. "Kehilangan Karbon Akibat Drainase Dan Degradasi Lahan Gambut Tropika Di Trumon Dan Singkil Aceh." *Journal Manusia Dan Lingkungan* 23 (3): 334-41. <https://journal.ugm.ac.id/JML/article/view/18807>.
- Darbin, S., Astiani, D., & Widiastuti, T. 2018. "Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Beberapa Sifat Fisika Dan Kimia Tanah Gambut Di Desa Kuala Dua Kabupaten Kubu Raya." *Jurnal Hutan Lestari* 6: 998-1008.
- Denny, P., & Syaufina, L., Kabupaten Musi Banyuasin, and Musi Banyuasin. 2020. "Pengaruh Tinggi Muka Air Terhadap Kejadian Kebakaran Hutan Dan Lahan Gambut : Studi Kasus Di Kabupaten Musi Banyuasin." *Sylva Lestari* 8 (2): 173-80.
- Dewi, P., M., Gusmayanti, E., & Pramulya, M. 2019. "Fluks CO2 Di Lahan Kelapa Sawit Dan Hubungannya Dengan Faktor Lingkungan Pada Siang Hari." *Ilmu Pertanian Tirtayasa* 1 (1): 57-67.
- Edi, Harisman, Barus, B., & Baskoro, D., P., T.. 2017. "Pemetaan Subsiden Di Kesatuan Hidrologi Gambut Sungai Jangkang Sungai Liang Pulau Bengkalis." *Ilmu Teknologi Lingkungan* 19 (April): 13-18.
- Eleonora, R., Kartiwa, B., Kharmilasar, Sudarman, K., Nugroho, W., T., & Firmansyah, A. 2011. "Dinamika Elevasi Muka Air Pada Lahan Dan Saluran Di Lahan Gambut." *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan* 21 (1): 63. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2011.v21.47>.
- Harun, Kristiadi, M., Anwar, S., Putri, I., K., & Arifin, S., A. 2020. "Sifat Kimia Dan Tinggi Muka Air Tanah Gambut Pada Tiga Tipe Penggunaan Lahan Di Fisiografi Kubah Gambut Dan Rawa Belakang KHG Kahayan-Sebagau." *Jurnal Hutan Tropis* 8 (3): 315-27.
- Marselus, N., Suryadi, U., E., & Krisnohadi, A. 2019. "Hubungan Muka Air Tanah Dan Sifat Fisika Tanah Gambut Di Perkebunan Kelapa Sawit Estate KPS PT Parna Agromas Kabupaten Sekadau."
- Norsiah, Ihwan, A., & Sampurno, J., 2017. "Identifikasi Jenis Gambut Berdasarkan Struktur Porinya Dengan Menggunakan Geometri Fraktal." *Prisma Fisika* V (2): 55-60.
- Nusantara, R., W., Djojan, T., S., & Haryono, E., Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Jl Kaliurang, and Jl Kaliurang. 2012. "Karakteristik Fisik Lahan Akibat Alih Fungsi Lahan Hutan Rawa Gambut." *Perkebunan & Lahan Tropika* 2 (2).
- Perdana, Sandi, & Wawan. 2015. "Pengaruh Pematatan Tanah Gambut Terhadap Sifat Fisik Pada Dua Lokasi Yang Berbeda." *JOM Paperta* 2 (2).
- Qalby, H., Marsudi, & Nurhayati. 2017. "Dinamika Aliran Air Tanah Pada Lahan Rawa Pasang Surut." *Jurnal PWK, Laut, Sipil Dan Tambang* 4: 1-11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v4i4.22967>.
- Rovanty, F. 2012. "Variasi Kadar Karbon Organik Berdasarkan Perbedaan Kedalaman Muka Air Tanah Gambut Pada Lahan Gambut Yang Diusahakan Untuk Komoditas Perkebunan." Institut Pertanian Bogor.
- Sihaloho, & Kittu, N. 2015. "Pengelolaan Muka Air Tanah Dan Aplikasi Terak Baja Terhadap Sifat Fisik Gambut Kaitannya Dengan Emisi Karbon Pada Perkebunan Kelapa Sawit."
- Situmorang, P., C., Wawan, & Khoiri, M., A. 2015. "Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah Dan Mulsa Organik Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Gambut Pada Perkebunan Kelapa Sawit." *JOM Paperta* 2 (2).
- Sukriawan, Aries, Rauf, A., Sutanto, A., S., & Santoso, B. 2015. "Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah Terhadap Lilit Batang Karet CLON PB260 Dan Sifat Kimia Tanah Gambut Di Kebun Meranti RAPP Riau." *Pertanian Tropik* 2 (1): 1-5.
- Susandi, Oksana, & Arminudin, A., T. 2015. "Analisis Sifat Fisika Tanah Gambut Pada Hutan Gambut Di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau." *Jurnal Agroteknologi* 5 (2): 23. <https://doi.org/10.24014/ja.v5i2.1351>.
- Triadi, B., L., Adjie, F., F. & Lesmana, Y. 2018. "Dampak Dinamika Muka Air Tanah Pada Besaran Dan Laju Emisi Carbon Di Lahan Rawa Gambut Tropika." *Jurnal Sumber Daya Air* 14 (1): 15-30.
- Triadi, B., L., & Simanungkalit, P. 2018. "Monitoring Dan Upaya Mengendalikan Muka Air Pada Perkebunan Di Lahan Rawa Gambut Di Indonesia." *Jurnal Teknik Hidraulik* 9 (1): 53-68.