

**Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah dan Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Hara dan Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) di Lahan Gambut**

**Influence of Ground Water level and the Soil Organic Availability of Nutrients and Plant Growth of Palm (*Elaeis guineensis Jacq*) in Peatlands**

**Romadoni Sahputra<sup>1</sup>, Wawan<sup>2</sup>, Edison Anom<sup>2</sup>**

*Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Riau*

romadonisahputra0903@gmail.com/082392579263

**ABSTRACT**

This study aims to determine the effect of the depth of the ground water level and the soil organic matter and obtain the combination of the depth of the ground water level to the type of organic matter that is best for nutrient availability and growth of oil palm plantations on peatlands. This research was conducted using Split Plot Design, the main plot is the depth of the water table and the subplot is the treatment of organic matter. Research shows that the depth of the ground water level peat significantly affect the availability of nutrients ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), P-available, an increase that occurred in each parameter were observed, treatment is best found at a depth of ground water level 60 - 70 cm compared to the depth of the ground water level 40 - 50 cm and 80 - 90 cm. Organic matter in the soil peat significant effect on the increase in the pH of the soil, ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), the P-available, K-available, the length midrib, the length of the child leaves, increase the width of the leaf, root volume and weight of the roots of the plant oil palm each significantly different treatment without organic matter. TKKS organic matter produces the highest increase compared to other organic materials. Combination of ground water level 60 - 70 cm with organic materials TKKS result in increased availability of nutrients nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), P-available heavy oil palm plant roots.

Keywords: High Water surface soil, nutrient availability, plant growth

**PENDAHULUAN**

Tanaman kelapa sawit merupakan komoditi tanaman unggulan dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya. Dalam waktu tertentu perkembangan budidaya kelapa sawit tumbuh diatas 10% per tahun, jauh meninggalkan komoditi perkebunan lainnya yang tumbuh dibawah 5%. Keadaan tersebut semakin menurun, dengan ditemukannya hasil-hasil penelitian terhadap deversifikasi yang dapat dihasilkan oleh komoditi ini, hasil utama berupa minyak sawit, sehingga menjadikan komoditi ini sangat digemari oleh para investor perkebunan. Masa umur ekonomis kelapa sawit yang cukup lama sejak mulai tanam hingga menghasilkan, (sekitar 25 tahun) menjadikan jangka waktu perolehan manfaat dari investasi di sektor ini menjadi salah satu pertimbangan yang ikut menentukan bagi kalangan dunia. Budidaya kelapa sawit sangat erat kaitannya dengan daya dukung lahan sebagai

---

1. Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Riau

2. Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Riau

media tanam komoditi ini. Besarnya pengaruh kesesuaian lahan untuk mendukung pertumbuhan tanaman akan berpengaruh secara langsung terhadap kesuburan tanah yang pada akhirnya berdampak pada produktivitas hasil.

Keterbatasan lahan produktif menyebabkan ekstensifikasi pertanian mengarah pada lahan-lahan marjinal. Lahan gambut adalah salah satu jenis lahan marjinal yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Ditinjau dari luas penyebarannya, Indonesia memiliki sekitar 15 juta hektar lahan gambut. Dari luasan tersebut, sekitar 3,867 juta hektar berada di provinsi Riau. Penyebaran lahan gambut di Riau tersebut menempati sekitar 63% dari luas lahan gambut di Sumatera (Badan Litbang SDLP, 2011).

Lahan gambut memiliki fungsi ekologis dan manfaat ekonomis. Fungsi ekologis lahan gambut adalah sebagai penyimpan karbon (Carbon storage), pengatur tata air (fungsi hidrologis) dan penyimpan plasma nutfah. Manfaat ekonomis dari lahan gambut terkait dengan kemampuannya menghasilkan barang dan jasa yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Namun, pada dasarnya lahan gambut memiliki banyak kendala seperti reaksi tanah masam sampai sangat masam, kadar unsur hara N, P, dan basa-basa (K, Ca dan Mg), serta kejenuhan basa yang rendah dan memiliki sifat fisika tanah yang kurang baik.

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menerapkan praktek pengelolaan air dan unsur hara terbaik (*best practice water and nutrient management*) yang disertai dengan penambahan limbah organik. Penambahan hara dalam bentuk pupuk anorganik hanya ditujukan untuk memenuhi kekurangan hara yang dilepaskan dari proses dekomposisi dan mineralisasi limbah organik kelapa sawit yang ditambahkan.

Konsep *water management* pada lahan gambut dilaksanakan dengan upaya pengaturan dan pengendalian muka air tanah di lahan. Sistem tata air yang diterapkan adalah drainase yang terkendali melalui jaringan saluran dan bangunan pengendali muka air. Salah satu teknik pengolahan air dilahan gambut dapat dilakukan dengan membuat parit atau saluran air yang dikenal dengan istilah drainase. Pengembangan kawasan lahan gambut dalam skala luas memerlukan jaringan saluran drainase yang dilengkapi dengan pintu air untuk mengendalikan muka air tanah di seluruh kawasan.

Pengaturan kedalaman muka air tanah yang sesuai dapat meningkatkan respirasi akar tanaman, maka terjadi kenaikan kapiler yang dapat menjaga kelembaban lapisan permukaan tanah, sehingga air dan udara tanah seimbang. Dengan kelembaban yang sesuai, maka dapat berlangsungnya dekomposisi dan mineralisasi limbah organik kelapa sawit yang ditambahkan. Dekomposisi dan mineralisasi limbah organik tentu saja disertai dengan pelepasan unsur hara yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman yang berlangsung dengan baik.

Penambahan bahan organik pada lahan gambut diharapkan dapat menggantikan bahan organik tanah gambut akibat proses dekomposisi. Bahan organik mempunyai peranan penting sebagai bahan pemicu kesuburan tanah, baik secara langsung sebagai pemasok hara bagi organisme autotrof (tanaman) juga sebagai sumber energi bagi organisme heterotrof (fauna dan mikroorganisme tanah). Meningkatnya aktivitas biologi tanah akan mendorong terjadinya perbaikan kesuburan tanah, baik kesuburan fisik, kimia maupun biologi tanah yang searah dengan kebutuhan tanaman (*plant requirement*) tanaman target akan mampu memperbaiki pertumbuhan dan produksi tanaman (Subowo *et al.*, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman muka air tanah dan bahan organik serta mendapatkan kombinasi kedalaman muka air tanah dengan jenis bahan organik yang terbaik terhadap

ketersediaan hara dan pertumbuhan tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di lahan gambut.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan di areal perkebunan PT. Teguhkarsa Wanalestari di Kecamatan Bungaraya Kabupaten Siak. Wilayah penelitian ditempati tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik. Wilayah studi memiliki iklim tropis. Penelitian berlangsung selama 4 bulan, yang dimulai dari bulan Oktober 2014 sampai Februari 2015. Analisis sifat tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan

Petak Terbagi (Split Plot Design). Petak utama adalah kedalaman muka air (T) yang terdiri dari TM<sub>1</sub> : Kedalaman muka air 40 -50 cm, TM<sub>2</sub> : Kedalaman muka air 60 -70 cm, TM<sub>3</sub> : Kedalaman muka air 80 -90 cm. Sedangkan anak Petak adalah (P) yang terdiri dari P0: Tanpa Bahan organik (0 kg/pohon), P1: Tandan Kosong kelapa Sawit (TKKS) dengan dosis 62 Kg/pohon, P2: Pelepah kelapa sawit dengan dosis 22 Kg/pohon, P3: Tanaman Mucuna Bracteata dosis 12 Kg/pohon. Dengan demikian diperoleh 12 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan maka diperoleh 36 plot percobaan.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### pH Tanah Gambut

Tabel 1. Rerata pH tanah gambut dengan perlakuan kedalaman muka air dan pemberian bahan organik

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 – 50	60 – 70	80 – 90	
Tanpa bahan organik	3,25 a	3,53 a	3,33 a	3,37 b
TKKS	3,79 a	3,88 a	3,87 a	3,84 a
Pelepah	3,65 a	3,74 a	3,68 a	3,69 a
<i>M. bracteata</i>	3,39 a	3,57 a	3,54 a	3,50 a
Rerata efek Kedalaman muka air	3,52 a	3,68 a	3,60 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut BNT pada taraf 5%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik TKKS cenderung menghasilkan peningkatan pH tanah gambut. Hal ini diduga bahwa perlakuan pemberian bahan organik TKKS pada tinggi muka air 60-70 cm memberikan kondisi air yang baik pada tanah gambut (Jako, 2015), sehingga meningkatnya aktifitas mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi dan mineralisasi

yang sehingga dilepaskan unsur hara termasuk basa-basa dan pada akhirnya memberikan pH tanah yang lebih baik. Soepardi (1992) dekomposisi bahan organik mempunyai fungsi memperbaiki keasaman tanah dan meningkatkan nilai pH tanah gambut. Gambut terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum (Hardjowigeno, 1986). Hal ini juga didukung oleh kondisi

kedalaman muka air yang tidak menggenangi tanah gambut. Kondisi tanah yang cukup kering (*aerob*) dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme yang berperan dalam pembentukan sifat fisik dan kimia tanah gambut.

Pemberian berbagai jenis bahan organik menghasilkan peningkatan pH tanah gambut namun antar pemberian bahan organik berbeda tidak nyata. Hal ini disebabkan pemberian bahan organik pada tanah gambut dapat meningkatkan aktifitas organisme tanah (Jako, 2015), sehingga bahan organik yang diberikan mengalami dekomposisi dan mineralisasi sehingga dilepaskan unsur hara termasuk basa-basa. Peningkatan basa-basa memperbaiki dan meningkatkan nilai pH tanah. Pendapat yang sama di kemukakan Suntoro *et al.* (2001) menyatakan bahwa peningkatan pH tanah juga akan terjadi apabila bahan organik yang ditambahkan telah terdekomposisi lanjut,

karena bahan organik yang termineralisasi akan melepaskan mineral berupa kation-kation basa. Menurut Indriani (2001), bahan organik mempunyai peranan terhadap perbaikan sifat kimia tanah yaitu dapat meningkatkan unsur hara dan pH tanah serta perbaikan terhadap sifat biologi tanah dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme di dalam tanah.

Perlakuan kedalaman muka air tanah menghasilkan pH tanah yang berbeda tidak nyata. Hal ini disebabkan bahwa perlakuan kedalaman muka air tanah tidak menunjukkan adanya pola penurunan atau peningkatan pH pada lapisan tersebut. Hal ini terjadi karena kemampuan gambut yang dapat mempertahankan reaksi tanah terhadap perubahan kemasaman tanah. Hasil penelitian Nugroho dan Mulyanto (2005) menunjukkan bahwa perlakuan kedalaman muka air tanah tidak berpengaruh pada pH tanah gambut.

### C Organik Tanah Gambut (%)

Tabel 2. Rerata C organik tanah (%) gambut dengan perlakuan kedalaman muka air dan pemberian bahan organik

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 – 50	60 – 70	80 – 90	
Tanpa bahan organik	39,02 a	36,51 a	34,12 a	36,55 b
TKKS	41,82 a	42,13 a	38,95 a	40,97 a
Pelepah	38,55 a	41,74 a	38,85 a	39,71 a
<i>M. bracteata</i>	38,03 a	40,20 a	39,46 a	39,23 ab
Rerata efek	39,35 a	40,15 a	37,84 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut BNT pada taraf 5%.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik TKKS cenderung meningkatkan C organik dibandingkan dengan kombinasi perlakuan lainnya. Hal ini diduga bahwa pemberian bahan organik TKKS dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Menurut Pangudijatno (1987), pemberian bahan organik TKKS dapat merangsang aktifitas mikroorganisme

yang dapat menyumbangkan bahan organik ke dalam tanah, dengan adanya bahan organik yang merupakan sumber energi yang mudah tersedia di dalam tanah menyebabkan perkembangan mikroorganisme tanah berlangsung cepat sehingga menghasilkan senyawa-senyawa organik.

Pemberian berbagai jenis bahan organik menghasilkan peningkatan C organik tanah gambut. Hal ini diduga bahwa

pemberian bahan organik akan mengalami peningkatan C organik. Musthofa (2007) menyatakan bahwa kandungan bahan organik yang semakin tinggi pada setiap jenis tanah yang diaplikasikan bahan organik akan mengalami dekomposisi sehingga menghasilkan senyawa-senyawa organik.

Perlakuan kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm cenderung meningkatkan C organik pada tanah gambut dan berbeda tidak nyata dibandingkan perlakuan kedalaman muka air tanah lainnya. Tingginya C organik tanah gambut pada kedalaman muka air pada kedalaman 60 - 70 cm dan 40 - 50 cm disebabkan oleh proses oksidasi bahan organik yang cukup lambat dibandingkan dengan perlakuan kedalaman muka air tanah

80 - 90 cm, pada kedalaman muka air tanah 80 - 90 cm tanah gambut memiliki kadar C organik lebih rendah. Hal ini disebabkan terjadi oksidasi bahan organik yang lebih tinggi. Keadaan yang oksidatif mengindikasikan ketersediaan O<sub>2</sub> lebih besar yang dapat mengakibatkan terjadinya tingkat dekomposisi yang lebih lanjut sehingga laju mineralisasi C organik lebih cepat, dimana bahan gambut menghasilkan CO<sub>2</sub>. Hasil penelitian Sukariawan, *et al* (2015) menunjukkan bahwa kedalaman muka air tanah 88,6 cm menyebabkan dekomposisi tanah gambut lebih cepat ditandai dengan rasio C/N yang menjadi lebih rendah dan menurunkan kalitas (kesuburan) tanah gambut.

## N Tersedia

### Amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Tabel 3. Rerata amonium (ppm) dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian beberapa bahan organik

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 – 50	60 – 70	80 – 90	
Tanpa bahan organik	2 cd	6 d	13 d	7 b
TKKS	26 bc	59 a	36 b	40 a
Pelepah	32 b	58 a	25 bc	38 a
<i>M.bracteata</i>	35 b	57 a	25 cb	39 a
Rerata efek Kedalaman muka air	23 b	45 a	24 b	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 3 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan kedalaman muka air dengan berbagai bahan organik cenderung cukup tinggi dibandingkan kombinasi kedalaman muka air tanah dengan perlakuan tanpa bahan organik. Hal ini terjadi karena dekomposisi bahan organik yang mengandung nitrogen yaitu Amonium yang diperoleh dari penguraian protein melalui proses enzimatik yang dibantu oleh jasad heterotropik seperti *Actinomyces*. Kandungan ammonium pada tanah gambut juga dipengaruhi oleh keadaan air tanah, pada umumnya kandungan ammonium akan lebih

tinggi di atas muka air tanah karena proses dekomposisi lebih besar dan aktifitas perakaran dan organisme cukup intensif pada lapisan ini. Menurut Andriess (1988), dengan meningkatnya umur dan pembukaan gambut maka kandungan N akan meningkat dan berkorelasi dengan tingkat dekomposisi. Tingginya muka air berpengaruh terhadap jumlah N yang dilepaskan, karena mempengaruhi zona perakaran, aerasi dan temperatur. Semakin tinggi muka air maka jumlah N yang tersedia bagi tanaman semakin rendah.

Perlakuan berbagai bahan organik meningkatkan amonium pada tanah gambut secara nyata dibandingkan tanpa pemberian bahan organik. Hal ini diduga peningkatan nitrogen dalam tanah akibat penambahan unsur N yang terkandung dalam bahan organik. Penambahan lain diduga berasal dari fiksasi Nitrogen oleh jasad organisme yang secara bebas menambat N, contohnya *Azobacter sp.* Aerase dan drainase tanah yang baik serta bahan organik yang banyak sangat merangsang *Azofikasi*. Jasad mikroorganisme tersebut mendapat energi dari bahan organik dan memperoleh nitrogen dari udara (Atmojo, 2003).

Perlakuan kedalaman muka air tanah dari 40-50 ke 60-70 cm menghasilkan

peningkatan Amonium secara nyata sedangkan peningkatan kedalaman muka air tanah menjadi 80 - 90 cm menghasilkan penurunan Amonium yang nyata. Hal ini dikarenakan kondisi tanah gambut pada kedalaman 60 - 70 cm dimana ketersediaan air tidak terlalu berlebih atau kering berdampak pada aerasi tanah yang baik dan O<sub>2</sub> yang tersedia sehingga mikroorganisme yang akan mempengaruhi tersedianya unsur N beraktifitas dengan baik. Menurut Hakim *et al.* (1986) tanah yang tidak terlalu berlebih air atau kering akan memungkinkan difusi oksigen ke CO<sub>2</sub> ke akar tanaman dan akan berpengaruh terhadap mikroorganisme *aerobic* dalam tanah yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara seperti N.

### Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

**Tabel 4. Rerata nitrat dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian beberapa bahan organik.**

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata Efek Bahan Organik
	40 – 50	60 – 70	80 – 90	
Tanpa bahan organik	60 b	65 b	67 b	64 a
TKKS	45 c	63 b	86 a	64 a
Pelepah	49 c	65 b	83 a	66 a
<i>M. bracteata</i>	46 c	65 b	85 a	65 a
Rerata efek Kedalaman muka air	50 b	64 ab	80 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 4 menunjukkan bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah 80 - 90 cm dengan berbagai bahan organik menghasilkan peningkatan Nitrat pada tanah gambut. Hal ini diduga dekomposisi berbagai bahan organik oleh organisme *aerobik* tanah berjalan dengan baik dimana dengan kondisi air tanah yang cukup kering. Hakim *et al.* (1986) menyatakan bahwa tanah yang tidak terlalu tergenang akan akan memungkinkan difusi oksigen ke CO<sub>2</sub> ke akar tanaman dan akan berpengaruh terhadap mikroorganisme *aerobik* dalam tanah yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara seperti N.

Perlakuan pemberian bahan organik tidak meningkatkan nitrat pada tanah gambut dan berbeda tidak nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan pemberian bahan organik pada tanah gambut tidak berpengaruh terhadap jumlah nitrat di dalam tanah gambut karena kondisi lingkungan yang mengakibatkan bakteri nitrifikasi tidak berkembang dengan baik. Salah satu contoh kondisi lingkungan yaitu rendahnya kondisi pH tanah. Beberapa jenis jasad renik berperan dalam proses nitrifikasi yaitu proses oksida dua tingkat, dimana ammonia dioksidasi menjadi nitrit (NO<sub>2</sub>) yang selanjutnya diubah menjadi nitrat. Bakteri

nitrifikasi sangat peka terhadap lingkungan. Faktor-faktor tanah yang mempengaruhi proses nitrifikasi, yaitu : aerasi, suhu, kelembaban, pH, pupuk dan nisbah karbon-nitrogen (Hakim., *et al*, 1986).

Perlakuan kedalaman muka air tanah dari 40 - 50 ke 60 – 70 sampai ke 80 - 90 cm menghasilkan peningkatan Nitrat pada tanah gambut secara nyata. Hal ini diduga karena dekomposisi berjalan baik dimana kondisi air yang tidak berlebih, sehingga aktifitas organisme *aerob* berjalan dengan baik. Dekomposisi bahan organik menghasilkan CO<sub>2</sub> dan air, selain itu juga menghasilkan

amida, asam amino, ammonium dan nitrat. Menurut Hakim *et al.* (1986), sebagian N digunakan sebagai pembentuk tubuh jasad mikro dan sebagian lagi membentuk humus tanah oleh sebab itu jumlah air dalam tanah akan mempengaruhi N tersedia tanah. Andriesse, (1988) menyatakan bahwa kedalaman muka air tanah berpengaruh terhadap jumlah N yang dilepaskan, karena mempengaruhi zona perakaran, aerasi dan temperatur. Semakin dalam muka air tanah maka jumlah N tersedia bagi tanaman semakin menurun.

### P Tersedia

Tabel 5. Rerata P Tersedia (ppm) dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian beberapa bahan organik.

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 – 50	60 – 70	80 – 90	
Tanpa bahan organik	29,27 f	45,53 ef	58,70 ef	44,50 c
TKKS	45,17 ef	95,43 cde	84,14 ef	74,91 c
Pelepah	56,40 ef	143,20 c	147,68 c	115,76 b
<i>M. bracteata</i>	139,72 cd	287,36 a	205,77 b	210,95 a
Rerata efek Kedalaman muka air	67,64 b	142,87 a	124,07 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 5 menunjukkan bahwa Kombinasi perlakuan kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik *M. bracteata* dapat meningkatkan P tersedia tanah gambut. Hal ini diduga bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik *M. bracteata* dimana bahan organik mengalami dekomposisi cukup baik dibandingkan dengan kombinasi kedalaman muka air dengan bahan organik lainnya. Sumber utama fosfor tanah adalah kerak bumi. Air juga mengandung fosfor namun dalam kadar yang amat rendah. Fosfat masuk kedalam biosfir melalui proses absorpsi oleh tanaman dan jasad renik. Melalui proses proses dekomposisi bahan tanaman dan jasad renik, fosfat larut dan masuk kembali ke dalam

tanah. Asam organik akan mengikat ion Al, Fe dan Ca dari dalam larutan tanah, kemudian membentuk senyawa komplek yang sukar larut. Dengan demikian konsentrasi ion-ion Al, Fe dan Ca yang bebas dalam larutan akan berkurang dan Fosfat akan tersedia lebih banyak (Hakim *et al.*, 1986).

Perlakuan bahan organik *M. bracteata* meningkatkan P tersedia tanah gambut. Hal ini dikarenakan dekomposisi bahan organik dan kandungan hara *M. bracteata* cukup tinggi dibandingkan bahan organik lainnya. Kandungan unsur hara *M. bracteata* yaitu 2,48 % N, 0,215 % P, dan 1,7 % K (Febriana, 2004). Proses dekomposisi bahan organik dan jasad renik, fosfat larut dan masuk kembali ke dalam tanah dan akan

kembali melalui larutan tanah yang kemudian akan diserap oleh tanaman. Bahan organik tanah dapat memperbesar ketersediaan fosfat tanah, melalui hasil dekomposisi yang menghasilkan asam-asam organik dan CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> larut dalam air membentuk asam karbonat yang mampu melapukkan mineral primer tanah Erfandi (1984). Bahan organik mempengaruhi ketersediaan fosfat melalui hasil dekomposisinya yang menghasilkan asam-asam organik dan CO<sub>2</sub>. Asam-asam organik seperti asam malonat, asam oxalat, asam tatarat akan menghasilkan anion organik. Anion organik mempunyai sifat dapat mengikat ion Al, Fe dan Ca dari dalam larutan tanah, kemudian membentuk senyawa kompleks yang sukar larut. Dengan demikian konsentrasi ion Al, Fe dan Ca yang bebas dalam larutan akan berkurang dan diharapkan fosfat tersedia akan lebih banyak (Andries, 1974)

Perlakuan kedalaman muka air 60 - 70 cm dan 80 - 90 cm menunjukkan hasil

yang tertinggi pada P tersedia tanah gambut dan berbeda nyata dengan kedalaman muka air 40 - 50 cm. Hal ini di disebabkan ketersediaan P dapat di tingkatkan dengan penambahan bahan organik dimana ketersediaan air, udara yang cukup dan mikroorganisme tanah masih berjalan dengan baik. Perlakuan kedalaman muka air 60 - 70 cm dan 80 - 90 cm kondisi keadaan tanah baik dimana air dan O<sub>2</sub> yang cukup tersedia dan pemberian bahan organik sebagai sumber makanan mikroorganisme. Semakin meningkatnya aktifitas mikroorganisme maka akan berperan dalam pembentukan sifat fisik dan sifat kimia tanah yang lebih baik. Menurut Bananch *et al.* (2009) terjadinya peningkatan kandungan P karena terjadinya penurunan kedalaman muka air tanah, P dapat hilang karena dapat bergerak bersama air tanah pada kondisi yang banyak air atau lapisan tanah yang jenuh dengan air.

## K Tersedia

Tabel 6. Rerata K Tersedia (me/100 g) dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian beberapa bahan organik

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 - 50	60 - 70	80 - 90	
Tanpa bahan organik	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 b
TKKS	0,05 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a
Pelepah	0,04 a	0,03 a	0,04 a	0,03 a
<i>M. bracteata</i>	0,04 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a
Rerata efek muka air	0,037 a	0,038 a	0,036 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 6 menunjukkan bahwa Kombinasi kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik TKKS cenderung meningkatkan K tersedia tanah gambut. Hal ini disebabkan jumlah bahan organik TKKS yang diberikan lebih banyak dibandingkan bahan organik lainnya dan juga unsur hara yang terkandung dalam bahan organik TKKS cukup tinggi terutama kandungan kalium (K). TKKS mengandung unsur K cukup banyak

sehingga pada saat dekomposisi dilepaskanlah hara K, sehingga K menjadi tersedia. Menurut Suriadkarta *et al.* (2006) K dalam TKKS rsifat *slow release* karena TKKS terus mengalami dekomposisi yang melepaskan K, Ca, Mg sejalan dengan proses dekomposisinya. Ketersediaan kalium juga dipengaruhi oleh air tanah. Kalium dalam larutan tanah dan kalium yang dapat dipertukarkan dan diabsorpsi oleh permukaan

koloid tanah. Sebagian besar dari kalium tersedia ini berupa kalium dapat dipertukarkan dan mudah diserap oleh tanaman. Ketersediaan kalium karena pengaruh air yang mengandung karbonat (Hakim *et al.*,1986).

Pemberian berbagai bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan kalium dalam tanah. Hal ini disebabkan bahan organik (humus) mempunyai kapasitas besar dalam mengikat setiap ion, tetapi tidak mempunyai kapasitas untuk memfiksasi kalium, oleh karena diperlukan pemberian pupuk kalium terutama pada tanah organik (Ismunadji *et al.*,1976). Kalium masuk kedalam biosfir melalui proses absorpsi oleh

tanaman, jasad renik serta hewan-hewan yang mengkomsumsi bahan tanaman. Dengan didekomposisikannya bahan tanaman atau bahan organik, bangkai dan jasad renik, kalium larut masuk kembali ke dalam tanah

Perlakuan kedalaman muka air 60 - 70 cm cenderung meningkatkan pada ketersediaan Kalium pada tanah gambut. Hal ini disebabkan kedalaman muka air 60 – 70 cm kondisi tanah gambut (keadan lembab) yang ketersediaan air yang cukup sehingga terjadi pengikatan kalium dalam larutan tanah. Ketersedian kalium dalam tanah sangat tergantung dari penambahan dari luar dan dari koloid tanah itu sendiri (Hakim *et al.*, 1986).

### Pertambahan Panjang Pelepah

Tabel 7. Rerata Pertambahan Panjang Pelepah (cm) dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian beberapa bahan organik.

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 – 50	60 – 70	80 - 90	
Tanpa bahan organik	6.00 d	6.33 d	5.66 d	6.00 c
TKKS	10.66 a	11,00 a	10,00 ab	10,55 a
Pelepah	9,00 bc	8,33 c	8,66 bc	8,66 b
<i>M. bracteata</i>	9,00 bc	9,66 abc	8,33 c	9,00 b
Rerata efek Kedalaman muka air	8,66 a	8,83 a	8,16 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 8 menunjukkan bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah dengan pemberian bahan organik cenderung meningkatkan pertambahan panjang anak daun tanaman kelapa sawit dibandingkan dengan kombinasi perlakuan kedalaman muka air tanah dengan tanpa pemberian bahan organik. Pemberian berbagai macam bahan organik pada kedalaman muka air tanah yang berbeda cenderung meningkatkan pertambahan panjang anak daun tanaman kelapa sawit dibandingkan tanpa pemberian bahan organik. Hal ini diduga pemberian bahan organik dapat memudahkan penyerapan nitrogen oleh tanaman, yakni nitrat dan ammonium. Kedua unsur ini

mempercepat pembentukan hijau daun (klorofil) untuk proses fotosintesis guna mempercepat pertumbuhan vegetative. Hal ini sesuai dengan pernyataan Damanik *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa unsur nitrogen meningkatkan bagian protoplasma sehingga menimbulkan beberapa akibat antara lain terjadi peningkatan ukuran sel daun dan batang. Unsur N adalah penyusun utama biomassa tanaman muda. Ketersedian air juga berperan dalam penyediaan dan pengangkutan hara oleh tanaman.

Pemberian bahan organik TKKS menunjukkan hasil tertinggi pada pertambahan panjang anak daun. Hal ini disebabkan bahwa

pemberian bahan organik TKKS memiliki beberapa sifat yang menguntungkan antara lain membantu kelarutan unsur-unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman salah satunya pertambahan panjang anak daun, bersifat homogen dan mengurangi resiko sebagai pembawa hama tanaman, merupakan pupuk yang tidak mudah tercuci oleh air yang meresap dalam tanah dan dapat diaplikasikan pada sembarang musim (Iwan, 2012).

Perlakuan kedalaman muka air tanah tidak mempengaruhi dan meningkatkan pertambahan panjang anak daun kelapa sawit. Hal ini dikarenakan perlakuan kedalaman muka air tanah yang dilakukan

sudah memenuhi kebutuhan air tanaman kelapa sawit. Salisbury dan Ross (1997) menyatakan bahwa ketersediaan air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman sangat penting. Peranan air pada tanaman sebagai pelarut berbagai senyawa molekul

organik (unsur hara) dari dalam tanah kedalam tanaman, transportasi fotosintat dari sumber (source) ke limbung (sink), menjaga turgiditas sel diantaranya dalam pembesaran sel dan membukanya stomata, sebagai penyusun utama dari protoplasma serta pengatur suhu bagi tanaman.

### Pertambahan Lebar Anak Daun

Tabel 9. Rerata Pertambahan Lebar Anak Daun (cm) dengan perlakuan Kedalaman muka airdan pemberian beberapa bahan organik

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata Bahan Organik
	40 – 50	60 - 70	80 - 90	
Tanpa bahan organik	0,43 bc	0,46 bc	0,36 c	0,42 c
TKKS	0,63 ab	0,53 abc	0,53 abc	0,56 ab
Pelepah	0,53 abc	0,50 abc	0,50 abc	0,51 bc
<i>M. bracteata</i>	0,66 a	0,63 ab	0,50 abc	0,60 a
Rerata efek muka air	0,56 a	0,53 ab	0,47 b	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 9 menunjukkan bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah dengan pemberian bahan organik meningkatkan pertambahan lebar anak daun tanaman kelapa sawit dibandingkan perlakuan kedalaman muka air tanah dengan tanpa pemberian bahan organik. Hal ini disebabkan kandungan unsur hara yang terkandung dalam bahan organik di

*M. bracteata*, TKKS dan pelepah sawit cukup tinggi terutama kandungan unsur hara N yang berfungsi sebagai penyusun klorofil. *M. bracteata* mempunyai kandungan unsur hara 2,48 % N, 0,215 % P, dan 1,7 % K (Febriana, 2004). TKKS mempunyai kandungan unsur hara 42,8 % C, 0,80 % N, 2,90 % K<sub>2</sub>O, 0,22 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,30 % MgO, dan unsur mikro, antara

lain 10 ppm B, dan 23 ppm Cu (Winarna *et al.*, 2003). Semua unsur dalam bahan organik tersebut akan terdekomposisi di dalam tanah dan air tanah berperan dalam pelarutan hara dan kemudian diserap oleh tanaman. Jumin (2002) air sangat berfungsi dalam pengangkutan atau transportasi unsur hara dari akar ke jaringan tanaman, sebagai pelarut garam-garaman, mineral serta sebagai penyusun jaringan tanaman.

Pemberian bahan organik *M. bracteata* menunjukkan hasil tertinggi pada pertambahan panjang anak daun. Hal ini disebabkan kandungan N pada bahan organik *M. bracteata* cukup tersedia sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman sawit untuk pertumbuhan vegetatifnya. Menurut Lingga

(1994), Kartika *et al.* (2008) peranan utama N bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan khususnya batang, akar dan daun. Sejalan dengan itu menurut Novizan (2003), senyawa N digunakan oleh tanaman untuk membentuk asam amino yang akan diubah menjadi protein, dan berperan dalam fotosintesis karena merupakan unsur yang membentuk klorofil. Lakitan (1996) menambahkan bahwa unsur hara yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun adalah unsur N.

Perlakuan kedalaman muka air tanah 40 - 50 cm cenderung meningkatkan

pertambahan lebar anak daun tanaman sawit.. Hal ini diduga bahwa kedalaman muka air 40 - 50 cm menyebabkan kondisi air yang berlebih pada perakaran tanaman sawit. Kondisi air yang berlebih akan menyebabkan daun menjadi lebar untuk mempercepat laju transpirasi. Gardner *et al.* (1991) mengatakan bahwa jumlah dan ukuran daun dipengaruhi oleh genotipe dan lingkungan. Posisi daun pada tanaman yang terutama dikendalikan oleh genotipe, juga mempunyai pengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan daun, dimensi akhir dan kapasitas untuk merespon kondisi lingkungan yang lebih baik seperti ketersediaan air.

### Volume Akar

Tabel 10. Rerata Volume Akar (ml) dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian beberapa bahan organik.

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 - 50	60 - 70	80 - 90	
Tanpa bahan organik	10,16 cd	12,66 cd	9,60 d	10,81 c
TKKS	19,43 b	25,50 a	22,60 ab	22,51 a
Pelepah	20,00 b	21,93 ab	18,93 b	20,28 a
<i>M. bracteata</i>	14,40 c	19,50 b	11,66 cd	15,18 b
Rerata efek Kedalaman muka air	16,00 a	19,90 a	15,70 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 10 menunjukkan bahwa Kombinasi kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik TKKS menunjukkan hasil yang tertinggi pada volume akar tanaman kelapa sawit. Hal ini diduga penambahan bahan organik ke dalam tanah akan menyuplai hara dan membantu pertumbuhan tanaman termasuk akar tanaman. Pemberian bahan organik dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme tanah akibatnya kesuburan tanah lebih baik untuk mendukung perkembangan akar serta memperluas jangkauan akar dalam penyerapan air dan unsur hara. Fauzi *et al.* (2008) menyatakan bahan organik TKKS mengandung unsur hara makro dan mikro

dapat memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Perlakuan kedalaman muka air tanah masih memenuhi kebutuhan tanaman sehingga ketersediaan air tersebut tidak memberikan kontribusi yang nyata, dimana fungsi air hanya sebagai pengangkutan unsur hara, pelarut, serta sebagai penyusun jaringan tanaman berjalan dengan baik.

Pemberian bahan organik TKKS dan pelepah menunjukkan hasil tertinggi terhadap volume akar tanaman kelapa sawit Hal ini dikarenakan pemberian bahan organik TKKS dan pelepah dapat memperbaiki agregat tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara yang berakibat pada pertumbuhan tanaman termasuk akar. Menurut Musnamar (2003)

bahwa pemberian pupuk organik disamping meningkatkan kandungan unsur hara juga mampu memperbaiki struktur tanah, membuat agregat atau butiran tanah menjadi besar atau mampu menahan air sehingga aerasi didalamnya menjadi lancar dan dapat meningkatkan perkembangan akar.

Perlakuan kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm cenderung meningkatkan volume akar tanaman kelapa sawit. Hal ini diduga akar dapat tumbuh dan berkembang karena ketersediaan air dan ketersediaan O<sub>2</sub> yang cukup didalam tanah dan tidak seperti pada

kedalaman muka air 40 - 50 cm dimana ketersediaan O<sub>2</sub> rendah ataupun akar tidak dalam kondisi ketersediaan air yang sedikit seperti kedalaman muka air 80 - 90 cm. Wibisono (2005) menyatakan jika seluruh bagian tanaman selama 1 bulan atau jika sekitar perakaran tanaman kering atau tidak menjangkau air yang berada di bawahnya, maka tanaman akan mati. Kedalaman muka air tanah yang optimum untuk tanaman kelapa sawit di lahan gambut berdrainase berkisar 60 - 75 cm (Page *et al.*, 2011).

### Berat akar

Tabel 11. Rerata Berat akar (g) dengan perlakuan Kedalaman muka air dan pemberian Bahan organik.

Bahan Organik	Kedalaman muka air (cm)			Rerata efek Bahan Organik
	40 - 50	60 - 70	80 - 90	
Tanpa bahan organik	1,14 d	1,02 d	1,31 d	1,15 b
TKKS	2,76 abc	3,95 a	2,69 bc	3,13 a
Pelepah	3,14 ab	2,81 abc	2,11 bcd	2,69 a
<i>M. bracteata</i>	1,67 cd	2,24 bcd	1,60 cd	1,83 b
Rerata efek Kedalaman muka air	2,18 a	2,50 a	1,92 a	

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil pada kolom dan baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji BNT pada taraf 5 %.

Tabel 11 menunjukkan bahwa kombinasi kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan bahan organik TKKS menunjukkan hasil yang tertinggi. Hal ini diduga akar kelapa sawit memberikan respon terhadap pemberian bahan organik. Unsur hara yang terdapat pada bahan organik yang diaplikasikan akan kembali ke dalam tanah dan unsur hara tersebut dapat diserap oleh akar tanaman, sedangkan kedalaman muka air tanah akan berperan dalam penyedia air yaitu sebagai pelarut dan pengangkutan hara oleh tanaman kelapa sawit. Kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah banyak untuk mencukupi kebutuhan pertumbuhan dan produksi (Murti Laksono *et al.*, 2007).

Perlakuan bahan organik dapat meningkatkan berat akar tanaman sawit. Pemberian bahan organik TKKS dan pelepah

menunjukkan hasil tertinggi terhadap berat akar tanaman sawit dan berbeda nyata terhadap pemberian bahan organik *M. bracteata* dan tanpa pemberian bahan organik. Hal ini diduga pemberian bahan organik TKKS dan pelepah dapat menyuplai unsur hara P yang digunakan dalam pertumbuhan akar. Gardner *et al* (1991) mengatakan ketersediaan unsur hara terutama P dapat mempengaruhi terbentuknya akar-akar halus sehingga memperluas bidang serapan hara oleh akar, dengan demikian akar membantu pertumbuhan.

Perlakuan kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm cenderung meningkatkan berat akar tanaman kelapa sawit. Hal ini disebabkan pertumbuhan akar sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik tanahnya. Jumlah air yang diserap oleh akar tergantung

pada kandungan air tanah, kemampuan partikel tanah untuk menahan air serta kemampuan akar untuk menyerap air (Nio *et al.*, 2010). Jumlah air yang dapat ditahan oleh tanah dalam volume tertentu tergantung kepada ukuran serat tanah gambut utama dan susunan dari partikel-partikel tersebut (Kramer, 1983). Jumlah akar menunjukkan bahwa adanya kecenderungan pertambahan

jumlah akar dan panjang akar semakin bertambah karena pengaruh besarnya bagian akar yang tergenang. Tanaman yang mengalami anoksia akan beradaptasi secara morfologi dengan menambah jumlah akar dan memperpanjang akar. Menurut Visser *et al.* (2004), tanaman yang terganggu akibat keadaan air yang berlebih akan beradaptasi dengan lingkungannya

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Kedalaman muka air tanah gambut berpengaruh nyata terhadap ketersediaan hara Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), P-tersedia, peningkatan yang terjadi pada setiap parameter yang diamati, perlakuan yang terbaik terdapat pada kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dibandingkan pada kedalaman muka air tanah 40 - 50 cm dan 80 - 90 cm.
2. Pemberian bahan organik pada tanah gambut berpengaruh nyata terhadap peningkatan pada pH tanah, Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), P-tersedia, K-tersedia, pertambahan panjang pelepah, pertambahan panjang anak daun, pertambahan lebar anak daun, volume akar dan berat akar tanaman kelapa sawit pada tiap perlakuan berbeda nyata dengan tanpa bahan organik. Pemberian bahan

organik TKKS menghasilkan peningkatan tertinggi dibandingkan dengan bahan organik lainnya.

3. Kombinasi tinggi muka air tanah 60 – 70 cm dengan bahan organik TKKS menghasilkan peningkatan ketersediaan hara Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), P-tersedia dan berat akar tanaman kelapa sawit.

### Saran

Dalam dunia usaha perkebunan kelapa sawit terutama pada lahan gambut sebaiknya menggunakan kedalaman muka air tanah 60 - 70 cm dengan tujuan mempertahankan kadar air dalam tanah dan pemberian bahan organik TKKS dapat membantu peningkatan ketersediaan unsur hara esensial dalam tanah dan dapat membantu dalam peningkatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang tumbuh diatas permukaan gambut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriesse, J. P. 1988. **Nature And Management of Tropical Peat Soil**. FAO Soil Bull. 59. Rome.
- BB Litbang SDLP (Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian. 2008. Laporan Tahunan 2008, **Konsorsium Penelitian Dan pengembangan Perubahan Iklim Pada Sektor Pertanian**. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Damanik, M.M.B. B.E. Hasibuan. Fauzi, Sarifuddin, H. Hanum, 2011. **Kesuburan Tanah dan Pemupukan**. USU Press. Medan.
- Erfandi, D. 1984. **Pengaruh fosfat pada tanah bekas vegetasi alang-alang dan tanah bekas vegetasi belukar terhadap pertumbuhan dan produksi kacang tanah (thesis)**. Fakultas pertanian Unsyah Darussallam.
- Fauzi, Y., Y. E. Widyastuti, I. Satyawibawa, R. Hartono. 2006. **Kelapa Sawit:**

- Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran.** Edisi revisi. Penebar Swadaya. Jakarta. 163 hal
- Febriana. 2004. **Kontribusi berbagai jenis tanaman penutup tanah (cover crop) terhadap perbaikan beberapa sifat kimia ultisol lahan alang-alang.** Skripsi (tidak di publikasikan). Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Jambi.
- Gardner, F.P, R.B. Pearce dan R.I. Mitchell. 1991. **Fisiologi Tanaman Budidaya.** UI press. Jakarta.
- Hakim, N, Nyapka, Y, Lubis. 1986. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah.** Penerbit Universitas Lampung. Hal 255-256.
- Hardjowigeno, S. 1986. **Sumber Daya Fisik Wilayah dan Tata Guna Lahan: Histosol.** Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Hal. 86-94.
- Indriani, H. Y. 2001. **Membuat Kompos Secara Kilat.** Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ismunandji, M., S. Parto Hardjono dan Satsijati. 1976. **Peranan Kalium Dalam Peningkatan Produksi Tanaman Pangan.** Dalam Kalium dan Yanaman Pangan, (2). Hal 1-14.
- Jumin, H. B. 2002. **Ekofisiologi tanaman suatu pendekatan fisiologi.** Rajawali Press. Jakarta.
- Jako, S. H. 2015. **Pengaruh kedalaman muka air dan bahan organik terhadap aktifitas organisme tanah dilahan gambut.** J Agroteknologi 30-31.
- Kartika E, I. Elly, dan Antony. 2008. **Pengaruh Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit sebagai Substitusi Pupuk Anorganik (N, P dan K) terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq)** J. Agronomi 12 (1): 33-38.
- Kramer, P. J. 1983. **Water Relation of Plants.** Academic Press. London. Ltd
- Murti Laksono, K., H. H. Siregar dan W. Darmosarkoro. 2007. **Model Neraca Air di Perkebunan Kelapa Sawit (Water Balance Model In Oil Palm Plantation).** Penelitian Kelapa Sawit 15(1); 21-35.
- Musnamar, E. I. 2003. **Pupuk Organik.** Penebar Swadaya. Jakarta
- Musthofa, 2007. **Peran Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya.** Fakultas Pertanian. Bogor.
- Nio SA, Tondais SM, Buutarbutar R. 2010. **Evaluasi Indikator Toleransi Cekaman Kekeringan Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Pertanian di Kalimantan.** Balai Penelitian Lahan Rawa. Kalimantan.
- Novizan. 2002. **Petunjuk Pemupukan yang Efektif.** Agromedia Pustaka. Jakarta. 130 hal.
- Nugroho, T dan Mulyanto, B. 2005. **Pengaruh penurunan muka air tanah terhadap karakteristi gambut.** Jurusan tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Page, Se. R. Morrison, C. Malins, A. Hooijer, J.O. Rieley, And J. Jauhiainen. 2011. **Review of Peat surface greenhouse gas emissions from oil palm plantations in Southeast Asia.** White Paper Number 15. Indirect Effects of Biofuel Production Series. International Council on Clean Transportation. p. 77.
- Pangudijatno, G. 1987. **Bahan Organik Terhadap Tanaman Kelapa Sawit di Tanah Gambut.** Buletin Perkebunan.
- Salisbury, F.B dan Ross, C.W.1997. **Fisiologi Tumbuhan.** Terjemahan Dian Rukmana dan Sumaryono. ITB. Bandung.

- Sukariawan, A., Rauf, A., Sutannto, A. S., Sanotoso, B. 2015. **Pengaruh kedalaman muka air tanah terhadap lilit batang karet clon PB260 dan sifat kimia tanah gambut di kebun Meranti RAPP Riau.** Jurnal Pertanian Tropik. Vol. 2, No. 1. (1) :1-5. USU dan STIPAP. Medan.
- Suntoro, 2001. **Pengaruh Residu Penggunaan Bahan Organik, Dolomit dan KCL pada Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hipogae* L) pada Oxic Dystrudep Jummapolo.** Karanganyar. *Habitat*, 12 (3) 170-177.
- Visser, E. J. W. and L. A. C. J. Voesenek. 2004. **Acclimation to Soil Flooding-Sening and signal-Transduction.** Plant and Soil 254:197-214.
- Wibisono , A dan Basri, M. 1993. **Pemanfaatan limbah organik untuk pupuk.** Buletin perkebunan. Vol 02/1 KNNS/ Tahun 1 Desember.
- Winarna. 2002. **Peranan unsur hara dan sumber hara pada pemupukan tanaman kelapa sawit,** hal. 81. *Dalam* W. Darmosarkoro, E. S. Sutarta dan Winarna (Eds). Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan