

**Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metoda Biopori terhadap
Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Belum Menghasilkan**

**The Application liquid waste of oil palm with biopory method on the growth of oil palm
plants (*Elaeis guineensis* Jacq.) Immature**

Joel Tambunan¹, Sampoerno² dan Sukemi Indra Saputra³

Agrotechnology study program, agriculture faculty of riau university

Jln. HR. Soebrantas km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293

Email: joeltambunan237@gmail.com

Hp : 082392056603

ABSTRACT

To increase the effects of Giving wastewater of oil palm was conducted by the biopory method, waste is included into hole's biopori as food organisms in the soil, organism can change waste become fertilizer which required the young oil palm to growth. This research used completely randomized design (CRD) non factorial consists of 13 treatments, they are S0 = Without treatment, S1 = LCPKS dose of 2.5 liters for 1 tube unit biopory/plants, S2 = LCPKS dose of 2.5 liter for 2 tube unit biopory/plants, S3 = LCPKS dose of 2.5 liters for 3 tube unit biopory/plants, S4 = LCPKS dose of 2.5 liters for 4 tube unit biopory/plants, S5 = LCPKS dose of 5 liters for 1 tube unit biopory/plants, S6 = LCPKS doses of 5 liters for 2 tube unit biopory/plants, S7 = LCPKS dose of 5 liters for 3 tube unit biopory/plants, S8 = LCPKS dose of 5 liters for 4 tube unit biopory/plants, S9 = LCPKS doses of 7.5 liters for 1 tube unit biopory/plants, S10 = LCPKS doses of 7.5 liter for 2 tube unit biopory/plants, S11 = LCPKS doses of 7.5 liters for 3 tube unit biopory/plants, S12 = LCPKS doses of 7.5 liters for 4 tube unit biopory/plants. Several studies about application of liquid waste of oil palm have shown the real influence as growth of height, girth, width of the leaf, and length of the oil palm's leaves varieties Tenera (DXP), marihat 21 month until 24 month immature.

Keywords : LCPKS , holes biopori

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang memberikan lapangan pekerjaan yang berarti dalam kesejahteraan masyarakat dan juga pendapatan besar bagi devisa negara di luar sektor minyak dan gas. Usaha peningkatan produksi minyak kelapa sawit memiliki banyak manfaat untuk masa yang akan datang dimana pada saat ini sudah banyak menggunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku perindustrian pangan maupun non pangan.

Semakin luasnya areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia maka jumlah PKS akan semakin banyak mengolah TBS kelapa sawit dan menghasilkan limbah dari hasil olahan kelapa sawit yaitu limbah padat dan limbah cair. Setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah di pabrik akan menghasilkan tandan kosong sawit (TKS) sebanyak 220 kg, limbah cair sebanyak 670 kg, serat mesocarp sebanyak 120 kg, cangkang sebanyak 70 kg, dan kernel 30 kg, Buana, *et al* (2003). Berdasarkan data dari Dinas Perkebunan

1. Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

2. Staf Pengajar Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

Provinsi Riau (2011) jumlah pabrik kelapa sawit (PKS) di Riau sebanyak 146 unit dengan kapasitas produksi TBS sebesar 6.254 ton per jam dan akan menghasilkan limbah cair sebanyak 67 % yaitu dengan total $6.254 \text{ ton TBS} \times 67\% = 4.190,18 \text{ ton}$ limbah cair yang dihasilkan untuk setiap jam, jika pabrik dalam satu hari beroperasi akan menghasilkan limbah cair sebanyak 100.564,32 ton. Jumlah limbah cair tersebut jika tidak diolah dengan baik akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Limbah pengolahan kelapa sawit jika dapat diolah dengan baik akan sangat menguntungkan. Dari hasil pengolahan limbah kelapa sawit dapat diketahui kandungan unsur-unsur yang terkandung dalam cairan tersebut seperti COD, BOD dan pH bisa mencapai kondisi yang dipersyaratkan untuk dimanfaatkan. Limbah cair pabrik kelapa sawit yang semestinya merugikan bisa dimanfaatkan. Hasil pengolahan limbah kelapa sawit ini juga bisa digunakan untuk sektor perkebunan seperti pada persemaian dan untuk penyiraman tanaman di lahan terutama pada tanaman kelapa sawit itu sendiri. Limbah sebagai hasil buangan industri yang selama ini lebih banyak disorot dampak negatifnya terhadap lingkungan, ternyata juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu potensi yang dapat dikembangkan sebagai sumber unsur hara bagi pertumbuhan tanaman.

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) merupakan bahan organik yang mengandung hara yang diperlukan tanaman, oleh karena itu aplikasi limbah cair tersebut merupakan usaha daur ulang sebagian hara (*nutrient recycling*) yang terikat melalui panen tandan buah segar (TBS) kelapa sawit, sehingga akan mengurangi biaya pemupukan yang tergolong sangat tinggi untuk budidaya tanaman kelapa sawit (Nainggolan, 2002). Menurut Kanagaratnan (1981) dalam Siregar dan Liwang (2001) LCPKS mengandung N sebanyak 1.495 mg/l, P_2O_5 sebanyak 1.056 mg/l, K_2O sebanyak 2.865 mg/l dan MgO sebanyak 1.665 mg/l. Bila

dilihat dari komposisi nutrisinya, maka limbah cair tersebut berpotensi besar sebagai alternatif untuk menggantikan fungsi dari pupuk buatan.

Widyastuti (2008) menjelaskan bahwa penggunaan LCPKS dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, karena limbah cair pabrik kelapa sawit dapat memperbaiki sifat biologi tanah dengan meningkatkannya keragaman makrofauna dan mesofauna tanah pada perkebunan kelapa sawit. Penggunaan limbah cair pabrik kelapa sawit dapat meningkatkan jumlah total bakteri tanah, namun LCPKS dapat menurunkan bakteri *enterobacteriaceae* merupakan kelompok bakteri penyebab penyakit pada tanaman. Meningkatnya sifat – sifat biologi tanah maka meningkat pula sifat – sifat tanah lainnya yaitu sifat kimia dan fisik.

Zakaria dan Hasan (1989) mengatakan bahwa penggunaan limbah cair pabrik kelapa sawit yang mempunyai kandungan BOD < 5.000 ppm ke tanah dan telah banyak dilakukan oleh pihak perkebunan kelapa sawit di Malaysia ternyata memberikan pengaruh yang baik, diantaranya untuk memperbaiki struktur fisika tanah, meningkatkan infiltrasi dan aerasi tanah, menambah perkembangan sistem perakaran, menambah bahan organik tanah, menambah kapasitas tukar kation dan meningkatkan pH tanah, meningkatkan jumlah dan aktifitas mikroflora dan mikrofauna tanah.

Hasil penelitian Askridayani (2006) aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit di perkebunan kelapa sawit dengan jarak tanam 9,2 m x 7,8 m yang menerapkan *Land Application* berukuran 100 m x 0,5 m dan jarak dari tanaman 8,75 m pada jarak 60 cm dapat meningkatkan pH tanah, dan dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan tersedianya unsur – unsur hara yang dibutuhkan tanaman dan memperbaiki sifat tanah namun semakin jauh jarak *Land Application* maka N- total tanah, P- tersedia, K-tukar tanah dan KTK tanah semakin menurun.

Land Application merupakan suatu bentuk aplikasi LCPKS dengan cara mengalirkan limbah dari atas ke bawah dengan kemiringan tertentu ke parit aplikasi di areal perkebunan kelapa sawit. Pembangunan sistem *Land Application* membutuhkan biaya yang sangat tinggi yaitu dalam pembuatan bak penampung limbah, pengadaan pipa saluran dan pembuatan parit. Pembuatan lubang resapan biopori relatif lebih sederhana dan murah dibandingkan *Land Application* dimana lubang resapan biopori dibuat menggunakan alat tabung paralon ukuran 4 inci dengan lubang pori berukuran 1 inci

sebanyak 15 lubang, alat biopori tersebut di tanam dengan kedalaman tanah 30 cm – 100 cm pada setiap tanaman dan lubang resapan biopori sangat baik dalam menyediakan air untuk tanaman yang di sebabkan oleh meningkatnya rongga - rongga di tanah untuk penyerapan air hujan dari aktivitas organisme tanah seperti cacing, meningkatkan kesuburan tanah, memaksimalkan aktivitas flora dan fauna tanah, menyediakan air, meningkatkan kualitas air, mengurangi limbah – limbah organik yang terbuang dan dapat mengurangi dampak erosi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kampus Binawidya Km 12,5 Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan, Pekanbaru dengan ketinggian tempat penelitian 15–16 m dari permukaan laut. Adapun kegiatan penelitian telah dilaksanakan mulai dari bulan Februari 2016 sampai bulan Mei 2016.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, ember, parang, literan, meteran, bor belgi, pipa paralon, alat tulis, dan tali.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kelapa sawit varietas Tenera (DxP) Marihat, berumur 21 bulan belum menghasilkan, Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang berasal dari kolam aerobik pada kolam pengolahan limbah PTPN 3 Sei Baruhur, fungsida dan Pupuk dasar.

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 13 perlakuan dosis LCPKS dengan metoda biopori, setiap perlakuan diulang 3 kali, tiap unit percobaan terdiri dari satu tanaman sehingga seluruhnya 39 tanaman dan semuanya dijadikan tanaman sampel. Adapun masing-masing perlakuan adalah:

So : Tanpa perlakuan

- S1 : LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman
- S2 : LCPKS dosis 2,5 liter untuk 2 unit tabung biopori/tanaman
- S3 : LCPKS dosis 2,5 liter untuk 3 unit tabung biopori/tanaman
- S4 : LCPKS dosis 2,5 liter untuk 4 unit tabung biopori/tanaman
- S5 : LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman
- S6 : LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori/tanaman
- S7 : LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori/tanaman
- S8 : LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori/tanaman
- S9 : LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman
- S10 : LCPKS dosis 7,5 liter untuk 2 unit tabung biopori/tanaman
- S11 : LCPKS dosis 7,5 liter untuk 3 unit tabung biopori/tanaman
- S12 : LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori/tanaman

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan sidik ragam model linear sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + \epsilon_{ij}$$

Dimana:

Y_{ij} = Hasil pengamatan perlakuan LCPKS dengan lubang biopori ke-i pada ulangan ke-j

μ = Nilai tengah umum

S_i = Efek perlakuan dosis LCPKS dan lubang biopori ke-i

ϵ_{ij} = Efek eror percobaan dari perlakuan LCPKS dengan lubang biopori ke-i pada ulangan ke-j

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan analisis ragam kemudian dilanjutkan dengan uji *Duncans New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan lubang resapan biopori memberikan pengaruh yang nyata

terhadap pertambahan tinggi tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata pertambahan tinggi tanaman kelapa sawit belum menghasilkan dengan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan lubang resapan biopori.

Dosis LCPKS dan lubang resapan biopori /tanaman	Tinggi tanaman (cm)
Tanpa perlakuan	6,66 e
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	21,66 d
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	22,33 d
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	36,66 c
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	39,33 bc
LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori	44,00 abc
LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori	45,33 abc
LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori	48,33 ab
LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori	51,33 a
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	40,00 bc
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	41,66 abc
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	42,66 abc
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	43,33 abc

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5%

Tabel 1 menunjukkan perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori memberikan pertumbuhan yang baik pada parameter tinggi tanaman dengan menghasilkan pertambahan tinggi tanaman setinggi 44,00 cm dan berbeda nyata terhadap tanpa perlakuan, LCPKS dosis 2,5 liter dan LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori, namun berbeda tidak nyata terhadap perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 2, 3 dan 5

lubang biopori dan 7,5 liter untuk 2, 3 dan 4 unit tabung biopori. Hal ini diduga pemberian 5 liter LCPKS untuk 1 unit tabung biopori/tanaman mengakibatkan LCPKS yang diberikan dapat menyebar dengan merata secara berlahan-lahan di sekitar tanaman sehingga dapat memperbaiki beberapa sifat tanah, menyediakan unsur hara dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan pendapat Sutanto (2006)

yang mengemukakan bahwa dengan adanya penambahan bahan organik sifat fisik, biologi dan kimia tanah menjadi lebih baik.

Perbaikan sifat fisik tanah disebabkan dari jumlah lubang resapan biopori yang banyak sehingga LCPKS dapat tersebar secara merata di sekitar tanaman mengakibatkan struktur tanah disekitar tanaman menjadi lebih gembur, dan aerasi tanah menjadi baik yang mengakibatkan perakaran tanaman akan tumbuh dan berkembang dengan baik. Aerasi tanah yang baik akan memperluas daerah perakaran tanaman dan membantu tanaman untuk menyerap unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan. LCPKS dengan lubang resapan biopori meningkatkan pori tanah sehingga air larutan dapat tertahan di dalam tanah dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Subowo (2010) bahwa bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti struktural, aerasi dan porositas tanah. Perbaikan sifat fisik tanah tersebut akan meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air.

Sifat biologi tanah dapat diperbaiki dengan aplikasi lubang resapan biopori sebanyak 1 unit pada tanaman mengakibatkan LCPKS yang diberikan ke dalam lubang dapat menyebar secara merata didalam tanah pada sekitar tanaman yang mengakibatkan kandungan hara yang ada pada LCPKS tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pasokan energi untuk mikroorganisme, hal ini akan membuat terjaminnya keberadaan mikroorganisme tanah sehingga dapat mempercepat pelepasan unsur hara yang belum terurai di media tanam. Hal ini sejalan dengan pendapat Buckman and Brady (1982) populasi mikroorganisme tanah meningkat dengan adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah. Terurainya unsur hara yang diakibatkan dari aktivitas mikroorganisme dalam tanah mengakibatkan unsur hara tersedia dan dapat diserap langsung oleh perakaran tanaman sehingga dapat

meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit belum menghasilkan.

Aplikasi limbah cair dengan lubang resapan biopori dapat memperbaiki sifat kimia tanah seperti meningkatkan ketersediaan kation-kation K, Ca, Mg, KTK, bahan organik tanah, hara N dan P, serta menetralkan pH. Peningkatan KTK akibat aplikasi LCPKS dengan lubang resapan biopori mempengaruhi daya jerap kation yang lebih tinggi pada media tanam dibandingkan dengan koloid liat. Hal ini akan mempengaruhi penyerapan hara yang sebelumnya terfiksasi menjadi hara yang dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman. Peningkatan KTK ini juga akan meningkatkan pH media tanam, karena mampu menjerap ion H dan Al yang menyebabkan media tanam bersifat asam. Hal ini didukung oleh Hakim, dkk. (1986), pemberian pupuk organik berpengaruh terhadap sifat kimia tanah diantaranya dapat memperbaiki pH tanah, meningkatkan KTK tanah sebab bahan organik mempunyai daya jerap kation yang lebih besar daripada koloid liat dan dapat melepaskan P dari P terfiksasi menjadi P-tersedia bagi tanaman.

Membbaiknya sifat fisika, biologi tanah dan kimia tanah akibat aplikasi LCPKS dengan lubang resapan biopori akan membantu tanaman dalam proses penyerapan unsur hara terutama N untuk pertumbuhan tinggi tanaman. Hakim, dkk (1989) mengemukakan bahwa ketersediaan unsur hara tanaman tidak terlepas dari kondisi tanah. Keberadaan mikroorganisme dalam tanah akan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Jika tanah tersebut mempunyai sifat fisik yang baik maka semakin tinggi porositas, daya tahan tanah menyimpan air juga semakin besar, sehingga akan membantu penyerapan hara.

Pada peningkatan dosis LCPKS 7,5 liter untuk 1, 2, 3 dan 4 unit tabung biopori/tanaman cenderung menurunkan pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit dibandingkan dengan perlakuan LCPKS

dosis 5 liter. Hal ini diduga volume limbah yang terdapat pada setiap lubang tersebut lebih banyak sehingga kondisi tanah pada lubang biopori cepat lembab dan jenuh sebab pada kondisi tersebut dapat mengurangi jumlah udara di dalam tanah, sehingga akar tanaman terhambat dalam penyerapan unsur hara mengakibatkan pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit belum menghasilkan lebih rendah. Sesuai dengan pendapat Arsyad (1989) bahwa semakin basah, permukaan tanah maka proses masuknya larutan air ke dalam tanah akan semakin lama yang mengakibatkan laju infiltrasi semakin menurun seiring dengan lamanya waktu.

Kandungan N pada LCPKS (1,495 mg/l) berpengaruh pada peningkatan kandungan N dalam tanah, sehingga unsur hara N yang tersedia untuk tanaman meningkat. Dwijosaputra (1985) bahwa tanaman akan tumbuh baik dan subur apabila unsur hara yang dibutuhkan tanaman cukup tersedia untuk diserap tanaman. Ditambahkan oleh Notohadiprawiro *dkk.* (2006) menyatakan bahwa unsur hara nitrogen merupakan unsur yang sangat dibutuhkan tanaman pada fase pertumbuhan vegetatif, khususnya pertumbuhan batang yang memacu pertumbuhan tinggi tanaman.

Menurut Syarief (1986) pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi oleh tersedianya unsur nitrogen yang cukup berperan dalam proses pembelahan

sel. Nitrogen mempunyai peran utama untuk merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dan khususnya pertumbuhan batang yang dapat memacu bertambahnya tinggi tanaman. Hakim *dkk.* (1986) terjadinya pertumbuhan tinggi dari suatu tanaman karena adanya peristiwa pembelahan dan perpanjangan sel yang didominasi pada pucuk tanaman tersebut. Proses ini memerlukan sintesa protein yang diperoleh tanaman dari lingkungan seperti bahan organik dalam tanah. Penambahan bahan organik yang mengandung N akan mempengaruhi kadar N total dan dapat membantu mengaktifkan sel-sel tanaman dan mempertahankan jalannya proses fotosintesis yang pada akhirnya pertumbuhan tinggi tanaman dipengaruhi. Oleh karena itu untuk memperoleh pertumbuhan tanaman kelapa sawit yang baik unsur N harus tersedia dengan cukup selama proses pertumbuhan.

Pemberian LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman menghasilkan rata-rata pertambahan tinggi tanaman 44,00 cm/4 bulan (11,00/bulan), sementara tinggi tanaman kelapa sawit varietas mariat umur 2 tahun menurut standar pertumbuhan yang dikeluarkan oleh PPKS yaitu 4,41 cm/bulan (Lampiran 2). Hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman yang diberikan LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman sudah melebihi standar pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada umur 2 tahun.

2. Pertambahan Lingkar Batang (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan lubang resapan biopori memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan diameter batang tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata penambahan lingkaran batang tanaman kelapa sawit belum menghasilkan dengan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan lubang resapan biopori.

Dosis LCPKS dan lubang resapan biopori /tanaman	Lingkaran batang (cm)
Tanpa perlakuan	5,33 j
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	10,16 i
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	15,33 h
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	16,66 h
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	21,66 g
LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori	40,00 bcd
LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori	41,33 abc
LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori	42,33 ab
LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori	43,66 a
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	34,33 f
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	36,66 ef
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	38,00 de
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	39,00 cde

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DNMR pada taraf 5%

Tabel 2 menunjukkan perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori berbeda nyata dengan tanpa perlakuan, LCPKS dosis 2,5 liter, LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori dan LCPKS dosis 7,5 liter, namun tidak berbeda nyata terhadap perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 3 dan 4 unit tabung biopori. Pertambahan lingkaran batang tertinggi diperlihatkan pada perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori (43,66), kemudian diikuti dengan pemberian LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori (42,33) dan pemberian LCPKS 5 liter untuk 2 unit tabung biopori (41,33), hal ini diduga aplikasi LCPKS dengan metoda biopori dapat mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan sifat fisik, biologi dan kimianya.

Penambahan pupuk organik ke dalam tanah dapat memperbaiki struktur, tekstur, dan lapisan tanah sehingga akan memperbaiki keadaan aerasi, drainase, absorpsi panas, kemampuan daya serap tanah terhadap air. Sejalan dengan pendapat Subowo (2010) bahwa bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti struktur, aerasi dan porositas tanah. Perbaikan sifat fisik tanah tersebut

akan meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air.

Bahan organik seperti LCPKS dapat memperbaiki sifat biologi tanah, sebab bahan organik mengandung asam-asam organik sebagai pakan yang sangat penting bagi organisme tanah, dari bakteri sampai dengan cacing tanah. Hal ini akan menjaga keberadaan mikroorganisme dalam tanah sehingga dapat mempercepat proses dekomposisi dimana unsur-unsur hara akan dibebaskan ke tanah dalam bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman. Adanya unsur hara yang sudah terurai oleh aktifitas mikroorganisme mengakibatkan tersedianya nutrisi yang siap diserap oleh tanaman. Penyerapan unsur hara oleh akar tanaman akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. Hal ini didukung oleh Buckman and Brady (1982) populasi mikroorganisme tanah meningkat dengan adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah.

Penambahan bahan organik LCPKS kedalam tanah dapat memperbaiki sifat kimia tanah yaitu dengan meningkatkan KTK tanah yang dapat berpengaruh terhadap daya jerap kation yang lebih tinggi pada media tanam dibandingkan

dengan koloid liat. Hal ini akan mempengaruhi penyerapan hara yang sebelumnya terfiksasi menjadi hara yang dapat tersedia oleh tanaman. Peningkatan KTK ini juga akan meningkatkan pH media tanam, karena mampu menjerap ion H dan Al dalam tanah. Dengan demikian hal ini sangat mendukung perkembangan diameter batang tanaman kelapa sawit belum mengahasilkan yang lebih baik.

Pembesaran lingkaran batang tanaman kelapa sawit belum menghasilkan dipengaruhi oleh tersedianya unsur hara dari LCPKS yang dibutuhkan tanaman terutama unsur N, P, dan K. Namun unsur K lebih banyak dibutuhkan tanaman dalam proses pembesaran lingkaran batang tanaman kelapa sawit. Tersedianya unsur K pada media tanam tanaman, maka proses pembentukan karbohidrat akan berjalan dengan baik dan translokasi pati ke batang tanaman dan memperlancar proses translokasi hara dari akar ke tajuk tanaman. Leiwakabessy (1988) menyatakan bahwa unsur hara kalium sangat berperan dalam meningkatkan lingkaran batang tanaman, khususnya dalam peranannya sebagai jaringan yang menghubungkan antara akar dan daun pada proses transpirasi. Hakim dkk (1986) menyatakan bahwa nitrogen, fosfor dan kalium merupakan faktor pembatas karena pengaruhnya nyata bagi tanaman serta merupakan unsur hara yang paling banyak jumlahnya dibutuhkan tanaman.

Pembesaran lingkaran batang dipengaruhi oleh ketersediaan unsur kalium, kekurangan unsur ini menyebabkan terhambatnya proses pembesaran lingkaran batang. Menurut Lingga (2001) bahwa unsur K berfungsi menguakan figur tanaman yang dapat mempengaruhi besar lingkaran batang.

Tanpa perlakuan menunjukkan pertambahan lingkaran batang terendah yaitu (5,33). Pada peningkatan dosis LCPKS 7,5 liter untuk 1, 2, 3 dan 4 unit tabung biopori/tanaman cenderung menurunkan pertambahan diameter batang tanaman kelapa sawit dibandingkan dengan

perlakuan LCPKS dosis 5 liter. Hal ini diduga LCPKS dosis 5 liter yang diaplikasikan kedalam lubang biopori tidak mengurangi jumlah udara dalam tanah sehingga tidak menghambat akar dalam penyerapan unsur hara, mengakibatkan LCPKS meresap cepat dan menyebar pada tanah di sekitar tanaman menyebabkan membaiknya sifat-sifat tanah baik sifat fisik, biologi dan kimia tanah, serta mampu menyediakan unsur hara yang cukup untuk pertumbuhan dan memenuhi kebutuhan optimal dari tanaman sehingga dapat meningkatkan laju fotosintesis dalam menghasilkan fotosintat. Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa dosis pupuk jika sudah mencapai kondisi yang optimal dalam mencapai kebutuhan tanaman, walaupun dilakukan peningkatan dosis tidak akan memberikan pengaruh peningkatan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman namun cenderung menurunkan. Jumin (1992) menyatakan batang merupakan daerah akumulasi pertumbuhan tanaman khususnya tanaman muda, dengan adanya unsur hara dapat mendorong laju fotosintesis dalam menghasilkan fotosintat, sehingga membantu dalam pembentukan lingkaran batang tanaman.

Pada akhir pengamatan, aplikasi LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori/tanaman meningkatkan pertambahan lingkaran batang tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan yaitu menghasilkan rata-rata pertambahan lingkaran batang 41,33 cm/4bulan (10,33/bulan), sementara pertambahan lingkaran batang tanaman kelapa sawit varietas marihat umur 24 bulan yaitu 8,66 cm/bulan (lampiran 2). Hal ini menunjukkan pertambahan lingkaran batang pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan yang diberi LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori/tanaman sudah melebihi pertambahan lingkaran batang tanaman kelapa sawit varietas marihat umur 24 bulan.

3. Pertambahan Jumlah Daun (Helai)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan lubang resapan biopori memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan jumlah daun

tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata pertambahan jumlah daun tanaman kelapa sawit belum menghasilkan dengan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan lubang resapan biopori.

Dosis LCPKS dan lubang resapan biopori /tanaman	Jumlah daun (helai)
Tanpa perlakuan	4,33 f
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	5,66 f
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	6,33 f
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	9,00 e
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	9,66 e
LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori	17,66 ab
LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori	18,00 a
LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori	18,66 a
LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori	19,00 a
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	12,33 d
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	14,00 cd
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	15,66 bc
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	17,33 ab

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5%

Tabel 3 memperlihatkan bahwa pemberian LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori memberikan pengaruh yang baik terhadap jumlah daun tanaman kelapa sawit dan berbeda nyata terhadap tanaman yang tanpa perlakuan, dan LCPKS dosis 2,5 liter dan LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1, 2, dan 3 unit tabung biopori, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 2, 3 dan 4 tabung biopori dan LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori. Hal ini diduga bahwa bahan organik yang terkandung di dalam LCPKS berperan dalam memperbaiki struktur tanah, sehingga aerasi dan drainase tanah menjadi baik, serta ketersediaan air menjadi meningkat. Kondisi media seperti ini menyebabkan pertumbuhan akar menjadi baik, sehingga penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman menjadi meningkat.

Pemberian bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia tanah. Secara fisik bahan organik berpengaruh terhadap struktur tanah dan secara biologis merupakan sumber energi dan karbon bagi mikrobia heterotrofik serta secara kimia berperan dalam kapasitas pertukaran anion/kation sehingga berpengaruh penting terhadap ketersediaan hara tanah (Hanafiah, 2010).

Pemberian LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori merupakan perlakuan yang terbaik dan lebih ekonomis untuk tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan yaitu menunjukkan pertambahan jumlah daun (17,66). Hal ini disebabkan perlakuan tersebut sudah memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman dalam pembentukan daun dan kandungan N dalam LCPKS yang menyebar di sekitar tanaman sudah dimanfaatkan dengan baik

oleh tanaman untuk pertumbuhan vegetatifnya, namun pada penelitian ini apabila pemberian LCPKS ditingkatkan pada LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori/tanaman maka jumlah daun tanaman semakin turun. Hal ini diduga volume LCPKS yang diaplikasikan pada ke empat lubang biopori lebih banyak yang mengakibatkan kondisi tanah pada lubang lebih cepat jenuh dan menurunkan laju infiltrasi tanah sehingga LCPKS menjadi lebih lama tersedia untuk tanaman.

Perbedaan pertambahan jumlah daun diduga unsur nitrogen, posfor, kalium, dan magnesium yang terkandung dalam LCPKS memberikan peran bagi pertumbuhan vegetatif tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan terutama unsur hara nitrogen dengan kandungan 1.495 mg/l. Sesuai pendapat Lakitan (2000) menyatakan bahwa unsur hara yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman yaitu nitrogen, dimana konsentrasi nitrogen yang cukup akan menghasilkan daun yang baik, selain itu unsur nitrogen yang tinggi akan menghasilkan protein lebih banyak yang berperan dalam pembentukan protein. Ditambahkan oleh Jumin (1986) bahwa dengan adanya unsur hara nitrogen yang dapat mendorong pertumbuhan vegetatif diantaranya pembentukan klorofil pada daun sehingga akan memacu laju fotosintesis.

Tanaman membutuhkan unsur hara untuk melakukan proses metabolisme, terutama pada masa pertumbuhan vegetatif. Unsur yang diserap dapat digunakan untuk mendorong pembelahan sel dan pembentukan sel-sel yang baru guna membentuk organ tanaman seperti daun, batang dan akar yang lebih baik

4. Pertambahan Lebar Anak Daun (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan lubang resapan biopori memberikan pengaruh yang nyata

sehingga dapat memperlancar proses fotosintesis (Rizqiani, dkk, 2007). Aktivitas fotosintesis yang tinggi akan menjamin pada tingginya kecepatan pertumbuhan tanaman (Boyer, 1976).

Unsur Mg yang terkandung dalam LCPKS (1.665 mg/l) berpengaruh terhadap pertambahan jumlah daun tanaman karena unsur tersebut berfungsi sebagai penyusun klorofil sehingga proses fotosintesis akan berjalan dengan baik dan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Lakitan (2007) bahwa unsur Mg berfungsi sebagai penyusun klorofil sehingga mampu meningkatkan laju fotosintesis. Ditambahkan oleh Salisbury dan Ross (1992) Mg tidak hanya sebagai penyusun klorofil, Mg juga berfungsi dalam berbagai reaksi dan aktivator enzim pada reaksi fotosintesis dan respirasi yang bergabung dengan ATP.

Pada akhir pengamatan, aplikasi LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman sudah meningkatkan pertambahan jumlah daun tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan yaitu menghasilkan rata-rata pertambahan jumlah daun 17,66 pelepah daun/4 bulan (4,41 pelepah daun/bulan), sementara pertambahan jumlah daun tanaman kelapa sawit varietas Tenera, marihat umur 24 bulan yaitu 2 pelepah daun/bulan (Lampiran 2). Hal ini menunjukkan pertambahan jumlah daun pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan yang diberi LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori/tanaman sudah melebihi pertambahan jumlah daun tanaman kelapa sawit varietas Tenera, marihat umur 24 bulan.

terhadap pertambahan lebar anak daun tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata – rata pertambahan lebar anak daun pada daun ke sembilan di tanaman kelapa sawit belum menghasilkan dengan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan lubang resapan biopori.

Dosis LCPKS dan lubang resapan biopori /tanaman	Lebar anak daun (cm)
Tanpa perlakuan	0.10 d
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	0.10 d
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	0.10 d
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	0.10 d
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	0.11 d
LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori	0.25 c
LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori	0.33 bc
LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori	0.40 b
LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori	0.55 a
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	0.10 d
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	0.16 d
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	0.25 c
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	0.26 c

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DNMR pada taraf 5%

Tabel 4 memperlihatkan bahwa aplikasi LCPKS dengan lubang resapan biopori memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan lebar anak daun tanaman kelapa sawit umur 21 bulan sampai 24 bulan. Perlakuan terbaik terdapat pada LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori dan berbeda nyata terhadap tanpa perlakuan, LCPKS dosis 2,5 liter, LCPKS dosis 5 liter untuk 1, 2, 3 unit tabung biopori dan LCPKS dosis 7,5 liter. Pertambahan lebar anak daun tertinggi terdapat pada perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori (0,55 cm) yang diikuti perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori (0,40 cm) serta perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori (0,33 cm). Hal ini disebabkan aplikasi LCPKS serta lubang resapan biopori sudah berfungsi dengan baik membentuk biopori dan memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia tanah serta menyediakan bahan organik disekitar tanaman, sehingga unsur hara dapat tersedia yang mengakibatkan pertumbuhan vegetatif tanaman terutama pertambahan lebar anak daun menjadi meningkat. Pertambahan lebar anak daun terendah terdapat pada tanpa perlakuan

dan LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1, 2, dan 3 unit tabung biopori (0,1 cm). Hal ini diduga kandungan unsur hara yang terdapat pada LCPKS tersebut belum memenuhi kebutuhan tanaman dalam proses pertambahan lebar anak daun. Namun jika dilakukan peningkatan LCPKS dosis 7,5 liter cenderung menurunkan pertambahan lebar anak daun, hal ini dikarenakan dosis LCPKS sudah melebihi kebutuhan tanaman dalam proses pertumbuhan vegetatifnya sehingga pertumbuhan tanaman menjadi menurun. Sesuai dengan pendapat Salisbury dan Ross (1995) menyatakan jika dosis pupuk yang diberikan sudah mencapai kondisi yang optimal untuk pertumbuhan tanaman, meskipun dilakukan peningkatan dosis pupuk tidak akan memberikan pengaruh meningkat terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman cenderung menurunkan.

4. Pertambahan Panjang Anak Daun (cm)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dengan lubang resapan

biopori memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan panjang anak daun tanaman kelapa sawit belum menghasilkan

umur 21 bulan sampai 24 bulan. Hasil uji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata – rata pertumbuhan panjang anak daun pada daun ke sembilan di tanaman kelapa sawit belum menghasilkan dengan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan lubang resapan biopori.

Dosis LCPKS dan lubang resapan biopori /tanaman	Panjang anak daun (cm)
Tanpa perlakuan	0,16 f
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	0,66 ef
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	0,91 de
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	0,93 de
LCPKS dosis 2,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	1,00 de
LCPKS dosis 5 liter untuk 1 unit tabung biopori	1,75 c
LCPKS dosis 5 liter untuk 2 unit tabung biopori	2,33 bc
LCPKS dosis 5 liter untuk 3 unit tabung biopori	2,75 b
LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori	3,93 a
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 1 unit tabung biopori	0,91 de
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 2 unit tabung biopori	1,01 de
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 3 unit tabung biopori	1,66 cd
LCPKS dosis 7,5 liter untuk 4 unit tabung biopori	1,83 c

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5%

Tabel 5 memperlihatkan bahwa aplikasi LCPKS dengan lubang resapan biopori memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan panjang anak daun tanaman kelapa sawit belum menghasilkan umur 21 bulan sampai 24 bulan. Pada perlakuan LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori merupakan perlakuan terbaik diperoleh hasil tertinggi yaitu 3,93 cm dan berbeda nyata dengan tanpa perlakuan dan LCPKS dosis 2,5 liter, LCPKS dosis 5 liter untuk 1, 2, 3 unit tabung biopori serta LCPKS dosis 7,5 liter. Hal ini disebabkan pemberian LCPKS dosis 5 liter untuk 4 unit tabung biopori/tanaman akibat lubang resapan biopori empat buah yang mengelilingi tanaman berfungsi dengan baik membentuk biopori akibat aktifitas dari mikroorganisme pada tanah dan memperbaiki sifat fisik, biologi dan kimia tanah serta meningkatkan kesuburan tanah di sekitar tanaman sehingga unsur hara yang terdapat pada LCPKS terutama

nitrogen dapat segera tersedia bagi tanaman dan dapat memperpanjang daun. Sesuai dengan pendapat Brata (2008) bahwa dalam waktu 14 hari setelah pemberian bahan organik pada lubang resapan biopori, secara alami akan terbentuk biopori atau liang-liang memanjang dan bercabang-cabang di dalam tanah akibat aktifitas cacing dan mikroorganisme lainnya. Dilanjutkan oleh pendapat Hammel (1989), menyatakan bahwa sel-sel pada jaringan daun dapat tumbuh dan berkembang memanjang dengan pemberian nitrogen dari berbagai jenis pupuk.

Aplikasi LCPKS pada tanaman dengan kandungan nitrogen (1.495 mg/l) yang ada didalamnya dapat dimanfaatkan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan untuk pertumbuhan panjang anak daun. Hal ini sesuai dengan pendapat Sutarta dkk (2003) menyatakan bahwa unsur hara N mampu meningkatkan panjang dan lebar daun tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi beberapa dosis limbah cair pabrik kelapa sawit dengan metoda biopori berpengaruh terhadap parameter pertumbuhan tinggi tanaman, pertumbuhan lingkaran batang, pertumbuhan jumlah daun, pertumbuhan lebar anak daun dan pertumbuhan panjang anak daun tanaman kelapa sawit varietas Tenera (Dura x Psifera), Marihat umur 21 bulan sampai 24 bulan.

2. Aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit dosis 5 L dengan 1 lubang resapan biopori/tanaman memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit varietas Tenera (Dura x Psifera), Marihat umur 21 bulan sampai 24 bulan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk mendapatkan pertumbuhan yang baik tanaman kelapa sawit varietas Tenera (Dura x Psifera), Marihat umur 21 bulan sampai 24 bulan dapat diberikan limbah cair pabrik kelapa sawit dosis 5 liter melalui 1 lubang resapan biopori/tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 1989. **Konservasi Tanah dan Air**. IPB Press. Bogor
- Asdak, C. 2001. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Askrindayani F. 2006. **Penyebaran unsur hara dari limbah cair pabrik kelapa sawit yang diaplikasikan pada tanah di perkebunan kelapa sawit PT. Amal Tan**. Skripsi Departemen Ilmu Tanah Universitas Sumatera Utara, Medan. (Tidak dipublikasikan).
- BAPEPAM. 2012. **Pedoman Penilaian dan Penyajian Perkebunan Kelapa Sawit**. Kementerian RI, Jakarta.
- Boyer, J.S. 1976. **Water Production in Dry Regions**. I. Background Principles. Leonard-Hill, London.
- Brata K.R dan Anne Nelistya. 2011. **Lubang Resapan Biopori**. Swadaya. Depok.
- Brata, K. 2008. **Lubang Resapan Biopori**. Swadaya. Jakarta.
- Buana, L., D, dan S. Adiputra. 2003. Modul M-100-203. **Kultur teknis kelapa sawit, penilaian kesesuaian lahan, disain kebun dan pembukaan lahan**. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. Hal:1-9.
- Buckman dan Nyle.C. Brady. 1982. **Ilmu Tanah**. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Dinas Perkebunan Provinsi Riau. 2011. **Statistik Perkebunan**. Dinas Perkebunan Provinsi Riau. Pekanbaru
- Dwijosaputra, D. 1985. **Pengantar Fisiologi Tumbuhan**. Gramedia. Jakarta.
- Fauzi, Y., Y. E. Widyastutu, I. Satyawibawa, dan R. Hartono. 2008, **Kelapa sawit Budi Daya Pemanfaatan Hasil & Limbah Analisis Usaha & Pemasaran**. Edisi Revisi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hakim, N., Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.R. Saul., M.A. Diha. C.B. Hong dan H. H. Bailey.

1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Universitas Lampung. Lampung.
- Hammel, J.E. 1989. **Long term tillage and crop rotation effect on bulk density and soil impedance in northern idaho**. Soil Sci. Soc. Am. J.53: 1515-1519.
- Hanafiah, K.A. 2010. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah**. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hartono, 2009. **Budidaya Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisa Usaha dan Pemasaran**. [Http:// ditjenbpbn. Deptan.Go.id](http://ditjenbpbn.deptan.go.id), Di Akseskan Tanggal 14 Juni 2015
- Jumin, H.B. 1986. **Dasar-dasar Agronomi**. Rajawali Press. Jakarta.
- . 2002. **Agronomi**. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 1995. **Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit**.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 28 tahun 2003. **Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah Dari Industri Minyak Sawit Pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit**.
- Lakitan, B. 2000. **Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan**. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- . 2007. **Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman**. Grafindo Persada. Jakarta.
- Leiwakabessy, F.M. 1988. **Kesuburan Tanah Jurusan Ilmu Tanah**. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Lembaga Pendidikan Perkebunan. 2000. **Seri Budidaya Tanaman Kelapa Sawit**. Lembaga Pendidikan Perkebunan Press. Yogyakarta.
- Lingga, P. 2001. **Petunjuk Penggunaan Pupuk**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lubis, A.U. 1992. **Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia**. Pusat Penelitian Marihat – Bandar Kuala. Pematang Siantar.
- Mangoensoekarjo S dan H. Semangun. 2005. **Manajemen Agribisnis Kelapa Sawit**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mardiah, A. 2004. **Pengaruh pemberian limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama**. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Jambi, Jambi. (Tidak dipublikasikan).
- Notohadiprawiro, T., Soeprapto., Soekodarmodjo., Endang dan Sukana. 2006. **Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan**. <http://soil.faperta.ugm.ac.id>. Diakses pada tanggal 19 Juni 2016.
- Nainggolan, H. 2002. **Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit**. PT. Perkebunan Nusantara VI (Persero). Sumbar-Jambi.
- Pahan, 2008. **Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit**. PT Indopalma Wahana Utama. Jakarta
- Pahan I. 2011. **Panduan Lengkap Kelapa Sawit**. Jakarta (ID). Penebar Swadaya. 412 hal.
- Palm Oil Mill Community, 2008. **Pengendalian Limbah Cair Pada Perkebunan Kelapa Sawit**. <http://www.Palmoilmill-Community.Com/limbah/.../56-Penanganan-Limbah-Cair>. Diakses pada tanggal 28 Nopember 2015.
- Rizqiani, NF., E. Ambarwati, N.W. Yuwono. 2007. **Pengaruh dosis dan frekuensi pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil buncis (*Phaseolus vulgaris* L) dataran rendah**. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, volume 7: 43 – 53.

- Salisbury, F. B dan C.W. Ross. 1992. **Fisiologi Tumbuhan Jilid 3**. Terjemahan oleh Diah R. Lukman dan Sumaryono, 1995. Institut Teknologi Pertanian Bandung. Bandung
- _____. 1995. **Plant Physiology**. Alih bahasa oleh D. R. Lukman dan Ir. Sumaryono. Institut Teknologi Pertanian Bandung. Bandung.
- Setyamidjaja, D. 2006. **Kelapa Sawit**. Yogyakarta, Kanisius.
- Sianturi, H.S.D., 1991. **Budidaya Kelapa Sawit**. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Siregar, F.A., dan T. Liwang. 2001. **Aplikasi Lahan Limbah Cair**. http://smartri/bunga_rampai/2001.
- Soepardi, G., 1983. **Sifat dan Ciri Tanah**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Subowo, G. 2010. **Strategi efisiensi penggunaan bahan organik untuk kesuburan dan produktivitas tanah melalui pemberdayaan sumberdaya hayati tanah**. Jurnal Sumberdaya Lahan, volume 4 (1): 13-25.
- Sutanto, R. 2006. **Penerapan Pertanian Organik**. Kanisius. Jakarta
- Sutarta, E.S., Winarna, P.L. Tobing dan Sufianto. 2003. **Aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit**. Disampaikan pada Pertemuan Teknis Kelapa Sawit pada Perkebunan Kelapa Sawit. 13-14 Juni 2003. Medan.
- Syarief, S. 1986. **Kesuburan dan Pemupukan Tanaman Pertanian**. Pustaka Buana. Bandung.
- Widyastuti, I. 2008. **Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Zakaria, Z.Z. dan A.H. Hassan, 1989. **Pengendalian limbah industri minyak sawit**. Disampaikan pada Seminar Nasional Pengendalian Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit dan Karet. 10 – 15 Oktober 1989. Balai Penelitian Perkebunan, Medan.