

# Pengaruh *Land Application* Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit terhadap Ketersediaan Unsur Hara dalam Tanah dan Kandungannya pada Tanaman Kelapa Sawit

Irwan Sukri Banuwa dan Mamat Anwar Pulung<sup>1</sup>

Makalah diterima 3 Januari 2007 / Disetujui 25 September 2007

## ABSTRACT

Effects of land applications waste water of crude palm oil factory on some nutrient available in soil and nutrient content in palm oil (I.S. Banuwa and M.A. Pulung): An experiment was aimed to study the effect of waste water of crude palm oil (CPO) factory on some nutrient available in soil and nutrient content in palm oil. The experiment was conducted using a completely randomized block design with six levels of waste water treatments (0, 250, 500, 750, 1.000, and 1.250 l tree<sup>-1</sup> palm oil) in three replications. The result showed that the level 750 l tree<sup>-1</sup> of waste water treatment have significant effects on increased of nutrient available in soil (N, P, K, Ca, and Mg) including soil pH, but not significant with level 1.000 and 1.250 l tree<sup>-1</sup> except P. On the other hand, nutrient content in palm oil (N, P, and K) were not significantly influenced by waste water treatments.

*Keywords* : Nutrient available, nutrient content, palm oil, waste water

## PENDAHULUAN

Dalam konsep pembangunan yang berwawasan lingkungan, suatu kegiatan selain ditujukan untuk meningkatkan dampak positif (manfaat) juga diperlukan upaya untuk menekan dampak negatif yang timbul menjadi sekecil mungkin. Kegiatan agroindustri akan memberikan dampak positif maupun negatif seperti yang dilakukan oleh PT. Tunas Baru Lampung (PT. TBL) di Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Perusahaan ini merupakan salah satu aset daerah yang mampu memberikan dampak positif dan dapat menunjang perekonomian daerah, terlebih pada era otonomi daerah saat ini. Namun demikian tidak dapat dipungkiri bahwa kegiatan agroindustri tersebut juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat limbah yang dihasilkan.

Kegiatan agroindustri PT. TBL adalah mengolah bahan baku tandan buah segar kelapa sawit menjadi *crude palm oil* (CPO). Selain menghasilkan CPO, juga menghasilkan limbah berbentuk padat, cair, dan gas. Dari ketiga jenis limbah tersebut, jenis limbah cair menempati porsi yang terbesar dan bersifat negatif, karena berpotensi besar untuk mencemari lingkungan

khususnya badan air. Upaya yang telah dilakukan oleh PT. TBL dalam mencegah terjadinya pencemaran lingkungan perairan adalah mengolah limbah cair terlebih dahulu di dalam kolam-kolam instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sebelum dibuang ke perairan umum. Hal tersebut dilakukan agar karakteristik limbah cair yang akan dibuang memenuhi standar baku mutu limbah cair yang ditetapkan dalam Surat Keputusan Gubernur Provinsi Lampung No. 17 Tahun 2006. Upaya tersebut cukup efektif, namun demikian, di sisi lain timbul masalah baru tentang penumpukan lumpur (*sludge*) pada IPAL, yang pada gilirannya juga akan menjadi masalah tersendiri.

Untuk mengantisipasi timbulnya masalah dari penanganan limbah dalam IPAL, dan sekaligus menjadi langkah pengolahan limbah yang lebih terpadu, maka diperlukan adanya agroteknologi yang lebih baik dalam menangani limbah cair ini. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui pemanfaatan limbah cair untuk bidang pertanian melalui *land application*. Menurut Banuwa *et al.* (2001); Banuwa (2002); Banuwa dan Damai (2002); Pamin *et al.* (1986); dan Sinaga (1993), penggunaan limbah agroindustri untuk budidaya tanaman pertanian merupakan salah satu

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unila, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung.

e-mail: irwanbanuwa@yahoo.com

*J. Tanah Trop.*, Vol. 13, No. 1, 2008: 35-40

ISSN 0852-257X



alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia (buatan), dapat mengurangi dampak negatif limbah cair tersebut terhadap lingkungan perairan, dan di sisi lain karena limbah cair tersebut masih banyak mengandung bahan organik sehingga dapat memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah. Selanjutnya Banuwa (2005), Banuwa (2006) dan Sinaga (1993) menyatakan bahwa pemanfaatan limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) selain dapat memperbaiki kualitas lahan pertanian, juga pada batas tertentu tidak mencemari tanah dan air tanah, serta tidak berbahaya bagi tanaman.

Berdasarkan uraian di atas tampak bahwa limbah cair PMKS sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan penyubur tanah pertanian, terutama tanah-tanah yang miskin hara, sebagaimana banyak terdapat di Provinsi Lampung.

Selanjutnya, agar pemanfaatan limbah cair pada lahan-lahan pertanian melalui *land application* dapat dilakukan secara optimal maka penelitian tentang pengaruh takaran limbah cair pabrik minyak kelapa sawit terhadap ketersediaan unsur hara makro (N, P, K, Ca, dan Mg) di dalam tanah dan kandungannya dalam tanaman kelapa sawit sangat diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian limbah cair PMKS ke areal pertanaman kelapa sawit terhadap ketersediaan unsur hara makro dalam tanah dan kandungannya dalam tanaman kelapa sawit.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan dari bulan Agustus hingga Desember 2003 di lahan perkebunan kelapa sawit milik PT Tunas Baru Lampung, Kecamatan Terbanggibesar, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Analisis tanah dan jaringan tanaman kelapa sawit dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB), sedangkan analisis Limbah cair PMKS dilakukan di Laboratorium SEAMEO Biotrop Bogor. Bahan yang digunakan dalam percobaan adalah limbah cair PMKS yang berasal dari kolam akhir dari IPAL PT. TBL.

Percobaan disusun dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS) dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan. Sebagai perlakuan adalah 6 level dosis limbah cair PMKS, yaitu : 0 l pohon<sup>-1</sup>, 250 l pohon<sup>-1</sup>, 500 l pohon<sup>-1</sup>, 750 l pohon<sup>-1</sup>, 1.000 l pohon<sup>-1</sup> dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup>.

Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam, kesamaan ragam diuji dengan Uji Bartlett, kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey, dan rata-rata nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

Aplikasi limbah cair PMKS dilakukan dengan cara menyiramkan ke daerah bokoran tanaman kelapa sawit yang berumur 12 tahun, secara melingkar dengan jarak 3,5 meter. Limbah cair yang digunakan sebagai perlakuan diambil dari kolam akhir (kolam stabilisasi) IPAL PT. TBL. Sebelum aplikasi, sampel limbah cair, tanah dan jaringan tanaman kelapa sawit diambil secara komposit untuk dianalisis sebagai data awal. Setelah 4 bulan aplikasi limbah cair, sampel tanah dan jaringan tanaman (daun) kelapa sawit diambil masing-masing sebanyak 18 sampel sesuai dengan jumlah satuan percobaan, selanjutnya di analisis di laboratorium.

Pengamatan terhadap tanah meliputi : pH (H<sub>2</sub>O), N-total (Metode Kjeldhal), P-tersedia (Metode P-Bray 1), K-tersedia, Ca, dan Mg (Amonium Asetat pH 7,0). Sedangkan terhadap jaringan daun tanaman meliputi: N, P, dan K.

Contoh tanah diambil secara komposit dari 3 titik pada kedalaman 0-20 cm disekitar bokoran tanaman. Sedangkan pengambilan contoh jaringan daun tanaman kelapa sawit mengacu pada pedoman teknis PTP X (Persero) (PTP X, 1993). Jaringan daun tanaman kelapa sawit yang diambil berasal dari pelepah ke-17, pada 4 helai (2 helai dari bagian kiri dan 2 helai dari bagian kanan) yang berada pada titik pertemuan antara bagian datar dan bagian yang lancip dari permukaan atas pelepah. Kemudian dari masing-masing sisi kiri dan kanan diambil satu helai yang menghadap ke atas dan ke bawah. Selanjutnya bagian helai daun yang diambil untuk sampel adalah pada sepertiga bagian tengah sepanjang 10-20 cm. Adapun metode analisis kandungan unsur hara pada jaringan tanaman kelapa sawit dengan menggunakan metode pengabuan kering. Hasil analisis tanah dan limbah cair awal disajikan pada Tabel 1 dan 2.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian limbah cair PMKS mampu meningkatkan beberapa sifat kimia tanah pada pertanaman kelapa sawit ditinjau dari nilai pH dan kadar unsur hara makro tanah yang meliputi N-total, P-tersedia, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup> (Tabel 3), tetapi pemberian limbah cair



Tabel 1. Sifat fisika dan kimia tanah Ultisols sebelum aplikasi limbah cair PMKS.

Variabel	Nilai	Harkat *)
<b>Sifat Fisika Tanah</b>		
Tekstur	Lempung Liat Berpasir	
Pasir (%)	50,73	
Liat (%)	33,50	
Debu (%)	15,17	
<b>Sifat Kimia Tanah</b>		
pH	4,28	Sangat asam
C-Organik (g kg <sup>-1</sup> )	16,1	Rendah
N-Total (g kg <sup>-1</sup> )	0,9	Sangat rendah
P (mg kg <sup>-1</sup> )	25,07	Rendah
K (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,94	Tinggi
Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	1,38	Sangat rendah
Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	1,06	Sedang

Keterangan : \*) Kriteria berdasarkan TOR Survey Kapabilitas Tanah PPT (1983)

Tabel 2. Karakteristik limbah cair PMKS

Variabel	Nilai
pH	6,35
C-Organik (mg L <sup>-1</sup> )	3.072,15
N-Total (mg L <sup>-1</sup> )	553,73
P (mg L <sup>-1</sup> )	137,10
K (mg L <sup>-1</sup> )	1.297,50
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	14,38
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	350,50
BOD (mg L <sup>-1</sup> )	153,34
COD (mg L <sup>-1</sup> )	1.262,04
TSS (mg L <sup>-1</sup> )	3.182,50

PMKS tidak mempengaruhi kandungan N, P, dan K jaringan tanaman kelapa sawit (Tabel 4).

Kemasaman (pH) tanah tertinggi yaitu 5,22 dicapai pada dosis 750 l pohon<sup>-1</sup> tetapi tidak berbeda dengan dosis 1.000 dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup>. Ketersediaan N-total tertinggi 1,8 g kg<sup>-1</sup> dicapai pada dosis 750 l pohon<sup>-1</sup> tetapi tidak berbeda dengan dosis 500, 1.000 dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup>. Selanjutnya ketersediaan P tertinggi sebesar 29,37 mg kg<sup>-1</sup> dicapai pada dosis 750 l pohon<sup>-1</sup>. K<sup>+</sup> tertinggi sebesar 1,21 cmol kg<sup>-1</sup> dicapai pada dosis 1000 l pohon<sup>-1</sup> tidak berbeda dengan dosis 750 dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup>. Ca<sup>2+</sup> tertinggi sebesar 3,34 cmol kg<sup>-1</sup> dicapai pada dosis 750 l pohon<sup>-1</sup> yang tidak berbeda dengan dosis 1.250 l pohon<sup>-1</sup>. Kemudian Mg<sup>2+</sup> tertinggi sebesar 1,62 cmol kg<sup>-1</sup> dicapai pada dosis 1.250 l pohon<sup>-1</sup> yang tidak berbeda dengan dosis 750 dan 1.000 l pohon<sup>-1</sup>.

Berdasarkan uraian di atas tampak bahwa pemberian limbah cair PMKS hanya mempengaruhi sifat kimia tanah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian limbah cair PMKS nyata meningkatkan sifat kimia tanah yang ada. Namun antara dosis limbah cair PMKS 750 hingga 1.250 l pohon<sup>-1</sup> umumnya tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda kecuali pada ketersediaan P. Hasil ini mengindikasikan bahwa dosis 750 l pohon<sup>-1</sup> secara teknis cukup efektif untuk diterapkan, sedangkan dosis 1.000 dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup> meskipun dapat diaplikasikan tetapi kapasitas tanah untuk dapat menyerap limbah cair yang diberikan memerlukan waktu yang lebih lama, pada kondisi ini diduga efektivitas dan efisiensi aplikasi limbah cair dengan dosis 1.000 dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup> menjadi berkurang karena curah hujan sangat tinggi (selama 4 bulan penelitian curah hujan yang terjadi

Tabel 3. Pengaruh limbah cair PMKS terhadap pH, ketersediaan N-total, P-tersedia, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup>.

Perlakuan (l pohon <sup>-1</sup> )	pH	N-total (g kg <sup>-1</sup> )	P-tersedia (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (-----)	Ca <sup>2+</sup> cmol kg <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> (-----)
0	4,28 a	0,9 a	25,07 a	0,94 bc	1,38 a	1,06 a
250	4,79 b	1,0 a	52,13 c	0,69 a	1,86 a	1,22 a
500	4,77 b	1,3 ab	29,37 ab	0,75 ab	1,56 a	1,37 a
750	5,22 c	1,8 b	75,43 d	1,20 d	3,34 b	1,55 b
1.000	5,03 bc	1,3 ab	44,63 bc	1,21 d	1,86 a	1,44 ab
1.250	5,07 bc	1,5 ab	40,67 abc	1,01 cd	2,25 ab	1,62 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama secara vertikal tidak berbeda pada taraf nyata 5 % berdasarkan uji BNT

Tabel 4. Pengaruh pemberian limbah cair PMKS terhadap kandungan N, P, dan K tanaman kelapa sawit

Perlakuan (l pohon <sup>-1</sup> )	N (----- % -----)	P	K
0	2,34 a	0,18 a	1,46 a
250	2,49 a	0,14 a	1,47 a
500	2,44 a	0,16 a	1,50 a
750	2,51 a	0,15 a	1,49 a
1.000	2,45 a	0,15 a	1,49 a
1.250	2,48 a	0,16 a	1,53 a


Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama secara vertikal tidak berbeda pada taraf nyata 5 % berdasarkan uji BNT.

sebanyak 951 mm), sehingga umumnya tidak berbeda dengan dosis 750 L pohon<sup>-1</sup>. Meskipun demikian hasil percobaan di atas menunjukkan bahwa pemberian limbah cair PMKS mulai dosis 750 L pohon<sup>-1</sup> mampu meningkatkan kualitas beberapa sifat kimia tanah. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah cair selain secara langsung dapat menyumbang unsur hara dan pH tanah (Tabel 2). Juga secara tidak langsung dapat menyumbangkan unsur hara tanah melalui proses mineralisasi dari bahan organik yang telah mengalami dekomposisi. Akibat pemberian limbah cair, pH tanah meningkat. Hal ini dapat terjadi karena dalam pengolahan limbah cair pada IPAL kolam limbah diberikan kapur seperti Ca(OH)<sub>2</sub>. Berdasarkan perlakuan ini diyakini pemberian limbah cair mampu meningkatkan pH tanah. Selanjutnya,

Tabel 2 menunjukkan bahwa limbah cair PMKS selain masih mengandung unsur hara, juga mengandung bahan organik yang cukup tinggi (C-Organik 3.072,15 mg l<sup>-1</sup> setara dengan 2,3 kg pohon<sup>-1</sup> pada dosis 750 l pohon<sup>-1</sup>). Selanjutnya bahan organik yang berasal dari limbah cair PMKS tersebut akan mempengaruhi kegemburan tanah, daya simpan air, dan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga dapat menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih baik bagi tanaman kelapa sawit. Secara tidak langsung bahan organik akan mempengaruhi kondisi tanah melalui tahap dekomposisi oleh organisme tanah. Menurut Buckman dan Brady (1982); Soepardi (1983); dan Hakim *et al.* (1986), dalam proses dekomposisi ini, terjadi reaksi (1) oksidasi enzimatik dengan CO<sub>2</sub> dan air, dengan hasil utama adalah panas, (2) reaksi



spesifik pembebasan dan/atau immobilisasi unsur esensial seperti N, P, S, dan lain-lain, dan (3) sintesis dari bahan resisten hancuran menjadi bentuk senyawa baru. Reaksi sederhana dekomposisi bahan organik adalah sebagai berikut: Senyawa mengandung C dan H + O<sub>2</sub>  $\xrightarrow[\text{enzimatik}]{\text{oksidasi}}$  CO<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub>O + energi

Lebih lanjut Buckman dan Brady (1982); Soepardi (1983); dan Hakim *et al.* (1986), menjelaskan bahwa dekomposisi protein selain menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O juga menghasilkan amida, asam amino, amonium dan nitrat. Sebagian N ini digunakan sebagai pembentuk tubuh organisme tanah, sebagian lagi bereaksi dengan lignin dan senyawa resisten lainnya membentuk koloid humus. Koloid humus ini memiliki kemampuan menjerap kation/mengkhelat ion-ion logam seperti Fe dan Al melalui muatan negatifnya yang berasal dari gugus karboksil (-COOH) dan fenolik (-OH). Selanjutnya perombakan bahan organik tersebut oleh organisme tanah akan menghasilkan: Karbon (CO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CH<sub>4</sub>, C), Nitrogen (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Sulfur (S, H<sub>2</sub>S, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Fosfor (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> dan lain-lain. Berdasarkan uraian ini maka pemberian limbah cair PMKS mulai dosis 750 l pohon<sup>-1</sup>, mampu meningkatkan beberapa sifat kimia tanah, khususnya pH, N, P, K, Ca, dan Mg.

Berbeda dengan kandungan unsur hara dalam tanah, pemberian limbah cair PMKS hingga dosis 1250 L pohon<sup>-1</sup>, belum mampu meningkatkan kandungan N, P, dan K pada jaringan tanaman kelapa sawit. Tidak meningkatnya kandungan N, P, dan K pada jaringan tanaman kelapa sawit ini memberikan indikasi bahwa pemupukan dengan menggunakan limbah cair memiliki efektivitas yang masih rendah. Hal ini diduga karena waktu pemberian limbah cair PMKS pada areal percobaan masih terlalu singkat yaitu sekitar 4 bulan, sehingga perlakuan yang diberikan belum menghasilkan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan kandungan N, P, dan K tanaman kelapa sawit. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Mahi *et al.* (2002), dan Widhiastuti (2001), yang menyatakan bahwa pengaruh signifikan pemberian limbah cair PMKS baik terhadap kualitas tanah, tanaman, air tanah, dan produksi tanaman kelapa sawit minimal 7-11 bulan setelah dilakukan aplikasi. Selanjutnya bila ditinjau dari aspek kecukupan kadar hara tanaman, tampak bahwa N dan P belum cukup, sedangkan K telah berada di atas kecukupan.

Standar kecukupan kadar hara pada tanaman kelapa sawit dewasa menurut Jones, Wolf, dan Mills (1991) adalah sebagai berikut: N (2,7-2,8 %), P (0,18-0,19 %), dan K (> 13 %). Berdasarkan ketidakcukupan kadar hara N dan P tanaman ini, seharusnya serapan tanaman terhadap unsur N dan P terus meningkat dengan semakin meningkatnya dosis, tetapi karena waktu terlalu singkat sehingga efektivitas pemberian limbah cair masih rendah. Disisi lain kadar K tanaman telah cukup, sehingga peningkatan pemberian limbah cair PMKS tidak mempengaruhi keragaan kadar K tanaman kelapa sawit.

Disisi lain karena sebagian unsur hara N, P, dan K hasil dekomposisi bahan organik yang ada sementara waktu masih dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah (Soepardi, 1983), maka serapan unsur-unsur hara tersebut oleh jaringan tanaman kelapa sawit masih tetap sama.

## KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan: bahwa Pemberian limbah cair PMKS nyata meningkatkan pH tanah dan ketersediaan unsur hara N, P, K, Ca, dan Mg tanah, tetapi belum mampu meningkatkan kandungan N,P, dan K pada tanaman kelapa sawit, dan pemberian limbah cair PMKS dengan dosis 750 l pohon<sup>-1</sup> tidak berbeda dengan dosis 1.000 dan 1.250 l pohon<sup>-1</sup> dalam meningkatkan pH dan ketersediaan unsur hara N, K, Ca, dan Mg tanah.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Saudara Laila dan Zuroidah yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Banuwa, I.S., A.A. Damai, K. Hendrato dan R. Zahab. 2001. Pemanfaatan Limbah cair pabrik kertas (*Land Application*) PT. Pola Pulpindo Mantap di Kec. Sungkai, Kab. Lampung Utara. Laporan Penelitian Kerjasama CV. Wira Persada dengan PT. Pola Pulpindo Mantap. Lampung.
- Banuwa, I.S., dan Damai, A.A. 2002. Pengaruh Pemberian Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dan Pupuk NPK Terhadap Serapan N, P, dan K serta Komponen Produksi Kedelai (*Glycine max*



- (L. Merrill). *J. Ilmu-Ilmu Pert. Agroland*. 9 (1): 7-13.
- Banuwa, I.S. 2002. Kandungan Hara pada Berbagai Kolam Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dan Potensinya Bagi Pertanian. *J. Tanah Trop.*, VIII (15) : 69-76.
- Banuwa, I.S. 2005. Pengaruh Pemberian Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Terhadap Kualitas Air Tanah. Hlm. 140-146 *dalam* B. Irawan, Tuglyono, I. G. Yudha, M. Akib, dan S. A. Maulana (Eds.). *Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. 19-20 September 2005. ISBN 979-8287-82-7. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Banuwa, I.S. 2006. Dampak *Land Application* Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit terhadap Kandungan Logam Berat Tanah dan Air Bawah Tanah. *J. Stigma*. XIV(1): 70-74.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. *The Nature and Properties of Soil*. Diterjemahkan oleh Soegiman. Bharata Karya Aksara. Jakarta. 788 hlm.
- Hakim, N., Y. Nyakpa., A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M. R. Saul, M.A. Diha, B.H. Go, dan H.H. Bailey. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung Press. Bandar Lampung. 488 hlm.
- Jones, Jr, J.B., B. Wolf, H.A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing, Inc. 213 pp.
- Mahi, A.K., Manik, K.E.S., dan Sumiarti. 2002. Evaluasi Pengaruh Limbah Cair PPKS terhadap Produksi Kelapa Sawit, Kualitas Tanah, dan Kualitas Air Tanah di PTPN VII (Persero) Unit Sungai Lengi Inti. *J. Tanah Trop.* VIII (15): 1-6.
- Pamin K., M.M. Siahaan, dan P.L. Tobing. 1996. *Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia*. Makalah disajikan Dalam Lokakarya Nasional Pemanfaatan Limbah Cair Dengan Cara *Land Application*, Tanggal 26 - 27 Nopember 1996. Jakarta, 22 hlm.
- PPT [Pusat Penelitian Tanah]. 1983. *TOR Survey Kapabilitas Tanah*. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- PT Perkebunan X (Persero). 1993. *Vademecum Bidang Tanaman Kelapa Sawit dan Karet*. PTP X (Persero). Bandar Lampung. Lampung. 280 hlm.
- Puslittanak [Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat]. 1998. *Penuntun Analisis Kimia Tanah dan Tanaman*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Jurusan Tanah IPB. Bogor. 691 hlm
- Sinaga, L. 1993. *Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit*. Lembaga Pendidikan Perkebunan. Medan. 42 hlm.
- Widhiastuti.R. 2001. *Pola Pemanfaatan Limbah Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit dalam Upaya Menghindari Pencemaran Lingkungan*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor. 153 hlm.