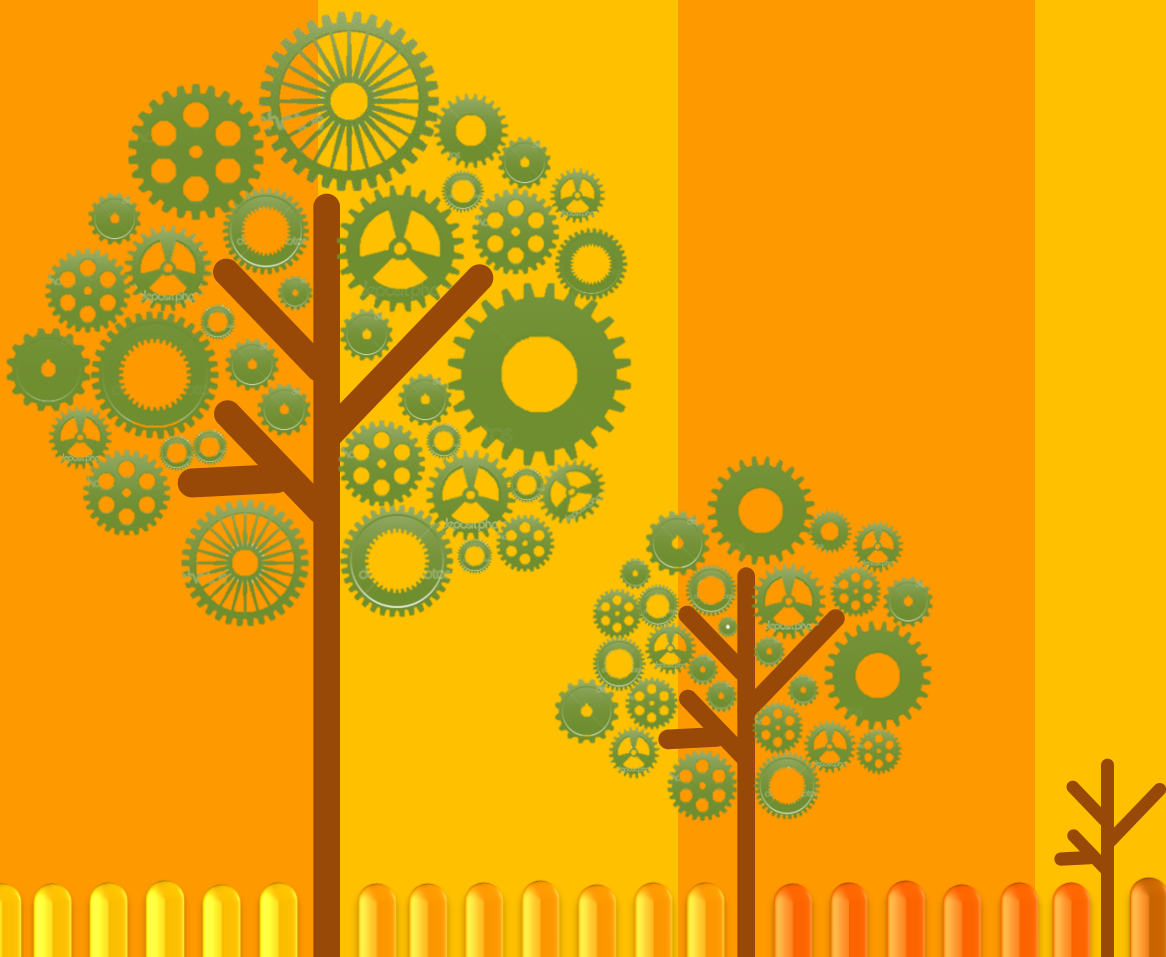




Buku Prosiding **SEMINAR NASIONAL PERTETA**

“Peran Keteknikan Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi yang Berwawasan Lingkungan”

Malang, 30 November – 2 Desember 2012



Kerjasama antara:





ISBN 978-602-17199-0-9



9

786021

719909

PROSIDING SEMINAR NASIONAL PERTETA

**“Peran Keteknikan Pertanian dalam Mendukung Ketahanan
Pangan dan Energi yang Berwawasan Lingkungan”**
Malang, 30 November - 2 Desember 2012
ISBN : 978-602-17199-0-9

Diselenggarakan dalam Rangka Dies Natalis Universitas Brawijaya ke-50

**Jurusan Keteknikan Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Brawijaya**

Kerjasama dengan :



Prosiding Seminar Nasional Perteta UB 2012

ISBN : 978-602-17199-0-9

© 2012 Panitia Seminar Nasional Perteta UB 2012

Penyusun : Panitia Seminar Nasional Perteta UB 2012

Penerbit :

Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl Veteran, Malang 65145

Telp. (0341) 571708, Fax. (0341) 568415

e-mail : perteta2012@ub.ac.id

website : <http://perteta2012.ub.ac.id/>

Buku ini dilindungi oleh Undang-Undang Hak Cipta



Tim Penyunting

Yusuf Hendrawan, STP, M.App.Life.Sc, Ph.D

Dimas Firmanda Al Riza, ST, M.Sc

Shinta Rosalia Dewi, S.Si, M.Sc

Yusron Sugiarto, STP, MP, M.Sc

Ubaidillah, STP

Danial Fatchurrahman, STP

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas segala taufiq, hidayah dan karunia-Nya Seminar Nasional Perteta 2012 dapat terselenggara dan Buku Prosiding Seminar Nasional Perteta 2012 ini dapat terselesaikan. Buku Prosiding Seminar Nasional Perteta 2012 ini berisi kumpulan makalah dari *Keynote speaker*, makalah lengkap dari peneliti, praktisi, mahasiswa yang telah mempresentasikan makalahnya pada Seminar Nasional Perteta 2012 di Universitas Brawijaya Malang. Dalam buku prosiding ini abstrak-abstrak dan makalah dikelompokkan ke dalam lima bidang yaitu Alat dan Mesin Pertanian (AMP), Pengolahan Hasil Pertanian (PHP), Sumberdaya Alam dan Lingkungan (SAL), Energi Alternatif dan Terbarukan (EAT), dan Otomatisasi dan Sistem Informasi Bidang Pertanian (OSI).

Seminar Nasional Perteta 2012 kali ini mengangkat tema “Peran Keteknikan Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi yang Berwawasan Lingkungan”. Besar Harapan kami melalui seminar ini para peneliti, praktisi, mahasiswa, pengambil kebijakan serta pemangku kepentingan lainnya dapat mengkomunikasikan dan mempresentasikan hasil-hasil penelitiannya, serta menyumbangkan pemikiran-pemikirannya untuk memajukan ketahanan pangan dan energi di Indonesia melalui ilmu-ilmu dalam bidang Keteknikan Pertanian.

Pada kesempatan ini, panitia Seminar Nasional Perteta 2012 ingin mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Rektor Universitas Brawijaya, Ketua Perteta Cabang di masing-masing daerah, Ketua Perteta Pusat telah membantu baik moril dan materiil dalam terselenggaranya Seminar Nasional Perteta 2012 dan terselesaikannya Prosiding seminar ini. Demikian juga kepada para sponsor, pemakalah serta para peserta yang telah berpartisipasi dan bekerjasama secara aktif dalam Seminar Perteta 2012. Semoga seminar dan prosiding seminar Perteta 2012 ini memberikan manfaat bagi masyarakat luas di Indonesia.

Malang, 30 November 2012

Yusuf Hendrawan

SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL PERTETA 2012
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
“PERAN KETEKNIKAN PERTANIAN DALAM Mendukung KETAHANAN
PANGAN DAN ENERGI YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN”

Pelindung : Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Dr. Bambang Susilo

Penanggung Jawab : Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian FTP Universitas Brawijaya
Dr. Ir. Ruslan Wirosodarmo

Organizing Committee :

Ketua Pelaksana : Yusuf Hendrawan, STP, M.App.Lf.Sc, Ph.D

Sekretaris : Ir. Musthofa Luthfi, MP

Bendahara : Dewi Maya Maharani, STP, M.Sc
Widyanti, SP

Seksi Kesekretariatan : M. Bagus Hermanto, STP, M.Sc.
Dimas Firmada Al Riza, ST, M.Sc.
Shinta Rosalia Dewi, S.Si, M.Sc
Ubaidillah, STP
Danial Fatchurrahman, STP
Wahyu Sri Esthi Sadmaharti
HIMATETA- FTP - UB

Seksi Acara : Wahyunanto Agung N., STP, M.Eng
Fajri Nugroho, STP, Ph.D
HIMATETA- FTP - UB

Seksi Konsumsi : Rini Yulianingsih, STP, MT
HIMATETA- FTP - UB

Seksi Perlengkapan : Yusron Sugiarto, STP, MP, M.Sc.
Angga Dheta S., S.Si, M.Si.
Eko Dwi Santoso
HIMATETA- FTP - UB

Seksi Humas dan Sponsorship : Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST, MT
Ir. Anang Lastriyanto, M.Si.
Dr. J. Bambang Rahadi W.
Dr. A. Tunggul Sutan Haji
Nova Yogantoro, STP
Kartono Angkat Pribadi

Seksi Pubdekdok : Sigit Setiawan, STP

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Hak Cipta	ii
Tim Penyunting.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Susunan Panitia.....	v
Daftar Isi	vi
Materi Keynote Speaker	xiv
1. Peran Keteknikan Pertanian Dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi Melalui Kampus yang Berwawasan Lingkungan (<i>Green Campus</i>) - Chairuddin Hasyim, SKM., M.Si - Kementerian Lingkungan Hidup.....	xiv
2. Permintaan Dan Penyediaan Energi Serta Peranan Energi Baru Terbarukan - Ir. Hartono M.Sc - Dirjen Energi baru Terbarukan dan Konservasi Energi - Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM - Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral	xx
3. Peran BULOG Dalam Membangun Ketahanan Pangan Nasional - Rito Angky Pratomo - Direktur PPU Perum BULOG	xxix
4. Strategi Pengembangan Mekanisasi Pertanian – Dr. Ir. Sam Herodian, MS. - Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia	xli

Makalah Seminar Nasional Perteta 2012

TOPIK 1: PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN (PHP)

PHP-01	Pindah Panas dan Massa Selama Pemasakan Dodol Kacang Hijau Menggunakan Pengaduk Mekanis (Ansar, Cahyawan, dan Suryaningsih)	1
PHP-02	Potensi Dan Aspek Teknologi Pengelolaan Serasah Tebu Pada Pg Takalar (Iqbal)	7
PHP-06	Kombinasi Perlakuan <i>Hot Water Treatment</i> dan CaCl_2 untuk Mencegah Kerusakan Fisiologis Buah Belimbing (<i>Averrhoa carambola</i> L. (Sutrisno, Siti Trinurasih, Emmy Darmawati dan Rokhani Hasbullah)	20
PHP-07	Karakteristik Kimia Minyak Biji Carica Dieng Sebagai Alternatif Minyak Makan Dengan Metoda Pengempaan (Dewi Larasati, Haslina, Bambang Kunarto)	32
PHP-10	Penentuan Titik Kritis Susut Pasca Panen Pepaya (Studi Kasus Di Sentra Produksi Pepaya Di Kabupaten Sukabumi, Banyumas, Kebumen dan Boyolali) (Y. Aris Purwanto dan Gita Pujasari)	40

PHP-12	Pengaruh Durasi Proses Fermentasi dan Konsentrasi Starter Bakteri <i>Streptococcus thermophilus</i> Terhadap Peningkatan Mutu Sorghum Putih (<i>Sorghum bicolor</i> L.) untuk Bahan Pangan (Muhamad Kurniadi dan Mukhamad Angwar)	51
PHP-15	Gula Cair Batang Sorgum: Kajian dari Metode Ekstraksi (Endang Noerhartati dan Tri Rahayuningsih)	60
PHP-17	Hubungan Sifat Fisik Dan Karakteristik Sensori Kemplang Panggang Dalam Kaitannya Dengan Substitusi Penggunaan Buah Aren (Gatot Priyanto, Novita Sary dan Basuni Hamzah)	68
PHP-18	Penentuan Nilai K dan Ea Pada Retensi Vitamin C Rambutan (<i>Nephelium Sp</i>) Kaleng (Asep Nurhikmat dan Tommy Hendrix)	78
PHP-20	Perancangan dan Pengaplikasian Alat untuk Meningkatkan <i>Baking Expansion</i> Pati Kasava Berbasis Penggunaan Sinar Ultraviolet - A (Arifin Dwi Saputro, Haryadi dan Nursigit Bintoro)	85
PHP-21	Irradiasi Sinar Ultraviolet - A pada Pati Kasava dalam Asam Laktat untuk Meningkatkan <i>Baking Expansion</i> (Arifin Dwi Saputro, Haryadi, Nursigit Bintoro dan Anak Agung Istri Sri Wiadnyani)	93
PHP-22	Proses Alkalisasi Dan Metode Pengolahan Berbeda Pada Pembuatan Bubuk Kakao (Mulyati M. Tahir, Mariyati Bilang dan A.Nurhayati)	102
PHP-23	Pengaruh Laju Udara Dan Suhu Selama Pengeringan Kelapa Parut Kering Secara Pnuematic (Bayu Nugraha, Joko Nugroho W.K, Nursigit Bintoro)	116
PHP-24	Pengaruh Lama Pengukusan terhadap Mutu Beras Pratanak pada Gabah Varietas Situbagendit (Rokhani Hasbullah, Spetriani, R. Afni Shafwati)	129
PHP-25	Perubahan Warna dan Tingkat Kepedasan Cabai Kering Bubuk dari Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>) (Sarifah Nurjanah*, Sudaryanto Zain dan Tiwi)	137
PHP-26	Ekstraksi Biji Atung (<i>Parinarium glaberimum</i> Hassk) untuk Mendapatkan Bahan Pengawet Alami dan Aplikasinya pada Pengasapan Filet Ikan Tongkol (<i>Euthynnus affinnis</i>) (Lilik Pujantoro, Sugiyono, Sandra Leoni Hiariey)	145
PHP-27	Evaluasi Mutu Buah Naga Secara non-Destruktif dengan Metode Ultrasonik (Siti Djamila, I Wayan Budiastira, Sutrisno)	157

PHP-28	Aplikasi Fotografimetri untuk Penentuan Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit (Dinah Cherie, Sam Herodian, Muhammad Makky, Tineke Mandang, Usman Ahmad and Ahmad Thoriq)	166
PHP-29	Aplikasi Teknik Non-Destruktif Spektroskopi untuk Penentuan Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit (Ahmad Thoriq, Sam Herodian, Agus Sutejo, Muhammad Makky)	178
PHP-30	Sifat Fisikokimiawi Plastik <i>Biodegradable</i> Berbahan Komposit Pati Lidah Buaya-Kitosan: Kajian Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan (Bambang Dwi Argo, M. Bagus Hermanto dan A. Wahyu Utomo)	186
PHP-31	Pengembangan Produk Dodol Rumput Laut (<i>Eucheuma Cottoni</i>) Dengan Penambahan Kalium Clorida Dan Jenis Pemanis (M. Taufiqur Rahman; Sumardi H.S; Rini Yulianingsih)	197
PHP-32	Pengaruh Lama Pemanasan Awal dan Suhu Screw Press terhadap Yield CJO dengan Menggunakan Single Expeller Pressing (Bambang Susilo, Dimas Rian Wardana, Moch. Bagus Hermanto)	213
PHP-34	Makanan Siap Saji Berbahan Tepung Komposit Berbasis Talas (<i>Colocasia esculenta</i> L. Schoot.) Pemanis Sorbitol (Nur Komar, Bambang Dwi Argo dan Sellen G)	222
PHP-35	Uji Karakteristik Nasi Instan dari Beras Tiruan Bersubstitusi Kedelai (<i>Glycine Max</i>) (Bambang Susilo, Bayu Pamungkas, dan Nur Komar)	235
PHP-37	Analisis Efektivitas Larutan Gula dan Asam Sitrat untuk Mempertahankan Kesegaran Sayuran Daun Selama Penyimpanan (Hanim Z. Amanah, Musyrifah Kurniawati, Haryadi, Joko Nugroho)	247
PHP-38	Mempelajari Pembuatan Permen Kunyah Dari Buah Nanas (Ita Yustina, SS. Antarlina)	255

TOPIK 2: ALAT DAN MESIN PERTANIAN (AMP)

AMP-03	Rancangan Sistem dan Metode Pengukuran Kadar Air Dalam Ruang Bertekanan Tanpa Mengganggu Proses (Anang Lastriyanto, Sudjito, Roedy, Sumardi)	265
AMP-04	Desain <i>Multi Effect Evaporator</i> dengan Menggunakan <i>Excel Add-in</i> dan <i>Solver</i> (Dimas Firmanda Al Riza, M. Bagus Hermanto dan Bambang Dwi Argo)	271

AMP-05	Pengembangan Metode serta Peralatan Pengering Mekanis untuk Biji-bijian Dalam Karung (Nur Sigit Bintoro, Joko Nugroho, dan Anastasia Dinda Maria)	278
AMP-06	Desain Prototipe Sistem Pengeringan Gabah dengan menggunakan Uap Kering Super Panas (Endo Argo Kuncoro, R. Mursidi, Tri Tunggal)	286
AMP-07	Penghematan Energi Pada Proses Pengeringan dengan Gelombang Mikro (Microwaves) (Edy Hartulistiyoso)	292
AMP-08	Inovasi Teknologi Mesin Panen Padi (Mower) Untuk Meningkatkan Efisiensi Pascapanen Padi (Tommy Purba, Didik Anshori)	300
AMP-10	Teknologi Pengering Bahan Bakar Sekam Sebagai Solusi Alternatif Pengeringan Padi Di Kalimantan Barat (Tommy Purba, Jhon David, Didik Anshori)	306
AMP-13	Perancangan Alat Pengupas Kulit Umbi-Umbian (Sandra dan Isril Berd)	313
AMP-14	Kajian Kinerja Motor Bakar 2-Langkah Berbahan Bakar Gasohol (Ade M Kramadibrata, Fahmi Alfi Fadilah, dan Totok Herwanto)	321
AMP-15	Modifikasi Mesin Pemanen Udang/Ikan Tipe Vakum Berdasarkan Analisis Antropometri (Diza Puspa Arista, Sam Herodian, M. Yulianto)	329
AMP-18	Uji Kinerja Pengatur Kelembaban pada Pengering Jamur Tiram Tipe Rak (Rifah Ediati, Siswantoro)	339
AMP-19	Modifikasi Dan Penambahan Sistem Affiliate Marketing Pada Sistem Informasi Pemasaran Minyak Atsiri Berbasis Website Untuk Koperasi Pelopor Mandiri (Rahma Siswandari, Totok Pujiyanto, dan Muhammad Saukat)	347
AMP-21	Aplikasi Alat Pemanen Sawit Tipe Gergaji Pada Lahan Miring dan Lahan Datar (Safrizal, Yusmanizar, dan Bambang Sukarno Putra)	357

TOPIK 3: SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN (SAL)

SAL-01	Penataan Prasarana Lahan dan Air di Lahan Sawah Beririgasi (M. Yanuar J. Purwanto, Erizal dan Puji Sulistiono)	365
SAL-02	Mathematical Model To Relate Climatic Variables And Soybean Yield (Case Study On Soybean Crop In Gunungkidul, Yogyakarta) (Putu Sudira)	373

SAL-07	Dinamika Kadar Air Tanah di Bawah Tegakan Kakao pada Berbagai Kondisi (Liliya Dewi Susanawati, Bambang Suharto)	381
SAL-09	Penilaian Kemampuan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (Studi Kasus Di Kabupaten Ponorogo) (Bambang Rahadi, Ruslan Wiroseodarmo, Yoni Widyoseno)	387
SAL-10	Pemodelan dan Simulasi Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit (Hermantoro)	399
SAL-11	Penentuan Model Empiris Intersepsi dan Curah Hujan pada Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>) dan Pinus (<i>Casuarina cunninghamia</i>) (Siti Mechram, Susi Chairani, Dewi Sri Jayanti)	405
SAL-14	Analisis Kemanfaatan dan Kebutuhan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Upaya Konservasi Air di Areal Pemukiman (Fuad Assani, Sietia Rahmawati, Chandra Setyawan, Sukirno)	413
SAL-15	Pengelolaan Sawah Bukaan Baru Untuk Meningkatkan Produktivitasnya Di Indonesia (Ibrahim Adamy Sipahutar, Tagus Vadari, M. Husni dan Sukristiyonubowo)	420
SAL-16	Desain Persawahan Di Desa Ujung Padang, Kecamatan Aek Natas, Kabupaten Labura, Sumut (Gatot Pramuhadi, Roh Santoso Budi Waspodo, Qodarian Pramukanto)	431
SAL-17	Dinamika Kadar Air Tanah di Bawah Tegakan Kakao pada Berbagai Kondisi (Suhardi, Ahmad Munir, Sitti Nur Faridah dan Inge Scorpi Tulliza)	441
SAL-18	Sistem Irigasi Mikro untuk Budidaya Padi Di Lahan Rawa Lebak (Edward Saleh, Chandra Irsan, Firdaus Sulaiman)	448
SAL-19	Satuan Kebutuhan Air Irigasi untuk Tanaman Padi pada Budidaya Padi Cara Sri (System of Rice Intensification) (Luthfi, Ir. Wisnu Wardana, MS., Murtiningrum, Ir. Sudarsin)	455
SAL-20	Penerapan Irigasi Defisit terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat Cherry (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill var. <i>ceraforme</i>) (Rahmad Hari Purnomo, Hilda Agustina, Winda Rahmawati)	464
SAL-21	Pengaruh Penambahan 2-Propanol Pada Adsorpsi-Reduksi Ion $AuCl_4^-$ Oleh Humin (Shinta Rosalia Dewi, Sri Juari Santosa, Dwi Siswanta)	478

SAL-22	Biooksidasi Parsial pada Penanganan Anaerobik Limbah Biomasa Pertanian (Muhammad Romli, Suprihatin dan Purwoko)	485
SAL-23	Model Pertumbuhan Tanaman Pada Budidaya Padi Cara Sri Dan Konvensional (Wahyu D.M, Murtiningrum, Wisnu Wardana)	494
SAL-24	Incinerator Multifungsi Tipe 'Batch' (S.Endah Agustina, dan Adia Nuraga G Pradipta)	503
SAL-25	Pengaruh Sistem Irigasi Pada Budidaya Mawar (Sumiyati, Ni Nyoman Sulastri, IAG. Bintang Madrini)	509
SAL-26	Kajian Sifat Fisik Tanah, Erosi, dan Produktivitas Kentang pada Beberapa Tipe Guludan dan Penutupan Mulsa (Krissandi Wijaya dan Poppy Arsil)	512
SAL-27	Analisis SWOT dalam Pengembangan Subak untuk Mendukung Pengusahaan Agroekowisata (Wayan Windia, Sumiyati, I Wayan Tika, Ni Nyoman Sulastri, Ketut Suamba)	525
SAL-28	Gaya pada sudu-sudu kincir air irigasi (Mohammad Agita Tjandra dan Mahda Ahyana Lubis)	533
SAL-29	Pengolahan Limbah Domestik Kampung Tlogomas Malang Menggunakan IPAL Sistem Lumpur Aktif (Angga Dheta Shirajjudin Aji, I Wayan Dasna)	541
SAL-30	Effect of No-tillage and Tillage Practices on Hairy Vetch Residue, Soil Inorganic-N and Corn Growth (Fajri Anugroho dan Makoto Kitou)	549
SAL-31	Temperature Controled Biocomposting: Analisa Dinamika Komposting dengan Suhu terkontrol Terhadap Penurunan Jumlah Bakteri Total dan Koliform (Yusron Sugiarto, Halimatus Sa'Diyah, Famelian Regeista)	557
SAL-34	Analisis Numerik Perubahan Lengas Tanah Pada Sistem Lorong Pengatus Dangkal Di Tanah Sawah (Siti Suharyatun, Bambang Purwantana, Abdul Rozaq, Muhjidin Mawardi)	568

TOPIK 4: ENERGI ALTERNATIF DAN TERBARUKAN (EAT)

EAT-01	Potensi Limbah Hasil Pengolahan Rumput Laut (Alginat dan Agar) untuk Produksi Bioethanol (Rodiah Nurbaya Sari dan Putri Wullandari)	573
--------	--	-----

EAT-03	Recovery Minyak jelantah menggunakan mengkudu sebagai absorben (Alfian Putra, Silvia Mahrdania, Agustina Dewi, Eva Septia)	585
EAT-07	Evaluasi Prototipe Turbin Crossflow Sebagai Pembangkit Listrik Mikrohidro (Siswoyo Soekarno, Siti Mailinda Puji Rahayu, Setiyo Harri)	610
EAT-08	Audit Energi Pada Proses Pengalengan Makanan Tradisional Skala Industri Kecil Menengah (Ikm) (Tommy Hendrix dan Asep Nurhikmat)	617
EAT-09	Potensi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif (Suprihatin, E.Gumbira Sa'id, Ono Suparno dan Saron)	623
EAT-11	Performansi Tungku Karbonisasi (<i>Retort</i>) untuk Pembuatan Arang dari Limbah Pertanian (Wiludjeng Trisasiwi dan Sujiman)	635
EAT-12	Studi Penyerapan Karbondioksida Biogas dengan Alga pada Fotobioreaktor (Mochamad Bagus Hermanto, Agil Septian Nurdiansyah, Nur Komar, Sumardi HS, Bambang Dwi Argo, Bambang Susilo, Yusuf Hendrawan, dan Dimas Firmanda Al Riza)	641
EAT-13	Substitusi Minyak Tanah Dengan Bahan Bakar Biomassa Untuk Sumber Energi Pengeringan Gabah (Tri Tunggal dan Tamaria Panggabean)	650
EAT-14	Analisa Teknoekonomi Pembuatan Biodiesel Dari Ampas Kelapa (<i>Cocos Nucifera</i>) Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Alfa Lumempow)	657
EAT-15	Identifikasi Kinetika Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Flat Panel Bioreactor (Mochamad Bagus Hermanto, Wahyunanto Agung Nugroho, Musthofa Lutfi)	666
EAT-16	Analisis Energi Dan Eksergi Produksi Biodiesel Dengan Metode Metanol Superkritis (Retno Damayanti, Bambang Susilo, Bambang Dwi Argo)	680
EAT-17	Pembuatan Briket Berbahan Baku Kulit Buah Kakao Dengan Penambahan Tempurung Kelapa Dan Batubara (Hendri Syah, Muhammad Dhafir, Nurlaili)	691

TOPIK 5: OTOMATISASI DAN SISTEM INFORMASI BIDANG PERTANIAN (OSI)

- OSI-02 Image Feature Selection in Machine Vision for Determining Sunagoke Moss Water Content 699
(Yusuf Hendrawan)
- OSI-03 Kontrol PID untuk Pengaturan Putaran Penjatah Pupuk Granular Dosis Variabel 716
(Muhammad Tahir Sapsal dan Radite P.A. Setiawan)
- OSI-04 Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Menguji Kecocokan Lahan Tanam 727
(Bambang Setiawan, Farikhah Farkhani)
- OSI-05 Sistem Informasi Pemasaran Agribisnis Sayur Mayur Berbasis WEB Mobile dan SMS Gateway 735
(Bambang Setiawan, Dimas Rendy Atmajaya)
- OSI-06 Pengembangan Sistem Monitoring Lahan Pertanian Menggunakan Radio Control Helicopter 744
(I Made Anom Sutrisna Wijaya, Gusti Ngurah Semara Putra, dan I Putu Surya Wirawan)
- OSI-07 Rancang Bangun Prototipe Mesin Grading Tomat Berdasarkan Evaluasi Visual 754
(T. Herwanto, M. Muhaemin, D. Prijatna, W.K Sugandhi, M. Saukat)

LEMBAR ARTIKEL REVISI

- PHP-9 Kajian Karakteristik Komponen Buah dan Biji Kakao yang Difermentasi dan Tidak Difermentasi di Tiga Kabupaten Sulawesi Selatan 761
(Mariyati Bilang, Jumriah Langkong, Februadi Bastian)

EAT-09

Potensi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif

Potential of Palm Oil Mill Effluent for Alternative Energy Source

Suprihatin^{1*}, E. Gumbira Sa'id¹, Ono Suparno¹, Saron²

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian IPB
Kampus IPB Darmaga PO. Box 220 Bogor

²Jurusan Teknologi Pertanian – Politeknik Negeri Lampung
Jl. Soekarno – Hatta, Bandar Lampung

*Penulis Korespondensi, Email: suprihatin@indo.net.id

ABSTRAK

Limbah cair pabrik minyak kelapa sawit selama ini umumnya ditangani dengan sistem kolam, dimana sebagian besar bahan organik terdekomposisi secara anaerobik yang menyebabkan bau busuk serta emisi gas rumah kaca (metana) dan berkontribusi terhadap pemanasan global. Di sisi lain, bahan organik dalam limbah cair tersebut berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif (biogas). Metode ini tergolong murah dalam investasi, mudah dalam operasional, ramah lingkungan, serta dapat memberi manfaat finansial. Paper ini menyajikan potensi pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif, yang dianalisis secara teoritis dan kuantitatif pada berbagai skenario dengan menggunakan kasus pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung. Fokus analisis diberikan pada aspek lingkungan terkait reduksi emisi gas rumah kaca dan aspek finansial dari perolehan energi dan insentif finansial dari reduksi emisi melalui mekanisme pembangunan bersih (*Clean Development Mechanism/CDM*). Hasil analisis menunjukkan adanya berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan pendekatan pengelolaan limbah cair ini, antara lain reduksi biaya produksi melalui pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar terbarukan sebagai substitusi bahan bakar minyak/fosil, reduksi masalah lingkungan lokal (bau busuk), dan global (reduksi emisi gas rumah kaca). Ada 13 pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung yang menghasilkan limbah cair sekitar 1.3 juta m³/tahun dengan COD rata-rata 41300 mg/L. Pengolahan limbah cair ini dengan sistem terkendali (misalnya bioreaktor anaerobik atau kolam stabilisasi tertutup) dapat menghasilkan sekitar 25 juta m³ biogas. Pemanfaatan gas ini sebagai pengganti bahan bakar minyak / fosil dapat berkontribusi pada perbaikan praktek produksi minyak kelapa sawit yang berwawasan lingkungan dengan mereduksi emisi sebesar 11 juta ton CH₄, serta memberi nilai tambah dan meningkatkan daya saing produk kelapa sawit (*green product*).

Kata kunci: limbah cair pabrik kelapa sawit, reduksi emisi, energi alternatif, mekanisme produksi bersih

ABSTRACT

Palm oil mill effluent is generally treated with a pond system, where most of the organic materials are decomposed anaerobically. This causes the odor generation and greenhouse gas emissions (methane) that contributes to global warming. On the other side, the organic matter in the wastewater has the high potential to be utilized as an alternative energy source (biogas). This method of recovery is relatively inexpensive investment, easy operation, environmental-friendly, and provide a variety of other benefits. This paper presents the potential utilization of palm oil mill effluent that analyzed theoretically and quantitatively with a variety of scenarios using a case of palm oil mills in Lampung Province. The focus of the analysis is given on the environmental aspects related to the reduction of greenhouse gas emissions and the financial aspects related to the possible energy generation and financial incentives from emission reduction through CDM (Clean Development Mechanism) project. It is showed that some benefits can be gained from the imlementation of this approach to palm oil mill effluent management, including the reduction of production costs through the use of biogas as a fuel, the reduction of consumed fuel oil / fossil, reduction of local environmental problems (odour problems) and global environmental problems (reduction of greenhouse gas emission). There are 13 palm oil mills in Lampung Province that produce approx. 1.3 Mio. m³ of wastewater with a average COD of 44,300 mg/L. Treatment of this wastewater with a controlled system (eg anaerobic bioreactors or covered stabilization ponds) can produce about 25 million m³ of biogas. Utilization of the produced biogas as a substitute for oil / fossil fuel may contribute to the improvement of palm oil production practices towards more environmentally sound (avoiding of 11 million tons of CH₄), provide added value and improve the international competitiveness of the products of oil palm (green product).

Keywords: palm oil mill effluent, reducing emissions, alternative energy, clean mechanism development

PENDAHULUAN

Indonesia saat ini merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Produksi minyak sawit kasar (*crude palm oil*/CPO) tahun 2009 mencapai 19.32 juta ton dengan luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 7.87 juta hektar (Ditjen Perkebunan, 2011). Janurianto (2011) memperkirakan pada tahun 2020 luas panen kelapa sawit di Indonesia akan mencapai 9.7 juta Ha dengan produksi CPO mencapai 44 juta ton per tahun.

Dalam proses ekstraksi minyak kelapa sawit, hanya sekitar 21-23 persen dari bahan baku (tandan buah segar/TBS) yang diambil sebagai produk (minyak), sisanya berupa hasil samping atau limbah berbentuk cair, padat dan gas/uap. Limbah padat terdiri atas tandan buah kosong (16-23%), serat perasan buah (11-26%), bungkil inti sawit (4%), cangkang (4-6%), dan limbah padat lain (16.5%) (Utomo, 2001; Morad *et al.*, 2008).

Pabrik kelapa sawit tergolong industri yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar dengan kandungan bahan organik tinggi. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan pabrik pengolahan kelapa sawit bervariasi tergantung pada karakteristik bahan baku, jenis teknologi proses, praktek operasi dan pemeliharaan pabrik. Wu (2010) melaporkan bahwa untuk setiap ton produksi CPO dihasilkan limbah cair sekitar 2.5-3 ton, sedangkan Morad *et al.* (2008) melaporkan produksi limbah cair pabrik kelapa sawit dapat mencapai sekitar 0.75 – 0.9 m³/t TBS. Limbah cair tersebut berasal dari air berbagai sumber, yaitu kondensat rebusan 36% (150-175 kg/ton TBS), air *drab* klarifikasi 60% (350-450 kg/ton TBS) dan air hidrosiklon 4% (100-150 kg/ton TBS) (Wu, 2010).

Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik seperti minyak/lemak, karbohidrat, serat dan padatan tersuspensi. Mahajoeno *et al.* (2008) melaporkan hasil analisis limbah cair pabrik kelapa sawit menunjukkan bahwa limbah cair pabrik kelapa

sawit memiliki nilai pH 4.4 – 5.4, COD 49.0 – 63.6 g/L, BOD 23.5 – 29.3 g/L, total padatan 26.5 – 45.4 g/L dan padatan terlarut 17.1 – 35.9 g/L. Limbah cair ini juga mengandung unsur hara (N, P dan K) terlarut dalam konsentrasi cukup tinggi. Tabel 1 menunjukkan karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit dari berbagai sumber.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit

No.	Parameter	Nilai, dalam mg/L kecuali pH		
		GTZ (1997)	Morad <i>et al.</i> (2008)	Mahajoeno <i>et al.</i> (2008)
1	pH	-	4.7	4.4 – 5.4
2	Minyak dan Lemak	8000	4000	-
3	BOD	30000	25000	23500 – 29300
4	COD	90000	50000	49000 – 63600
5	Padatan Total (TS)	-	40500	26500 – 45400
6	Padatan Tersuspensi (TSS)	34000	18000	
	Padatan terlarut	-	-	17100 – 35900
7	Total Nitrogen (N)	200-1000	750	-
8	Fosfor (P)	100-300	-	-
9	Kalium (K)	2000	-	-
10	Magnesium (Mg)	500	-	-

Limbah cair pabrik kelapa sawit selama ini ditangani hanya dengan cara relatif sederhana, yaitu dengan mengalirkan dan membiarkan terdekomposisi di dalam sistem kolam (*pond system*). Di dalam sistem ini, bahan organik sebagian besar terdegradasi secara anaerobik dan menyebabkan bau busuk serta menimbulkan emisi gas metana. Emisi metana berkontribusi terhadap pemanasan global karena merupakan gas rumah kaca (GRK) dengan kekuatan 20 - 30 kali lebih kuat dibandingkan dengan gas karbon dioksida (Porteous, 1992). Di sisi lain, metana (komponen utama biogas) hasil dari proses dekomposisi anaerobik bahan organik tersebut memiliki kandungan energi tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.

Paper ini menyajikan potensi limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif, ditinjau dari aspek finansial dan aspek lingkungan. Potensi dianalisis secara teoritis dan kuantitatif dengan kasus Propinsi Lampung. Penerapan pendekatan ini untuk pengelolaan limbah cair pabrik kelapa sawit diharapkan dapat berkontribusi pada praktek produksi minyak kelapa sawit yang berwawasan lingkungan dan berkesinambungan (*sustainable*) serta memberi nilai tambah pada produk minyak kelapa sawit (*green product*), sehingga industri kelapa sawit Indonesia diharapkan lebih kompetitif di pasar internasional.

BAHAN DAN METODE

Kerangka pemikiran penelitian ini didasarkan pada pendekatan teoritis, dimana proses produksi minyak kelapa sawit dan dampak negatif limbah cair pabrik kelapa sawit disajikan secara sederhana (Suprihatin, 2009). Bahan baku berupa tandan buah segar (TBS) dan produknya berupa minyak kelapa sawit kasar (CPO). Limbah dari proses ekstraksi CPO ini berbentuk gas, padat dan cair. Limbah gas dari pabrik kelapa sawit relative tidak menjadi masalah serius, dan limbah padat (tandan buah kosong, serat

perasan buah, bungkil inti sawit, cangkang, dan limbah padat lain) telah banyak dimanfaatkan, namun limbah cair selama ini hanya dialirkan ke dalam sistem kolam terbuka dan masih menjadi masalah lingkungan. Di dalam sistem kolam ini, sebagian bahan organik mengalami proses degradasi secara anaerobik, membentuk metana dan melepsakannya ke atmosfer yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan baik lokal maupun global.

Sebagai alternatif, bahan organik dalam limbah cair pabrik kelapa sawit diolah dengan menggunakan bioreaktor anaerobik atau dengan kolam stabilisasi tertutup (*covered pond system*) yang dirancang secara khusus sehingga memungkinkan untuk menampung dan memanfaatkan produksi biogas sebagai bahan bakar. Jumlah produksi metana proporsional dengan konsentrasi bahan organik (sering dinyatakan sebagai COD) yang terdegradasi dan laju umpan bahan organik serta ditentukan oleh koefisien konversi COD menjadi metana sesuai dengan persamaan:

$$Q_{CH_4} = \frac{Y_{CH_4} Q_f (S_0 - S)}{1000} \quad (1)$$

dengan Q_{CH_4} adalah produksi metana ($m^3/hari$), Y_{CH_4} koefisien konversi (m^3/kg COD_{terdegradasi}), S_0 dan S konsentrasi COD dalam influen dan efluen (mg/L), dan Q_f laju umpan ($m^3/hari$). Efisiensi penyisihan COD dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

Pendekatan pengelolaan lingkungan dengan sistem anaerobik terkendali ini memungkinkan diperolehnya berbagai manfaat, baik manfaat finansial, lingkungan, maupun manfaat-manfaat lainnya terkait dengan bisnis kelapa sawit. Manfaat-manfaat tersebut dianalisis secara teoritis dan kuantitatif untuk memberikan gambaran potensi emisi metana dan potensi manfaat yang dapat diperoleh. Analisis dilakukan berdasarkan data sekunder dan data primer hasil survei lapang yang dilakukan pada pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung. Estimasi potensi produksi biogas dari proses degradasi limbah cair dilakukan dengan pendekatan neraca masa. Jumlah produksi biogas diestimasi berdasarkan pada laju pengolahan pabrik kelapa sawit, dan jumlah bahan organik (COD) yang terdegradasi pada kondisi anaerobik, kemudian dinyatakan dalam satuan jumlah TBS yang diproses.

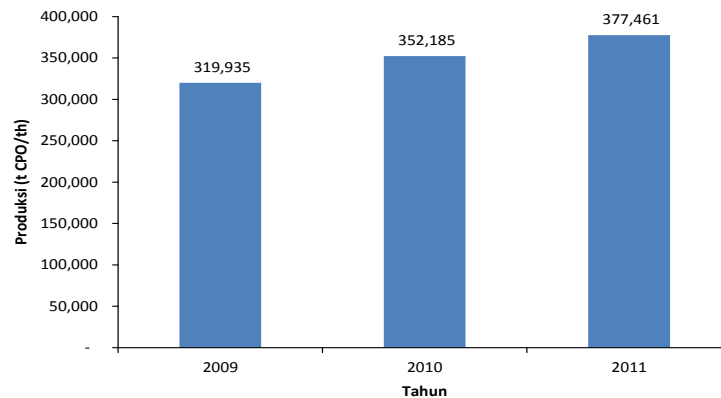
Emisi metana dikonversi menjadi emisi gas rumah kaca dalam satuan emisi karbon dioksida dengan menggunakan nilai ekuivalensi kekuatan efek rumah kaca metana relatif terhadap karbon dioksida. Dari data nilai kalor biogas dan data harga energi, potensi biogas / nilai energi biogas kemudian konversi ke dalam bentuk nilai uang yang potensial dapat diperoleh. Untuk menghitung reduksi emisi gas rumah kaca akibat penggunaan biogas sebagai pengganti bahan bakar fosil/minyak bumi, hasil estimasi produksi biogas / metana dikonversi ke dalam bentuk reduksi emisi karbon atau karbon dioksida ekuivalen. Dengan menggunakan data harga reduksi emisi US\$ 20 per ton C (Soemarwoto, 2001), nilai kompensasi yang mungkin diperoleh dari proyek CDM dihitung sesuai dengan tingkat reduksi emisi yang dicapai. Manfaat total merupakan gabungan dari manfaat dari perolehan biogas sebagai bahan bakar dan manfaat lingkungan melalui proyek CDM, yang keduanya dinyatakan dalam satuan nilai uang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

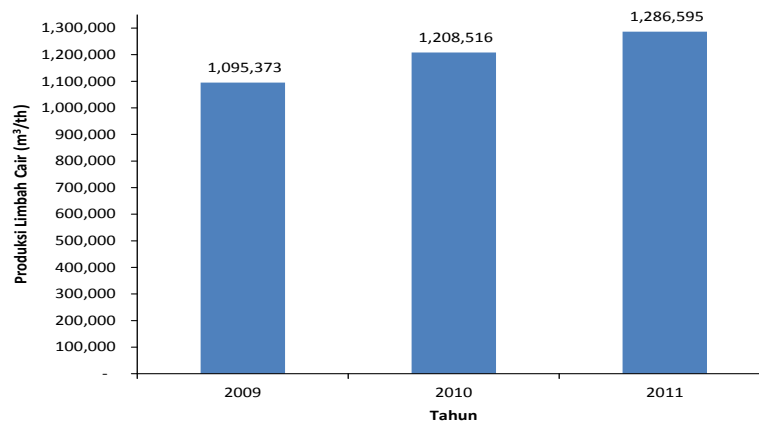
Produksi CPO di Propinsi Lampung

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia dan juga Propinsi Lampung. Perkebunan kelapa sawit tersebar hampir di seluruh kabupaten

di wilayah Propinsi Lampung. Perusahaan yang memiliki pabrik pengolahan kelapa sawit berjumlah 13 unit dengan total kapasitas terpasang sekitar 646 ton TBS/jam (Darminto, 2010). Produksi CPO di Propinsi Lampung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2009, produksi CPO mencapai sekitar 320 ribu ton, meningkat menjadi 352 ribu ton pada tahun 2010, dan 377 ribu ton tahun 2011 (Gambar 1). Diperkirakan produksi tersebut akan terus mengalami peningkatan akibat dari program perluasan lahan sawit dan peningkatan rendemen melalui berbagai usaha baik yang bersifat *on-farm* (hulu) maupun *off-farm* (hilir).



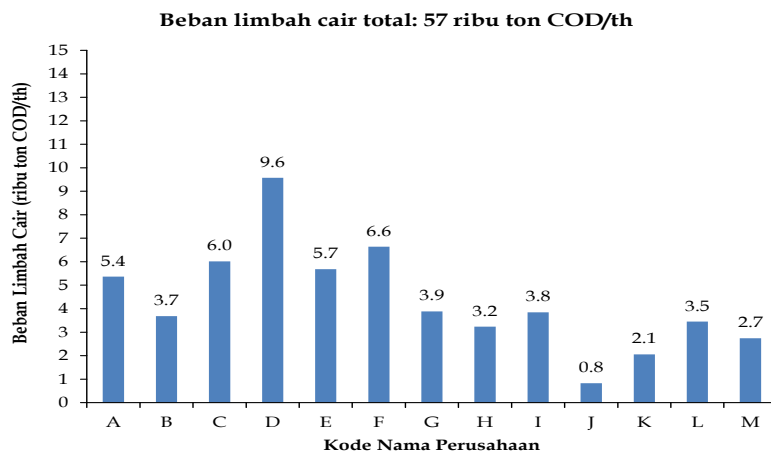
Gambar 1. Perkembangan produksi CPO tahun 2009-2011 di Propinsi Lampung



Gambar 2. Perkembangan produksi limbah cair pabrik kelapa sawit tahun 2009 – 2011 di Propinsi Lampung

Produksi Limbah Cair dan Emisi Metana

Seiring dengan peningkatan produksi CPO, jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit juga meningkat (Gambar 2). Perkiraan produksi limbah cair di Propinsi Lampung saat ini (2011) sekitar 1.3 juta m³. Hasil inventarisasi nilai COD limbah cair pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung berkisar antara 41000-51250 mg/L, dengan rata-rata 44300 mg/L. Dengan demikian, pabrik kelapa sawit di Lampung menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik sekitar 57 ribu ton COD per tahun. Dengan menggunakan produksi spesifik limbah cair 0.75 m³/t TBS dan COD rata-rata tersebut di atas, diperkirakan beban limbah cair pabrik kelapa sawit untuk masing-masing pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung bervariasi antara 0.8 – 9.6 ribu t COD/tahun (Gambar 3). Perbedaan tersebut terutama disebabkan oleh perbedaan laju pengolahan TBS dan laju produksi CPO diantara ke-13 pabrik tersebut.



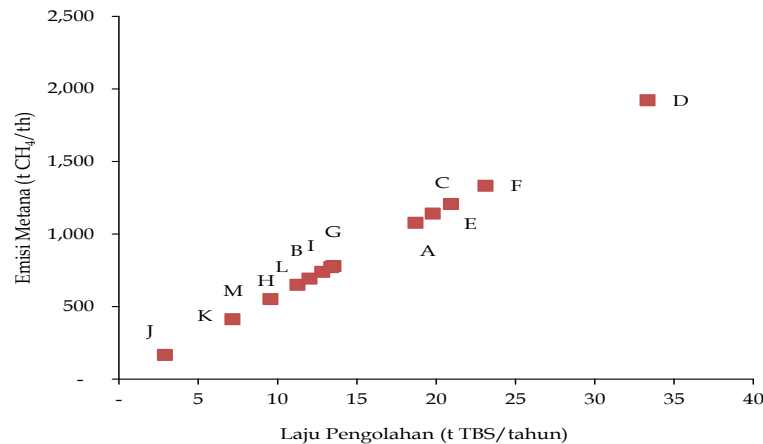
Gambar 3. Beban bahan organik limbah cair pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung (tahun 2011)

Pengelolaan limbah cair di ketiga-belas pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung semuanya dilakukan dengan sistem kolam terbuka, dengan pertimbangan utama konstruksi dan operasinya yang sederhana. Sistem ini memiliki beberapa kelemahan seperti memerlukan lahan yang luas, efisiensi dan laju eliminasi bahan organik rendah, biogas yang terbentuk tidak dapat ditampung dan dimanfaatkan, dan menimbulkan bau busuk, terutama jika tingkat pembebanan tinggi dan pasokan oksigen dari permukaan air tidak mencukupi. Dalam sistem pengelolaan limbah cair tersebut, pasokan oksigen bagi mikroorganisme hanya mengandalkan kontak antara limbah cair dengan udara pada permukaan. Dengan cara seperti ini laju difusi oksigen udara bagi mikroorganisme sangat terbatas dan pada lapisan bagian bawah terjadi kondisi anaerobik. Pada kondisi ini proses degradasi bahan organik akan menghasilkan produk berupa biogas dengan kandungan utama metana dan karbon dioksida (Boenke, *et al.*, 1993).

Pada kondisi tidak tersedia oksigen proses bahan organik berlangsung secara anaerob dan dihasilkan produk akhir berupa metana dan karbon dioksida. Deskripsi proses degradasi bahan organik pada proses produksi biogas dapat dijumpai di literatur (Suprihatin, 2012). Apabila bahan organik terdegradasi 70% dalam kondisi anaerobik, maka dalam satu tahun dapat diproduksi rata-rata sekitar 11442 ton metana (sekitar 3 persen dari CPO yang diproduksi) atau setara dengan efek rumah kaca 280340 ton CO₂ (sekitar 16 persen dari TBS yang diolah). Emisi metana tergantung pada laju produksi CPO dan laju produksi limbah cair. Potensi emisi metana dari masing-masing pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung disajikan pada Gambar 4. Perbedaan emisi metana diantara pabrik kelapa sawit terutama disebabkan oleh perbedaan laju pengolahan tandan buah segar dan beban bahan organik dalam limbah cair yang terdegradasi pada kondisi anaerobik. Laju pengolahan aktual pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung berkisar antara 7 – 33 t TBS/jam (sekitar 7 – 33 persen dari kapasitas terpasang 25 – 72 t TBS/jam) menyebabkan emisi metana dari masing-masing pabrik tersebut berkisar antara 167 – 1920 t CH₄/tahun.

Jumlah biogas yang dihasilkan dari proses degradasi anaerobik bahan organik dalam limbah cair pabrik kelapa sawit dapat diestimasi secara teoritis dan empiris dengan Persamaan (1). Untuk keperluan tersebut dibutuhkan data tentang nilai COD limbah cair dan tingkat degradasinya. Untuk setiap kg COD yang terdegradasi pada kondisi anaerobik dapat dihasilkan sekitar 0.4 m³ CH₄ (GTZ, 1997; USDA and NSCS, 2007).

Laporan lain menyebutkan bahwa produksi biogas dapat mencapai nilai yang lebih tinggi, yaitu sekitar 500 - 600 L/kg COD terdegradasi (Moletta, 2005).



Gambar 4. Potensi emisi metana dari masing-masing pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung (A - M : Kode nama pabrik kelapa sawit)

Pada kasus sistem kolam terbuka jumlah aktual COD yang dikonversi menjadi biogas proporsional dengan COD yang terdegradasi pada kondisi anaerobik dan dipengaruhi oleh berbagai faktor lainnya seperti karakteristik limbah cair, dan kondisi proses degradasi. Apabila porsi bahan organik yang terdegradasi dalam anaerobik dan produksi metana spesifik diketahui, maka dapat diperkirakan produksi (emisi) metana teoritis untuk pabrik kelapa sawit pada tingkat laju pengolahan tertentu. Perhitungan potensi emisi metana dan perolehan biogas dari limbah cair pabrik kelapa sawit dengan basis 1 t TBS yang diolah disajikan pada Tabel 2.

Pemanfaatan Biogas

Pada sistem kolam terbuka untuk pengolahan limbah cair organik, produksi biogas secara teknis sulit dikumpulkan dan dimanfaatkan. Dengan menggunakan teknologi yang sesuai, misalnya UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) atau modifikasi kolam oksidasi dengan sistem penangkapan metana (*methane capture*), bahan organik dalam limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dikonversi menjadi biogas pada kondisi yang lebih terkendali, dan biogas yang diproduksi dengan mudah dapat dikumpulkan/ditampung untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.

Biogas merupakan gas campuran dengan kandungan utama metana (50-70% vol.), karbon dioksida (30-40% vol.), serta sejumlah kecil gas kelumit seperti H₂, H₂S, uap H₂O, dan nitrogen. Nilai kalor biogas 16000-20000 kJ/m³, 60-80% dari nilai kalor gas alam. Nilai kalor biogas adalah sekitar 6 kWh/m³, setara dengan 0.5 Liter solar (Hutzler, 2004).

Memperhatikan perhitungan neraca bahan pada proses produksi minyak kelapa sawit, untuk setiap 1 ton TBS kg yang diolah akan dihasilkan limbah cair 0.75 m³ dengan beban 33 kg COD. Dengan tingkat degradasi 70% dan nilai konversi 0.4 m³ metana / kg COD terdegradasi, maka pemrosesan 1 ton TBS akan dihasilkan sejumlah sekitar 14 m³ biogas atau setara energi dari sekitar 7 L minyak diesel (solar). Dengan harga minyak diesel Rp 5500,-/L, maka untuk setiap 1 t TBS yang diolah dapat dihasilkan bahan bakar biogas senilai Rp 39000,-. Perhitungan perolehan biogas / energi dari limbah cair industri minyak kelapa sawit serta manfaat finansialnya dapat dilihat pada Tabel 2.

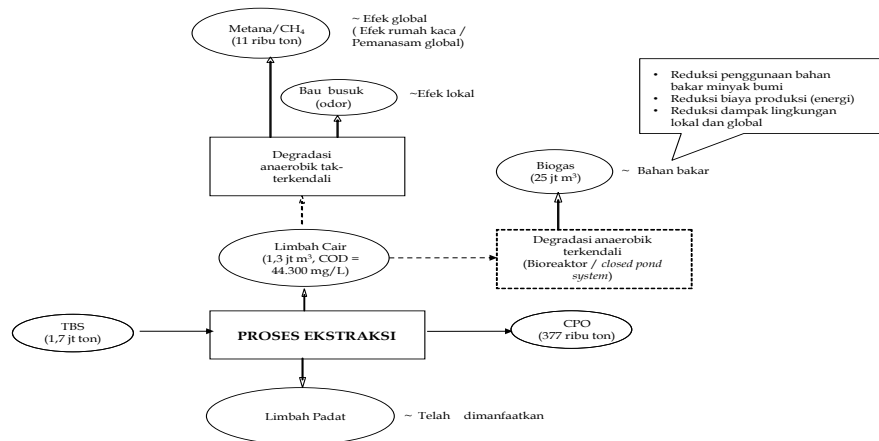
Tabel 2. Perhitungan emisi metana dan perolehan biogas dari limbah cair pabrik kelapa sawit (basis 1 t TBS diolah)

	Nilai	Satuan
Produksi	1	t TBS
	0.22	t CPO
Produksi Limbah cair	0.75	m ³
COD dalam Limbah Cair	33.23	kg COD
Potensi Emisi GRK:	9.30	m ³ CH ₄
	6.67	kg CH ₄
	163,4	kg CO ₂
	44.6	kg C
Potensi Produksi Biogas	14.3	m ³
Penghematan bahan bakar:		
- Setara minyak diesel	7.2	L minyak diesel
- Dalam nilai uang	39359	Rp
Potensi kompensasi CER melalui proyek CDM	8022	Rp
Manfaat finansial total	47381	Rp
Input data untuk perhitungan:		
Rendemen (TBS → CPO)	22	%
Produksi Limbah Cair spesifik	0.75	m ³ /t TBS (Morad <i>et al.</i> , 2008)
COD	44300	mg/L (Hasil survei)
Tingkat konversi	400	L CH ₄ /kg COD (GTZ, 1997; USDA and NSCS, 2007)
Ekivalensi Energi	0.5	L minyak diesel/m ³ biogas (Hutzler, 2004)
Harga solar	5500	Rp/L
Efisiensi reduksi COD	70	% (tipikal untuk sistem kolam oksidasi)
Kadar metana dalam biogas	65	% vol.
Densitas metana (CH ₄)	0.717	kg/m ³ (http://en.wikipedia.org/wiki/Methane)
Efek rumah kaca metana	24.5	kg CO ₂ /kg CH ₄ (Porteous, 1992)
Harga kredit karbon	20	USD/t C (Soemarwoto, 2001)
Kurs Mata Uang	9000	Rp/USD

Proses anaerobik untuk pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dapat memanfaatkan mikroorganisme dalam keadaan tersuspensi atau mikroorganisme dalam struktur biofilm. Dalam struktur biofilm (*fixed growth*), biofilm dapat dibentuk tanpa penambahan media / carrier (granular) atau pada media pembawa (plastik atau mineral). Teknologi biofilm ini telah banyak dikembangkan untuk pengolahan limbah cair karena keunggulannya dibandingkan dengan bioreaktor anaerobik jenis lainnya. Pembentukan biofilm memungkinkan peningkatan konsentrasi biomassa dalam sistem bioreaktor hingga 50 g/L, sehingga kemampuan bioreaktor dapat ditingkatkan secara drastis (Molleta, 2005).

Teknologi biofilm yang banyak menjadi perhatian adalah UASB maupun AFBR. Dalam sistem UASB, mikroorganisme tumbuh dalam bentuk granular, yang berada dalam bentuk "tersuspensi" oleh adanya aliran biogas yang terbentuk dan akibat aliran resirkulasi limbah cair. Pada bagian atas sistem UASB dilengkapi dengan kompartemen yang berfungsi sebagai pengendap biomassa dan penahan granular agar tidak terbawa oleh aliran efluen. Pada sistem AFBR, media tumbuh mikroorganisme (biofilm) dalam keadaan terfluidisasi (*fluidized*) oleh aliran resirkulasi limbah cair. Kedua teknologi

biofilm tersebut di atas telah banyak diteliti untuk pengolahan berbagai jenis limbah cair dan menunjukkan hasil yang efektif. Dibandingkan dengan sistem tersuspensi konvensional yang beban organiknya hanya sekitar 1 - 5 kg COD/m³/hari, dengan sistem biofil beban organik dapat ditingkatkan sampai 5 - 15 kg COD/m³/hari untuk UASB dan 15 - 30 kg/m³/hari untuk AFBR (Molleta, 2005; Qureshi *et al.*, 2005). Berapa hal yang masih memerlukan pengembangan lebih lanjut adalah optimasi proses konversi bahan organik dari berbagai jenis limbah agroindustri menjadi biogas, pengembangan metode pemurnian biogas (eliminasi NH₃, H₂S), dan optimasi konversi biogas menjadi energi listrik.



Gambar 5. Skema dampak dan potensi manfaat limbah cair industri minyak kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif (biogas) kasus di Propinsi Lampung

Manfaat Penggunaan Limbah Cair sebagai Sumber Biogas

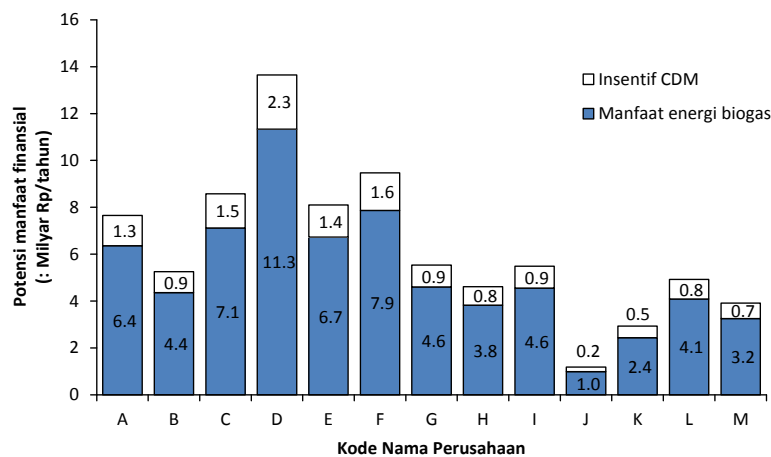
Karena besarnya efek rumah kaca gas metana, usaha-usaha penanggulangannya seharusnya diarahkan kepada pengendalian sumber-sumber emisi metana tersebut. Sebagaimana diilustrasikan pada bagian sebelumnya, bahan organik dalam limbah kelapa sawit merupakan salah satu sumber emisi metana. Pemerintah Amerika Serikat melalui *US Environmental Protection Agency (EPA)* bahkan mengeluarkan *Notice of Data Availability (NODA)* pada tanggal 27 Januari 2012 yang menyatakan produk turunan kelapa sawit Indonesia tidak ramah lingkungan. Salah satu penyebabnya adalah praktek penanganan limbah cair pabrik kelapa sawit, dimana hanya 5.5 % dari 608 unit pabrik yang memiliki fasilitas penangkapan gas metana (*US Environmental Protection Agency, 2012*).

Pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung dengan laju pengolahan total 1.7 juta TBS per tahun menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang dapat dikonversi menjadi 25 m³ juta biogas/tahun. Biogas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan untuk substitusi bahan bakar minyak / fosil. Sebaliknya, apabila limbah cair pabrik kelapa sawit dibuang ke lingkungan dan terdegradasi secara anaerobik secara tidak terkendali dapat menimbulkan selain dampak lokal (bau busuk) juga berdampak global berupa emisi metana (gas rumah kaca) setara dengan sekitar 280 ton CO₂/tahun. Gambar 5 menunjukkan skema dampak limbah cair industri minyak kelapa sawit dan potensi pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif melalui proses degradasi anaerobik bahan organik limbah cair pabrik kelapa sawit dalam kondisi terkendali (*methane capture*).

Tabel 3. Potensi manfaat pemanfaatan limbah cair sebagai sumber energi alternatif di Propinsi Lampung

	Satuan	Total
Produksi	t TBS	1.715.459
Produksi Limbah cair	m ³	1.286.594
COD dalam Limbah Cair	kg COD	56.996.125
Potensi Emisi GRK:	t CH ₄	11.443
	t CO ₂	80.342
Potensi Produksi Biogas:	m ³	24.552.177
Penghematan bahan bakar:		
- Setara minyak diesel	L minyak diesel	12.276.089
- Dalam nilai uang	: Rp 1.000.000,-	67.518
Potensi kompensasi melalui proyek CDM	: Rp 1.000.000,-	13.762
Manfaat finansial total	: Rp 1.000.000,-	81.280

Reduksi emisi metana dapat dihargai sesuai dengan mekanisme pembangunan bersih (*Clean Development Mechanism/CDM*), misalnya dengan harga USD 20,- per kg C (Soemarwoto, 2001), maka dapat diperhitungkan untuk setiap ton TBS yang diolah dapat diperoleh nilai kompensasi finansial Rp 8.000,- (Tabel 2). Untuk pabrik minyak kelapa sawit dengan laju pengolahan sebagaimana tersebut di atas memiliki potensi untuk memperoleh manfaat sebesar Rp 81 M/tahun, berasal dari pemanfaatan biogas sebesar Rp 67 M/tahun (83 persen) dan insentif melalui proyek CDM Rp 14/tahun (17 persen), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Perkiraan potensi manfaat finansial penggunaan limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif (biogas) pada masing-masing pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Potensi manfaat finansial penggunaan limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif (biogas) pada masing-masing pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung

Pengolahan limbah cair industri minyak kelapa sawit dengan bioreaktor anaerobik dan pemanfaatan biogas sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi / fosil dapat berkontribusi pada praktek produksi minyak kelapa sawit yang berwawasan lingkungan, sehingga produk sawit Indonesia lebih diterima di pasar internasional. Namun, perlu dicatat bahwa akurasi estimasi potensi emisi dan manfaat yang dapat

diperoleh dari penggunaan biogas sebagai sumber energi alternative, sebagaimana diilustrasikan di atas, dipengaruhi oleh akurasi input data yang terkait, terutama produksi biogas spesifik, komposisi biogas, porsi bahan organik yang terdegradasi secara anaerobik, harga biogas dan harga reduksi emisi. Pengujian skala pilot dan modifikasi masih diperlukan dan perhitungan manfaat perlu disesuaikan dengan kondisi riil setempat. Analisis ini dimaksudkan untuk memberikan indikasi tingginya potensi pemanfaatan limbah cair industri minyak kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan (biogas).

SIMPULAN

Saat ini ada pabrik kelapa sawit sebanyak 13 buah di Propinsi Lampung dengan tingkat produksi sebesar 377401 ton CPO per tahun. Dari proses produksi tersebut dihasilkan limbah cair sekitar 1.3 juta m³/tahun. Dengan nilai COD rata-rata 44300 mg/L dan penanganan dengan sistem kolam mereduksi 70 persen pada kondisi anaerobik, pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung diperkirakan melepaskan emisi sekitar 11443 ton CH₄ atau setara dengan 280342 ton CO₂ setiap tahun.

Untuk menghindari emisi GRK tersebut, bahan organik dalam limbah cair pabrik kelapa sawit dapat dikelola dengan sistem terkendali (misalnya bioreactor anaerobik atau kolam stabilisasi tertutup), sehingga biogas yang terbentuk dapat ditangkap dan dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, misalnya dikonversi menjadi energi listrik yang untuk keperluan pabrik kelapa sawit yang bersangkutan atau untuk pasokan energi bagi masyarakat sekitar.

Pemanfaatan bahan organik dalam limbah cair pabrik kelapa sawit dapat memberikan manfaat finansial sekitar Rp 39.000,- dan Rp 8.000,- per ton TBS, masing-masing berasal dari pemanfaatan energi biogas dan insentif melalui proyek CDM. Dengan laju pengolahan sebesar 1.715.459 ton TBS/tahun, pabrik kelapa sawit di Propinsi Lampung berpotensi memberi manfaat finansial sebesar Rp 81 M per tahun, sekaligus mencegah emisi metana GRK yang dapat berkontribusi pada pencegahan masalah lingkungan lokal (bau busuk) dan global (pemanasan global), perbaikan praktek produksi minyak kelapa sawit, memberi nilai tambah serta meningkatkan daya saing produk kelapa sawit (*green product*) di pasar internasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Materi paper ini merupakan bagian dari penelitian MP3EI Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi TA 2012. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih atas dukungan finansial dalam pelaksanaan kegiatan penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Boenke B., Bischofberger W. und Seyfried C.F. 1993. *Anaerobitechnik*. Springer-Verlag, Berlin. 837 hal.
- Darminto, F. 2010. *Komoditas Perkebunan Unggulan (Komoditi Kelapa Sawit)*. Dinas Perkebunan Provinsi Lampung. Bandar Lampung.
- Ditjen Perkebunan. 2011. *Policy of Government of Indonesia on Sustainable Palm Oil (ISPO)*. International Conference and Exhibition of Palm Oil. Jakarta, 11-13 May 2011.
- GTZ. 1997. *Environmental Management Guideline for the Palm Oil Industry*. Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Bangkok

-
- Harjanto, N. 1996. Indikator IPTEK, Studi Kasus Pengkajian Teknologi Minyak Sawit dan Industri Hilir Minyak Sawit. PAPIPTEK-LIPI. Jakarta.
- Hutzler, N. 2004. Solid Waste Management. Lecture Note. Dilihat 3 Agustus 2008 <[http://www.cee.mtu.edu/~hutzler/ce3503/Solid Waste Managementnjh.ppt](http://www.cee.mtu.edu/~hutzler/ce3503/Solid%20Waste%20Managementnjh.ppt)>.
- Janurianto, A. 2011. *The Role of Palm Oil Business Players to People Prosperity: "BSP" Experience*. International Conference and Exhibition of Palm Oil. Jakarta, May 11-13, 2011
- Mahajoeno E., Lay B.W., Sutjahjo S.H, Siswanto. 2008. Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas. *Biodiversitas*. 9:48-52
- Moletta, R. 2005. Winery and distillery wastewater treatment by anaerobic digestion. *Wat. Sci. Techn.* 51(1): 137-144
- Morad M., Choo S.S. dan Hoo Y.C. 2008. Simplified Life Cycle Assessment of Crude Palm Oil - A Case Study at a Palm Oil Mill. *International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008)*.
- Porteous, A. 1992. *Dictionary of Environmental Science and Technology*, 2nd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Qureshi N, Annous BX, Ezeji TC, Karcher P, and Maddox IS. 2005. Biofilm reactor for industrial bioconversion processes: Employing potential of enhanced reaction rates. Dilihat 17 September 2008. <<http://www.microbialcellfactories.com/content/4/I/24>>.
- Soemarwoto, O. 2001. Peluang Berbisnis Lingkungan Hidup Di Pasar Global untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Makalah Seminar "Kebijakan Perlindungan Lingkungan dan Pembangunan berkelanjutan Indonesia di Era Reformasi dalam Menghadapai KTT Rio + 10"*. Jakarta, 8 Februari 2001
- Suprihatin. 2009. Emisi Gas Rumah Kaca Akibat Dekomposisi Anaerobik Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit dan Alternatif Penanggulangannya. *Makalah pada Seminar Tahunan Maksi*. Bogor, 29 Januari 2009
- Suprihatin. 2012. 'Biogas'. Di dalam Poerwanto, R., I. Z. Siregar, dan A. Suryani (Penyunting/Editor). *Merevolusi Revolusi Hijau, Pemikiran Guru Besar IPB (Buku III)*. IPB Press, 2012
- The US Environmental Protection Agency. 2012. Notice of Data Availability Concerning Renewable Fuels Produced From Palm Oil Under the RFS Program. EPA-HQ-OAR-2011-0542; FRL-9608-8.
- USDA and NSCS. 2007. An Analysis of Energy Production Costs from Anaerobic Digestion Systems on U.S. Livestock Production Facilities. *Technical Note No. 1*, Issued October 2007
- Utomo, N.U. 2001. Limbah Padat Pengolahan Minyak Sawit sebagai Sumber Nutrisi Ternak Ruminansia. Dilihat 9 Oktober 2008. <<http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/p3231044.pdf>>.
- Wu TY, Mohammad A.W, Jahim JM, Anuar N. 2010. Pollution control technologies for the treatment of palm oil mill effluent (POME) through end-of-pipe processes. *J. Environ. Management*. 9:1467-1490.