

SEMINAR NASIONAL

**GREEN REGIONAL DEVELOPMENT MELALUI PENGEMBANGAN
INOVASI TEKNOLOGI MENDUKUNG TERWUJUDNYA MP3EI**

PROSIDING

20 NOVEMBER 2012



**FAKULTAS ARSITEKTUR LANSEKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI**

Bekerja sama dengan

**KEMENTERIAN KOORDINATOR BIDANG PEREKONOMIAN
REPUBLIK INDONESIA**

JAKARTA

Prosiding Seminar Nasional
Green Regional Development Melalui Pengembangan Inovasi Teknologi
Mendukung Terwujudnya MP3EI

Jakarta, 20 November 2012

Ketua Komite Pengarah

Prof. Ir. Eko Budiharjo, MSc

Reviewer

Prof. Ir. Eko Budiharjo, MSc (Ketua)

Prof. DR.Ir. Soepangat Soemarto, MSc

Prof. Ir. Zoer'aini Djamal, MS

Ketua Panitia Pelaksana

DR. Ir. Endrawati Fatimah, MPSt

Editor

Ir. Winarni, MSc

DR. Melati Ferianita F, MS

DR. Ir. Rustam Hakim, MT

DR. Ir. Widyo Astono, MT

Ir. Jaap C. Levara, MSc

ISBN 978-979-99119-7-1

Hak cipta

Buku ini dapat diperoleh di Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta, Indonesia, 11440 (Telp: 021 5663232 ext. 8754; Fax: 021 5602575). Permintaan ijin untuk mereproduksi atau menerjemahkan dalam bentuk apapun atau dengan cara apapun, baik untuk dijual atau untuk distribusikan kembali, harus ditujukan kepada penyelenggara pada alamat di atas.



Penerbit

Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan

Universitas Trisakti

Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta, Indonesia, 11440

Telp: 021 566 3232 ext. 8754; Fax: 021 560 2575



KATA PENGANTAR

Seminar Nasional “*Green Regional Development* melalui Pengembangan Inovasi Teknologi Mendukung Terwujudnya MP3EI” diselenggarakan dalam kolaborasi antara Kementerian Perekonomian Republik Indonesia dengan Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti pada 20 November 2012, bertempat di Hotel Borobudur, Jakarta. Seminar Nasional ini merupakan agenda tahunan dari Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, dan juga merupakan bagian dari rangkaian kegiatan Dies Natalis Universitas Trisakti ke 47 yang bertemakan Kolaborasi Ilmu dalam Lingkup Ekonomi dan Teknologi “Hijau” untuk Meningkatkan Kesehatan dan Kesejahteraan Masyarakat.

Tujuan dari seminar ini adalah untuk berbagi dan mendiskusikan gagasan, pemikiran, konsep, pengalaman, dan regulasi dalam mendukung terwujudnya MP3EI yang berkelanjutan, di antara para akademisi, peneliti, praktisi, pembuat kebijakan, serta kalangan swasta. Pada seminar satu hari ini, para peserta mendengarkan pembicara kunci bapak Ir. Hatta Rajasa, Menteri Koordinator Bidang Perekonomian, serta para panelis dalam diskusi panel pagi ini adalah Bapak DR.Ir. Luky Eko Wuryanto Deputy V Bidang Koordinasi Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah, Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian; Prof.DR.Ir. Tommy Firman, MSc dan Prof.Ir Surna Tjahja D, MSc, PhD dari Institut Teknologi Bandung; serta Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc dari Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti.

Selain itu, dalam seminar ini juga dilaksanakan presentasi dan diskusi oleh 40 pemakalah yang berasal dari berbagai instansi dan perguruan tinggi, dimana diskusi terdiri dari 5 kelompok, yaitu:

1. Pengembangan Lansekap Hijau dan Kabupaten Konservasi
2. Pengembangan Wilayah Berbasis Masyarakat
3. Inovasi Infrastruktur Hijau
4. Penerapan Prinsip Hijau dalam Pelaksanaan MP3EI
5. Inovasi Pengelolaan Sumber Daya Alam

Untuk itu perkenankan saya menyampaikan apresiasi pada para pembicara kunci, panelis, dan pemakalah yang telah berpartisipasi aktif dalam menunjang kesuksesan pencapaian tujuan seminar ini.

Akhir kata, perkenan saya untuk mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada, pimpinan Universitas Trisakti, Dekan Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, anggota komite pengarah, para *reviewer*, dan panitia yang telah bekerja keras dalam penyelenggaraan Seminar Nasional FALTL 2012. Serta kepada Kementerian Perekonomian Republik Indonesia sebagai pendukung utama terlaksananya seminar ini dan Bank BNI sebagai sponsor.

Ketua Panitia Pelaksana
DR.Ir. Endrawati Fatimah, MPSt



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Susunan Acara	vii
Susunan Panitia	ix
Sambutan Rektor Universitas Trisakti	xi
Rangkuman Seminar	xiii
Kesimpulan dan Rekomendasi	xvi

Bagian I Pembicara Kunci dan Panelis

Pembicara Kunci

Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia	1
--	---

Diskusi Panel

Konsep Infrastruktur dan Investasi Hijau dalam Konteks MPEI DR.Ir. Luky Eko Wuryanto, Deputi V Bidang Koordinasi Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah, Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian	5
Inovasi Teknologi Hijau untuk Mendukung Pelaksanaan MP3EI Prof. Ir. Surna Tjahja Djajadiningrat, MSc, PhD., Institut Teknologi Bandung	19
Pembangunan Kota Berkelanjutan Sesuai Dinamika Sosial dan Tenaga Kerja Lokal Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc, Universitas Trisakti	24
Pengembangan Wilayah Metropolitan Berdasar Prinsip “ <i>Green Economic Development</i> ”: Ilustrasi Jabodetabekjur Prof. DR. Ir. Tommy Firman, MSc, Institut Teknologi Bandung	33

Bagian II Makalah Penyaji Lisan

1. Pengembangan Lansekap Hijau dan Kabupaten Konservasi

Pengembangan Lansekap Hijau pada Jaringan Jalan Penghubung Pelabuhan Bitung dengan Wilayah Belakangnya Ken Martina Kasikoen	39
Evaluasi Penyediaan Ruang Terbuka Hijau berdasarkan Tipologi Ukuran dan Posisi Kota dalam Ekoregion Iwan Kustiwan dan Afrizal Ramadhan	48



Pengembangan Infrastruktur Hijau Menuju Way Kanan - Lampung sebagai Kabupaten Konservasi Ina Krisantia, Quintarina Uniatty, Arri Gunarsa	57
Studi Komparatif Aspek ' <i>Legal Landscape</i> ' dalam Kebijakan Konservasi di Indonesia dan Amerika Serikat Jusna J.A. Amin	64
2. Pengembangan Wilayah Berbasis Masyarakat	
Perspektif Penataan Ruang Hijau Perkotaan Menuju Pembangunan Perkotaan Berkelanjutan: Studi Kasus Jabodetabek Hayati Sari Hasibuan	72
Menggalakkan Budaya Pemanfaatan Pekarangan secara Konseptual untuk Kepentingan Ekonomi, Sosial dan Lingkungan Zoer'aini Djamal Irwan	81
3. Inovasi Infrastruktur Hijau	
Integrasi <i>Constructed Wetland</i> dalam Sistem Tangki Septik untuk Pencegahan Pencemaran Air Tanah di Indonesia Idris M. Kamil, Barti S. Muntalif, Anggia Retno, dan Sofie Ariani	88
Perkiraan Beban BOD di Daerah Aliran Sungai Wilayah Jabodetabek M.M.Sintorini	96
Sinergi Penataan Ruang Wilayah dan Pengelolaan Sumber Daya Air bagi Pelestarian Subak serta Pencapaian Program Pariwisata MP3EI pada Koridor 5 di Provinsi Bali Ida Bagus Rabindra	102
Pengolahan Limbah Minyak Goreng Bekas Menjadi Bahan Bakar Biodiesel Ditinjau dari Kinetika Reaksi Transesterifikasi Mawar Silalahi, Edison Effendi, Maulin Ariefiyanti Hidayah	111
Analisis Kandungan Teknologi Proses Penanganan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di Provinsi Lampung. Sarono, Suprihatin, Ono Suparno, E. Gumbira - Sa'id	123
Peran Pemantauan Kualitas Udara sebagai Pendukung Program MP3EI Hernani Yulinawati, Jannes Siahaan	136
Studi Karakteristik sebagai Dasar Mengolah Sampah Menuju Infrastruktur Hijau di Kecamatan Tambora, Jakarta Pratiati Purwaningrum, Dwi Indrawati, Windy Ariyanti	144



Perencanaan Sistem Pengangkutan Sampah di Wilayah Zona II Kota Banda Aceh, sebagai Infrastruktur Pendukung MP3EI Ramadhani Yanidar, Pramati Purwaningrum, Riza Adelia	150
--	-----

4. Penerapan Prinsip Ekonomi Hijau dalam Pelaksanaan MP3EI

Pembangunan Ekonomi Regional Hijau dalam Konteks MP3EI Raldi Koestoer	158
Strategi Pengembangan <i>Green-Economic</i> di Wilayah Perkotaan Guna Mendukung Pelaksanaan MP3EI Udjianto Pawitro	168
Perluasan dan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi Kawasan Perkotaan Jabodetabek Sebuah Ancaman bagi Perwujudan <i>Green Development</i> ? Endrawati Fatimah	178
Penerapan Ekonomi Hijau dalam Pelaksanaan MP3EI di Papua dalam Pengelolaan Potensi Sagu Berbasis Industri Masyarakat yang Ramah Lingkungan Johni Jonatan Numberi	189
Peran Kerjasama Pemerintah Swasta dalam Pengembangan Pelabuhan untuk Menunjang Keberhasilan MP3EI Jaap C Levara	197

5. Inovasi Pengelolaan Sumber Daya Alam

Daya Dukung DAS bagi Pengembangan Wilayah Perkotaan (Studi Kasus Jabodetabek dalam Kaitan MP3EI Hijau) Anita Sitawati Wartaman	204
Perubahan Fisik, Pola, dan Konflik di Kawasan <i>Rural-Urban Fringe</i> Berdasarkan <i>Combination Model</i> Imma Widyawati Agustin, Hisashi Kubota	211
Dasar-Dasar Kebijakan Pengendalian dalam Pengelolaan Jalur Hijau Daerah Aliran Sungai di Indonesia (Sebagai Payung Hukum dalam Pelaksanaan MP3EI) Arwindrasti B.K.	222
Analisis Penentuan Komoditas Ikan Unggulan Budidaya Air Tawar di Kawasan Minapolitan Kabupaten Pesawaran Tarsim, N.Rosanti, M.Riniarti, R.Diantari	230

Bagian III Makalah Penyaji Poster

1. Pengembangan Lanskap Hijau dan Kabupaten Konservasi

Hilangnya Daerah Istimewa Surakarta Eko Adhy Setiawan	235
--	-----



Bioprospeksi untuk Menunjang Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Qurrotu ‘Aini Besila	240
Peran Low Density Development terhadap Kerusakan Lansekap Puncak Nur Intan Mangunsong	248
<i>Sustainable Regionalism</i> Menuju Kota yang Ramah Lingkungan (Studi Kasus: Kota Depok, Jawa Barat) Rahel Situmorang	255
 2. Pengembangan Wilayah Berbasis Masyarakat	
Menuju Mentalitas Hijau Titiek P. Debora, Indro Nugroho	263
 3. Inovasi Infrastruktur Hijau	
Pengembangan ‘Situ’ Kota sebagai Salah Satu “Green Infrastruktur” Kota Haryadi Widjayanto	271
Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Lahan Basah Buatan untuk Mendukung Konsep Sanitasi Ekologis di Perkotaan Diana Hendrawan, Sulistyoweni W, Setyo S Moersidik, Robertus W Triweko	278
Solusi Sederhana Kemacetan Jakarta Hilarion Widyatmoko	286
 4. Penerapan Prinsip Ekonomi Hijau dalam Pelaksanaan MP3EI	
Kajian Konsep MP3EI Berdasarkan Prinsip-Prinsip Ekonomi Hijau Benny B. Suharto	292
 5. Inovasi Pengelolaan Sumber Daya Alam	
Kajian Penerapan Agroforestri dalam Meningkatkan Daya Dukung Lingkungan (Studi Kasus: DAS Citarum Hulu) Etty Indrawati	300
Rencana Zonasi Wilayah Pesisir Berbasis Sumber Daya Alam dalam Mendukung Terwujudnya MP3EI Arwindrasti	309
 Bagian IV Makalah Penunjang	
Infrastruktur Hijau untuk Pengembangan Wilayah Iwan Ismaun	317
Kajian Berkurangnya Penghijauan di Kota Lama Tangerang Hinijati Widjaja	324



Karakterisasi dan Pirolisis Limbah Padat Industri Perekat Berbahan Dasar <i>Phenol</i> <i>Formaldehyde</i> (B3) Asih Wijayanti	327
Kawasan Situ Babakan: Ruang Terbuka Hijau dan Ruang Budaya Betawi Yuke Ardhiati	334
Ketersediaan Lahan dan Air sebagai Daya Dukung Lingkungan Berkelanjutan dalam pembangunan Hardi Utomo	349
Model Pengelolaan Rumah Tumbuh Sederhana dan Lingkungan Sehat di Jakarta dengan Memperhatikan Partisipasi Masyarakat Siti Sujatini, Harry Susilo	361



ANALISIS KANDUNGAN TEKNOLOGI PROSES PENANGANAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DI PROVINSI LAMPUNG

Sarono¹, Suprihatin², Ono Suparno² dan E. Gumbira - Sa'id²

¹ Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung.

² Departemen Teknologi Industri Pertanian, FATETA IP Bogor
saronotipib@yahoo.com

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan di Provinsi Lampung. Jumlah perusahaan yang memiliki pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS) adalah 13 unit dengan kapasitas terpasang 622 ton TBS/jam dan limbah cair yang dihasilkan sebanyak 1.094.586 ton. Selama ini penanganan limbah cair pabrik kelapa sawit ditangani dengan cara relatif sederhana, yaitu menggunakan ponding system. Dengan sistem tersebut masih terjadi permasalahan lingkungan serta menimbulkan emisi gas rumah kaca. Salah satu alternatif penanganan dari masalah di atas adalah penerapan teknologi penangkapan gas metan (methane capture) menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi kandungan teknologi penanganan limbah cair pabrik kelapa sawit di Provinsi Lampung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) kandungan teknologi proses penanganan limbah cair PKS di Provinsi Lampung hampir sama antara perusahaan milik pemerintah (BUMN), perusahaan swasta yang telah go public, maupun perusahaan swasta yang belum go public; (2) nilai TCC (Technology Contribution Coefficient) PTPN V Tandun lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan teknologi PKS di Provinsi Lampung, dan (3) peningkatan kinerja elemen-elemen teknologi berupa Technoware, Humanware, Infoware, dan Orgaware mutlak diperlukan oleh segenap PKS di Provinsi Lampung untuk menerapkan teknologi penangkapan gas metan menjadi energi listrik.

Kata kunci : Limbah cair, kandungan teknologi, penangkapan metan, energi listrik.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman unggulan dan memegang peranan strategis dalam perekonomian Indonesia, baik pada saat ini maupun untuk masa yang akan datang. Di samping sebagai sumber devisa negara, kelapa sawit juga menjadi sumber kehidupan sebagian penduduk di Indonesia. *Indonesian Palm Oil Commission* (2004), melaporkan bahwa pada tahun 2002, jumlah tenaga kerja yang tertampung dalam usaha kelapa sawit sekitar 2,9 juta orang meningkat menjadi 3,8 juta jiwa pada tahun 2009 (Janurianto, 2011). Di samping itu, kelapa sawit juga berperan memperbaiki pendapatan petani kelapa sawit. Sebagai gambaran petani kelapa sawit yang memiliki lahan sekitar 2 Ha mampu memperoleh pendapatan Rp. 2-4 juta per bulan (Janurianto, 2011).

Produk minyak kelapa sawit dan turunannya juga merupakan sumber devisa negara yang penting dan meningkat dari tahun ke tahun. Penerimaan devisa dari produk olahan kelapa sawit meningkat dari US\$ 3.247,53 juta (2005) menjadi US\$ 17.253 juta (2010). Kontribusi devisa yang diperoleh dari ekspor minyak kelapa sawit dan produk turunannya terhadap total nilai ekspor non-migas Indonesia juga mengalami peningkatan yang signifikan. Pada tahun 2005, kelapa sawit hanya memberi kontribusi 5,84 % dari nilai ekspor nonmigas (US\$ 49.757,7 juta), meningkat menjadi 17,60% dari nilai ekspor nonmigas (US\$ 87.691,8 juta) di tahun 2010 (Ditjen Perkebunan, 2011).



Dewasa ini Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia, produksi dan luas arealnya telah melampaui Malaysia. Produksi CPO tahun 2009 mencapai 19,324 juta ton dengan luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 7,873 juta hektar (Ditjen Perkebunan, 2011). Janurianto (2011), memprediksi pada tahun 2020 luas panen kelapa sawit akan mencapai 9,7 juta Ha dengan produksi CPO 44 juta ton.

Proses pengolahan kelapa sawit termasuk industri yang menghasilkan limbah cair (limbah cair pabrik kelapa sawit = LCPKS) dalam jumlah besar. Menurut Yuliasari *et.al.* (2001), setiap ton TBS akan menghasilkan LCPKS sekitar 0,75-0,9 m³ atau setiap ton CPO menghasilkan 3,33 ton LCPKS. Satu unit pabrik kelapa sawit (PKS) berkapasitas olah 60 ton tandan buah segar (TBS)/jam menghasilkan LCPKS sebanyak 45-54 m³.

Menurut Wu (2010), LCPKS yang dihasilkan pabrik pengolahan kelapa sawit di Malaysia setiap ton produksi CPO adalah 2,5-3 ton. Hasil samping proses produksi tersebut berasal dari air 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).

Penelitian yang dilakukan Mahajoeno, *et.al.* (2008), memberikan hasil analisis karakteristik kimia LCPKS menunjukkan bahwa LCPKS bersifat koloid, kental, coklat atau keabu-abuan, pH 4,4 - 5,4 dan mempunyai rerata kandungan 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. Keseluruhan parameter LCPKS tersebut berada di atas ambang baku mutu peruntukan yang telah ditetapkan MENKLH (1994), sehingga LCPKS berpotensi sebagai pencemar lingkungan. Tanpa adanya upaya untuk mencegah atau mengelola secara efektif akan timbul dampak negatif terhadap lingkungan, seperti timbulnya bau, pencemaran air dan perairan umum di sekitar pabrik, dan gas rumah kaca yang berdampak pada perubahan iklim global (Ahmad *et al.*, 2003).

Di Indonesia limbah cair industri minyak kelapa sawit selama ini umumnya ditangani dengan cara relatif sederhana, yaitu dengan mengalirkan dan membiarkan terdekomposisi di dalam sistem kolam (*ponding system*). Di dalam sistem ini, bahan organik sebagian besar terdegrasi secara anaerobik dan menyebabkan bau busuk serta menimbulkan emisi gas metan. Emisi metan berkontribusi terhadap pemanasan global karena merupakan gas rumah kaca (GRK) dengan kekuatan 20 - 30 kali lebih kuat dibandingkan dengan gas karbon dioksida (Porteous, 1992).

Pemerintah Amerika Serikat melalui *US Environmental Protection Agency (EPA)* mengeluarkan *Notice of Data Availability (NODA)* pada tanggal 27 Januari 2012 yang menyatakan produk turunan kelapa sawit Indonesia tidak ramah lingkungan, salah satunya adalah dalam penanganan limbah cair pabrik kelapa sawit hanya 5,5 % dari 608 unit pabrik yang memiliki fasilitas penangkapan gas metan (*US Environmental Protection Agency*, 2012).

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan Provinsi Lampung yang tersebar hampir di seluruh kabupaten di Provinsi Lampung. Tahun 2009 luas areal tanaman kelapa sawit di Provinsi Lampung mencapai 153.160 ha dengan produksi 364.862 ton, dan nilai ekspor mencapai US \$ 891.137.310 atau 21,83 % dari ekspor hasil perkebunan. Jumlah perusahaan yang memiliki pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS) berjumlah 13 unit dengan kapasitas terpasang 646 ton TBS/jam (Darminto, 2010).



Dengan mempertimbangkan potensi dan manfaat yang begitu besar, maka pengembangan industri kelapa sawit perlu didorong, tetapi dampak lingkungan harus diminimalkan, termasuk melalui aplikasi teknologi pengolahan limbahnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang melakukan analisis teknologi penanganan limbah cair PKS sebelum implementasi teknologi yang lebih maju dilakukan.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi kandungan teknologi penanganan limbah cair pabrik kelapa sawit di Provinsi Lampung. Manfaat yang diperoleh adalah gambaran awal sebagai dasar dalam implementasi teknologi pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit menjadi energi listrik.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan selama tiga bulan mulai yakni pada bulan Juli - September 2012. Penelitian dilaksanakan di seluruh pabrik kelapa sawit di Provinsi Lampung yang berjumlah 13 lokasi, yaitu (1) Kabupaten Lampung Selatan, (2) Kabupaten Lampung Tengah, (3) Kabupaten Way Kanan, (4) Kabupaten Tulang Bawang, (5) Kabupaten Mesuji, (6) Kabupaten Tulang Bawang Barat, (7) Kabupaten Lampung Utara. *Benchmarking* dilakukan di PTPN V Unit Usaha Tandun Provinsi Riau.

Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Kedua pendekatan tersebut digunakan sesuai dengan kebutuhan analisis dan tahapan penelitian. Data yang akan dikumpulkan berupa data kuantitatif dan data kualitatif, yang bersumber dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung ke lapangan, pengukuran di laboratorium, wawancara langsung dengan responden (para pakar, praktisi, akademisi, birokrat), *brainstorming*, dan *Focus Group Discussion (FGD)*.

Survey dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang detil tentang unit pengolahan limbah cair PKS, seperti jumlah limbah persatuan waktu, karakteristik limbah, data teknis unit pengolahan limbah, sumberdaya manusia yang menangani LCPKS, biaya yang dikeluarkan, dan sebagainya.

Data yang terkumpul dikelompokkan, ditabulasi, dan dianalisis sesuai dengan keperluan. Kandungan teknologi dianalisis dengan analisis THIO (*Technoware, Humanware, Infoware* dan *Orgaware*) dengan mengacu pada kriteria penilaian yang dikemukakan Harjanto (1996). Berdasarkan analisis tersebut dapat diidentifikasi permasalahan dalam penanganan limbah cair PKS di Provinsi Lampung.

Pendekatan teknometrik bertujuan untuk mengukur kontribusi gabungan dari keempat komponen teknologi dalam suatu proses transformasi input menjadi output. Kontribusi gabungan tersebut dapat juga disebut sebagai kontribusi teknologi. Koefisien Kontribusi Teknologi atau *Technology Contribution Coefficient (TCC)* diformulasikan sebagai fungsi multiplikatif berikut (Alkadri *et al.*, 2001).

$$TCC = T^{\beta_t} * H^{\beta_h} * I^{\beta_i} * O^{\beta_o}$$

dimana :

T, H, I, O = kontribusi *technoware*, *humanware*, *inforware*, dan *orgaware*.

$\beta_t, \beta_h, \beta_i, \beta_o$ = intensitas kontribusi T, H, I, O terhadap TCC.

Tahapan Penghitungan Kandungan Teknologi

Untuk menghitung kandungan teknologi, diperlukan beberapa tahap pelaksanaan analisa, sebagai berikut :

Tahap 1. Mendeskripsikan tahapan-tahapan transformasi penanganan limbah cair PKS yang akan dihitung kandungan teknologinya.

Tahap 2. Melakukan estimasi derajat kecanggihan (*degree of sophisticated*) komponen teknologi. Derajat kecanggihan komponen teknologi ditentukan dengan memberikan skor skala Sembilan (antara 1-9). Hasil estimasi tersebut memberikan batas atas (*upper limit*, UL) dan batas bawah (*lower limit*, LL) bagi setiap komponen teknologi. Adanya tumpang tindih pemberian skor di antara derajat kecanggihan mengindikasikan bahwa dalam praktik batas pemisah yang jelas antara level yang berurutan tidak mungkin dilaksanakan.

Prosedur pemberian skor adalah sebagai berikut :

- Melakukan uji kualitatif dan kumpulkan semua informasi yang berkaitan dengan keempat komponen teknologi.
- Berdasarkan uji kualitatif tersebut, identifikasi semua item *i technoware*, dilambangkan dengan T_i , (seperti pabrik pembuat batu arang, pabrik pembuat baja, pabrik cetakan, dan pabrik penggilingan untuk kasus pabrik besi baja) dan kategori *j humanware*, H_j , (seperti pekerja, supervisor, manajer, personil riset) yang muncul dalam proses transformasi produksi. Sedangkan *inforware* (I) dan *orgaware* (O) diidentifikasi hanya pada level perusahaan, sehingga tidak mempunyai item atau kategori.
- Memberikan skor 1-9 kepada setiap T_i , H_j , I, dan O. Skor 1-9 tersebut mengandung implikasi bahwa skor paling kecil merupakan batas bawah dan skor paling besar adalah batas atas dari derajat kecanggihan komponen teknologi yang bersangkutan. Batas bawah dan batas atas untuk *technoware* disimbolkan dengan LT_i dan UT_i , untuk *humanware* dengan LH_j dan UH_j , dan untuk *inforware* dan *orgaware* karena tidak mempunyai item atau kategori cukup dilambangkan masing-masing dengan LI dan UI serta LO dan UO.

Tahap 3. Melakukan penilaian terhadap tingkat kemutakhiran atau *state-of-the-art* setiap komponen teknologi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Posisi setiap komponen di antara batas bawah dan batas atas bergantung pada kriteria *state-of-the-art*.

Tahap 4. Menghitung kontribusi setiap komponen teknologi (*component contribution*). Berdasarkan hasil-hasil perhitungan derajat kecanggihan dan tingkat kemutakhiran di atas, maka kontribusi setiap komponen teknologi dapat dihitung menurut persamaan berikut:

$$\begin{aligned} T_i &= 1/9 [LT_i + ST_i (UT_i - LT_i)] \\ H_j &= 1/9 [LH_j + SH_j (UH_j - LH_j)] \\ I &= 1/9 [LI + SI (UI - LI)] \\ O &= 1/9 [LO + SO (UO - LO)] \end{aligned}$$



dimana nilai T_i , H_j , I , dan O mengindikasikan besarnya kontribusi setiap item i *technoware*, kategori j *humanware*, *inforware*, dan *orgaware* terhadap TCC. Untuk mencapai kontribusi total semua item i *technoware* dan seluruh kategori j *humanware*, maka nilai T_i dan H_j harus diagregasi dengan menggunakan bobot yang tepat berdasarkan formula berikut :

$$T = \frac{\sum u_i T_i}{\sum u_i}$$

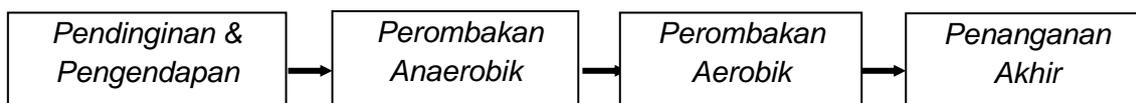
$$H = \frac{\sum v_j H_j}{\sum v_j}$$

dimana u_i mengacu pada biaya investasi *technoware* untuk item i dan v_j merujuk pada jumlah tenaga kerja untuk kategori j .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Teknologi PKS di Provinsi Lampung

Proses penanganan limbah cair PKS (POME) menjadi energi listrik di Lampung belum ada. Sampai saat ini yang ada adalah proses penanganan limbah cair PKS sebelum dibuang ke perairan umum atau dimanfaatkan menjadi pupuk cair (*land application*). Tahapan penanganan limbah cair PKS DI Provinsi Lampung dapat dikelompokkan menjadi beberapa proses transformasi seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyederhanaan proses pengolahan limbah cair PKS di Lampung

Dari Gambar 1 terlihat bahwa proses penanganan limbah cair PKS sangat sederhana dan hampir sama dengan proses penanganan limbah cair industri pengolahan hasil pertanian secara umum. Proses transformasi yang akan dikaji meliputi :

➤ Proses Pendinginan dan Pengendapan

Proses ini merupakan suatu proses pendinginan suhu, penghilangan pasir, tanah, dan kotoran yang sifatnya mudah mengendap. Proses pendinginan dan pengendapan umumnya memerlukan waktu sekitar 3 – 5 hari. Keluaran dari proses ini harus memenuhi persyaratan berikut :

- ☑ Suhu cairan sekitar 30°C – 60°C.
- ☑ Kotoran (pasir dan tanah) jumlahnya diusahakan sedikit mungkin.

➤ Proses Perombakan Anaerobik

Proses ini merupakan tahapan perombakan yang dilakukan mikroba secara anaerobik. Pada tahap ini terjadi konversi dari makro melukul (protein, lemak, dan karbohidrat) menjadi gas metan. Dekomposisi anaerobik mikrobiologis merupakan proses mikroorganisme tumbuh dan menggunakan energi dengan memetabolisis bahan organik dalam lingkungan anaerob dan menghasilkan gas metan. Keluaran dari proses ini harus memenuhi persyaratan berikut :

- ☑ Terjadi penurunan nilai BOD dan COD
- ☑ Menghasilkan gas metan

- ☑ Menghasilkan aroma tidak sedap

➤ **Proses Perombakan Aerobik**

Pada tahap ini terjadi penyerapan oksigen oleh molekul air, penguapan gas-gas volatil, dan aktifnya mikroba yang memerlukan oksigen. Keluaran dari proses ini harus memenuhi persyaratan berikut :

- ☑ Terjadi peningkatan oksigen terlarut
- ☑ Nilai BOD dan COD rendah

➤ **Proses Pemanfaatan Limbah Cair**

Proses pemanfaatan limbah cair yang sering dipakai pada saat ini adalah *land application*. Proses *land application* dilakukan dengan cara memompakan limbah cair ke dalam sistem irigasi tanaman kelapa sawit. Menurut beberapa perusahaan, selain sebagai sumber air ternyata limbah cair juga berfungsi sebagai pupuk organik.

(a) Derajat Kecanggihan Komponen Teknologi PKS di Provinsi Lampung

Untuk menentukan batas bawah (LL) dan batas atas (UL) derajat kecanggihan setiap komponen teknologi, digunakan metode skoring. Pada kasus pengolahan limbah cair PKS di Provinsi Lampung terjadi sedikit perbedaan antara PKS milik BUMN, PKS milik perusahaan yang sudah *go public* dan PT swasta yang belum *go public*.

Hasil perhitungan LL dan UL untuk setiap komponen teknologi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Batas atas (UL) dan batas bawah (LL) derajat kecanggihan komponen teknologi PKS di Lampung

Komponen Teknologi	Derajat Kecanggihan						Keterangan
	BUMN		PT <i>Go Public</i>		PT Swasta		
	LL	UL	LL	UL	LL	UL	
TECHNOWARE							
Proses pendinginan dan pengendapan	1	3	1	3	1	3	BUMN, PT <i>Go Public</i> , dan PT Swasta : peralatan dan metode pendinginan & pengendapan dilakukan secara sederhana dan alami.
Proses anaerobik	2	3	2	3	1	3	BUMN, PT <i>Go Public</i> , dan PT Swasta : dilakukan dengan dibiarkan terbuka dengan kedalaman kolam lebih dari 5 m. Di BUMN dan PT <i>Go Public</i> telah merencanakan penangkapan gas metan
Proses aerobik	1	3	1	3	1	3	BUMN, PT <i>Go Public</i> , dan PT Swasta : Peralatan dalam proses aerobik masih manual dan prosesnya sangat sederhana.
Proses penanganan akhir limbah	4	6	4	6	1	6	BUMN dan PT <i>Go Public</i> dialirkan dan dimanfaatkan untuk <i>land application</i> , sedangkan PT Swasta ada yang <i>land application</i> ada yang dialirkan ke perairan umum



Tabel 1. Lanjutan

Komponen Teknologi	Derajat Kecanggihan						Keterangan
	BUMN		PT <i>Go Public</i>		PT Swasta		
	LL	UL	LL	UL	LL	UL	
HUMANWARE							
Pekerja	1	3	1	3	1	3	Pada level pekerja dan supervisor di BUMN, PT <i>Go Public</i> , dan PT Swasta tidak memiliki kemampuan <i>adapting</i> dan <i>improving</i> . Pada level eksekutif di BUMN dan PT <i>Go Public</i> lebih perhatian dibandingkan eksekutif di PT Swasta dalam penanganan limbah cair.
Supervisor	1	3	1	3	1	3	
Manajer/Eksekutif	2	3	2	3	1	3	
INFORWARE	4	7	4	7	4	7	Pemanfaatan teknologi informasi antara PKS Lampung dalam penanganan limbah cair hampir sama.
ORGWARE	4	6	4	6	4	6	Organisasi yang menangani limbah cair di PKS Lampung hampir sama, semua bagian dari departemen produksi.

(b) *State-of-the-Art* dan Hasil Perhitungan Kandungan Teknologi PKS di Lampung Berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan, *state-of-the-art* dan hasil perhitungan kandungan teknologi penanganan limbah cair PKS di Lampung dapat dihitung seperti pada diperlihatkan Tabel 2 sampai Tabel 4.

Tabel 2. Kandungan teknologi pengolahan limbah cair PKS di Lampung (BUMN)

No	Komponen Teknologi	BUMN					
		Batas Bawah	Batas Atas	SoA	Kontribusi Normal	Bobot	Kontribusi Total
		LTi	UTi	STi	Ti		
I	TECHNOWARE						
1.1	Proses Pendinginan dan Pengendapan	1	3	0,23	0,162	0,1	0,22
1.2	Proses Anaerob	1	3	0,04	0,120	0,5	
1.3	Proses Aerobik	1	3	0,34	0,187	0,2	
1.4	Proses penanganan akhir limbah	4	6	0,40	0,533	0,2	
II	HUMANWARE						
2.1	Pekerja	1	3	0,30	0,178	0,2	0,26
2.2	Supervisor	1	3	0,60	0,244	0,2	
2.3	Manajer/Eksekutif	2	3	0,60	0,289	0,6	
III	INFORMAWE	4	7	0,23	0,521	1	0,52
IV	ORGWARE	4	6	0,30	0,511	1	0,51

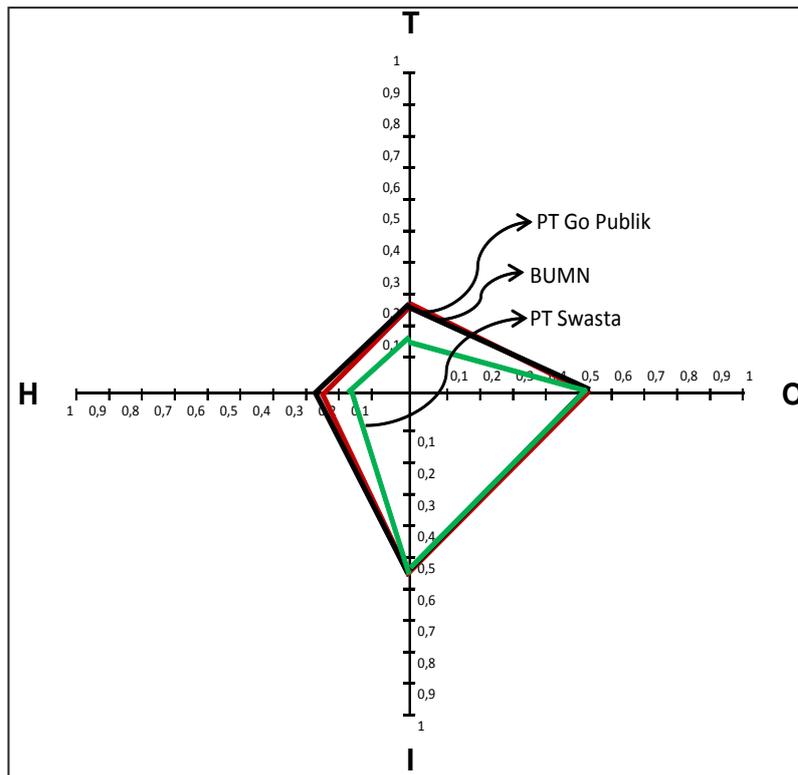
Tabel 3. Kandungan teknologi pengolahan limbah cair PKS di Lampung (PT Go Publik)

No	Komponen Teknologi	PT Go Publik					
		Batas Bawah	Batas Atas	SoA	Kontribusi Normal	Bobot	Kontribusi Total
		LTi	UTi	STi	Ti		
I	TECHNOWARE						
1.1	Proses Pendinginan dan Pengendapan	1	3	0,23	0,162	0,1	0,27
1.2	Proses Anaerob	2	3	0,04	0,227	0,5	
1.3	Proses Aerobik	1	3	0,34	0,187	0,2	
1.4	Proses penanganan akhir limbah	4	6	0,40	0,533	0,2	
II	HUMANWARE						
2.1	Pekerja	1	3	0,30	0,178	0,2	0,26
2.2	Supervisor	1	3	0,60	0,244	0,2	
2.3	Manajer/Eksekutif	2	3	0,60	0,289	0,6	
III	INFORMAWE	4	7	0,23	0,521	1	0,52
IV	ORGAWARE	4	6	0,30	0,511	1	0,51

Tabel 4. Kandungan teknologi pengolahan limbah cair PKS di Lampung (PT Swasta)

No	Komponen Teknologi	PT Swasta					
		Batas Bawah	Batas Atas	SoA	Kontribusi Normal	Bobot	Kontribusi Total
		LTi	UTi	STi	Ti		
I	TECHNOWARE						
1.1	Proses Pendinginan dan Pengendapan	1	3	0,23	0,162	0,1	0,17
1.2	Proses Anaerob	1	3	0,04	0,120	0,5	
1.3	Proses Aerobik	1	3	0,34	0,187	0,2	
1.4	Proses penanganan akhir limbah	1	6	0,27	0,261	0,2	
II	HUMANWARE						
2.1	Pekerja	1	3	0,30	0,178	0,2	0,19
2.2	Supervisor	1	3	0,60	0,244	0,2	
2.3	Manajer/Eksekutif	1	3	0,30	0,178	0,6	
III	INFORMAWE	4	7	0,23	0,521	1	0,52
IV	ORGAWARE	4	6	0,30	0,511	1	0,51

Hasil perhitungan pada Tabel 2 sampai Tabel 4 di atas dapat pula disajikan dalam bentuk diagram THIO (Gambar 2). Dari hasil diagram tersebut memperlihatkan adanya kesamaan nilai-nilai THIO PKS di Lampung, terutama dalam aspek *Orgaware* dan *Infoware*. Terlihat proses penanganan limbah cair PKS yang dikelola BUMN dan perusahaan swasta yang telah *go public* relatif lebih baik dalam aspek *Technoware* dan *Humanware*.



Gambar 2. Diagram THIO PKS di Lampung

Kandungan Teknologi PKS di Provinsi Lampung dan PTPN V Tandun

(a) Derajat Kecanggihan Komponen Teknologi Pengolahan Limbah Cair PKS

Untuk menentukan batas bawah (LL) dan batas atas (UL) derajat kecanggihan setiap komponen teknologi, digunakan metode skoring. Pada kasus pengolahan limbah cair PKS di Provinsi Lampung dan PKS di PTPN V Tandun hasil perhitungan LL dan UL untuk setiap komponen teknologi dapat dilihat pada Tabel 5. Dari tabel tersebut terlihat unit penanganan limbah cair PKS PTPN V Tandun lebih baik dalam proses kolam anaerobiknya, hal ini terjadi karena PTPN V Tandun telah melakukan penangkapan gas metan untuk energi listrik.

(b) State-of-the-Art dan Hasil Perhitungan Kandungan Teknologi PKS di Provinsi Lampung dan PKS PTPN V Tandun

State-of-the-art setiap komponen teknologi dinilai skornya berdasarkan kriteria yang ditentukan oleh pakar. Hasil penelitian penentuan *State-of-the-Art* dan hasil perhitungan kandungan teknologi PKS di Provinsi Lampung dan PKS PTPN V Tandun dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Hasil perhitungan pada Tabel 6 dan Tabel 7 dapat pula disajikan dalam bentuk diagram THIO (Gambar 3). Diagram tersebut memperlihatkan adanya kesenjangan nilai-nilai THIO di PKS Lampung dan PTPN V Tandun. Dari diagram tersebut menunjukkan bahwa jika PKS di Provinsi Lampung ingin menerapkan teknologi penangkapan gas metan menjadi energi listrik, maka PKS di Provinsi Lampung harus meningkatkan *Technoware*, *Humanware*, *Infoware*, dan *Orgaware*.

Tabel 5. Batas atas (UL) dan batas bawah (LL) derajat kecanggihan komponen teknologi di PKS Lampung dan PTPN V Tandun

Komponen Teknologi	Derajat Kecanggihan				Keterangan
	PKS Lampung		PTPN V Tandun		
	LL	UL	LL	UL	
TECHNOWARE					
Proses Pendinginan dan Pengendapan	1	3	1	3	Peralatan pendinginan & pengendapan dalam penanganan limbah cair di PKS Lampung dan PTPN V Tandun masih manual dan prosesnya masih alami.
Proses Anaerobik	1	3	4	7	Pada umumnya PKS Lampung dilakukan dengan dibiarkan terbuka dengan kedalaman kolam lebih dari 5 m. Di PTPN V Tandun dilakukan penangkapan gas metan dengan menggunakan terpal plastik.
Proses Aerobik	1	3	1	3	Peralatan dalam proses aerobik di PKS Lampung dan PTPN V Tandun masih manual dan prosesnya sangat sederhana.
Proses penanganan akhir limbah	4	6	4	6	Dialirkan dan dimanfaatkan untuk <i>land application</i>
HUMANWARE					
Pekerja	1	3	1	3	Pada umumnya pekerja dan supervisor di PKS Lampung dan PTPN V Tandun memiliki kemampuan <i>adapting</i> dan <i>improving</i> , sedangkan eksekutif di PKS Lampung lebih rendah dibandingkan eksekutif di PTPN V Tandun dalam penanganan limbah cair.
Supervisor	1	3	1	3	
Manajer/Eksekutif	1	3	4	6	
INFORWARE	4	7	4	7	Pemanfaatan teknologi informasi di PKS Lampung hampir sama dengan yang digunakan di PTPN V Tandun
ORGWARE	4	6	7	9	Organisasi penanganan limbah cair di PKS Lampung belum terlalu jelas, sedangkan di PTPN V Tandun cukup jelas.

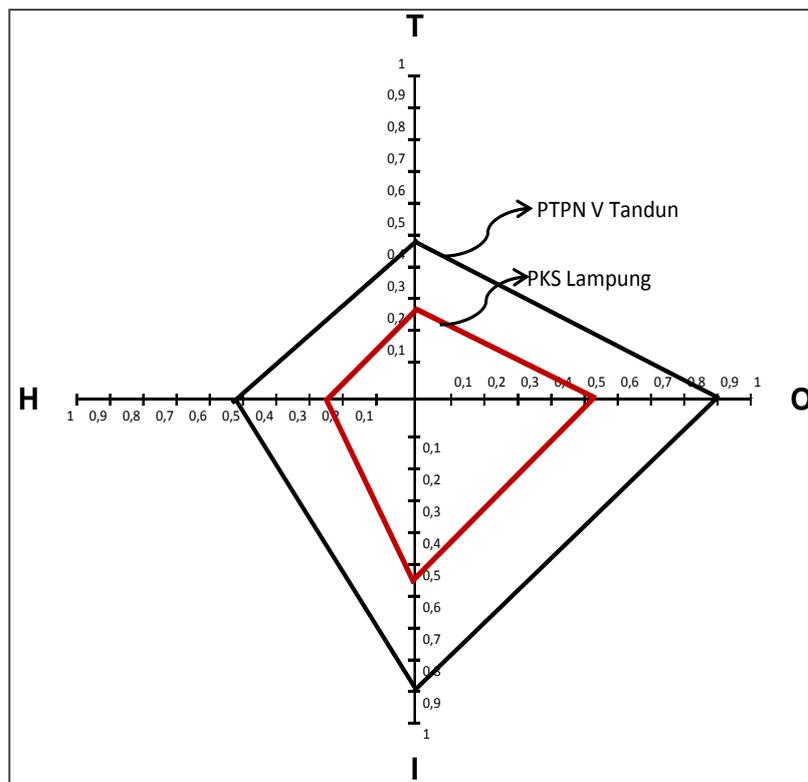
Tabel 6. Kandungan teknologi pengolahan limbah cair antara PKS Lampung dan PTPN V Tandun

No	Komponen Teknologi	PKS Lampung					
		Batas Bawah	Batas Atas	SoA	Kontribusi Normal	Bobot	Kontribusi Total
		LTi	UTi	STi	Ti		
I	TECHNOWARE						
1.1	Proses Pendinginan dan Pengendapan	1	3	0,23	0,162	0,1	0,22
1.2	Proses Anaerob	1	3	0,04	0,120		
1.3	Proses Aerobik	1	3	0,34	0,187		
1.4	Proses penanganan akhir limbah	4	6	0,40	0,533		
II	Humanware						
2.1	Pekerja	1	3	0,30	0,178	0,2	0,23
2.2	Supervisor	1	3	0,60	0,244		
2.3	Manajer/Eksekutif	1	3	0,60	0,244		
III	INFORMAWE	4	7	0,23	0,521	1	0,52
IV	ORGWARE	4	6	0,30	0,511	1	0,51



Tabel 7. Kandungan teknologi pengolahan limbah cair antara PKS Lampung dan PTPN V Tandun (Lanjutan)

No	Komponen Teknologi	PKS Tandun					Bobot	Kontribusi Total
		Batas Bawah	Batas Atas	SoA	Kontribusi Normal	Ti		
		LTi	UTi	STi	Ti			
I	TECHNOWARE							
1.1	Proses Pendinginan dan Pengendapan	1	3	0,23	0,162	0,1	0,53	
1.2	Proses Anaerob	4	7	0,86	0,734	0,5		
1.3	Proses Aerobik	1	3	0,34	0,187	0,2		
1.4	Proses penanganan akhir limbah	4	6	0,40	0,533	0,2		
II	Humanware							
2.1	Pekerja	1	3	0,90	0,311	0,2	0,51	
2.2	Supervisor	1	3	0,90	0,311	0,2		
2.3	Manajer/Eksekutif	4	6	0,90	0,644	0,6		
III	INFORMAWE	4	7	0,38	0,571	1	0,57	
IV	ORGAWARE	7	9	0,57	0,904	1	0,90	



Gambar 3. Diagram THIO di PKS Lampung dan PTPN V Tandun

KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

- (1) Kandungan teknologi proses penanganan limbah cair PKS di Provinsi Lampung hampir sama antara perusahaan milik pemerintah (BUMN), perusahaan swasta yang telah go public, dan perusahaan swasta yang belum go public.
- (2) Nilai TCC (*Technology Contribution Coefficient*) PTPN V Tandun lebih tinggi dibandingkan kandungan teknologi PKS di Provinsi Lampung.
- (3) Peningkatan penerapan *Technoware, Humanware, Infoware, dan Orgaware* mutlak diperlukan oleh PKS di Provinsi Lampung untuk menerapkan teknologi penangkapan gas metan menjadi energi listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Ditjen Dikti Depdikbud atas bantuan finansial penelitian ini melalui skim Pemprinas MP3EI Tahun 2012. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pimpinan perusahaan yang memiliki ke-13 PKS di Provinsi Lampung, dan kepada Direksi dan Pimpinan PTPN V, khususnya unit PKS Tandun atas bantuan data, informasi dan diskusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkadri *et al.*, 2001. *Manajemen Teknologi untuk Pengembangan Wilayah*. Edisi Revisi. Pusat Pengkajian Kebijakan Teknologi Pengembangan Wilayah, BPPT. Jakarta.
- Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafilla, dan O.B. Liang. 2001. *Studi Kinetika Reaksi Hidrolisis Senyawa Kompleks Organik Dalam Proses Biodegradasi Anaerob*. J.Biosains 1: 10-16.
- 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.
- Harjanto, N. 1996. *Indikator IPTEK, Studi Kasus Pengkajian Teknologi Minyak Sawit dan Industri Hilir Minyak Sawit*. PAPIPTEK-LIPI. Jakarta.
- Indonesian Palm Oil Commission. 2004. *Indonesian Palm Oil Statistics 1997 – 2003*. Komisi Minyak Sawit Indonesia. Departemen Pertanian RI. Jakarta.
- Janurianto, Ambono. 2011. *The Role of Palm Oil Business Players to People Prosperity: "BSP" Experience*. International Conference and Exhibition of Palm Oil. Jakarta, 11-13 May.
- Mahajoeno, E., Bibiana Widiyati Lay, Surjono Hadi Sutjahjo, Siswanto. 2008. *Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas*. Biodiversitas. 9:48-52
- MENKLH-NORAD. 2004. *Buku Panduan Penerapan Produksi Bersih pada Industri Kelapa Sawit*. KLH-RI-NORAD. Jakarta.
- Porteous, A. 1992. *Dictionary of Environmental Science and Technology*. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York.



- 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.
- Wu, T. Yeong, Abdul Wahab Mohammad, Jamaliah Md. Jahim, Nurina Anuar. 2010. *Pollution Control Technologies For The Treatment Of Palm Oil Mill Effluent (POME) Through end-of-Pipe Processes*. *Journal of Environmental Management*. 9:1467-1490.
- Yuliasari, R., Darnoko, K. Wulfred, and W. Gindulis, 2001. *Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Reaktor Anaerobik Unggun Tetap Tipe Aliran Ke Bawah*. *Warta PPKS*. 9:75-81.