Tema: Kelapa Sawit

# LAPORAN AKHIR PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA 2011 – 2025 (PENTRANAS MP3EI 2011 - 2025)

Program: 2012

#### TEMA KORIDOR:

## SENTRA PRODUKSI DAN PENGOLAHAN HASIL BUMI DAN LUMBUNG ENERGI NASIONAL

#### **JUDUL**

INOVASI PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI KELAPA SAWIT DALAM RANGKA OPTIMASI NILAI TAMBAH

> Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc

UNIVERSITAS LAMPUNG

**TAHUN 2012** 

#### B. Halaman Pengesahan

1. Judul : INOVASI PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI

KELAPA SAWIT DALAM RANGKA OPTIMASI

**NILAI TAMBAH** 

2. Tema : SENTRA PRODUKSI DAN PENGOLAHAN HASIL BUMI

DAN LUMBUNG ENERGI NASIONAL

3. Ketua Tim

a. Nama Lengkap

: Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.

b. Jenis Kelamin

: L/P

c. NIP/NIDN

: 196505271993031002/0027056503

d. Jabatan Struktural

e. Jabatan fungsional : Lektor

f. Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

g. Fakultas/Jurusan

: Pertanian

h. Pusat Penelitian

: LP Universitas Lampung

i. Alamat

: Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

j. Telpon/Faks

: 0721-781823/0721-700682

k. Alamat Rumah

: Jl. Cendana, No. 199, Bataranila, Bandar Lampung-34144

1. Telpon/Faks/E-mail: 0721-773461

4. Waktu

: 2012-2014 (3 tahun)

5. Pembiayaan

Tahun I

: Rp 147.500.000,00

Tahun II

: Rp 200.000.000,00

Tahun II

: Rp 200.000.000,00

Jumlah yang diajukan : Rp 547.500.000,00 (lima ratus empat puluh tujuh juta lima

ratus ribu rupiah)

Mengetahu

Ketua Lembaga Penelitian/LPPM

Bandar Lampung, 20 November 2012

Ketua Tim,

Dr. Eng. Admi Syarif

NIP.196703011992031003

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.

NIP. 196505271993031002

Menyetujui,

Rektor Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Sugeng P. Harianto, M.S.

NIP.195809231982111001

#### C. Sistematika Laporan

#### **Identitas**

- 1. Judul Usulan: INOVASI PENGEMBANGAN AGROINDUSTRI KELAPA SAWIT DALAM RANGKA OPTIMASI NILAI TAMBAH
- 2. Ketua Tim
  - (a) Nama lengkap : Dr. Agus Haryanto, M.P.
  - (b) Bidang keahlian : Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian
- 3. Anggota

No.	Nama dan Gelar	Keahlian	Institusi	Curahan Waktu (jam/minggu)
1	Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T	Teknologi	Universitas	12
		Pengolahan Hasil	Lampung	
		Pertanian		
2	Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.	Teknologi	Universitas	12
		Pengolahan Hasil	Lampung	
		Pertanian		

- 4. Strategis Utama (terkait dengan MP3EI): Penguatan Kemampuan SDM dan IPTEK
  Nasional
- 5. Topik (terkait kegiatan ekonomi utama dalam MP3EI) : Kelapa Sawit
- 6. Objek : Agroindustri berbasis kelapa sawit
- 7. Lokasi: Sumatera
- 8. Hasil yang ditargetkan (beri penjelasan):
  - Diperoleh pola pemanfaatan kelapa sawit yang didasarkan pada inovasi teknologi dalam rangka peningkatan produktivitas dan efisiensi pemanfaatan sumber daya alam (biomass), serta dapat menjamin keberlanjutan agroindustri kelapa sawit di Sumatera.
  - Terbentuknya jaringan kerjasama antara peneliti dengan industri kelapa sawit di Pulau Sumatera khususnya.
  - Pilot plant zero waste produksi kelapa sawit
  - Roadmap pengembangan kelapa sawit di pulau Sumatera dalam mendukung program Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia tahun 2011- 2025.

#### **ABSTRAK**

Pemetaaan tentang potensi agroindustri kelapa sawit dilihat dari sisi efisiensi pemanfaatan sumber daya alam (biomas), penguasaan teknologi dari hulu sampai hilir, dan sebaran sumber daya manusia ahli di bidang tersebut sangat diperlukan dalam rangka merumuskan kebijakan secara komprehensif untuk mencari terobosan baru/inovasi dalam pengembangan agroindustri kelapa sawit di Sumatera. Diharapkan langkah strategis ini dapat meningkatkan nilai tambah yang dapat dihasilkan oleh petani dan agroindustri kelapa sawit.

Tujuan program ini adalah untuk: (1) Mengkaji efisiensi agro industri kelapa sawit dalam pemanfaatan sumber daya alam (biomass), (2) Mengidentifikasi peluang serta strategi untuk memanfaatkan hasil samping dan limbah pengolahan kelapa sawit dalam rangka peningkatan nilai tambah dan meminimalkan dampak lingkungan termasuk mengurangi emisi GRK, (3) Mengidentifikasi peluang serta strategi pengembangan produk hilir berbasis kelapa sawit, (4) Membuat model zero waste pada produksi kelapa sawit, (5) Melakukan simulasi untuk memperoleh pola produksi kelapa sawit yang optimum, (6) Melakukan verifikasi lapangan pola produksi kelapa sawit yang optimum dengan skala pilot.

Metode penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, dan survey lapangan. Pengumpulan data dilakukan dari sumber-sumber publikasi legal yang bisa dipertanggungjawabkan serta kunjungan lapang dan diskusi dengan praktisi dan ahli di bidang kelapa sawit. Penyusunan strategi pengembangan dilakukan melalui focus groups discussion dengan para pemangku kepentingan. Pada tahun kedua difokuskan untuk menghitung manfaat aplikasi teknologi zero emission pada industri kelapa sawit, baik manfaat ekonomi, manfaat sosial, dan manfaat lingkungan. Pada tahun ketiga direncanakan ada kerjasama dengan industri kelapa sawit untuk menerapkan metode zero emission skala pilot.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari model zero emission pada produksi kelapa sawit, dapat diidentifikasi peluang serta strategi memanfaatkan hasil samping dan limbah kelapa sawit. Observasi lapangan membuktikan bahwa limbah padat kelapa sawit, selain digunakan sebagai sumber bahan bakar untuk pembangkit listrik guna keperluan pengolahan sawit, juga dapat diolah menjadi kompos yang dikembalikan ke lahan sebagai sumber hara. Air limbah kelapa sawit (POME) yang selama ini digunakan untuk land application, ternyata dapat diproses untuk menghasilkan biogas terlebih dahulu. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar. Sedangkan effluent dapat digunakan untuk land application. Jika dilakukan, praktek ini akan dapat mengurangi emisi GRK secara signifikan sebagai akibat dari penangkapan gas metan dan pengurangan konsumsi pupuk kimia. Selain itu, limbah cair kelapa sawit ternyata dapat digunakan untuk budidaya algae dengan nilai tambah ekonomi yang sangat prospektif.

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

#### 1.1. Latar Belakang

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak sawit dan inti sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non migas bagi Indonesia. Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia yang begitu cepat sangat dipengaruhi oleh permintaan dunia yang sangat besar akan produk-produk kelapa sawit khususnya untuk keperluan pangan (minyak dan lemak).

Perkembangan kelapa sawit dimulai dari pulau Sumatera, kemudian tersebar ke Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Di Sumatera, kegiatan ekonomi utama kelapa sawit memberikan kontribusi ekonomi yang besar. Dimana 70 persen lahan penghasil kelapa sawit di Indonesia berada di Sumatera dan membuka lapangan pekerjaan yang luas. Sekitar 42 persen lahan kelapa sawit dimiliki oleh petani kecil. Perkembangan industri kelapa sawit sangat berperan besar dalam pertumbuhan daerah-daerah terpencil dan telah meningkatkan standar hidup penduduk pedesaan.

Kelapa sawit adalah sumber minyak nabati terbesar yang dibutuhkan oleh banyak industri di dunia. Permintaan kelapa sawit dunia terus mengalami pertumbuhan sebesar 5 persen per tahun. Indonesia memproduksi sekitar 43 persen dari total produksi minyak mentah sawit (Crude Palm Oil/CPO) di dunia, dengan pertumbuhan produksi kelapa sawit di Indonesia yang sebesar 7,8 persen per tahun.

Disamping pertumbuhan produksi kelapa sawit Indonesia yang cukup tinggi, industri kelapa sawit Indonesia masih menghadapi banyak kedala yang menyebabkan produktivitas masih relatif rendah dan kapasitas industri pengolahan lanjut dalam mata rantai industri kelapa sawit, yang meliputi penyulingan, fraksinasi, oleo kimia, dan biodiesel,masih kurang memadai. Produktivitas kebun kelapa sawit di Indonesia saat ini hanya sekitar 3,8 ton minyak/ha per tahun, padahal potensinya bias mencapai 7 ton/ha per tahun. Saat ini beberapa upaya telah dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tersebut, antara lain melalui peningkatan penggunaan pupuk organik/kompos tandan kosong kelapa sawit. Upaya ini mempunyai prospek yang baik tetapi belum ada data hasil penelitian yang akurat. Evaluasi terhadap peningkatan produktivitas dan aspek keberlanjutannya juga perlu dilakukan.

Selain itu, saat ini industri kelapa sawit di Indonesia masih bertumpu pada menghasilkan produk utama berupa CPO. Pengembangan produk turunan CPO masih terkendala pada berbagai aspek; teknologi, ekonomi, dan pasar.

Pemanfaatkan limbah atau hasil samping agroindustri kelapa sawit sampai saat ini juga belum optimal. Potensi energi dari air limbah sampai saat ini belum dimanfaatkan, padahal selain dapat menghasilkan energi terbarukan juga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) yang menjadi salah satu titik lemah agroindustri kelapa sawit di dunia international, khususnya Eropa, Amerika, Jepang, dan Australia.

Pemetaaan tentang potensi agroindustri kelapa sawit dilihat dari sisi efisiensi pemanfaatan sumber daya alam (biomas), penguasaan teknologi dari hulu sampai hilir, dan sebaran sumber daya manusia ahli di bidang tersebut sangat diperlukan dalam rangka merumuskan kebijakan secara komprehensif untuk mencari terobosan baru/inovasi dalam pengembangan agroindustri kelapa sawit di Sumatera. Diharapkan langkah strategis ini dapat meningkatkan nilai tambah yang dapat dihasilkan oleh petani dan agroindustri kelapa sawit.

#### 1.2. Tujuan Khusus

- a. Mengkaji efisiensi agro industri kelapa sawit dalam pemanfaatan sumber daya alam (biomass).
- b. Mengidentifikasi peluang serta strategi untuk memanfaatkan hasil samping dan limbah pengolahan kelapa sawit dalam rangka peningkatan nilai tambah dan meminimalkan dampak lingkungan termasuk mengurangi emisi GRK.
- c. Mengidentifikasi peluang serta strategi pengembangan produk hilir berbasis kelapa sawit.

#### 1.3. Urgensi/Keutamaan Penelitian

Peningkatan produktivitas kebun merupakan salah satu faktor kunci dalam peningkatan nilai tambah agroindustri kelapa sawit. Pengembalian biomass ke lahan perkebunan sangat diperlukan dalam rangka menjamin keberlanjutan produksi kelapa sawit di perkebunan. Peningkatan effisiensi pemanfaatan sumber daya alam (biomass), dalam hal ini tandan buah segar kelapa sawit, sangat penting dalam rangka meningkatkan nilai tambah yang dapat dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit. Pemanfaatan hasil samping dan limbah pengolahan

kelapa sawit sangat penting dalam rangka peningkatan nilai tambah dan meminimalkan dampak lingkungan termasuk mengurangi emisi GRK. Pengembangan produk hilir juga sangat diperlukan dalam rangka menjamin kemandirian bangsa dalam pemenuhan produk-produk konsumsi berbasis kelapa sawit serta mendapatkan nilai tambah dan menciptakan lapangan kerja baru.

#### BAB II. STUDI PUSTAKA

#### 2.1. Perkembangan Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman perkebunan yang berperan penting bagi sub sektor perkebunan di Indonesia. Industri sawit berkembang pesat dengan dukungan pertumbuhan perkebunan yang sangat pesat pula hingga mencapai lebih dari 6,3 juta hektar yang terdiri dari sekitar 60% yang diusahakan oleh perkebunan besar dan 40% oleh perkebunan rakyat. Pertumbuhan pesat juga terjadi pada ke dua jenis pengusahaan yaitu perkebunan besar dan perkebunan rakyat. Sampai dengan tahun 2007 tercatat 965 perusahaan dengan luas perkebunan 3,753 juta hektar yang dimiliki oleh perkebunan negara swasta nasional dan asing, sementara perkebunan rakyat telah mencapai 2,565 juta hektar, seperti yang terlihat pada tabel 1 di bawah. Pengembangan komoditas kelapa sawit telah membuka kesempatan bagi petani untuk lebih meningkatkan pendapatannya serta menciptakan lapangan kerja baru.

Tabel 1. Luas areal perkebunan (Ha) berdasarkan kepemilikan

Tahun	Rakyat	Negara	Swasta	Total
2005	2.356.895	529.854	2.567.068	5.453.817
2006	2.549.572	687.428	3.357.914	6.594.914
2007	2.565.135	687.847	3.358.632	6.611.614
2008*	2.565.172	687.847	3.358.792	6.811.811
2009*	3.300.481	760.010	3.064.840	7.125.331

Ket.: \* estimasi . Sumber : Ditjenbun, 2008

Peningkatan pengusahaan komoditas kelapa sawit oleh petani merupakan suatu perkembangan yang luar biasa mengingat pada awal pengenalannya hanya seluas 3.125 hektar pada tahun 1979 atau hanya sekitar 1,20% dari total perkebunan sawit yang ada ketika itu. Kelapa sawit di Indonesia diolah menjadi minyak sawit kasar atau *crude palm oil* (CPO) dan minyak inti sawit atau palm kernel oil (PKO). Menurut Ditjen Perkebunan (2005), industri yang mengolah tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menjadi CPO dan PKO terus mengalami peningkatan yang sejalan dengan peningkatan luas areal tanam dan produksi kelapa sawit seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Sampai dengan saat ini, unit pengolahan CPO di Indonesia mencapai sekitar 320 unit dengan kapasitas olah sekitar sebanyak lebih dari 17.000 ton TBS/jam. Sumatera sebagai sentra produksi kelapa sawit di Indonesia menyumbang 70% dari total produksi nasional.

Tabel 2. Produksi CPO (ribu ton) Indonesia tahun 2004 s/d 2008

Tahun	Produksi CPO
2004	10.831
2005	11.861
2006	17.350
2007	17.373
2008	17.109
2009*	20.550
2010*	21.534

Sumber: Balitbang – Ditjen Perkebunan Tanaman Tahunan (2008)

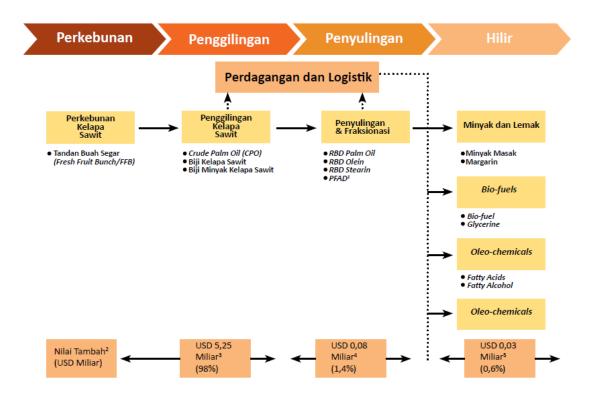
\*) Perkiraan FAO (faostat.fao.org, 2012)

Kelapa sawit adalah sumber minyak nabati terbesar yang dibutuhkan oleh banyak industri di dunia. Di samping itu, permintaan kelapa sawit dunia terus mengalami pertumbuhan sebesar 5 persen per tahun. Pemenuhan permintaan kelapa sawit dunia didominasi oleh produksi Indonesia. Indonesia memproduksi sekitar 43 persen dari total produksi minyak mentah sawit (Crude Palm Oil/CPO) di dunia. Pertumbuhan produksi kelapa sawit di Indonesia yang sebesar 7,8 persen per tahun juga lebih baik dibanding Malaysia yang sebesar 4,2 persen per tahun (Time MP3EI. 2011). Produktivitas industri kelapa sawit sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh keberhasilan di tingkat perkebunan (kondisi tanah dan iklim) dan pengolahan. Perusahaan yang mempunyai management yang baik akan menghasilkan produktivitas yang tinggi, yaitu sekitar 23 ton tandan buah segar (TBS)/ha/tahun dengan rendemen minyak (CPO) sekitar 24%. Sedangkan produktivitas rendah berkisar pada 13 ton TBS/ha/tahun dengan rendemen CPO sekitar 18% (Daryono. 2009).

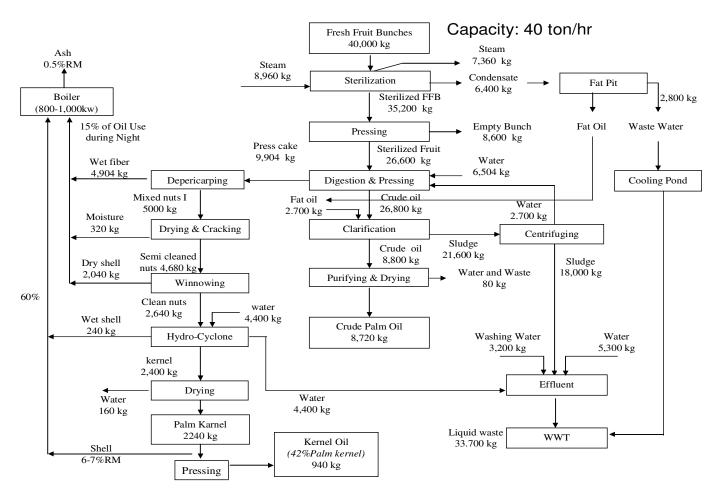
Potensi nilai tambah yang signifikan terdapat di industri hulu kelapa sawit, sehingga peningkatan produktivitas kebun menjadi sangat penting. Peningkatan nilai tambah dari industri hilir tidak terlalu signifikan. Gambar 1 memperlihatkan rantai nilai tambah industi kelapa sawit dari mulai perkebunan, penggilingan, penyulingan, dan pengolahan kelapa sawit di industri hilir. Walaupun demikian pengembangan industri hilir juga perlu dilakukan dalam rangka menjamin kemandirian bangsa dalam memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakatnya serta penguasaan teknologi dan penciptaan lapangan kerja baru.

Diagram skematik pengolahan minyak kelapa sawit dan jumlah dan jenis produk serta limbah yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan perhitungan dalam diagram tersebut, proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan limbah padat dalam bentuk tandan

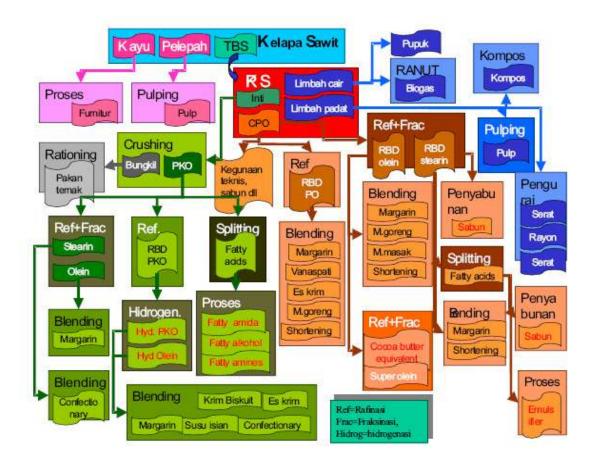
kosong kelapa sawit (TKS), sabut, dan cangkang sekitar 40% dari berat TBS. Potensi pengembangan industri hilir berbasis kelapa sawit diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Rantai nilai tambah industi kelapa sawit dari mulai perkebunan, penggilingan, penyulingan, dan pengolahan kelapa sawit di industri hilir (Sember: Analisis Tim MP3EI, 2011)



Gambar 2. Diagram dan keseimbangan masa proses pengolahan kelapa sawit



Gambar 3. Produk-produk turunan dari pengolahan kelapa sawit (Hasanudin. 2011).

Agro-industri kelapa sawit menghasilkan empat jenis limbah padat, yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKS), sabut, cangkang, dan abu boiler (Gambar 4). Jumlah masing-masing limbah tersebut diperlihatkan di Tabel 3.



Gambar 4. Jenis limbah biomasa di agroindustri kelapa sawit

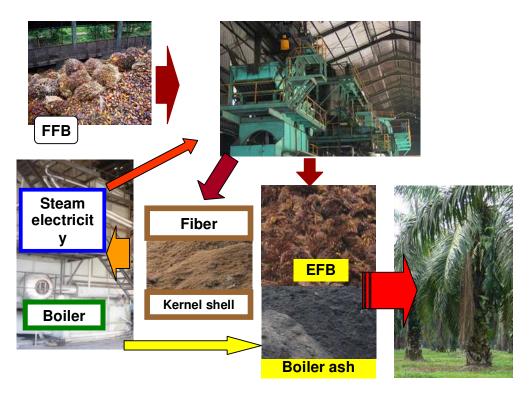
Tabel 3. Jumlah limbah biomass dari agroindustri kelapa sawit

Jenis	Satuan	Jumlah
TKS (basah)	ton/ton TBS	0,20
Sabut (kering)	ton /ton TBS	0,13
Cangkang (kering)	ton /ton TBS	0,05
Abu Boiler	ton /ton TBS	0,005

Pemanfaatan limbah biomassa agro-industri kelapa sawit saat ini adalah terutama untuk memenuhi kebutuhan energi dan kebutuhan steam yang diperlukan dalam proses pengolahan kelapa sawit (Gambar 5). Pemanfaatan limbah biomassa kelapa sawit dilakukan dengan cara pembakaran sabut dan cangkang secara langsung di dalam unit boiler. Sebanyak 85% sabut dan 55% cangkang digunakan sebagai bahan bakar system boiler untuk menghasilkan listrik dan uap yang dibutuhkan untuk proses pengolahan kelapa sawit. Dari sistem boiler ini akan dihasilkan abu boiler. Sisa sabut dan cangkang saat ini tidak digunakan atau dijual ke industri lain yang membutuhkan.

Sementara itu, tandan kosong, air limbah, dan abu boiler dari pengolahan kelapa sawit dikembalikan ke kebun dan digunakan sebagai pupuk untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia serta mempertahankan kesuburan tanah. Gambar 6 dan 7 memperlihatkan pemanfaatan limbah biomassa tersebut di perkebunan kelapa sawit.

Tandan kosong kelapa sawit juga dapat dimanfaatkan melalui proses pembuatan kompos. Dibandingkan penggunaan TKS untuk mulsa secara langsung di kebun, pemanfaatan unsur hara dari kompos oleh tanaman kelapa sawit relatif lebih mudah. Walaupun demikian mulsa TKS juga berfungsi untuk menjaga kelembaban tanah dan menjerap air dan mineral yang dibutuhkan oleh tanaman kelapa sawit. Gambar 8 memperlihakan proses pembuatan kompos dari TKS.



Gambar 5. Pemanfaatan limbah biomassa di agro-industri kelapa sawit



Gambar 6. Pemanfaatan TKS untuk mulsa di perkebunan kelapa sawit



Gambar 7. Pemanfaatan air limbah kelapa sawit untuk mengairi kebun kelapa sawit (*land application*)



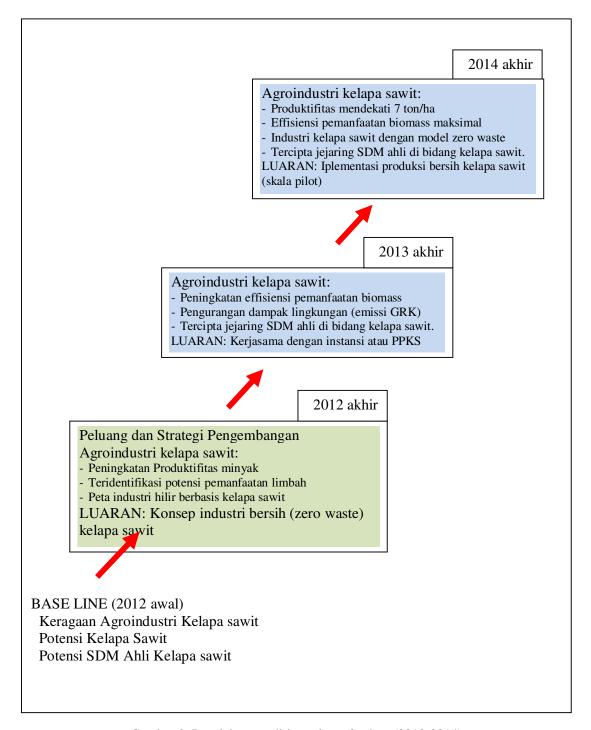
Gambar 8. Pembuatan kompos dari tandan kosong kelapa sawit

Disamping limbah biomassa padat, pabrik pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan air limbah yang dengan pengolahan secara biologis anaerobik dapat menghasilkan gas methane (CH<sub>4</sub>). Gas methane merupakan gas yang dapat dibakar sekaligus juga merupakan gas rumah kaca yang mempunyai efek pemanasan global 21 kali lebih tinggi

dari gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Pemanfaatan air limbah pabrik pengolahan kelapa sawit untuk sumber energi dapat memberikan tiga kemanfaatan sekaligus, yaitu: (1) memberi kontribusi terhadap pengurangan pencemaran lingkungan, (2) mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, dan (3) mengurangi pemanasan global.

#### **BAB III. PETA JALAN**

Peta jalan penelitian yang telah dan akan dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta jalan penelitian selama 3 tahun (2012-2014)

#### **BAB IV. MANFAAT**

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian adalah :

- 1. Tersedianya peta potensi dan keragaan agroindustri kelapa sawit di Sumatera dalam pemanfaatan sumber daya alam (biomass).
- 2. Tersedianya strategi pemanfaatan hasil samping dan limbah pengolahan kelapa sawit dalam rangka peningkatan nilai tambah dan meminimalkan dampak lingkungan termasuk mengurangi emisi GRK.
- 3. Teridentifikasi peluang serta strategi pengembangan produk hilir berbasis kelapa sawit.
- 4. Terciptanya kerjasama antara peneliti dengan industri kelapa sawit di daerah Sumatera sehingga pengembangan dapat mempercepat tercapainya agroindustri kelapa sawit yang mempunyai produktivitas tinggi, effisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

#### **BAB V. METODE**

Metode penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, dan survey lapangan. Pengumpulan data dilakukan dari sumber-sumber publikasi legal yang bisa dipertanggungjawabkan serta kunjungan lapang atau diskusi dengan ahli dibidang kelapa sawit. Adapun tahapan-tahapan metode penelitian yang akan dilakukan pada tahun I adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan data dan pembuatan peta potensi sumber daya alam kelapa sawit di Sumatera
- 2. Pemetaan keragaan agroindustri kelapa sawit di Sumatera dalam pemanfaatan sumber daya alam (biomass).
- 3. Fokus Groups Discussion (FGD) untuk penyusunan strategi pemanfaatan hasil samping dan limbah pengolahan kelapa sawit dalam rangka peningkatan nilai tambah dan meminimalkan dampak lingkungan termasuk mengurangi emisi GRK.
- 4. Fokus Groups Discussion (FGD) untuk mengidentifikasi peluang dan strategi pengembangan produk hilir berbasis kelapa sawit.
- 5. Fokus Groups Discussion (FGD) untuk membuat model zero waste pada industri kelapa sawit.

Tahapan metode penelitian yang akan dilakukan pada tahun II adalah sebagai berikut:

- 1. Simulasi model produksi zero waste untuk mendapatkan pola yang optimum
- 2. Penyebarluasan (diseminasi) model produksi kelapa sawit model zero waste yang optimum.
- 3. Membangun kerja sama dengan instansi pemerintah atau PPKS untuk membangun model zero waste pada industri kelapa sawit.

Tahapan metode penelitian yang akan dilakukan pada tahun III adalah sebagai berikut:

- 1. Verifikasi lapangan pola produksi zero waste yang optimal dengan demonstrasi pada skala pilot (*pilot plant*).
- 2. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilakukan remodeling jika diperlukan.
- 3. Penyebarluasan (diseminasi) model produksi kelapa sawit model zero waste yang optimum.

#### BAB VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 6.1. Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit untuk produksi listrik (Studi Kasus di PT. Listrindo Kencana)

PT. Listrindo Kencana adalah perusahaan yang bergerak dalam pembangkitan listrik tenaga uap dengan bahan bakar biomassa. Listrindo Kencana dibangun dengan kapasitas 6 MW (Gambar 10). Bahan kakar yang digunakan untuk PLTU ini sepenuhnya berasal dari biomassa limbah kelapa sawit. Bahan bakar tersebut terdiri dari campuran cangkang (*shell*) dan tandan kosong (*TKS*) yang telah dicacah terlebih dahulu.

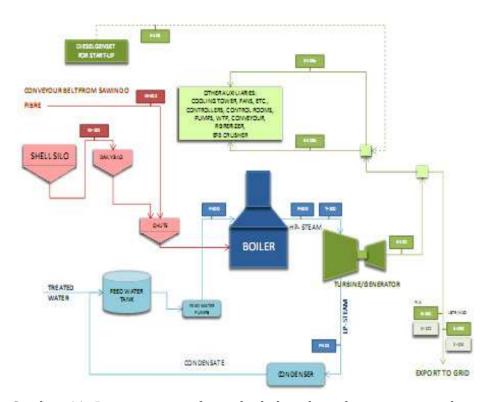


Gambar 10. PT. Listrindo Kencana, Bangka Barat (saat pembangunan)

Sistem pembangkit lidtrik tenaga biomassa ini menggunakan sistem turbin yang dilengkapi dengan kondenser dan pembangkit tenaga listrik (turbo generator dan *transformator step-up*) seperti diperlihatkan pada Gambar 11.

Steam digunakan untuk memutar turbin untuk membangkitkan listrik. Steam disalurkan ke turbin melalui pipa daya, sewaktu melewati turbin, steam mengalami penurunan tenaga dalam bentuk penurunan tekanan dan temperatur secara bertingkat, lalu didinginkan di kondensor oleh air pendingin melalui mekanisme alat pertukaran panas (heat exchanger), sedemikian sehingga steam tersebut berubah menjadi air yang

disebut air kondensat. Selanjutnya air kondensat dikembalikan ke boiler untuk kemudian dijadikan steam kembali. Demikian seterusnya terjadi sistem tertutup air-steam-air.



Gambar 11. Diagram pemanfaatan limbah padat industri sawit untuk menghasilkan energi listrik untuk masyarakat luas

Dengan sistem tertutup tersebut, maka kebutuhan air menjadi relatif kecil, dimana penambahan sekitar 10% dari berat steam yang dihasilkan. Air pendingin setelah melewati kondensor temperaturnya naik (biasanya 8-10°C) didorong ke *cooling tower*. Di *cooling tower* ini air dikucurkan dari atas hingga jatuh ke dalam reservoir atau bak penampung. Air pendinginan yang sedang mengucur dari atas didinginkan oleh aliran udara yang ditarik ke atas dibuang ke atmosfer oleh blower yang berada tepat di bagian atas *cooling tower*. Sistem kerja pendingin seperti ini disebut type *counter flow* (arah air jatuh dan arah angin berlawanan). Selanjutnya air pendingin yang tertampung di dalam reservoir dipompakan kembali ke kondensor untuk melakukan proses pendinginan kembali. Demikian seterusnya terjadi siklus tertutup air dingin-air hangat-air dingin.

Putaran poros turbin digandeng langsung (*direct coupling*) dengan poros generator AC (*alternator*), sehingga menghasilkan tenaga listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan adalah 6300 Volt/3Ø. Agar dapat dikoneksikan ke jaringan tingkat tinggi PLN, tegangan tersebut dinaikkan (*step up*) menggunakan transformator 3 fase menjadi sebesar 20 KV. Dari gardu PLN tersebut listrik dialirkan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan listrik yang ada di Cabang Bangka melalui Panel Listrik PLTD Merawang dan Mentok. Jaringan PLN tersebut merupakan jaringan listrik di Kabupaten Bangka yang meliputi 5 Kecamatannya, yaitu: Kecamatan Tempilang, Kelapa, Simpangteritip, Muntok, dan Jebus. Apabila PLTU biomassa ini beroperasi maka jaringan yang ada di 5 kecamatan tersebut akan dapat dialiri listrik dari PLTU biomassa PT. Listrindo Kencana.

Komposisi limbah padat yang digunakan di PLTU Biomassa PT. Listrindo Kencana adalah Serabut PKS, Serabut olahan TKS dan Cangkang sawit dengan komposisi 20%:20%:60%. Kebutuhan biomassa campuran tersebut untuk bahan bakar PLTU biomassa (PT. LK) adalah sekitar 2500 - 3000 Ton per hari untuk dapat menghasilkan listrik seperti yang direncanakan. Limbah padat PT. Sawindo Kencana (serabut, cangkang, dan seluruh TKS yang sudah dicacah menjadi serabut TKS) tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Suplay biomassa campuran dari PT. Sawindo Kencana hanya berkontribusi sekitar 20% saja dan 80% sisanya diambil dari PKS lain.

Setelah berjalan selama 2 tahun sejak 2007 dengan berbagai hambatan yang ada sehingga listrik yang dihasilkan tidak sesuai dengan rencana, PT Listrindo sebenarnya mendapatkan perhatian dari Pemerintah Daerah melalui rapat dengar pendapat di DPRD Bangka Barat pada hari Selasa tanggal 19 Januari 2010 mengenai penyediaan bahan bakar berupa cangkang. Berdasarkan rapat tersebut akhirnya disepakati diantara masing-masing Perusahaan bahwa mulai tahun 2010 pasokan bahan bakar PLTU biomassa adalah:

- a. PT. Gunung Maras Lestari sebanyak 8.000 12.000 ton per bulan
- b. PT. Gunung Sawit Bina Lestari sebanyak 6.000 8.000 ton per bulan
- c. PT. MP Leidong West Indonesia (Sinar mas Group) sebanyak 6.000 6.500 ton per bulan
- d. PT. Swara Mitra Sentosa (Mayora Group) sebanyak 2.000 ton per bulan
- e. PT. Sawindo Kencana sebanyak 500 ton per bulan

Dengan pasokan bahan baku seperti yang disepakati tersebut diharapkan bahwa pada tahun 2010 ini PLTU biomassa dapat menghasilkan listrik seperti yang diharapkan yaitu 6 MW, sehingga PLTU kedua yang direncanakan juga dapat di selesaikan pada tahun 2012.

PLTU biomassa yang telah dibangun ini diharapkan dapat menyediakan listrik dengan menggunakan bahan bakar terbarukan (biomassa industri kelapa sawit) dari sumber setempat. Pemanfaatan ini disatu sisi selain merupakan pengelolaan dampak dari pabrik kelapa sawit yang berbasis lingkungan juga merupakan upaya optimalisasi penggunaan sumber daya alam sekaligus membantu membantu mengatasi krisis listrik yang terjadi di Bangka.

Menurut Kurniawati (2010), ketersediaan bahan baku, regulasi/kebijakan dan teknologi untuk pemanfaatan biomassa kelapa sawit sebagai bahan bakar pembangkit listrik bukan lagi merupakan hambatan. Faktor-faktor yang menyebabkan belum dimanfaatkannya limbah padat agroindustri kelapa sawit sebagai bahan bakar PLTU biomassa untuk menghasilkan listrik bagi masyarakat umum adalah:

- a. Belum adanya dukungan dari Pemerintah dalam hal implementasi pelaksanaan atas regulasi/peraturan atau kebijakan yang telah dibuatnya (baik dari dukungan finansial termasuk subsidi, pajak ataupun insentif bagi pelaksana kegiatan energi terbarukan). Selama ini yang ada adalah bahwa suatu industri membangun PLTU biomassa sendiri dan menjual listrik yang dihasilkan kepada pihak PLN yang sudah mempunyai jaringan listrik. Yang ideal adalah diperlukan kerjasama dan koordinasi antara instansi (PLN, Departemen terkait) serta masyarakat dan Pemerintah setempat untuk membangun suatu jaringan listrik dari pemanfaatan limbah padat agroindustri kelapa sawit yang ada di daerahnya. Hal ini sangat penting untuk dilakukan agar memudahkan dalam hal beban kerja, masalah pendanaan, tanggung jawab serta manfaat-manfaat dari adanya jaringan tersebut sehingga program energi terbarukan untuk listrik dapat terlaksana tidak hanya di daerah yang telah ada jaringan listrik dari PLN saja.
- b. Faktor biaya atau pendanaan.

Telah diketahui bahwa penerapan energi terbarukan atau konservasi energi memerlukan modal awal (investasi) dan biaya pemeliharaan yang besar

sehingga konservasi energi dalam hal ini adalah memanfaatkan limbah biomassa agroindustri kelapa sawit untuk mensubstitusi penggunaan bahan bakar fosil yang ada tidak menarik perhatian para penggunanya (dalam hal ini adalah pihak industri) meskipun sesungguhnya memberikan keuntungan dalam jangka panjang.

## 6.2. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi kompos (Studi Kasus PTPN VII, Unit Usaha Bekri)

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi kompos yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai pupuk diperkebunan kelapa sawit telah dilakukan dibeberapa agroindustri kelapa sawit. PTPN VII Unit Usaha Bekri, Lampung telah memulai memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit, memproduksi kompos, dan memanfaatkannya sebagai pupuk organik. Walaupun demikian, dampak dari penggunaan kompos terhadap peningkatan produksi buah kelapa sawit belum dikaji karena kegiatan ini masih relatif baru. Kegiatan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi dan pemanfaatan kompos di PTPN VII Unit Usaha Bekri diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Kegiatan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi dan pemanfaatan kompos di PTPN VII Unit Usaha Bekri

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKS) untuk produksi kompos secara umum akan memberikan manfaat lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Penggunaan kompos di perkebunan kelapa sawit diprediksi akan dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia sekaligus akan memperbaiki struktur kimia, fisika, dan biologi tanah. Walaupun belum dilakukan penelitian tentang dampak penggunaan kompos TKS terhadap kedua hal tersebut di PTPN VII Unit Usaha Bekri, namun beberapa literatur mendukung hal tersebut. Darnoko dkk. (1994), menyatakan bahwa TKS yang diolah terlebih dahulu menjadi kompos sebelum diaplikasikan sebagai substitusi pupuk bertujuan untuk menurunkan nisbah C/N. TKS mempunyai nisbah C/N yang tinggi yaitu 45 - 55 sehingga dapat menurunkan ketersediaan N di tanah karena N termobilisasi dalam proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme tanah. TKS yang telah dikomposkan dengan waktu sekitar 6 - 8 minggu mempunyai nisbah C/N 10 - 15 Lamanya proses pengomposan disebabkan oleh tingginya kandungan lignoselulosa pada TKS. TKS mengandung 45,95 persen selulosa, 16,49 persen hemiselulosa, dan 22,84 persen lignin. Sutarta dkk. (2007), menyatakan bahwa kompos TKS yang ditambahkan pada pembibitan utama kelapa sawit dapat meningkatkan pertumbuhan bibit dibandingkan dengan tanpa aplikasi kompos. Aplikasi kompos TKS meningkatkan diameter batang bibit 18 – 33 persen; tinggi bibit 16 – 26 persen; aplikasi kompos TKS sebesar 5 persen dan pupuk standar pembibitan 50 persen menunjukkan peningkatan 65 persen bobot kering biji dibandingkan dengan perlakuan 100 persen pupuk standar. Dari pengamatan di kebun kelapa sawit PTPN VII Unit Usaha Bekri yang diaplikasi kompos terdapat indikasi dampak positif terhadap pertumbuhan perakaran. Penambahan kompos dapat meningkatkan pertumbuhan perakaran baru. Diharapkan indikasi ini dapat berdampak positif terhadap keberlanjutan produksi kelapa sawit.

Manfaat lingkungan yang bisa diharapkan dari penggunaan pupuk kompos ini adalah pengurangan emissi gas rumah kaca akibat pengurangan penggunaan pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia di perkebunan kelapa sawit akan mengemisikan gas rumah kaca N<sub>2</sub>O ke udara dan berkontribusi menimbulkan pemanasan global sebesar 69% (3,027 ton CO<sub>2</sub>e/FU<sup>1</sup>) dari total emisi yang timbul pada tahap budidaya kelapa sawit

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> FU=Functional Unit; 100,000 km

(Gheewala *et al.*, 2008). Pengurangan penggunaan pupuk kimia akan memberikan andil dalam penurunan emisi gas rumah kaca.

Pengurangan penggunaan pupuk kimia juga akan memberikan keuntungan tambahan bagi perusahaan berupa pengurangan biaya produksi budi daya kelapa sawit. Bila penggunaan pupuk kompos dapat memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi buah kelapa sawit, maka keuntungan tambahan dapat diperoleh melalui peningkatan produktivitas lahan. Kedua hal ini secara kualitatif akan memberikan manfaat ekonomi kepada perusahaan.

Penambahan aktivitas produksi pupuk kompos dari tandan kosong kelapa sawit jelas membuka peluang kerja baru, karena perusaan membutuhkan pekerja tambahan baik untuk mengoperasikan unit produksi kompos tersebut maupun untuk tenaga peneliti yang mengamati dampak dari penggunaan pupuk kompos tersebut. Kegiatan ini juga membuka peluang baru bagi perusahaan yang memproduksi dan memasarkan mikroorganisme pengkompos (*decomposer*). Penciptaan peluang kerja dan peluang usaha ini tentunya dapat memberikan manfaat sosial bagi masyarakat.

### 6.3. Pemanfaatan POME untuk Budidaya Algae (Studi kasus Maris MV-PTPN VII UU Bekri)

Algae merupakan pabrik berupa sel yang memanfaatkan energi matahari untuk mengubah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi bahan bioaktif bernilai tinggi. Alga merupakan substansi kaya protein yang dapat digunakan sebagai feedstock pada industri farmasi, makanan kesehatan, kosmetik, dan industri pakan ternak. Kini, algae juga ramai diperbincangkan sebagai salah satu sumber bahan bakar yang sangat potensial untuk biodiesel, etanol dan hidrogen (FAO, 2009; Demirbas dan Demirbas, 2010; Williams dan Laurens, 2010; Gouveia, 2011). Terdapat beberapa spesies algae yang dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Tiap-tiap spesies memiliki kandungan minyak yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Bekerjasama dengan PTPN VII Unit Usaha Bekri, saat ini Maris Konsorsium sedang mengembangkan algae jenis spirulina dan chlorella dengan memanfaatkan air limbah kelapa sawit. Spiruluna memiliki ukuran  $10~\mu m$  sedangkan chlorella lebih kecil lagi, yaitu antara  $2-5~\mu m$ . Bibit algae spirulina diperoleh dari Jepara (air payau) telah

berhasil diadaptasi untuk air darat dengan memanfaatkan nutrient dari limbah kelapa sawit. Pada saat ini di UU Bekri terdapat 5 kolam, terdiri dari 3 kolam berukuran 4,5 m x 15 m dan sebuah kolam ukuran 5,5 m x 25 m untuk budidaya spirulina skala pilot, 1 kolam ukuran 4,5 m x 10 m untuk algae chlorella, dan sebuah kolam ukuran 4,5 m x 10 m untuk pembibitan algae spirulina. Kolam budidaya algae spirulina sepenuhnya menggunakan air POME (Palm Oil Mill Effluent) tanpa nutrisi tambahan, sedangkan kolam pembibitan algae spirulina dan kolam algae chlorella dan menggunakan air boiler dengan nutrisi tambahan yang terdiri dari TSP, soda kue, dan Vit B12.

Tabel 4. Kandungan minyak berbagai spesies algae (Chisti, 2007)

Microalgae	Kandungan minyak
J	(% berat kering)
Botryococcus braunii	25-75
Chlorella sp.	28-32
Crypthecodinium cohnii	20
Cylindrotheca sp.	16-37
Dunaliella primolecta	23
Isochrysis sp.	25–33
Monallanthus salina	>20
Nannochloris sp.	20-35
Nannochloropsis sp.	31-68
Neochloris oleoabundans	35-54
Nitzschia sp.	45-47
Phaeodactylum tricornutum	20-30
Schizochytrium sp.	50-77
Tetraselmis sueica	15-23

Budidaya algae sangat prospektif karena pertumbuhan yang cepat dan produktivitas yang tinggi. Panen perdana budidaya algae dapat dilakukan antara 7 – 10 setelah tanam. Selanjutnya panen dapat dilakukan dua hari sekali selama 30 hari. Pemanenan algae spirulina cukup mudah, yaitu dengan memompakan air ke suatu tangki yang diberi saringan kain. Algae akan tersaring dan airnya dikembalikan lagi ke kolam. Pemanenan algae chlorella relatif lebih sulit karena ukuran algae yang lebih kecil sehingga tidak bisa disaring menggunakan saringan kain. Saat ini pemanenan dilakukan dengan metode flokulasi dengan cara menambahkan tawas. Algae akan mengendap sehingga dapat dipisahkan dari airnya. Selanjutnya algae dikeringkan hingga mencapai kadar air sekitar 10%.

Saat ini produksi algae di UU Bekri baru mencapai 5 kg berat kering untuk kolam ukuran 5,5 m x 25 m. Di Belanda, Maris MV telah mengmbangkan algae ini secara komersial dengan produksi mencapai 10 ton/ha per bulan (Ikhsan, 2012).



Gambar 13. Budidaya algae di PTPN VII UU Bekri

## 6.4. Pemanfaatan POME untuk Biogas (Studi kasus PTPN V Riau, PPKS Tandun)

PKS Tandun yang berkapasitas 45 ton/jam merupakan salah satu dari 12 PKS yang dimiliki oleh PTPN V. Kemampuan produksi PKS Tandun adalah 197.000 ton TBS pada tahun 2010 dan 232.000 ton TBS pada tahun 2011 dengan rendemen minyak rata-rata 22,45 %. Setiap ton TBS akan menghasilkan limbah cair pabrik kelapa sawit berupa POME (palm oil mill effluent) sekitar 0,7 – 0,8 m³, dan untuk tahun 2011 diperkirakan POME yang dihasilkan mencapai 162.400 – 185.600 m³. Selama ini POME digunakan untuk pupuk organik dan diaplikasikan langsung ke kebun di sekitar pabrik.

PKS Tandun merupakan pioner dalam pengurangan gas rumah kaca dan pemanfaatan sebagai sumber energi. Sejak tahun 2011 bekerjasama dengan PT KME (Karya Mas Energi) POME diolah untuk menghasilkan biogas yang digunakan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga biogas (PLTB). Saat ini, jumlah limbah yang telah diolah

menjadi biogas baru sekitar 50 % dari total limbah cair yang dihasilkan. Listrik yang dihasilkan dari PLTB ini digunakan untuk mengganti sebagian (50%) kebutuhan energi pabrik pengolahan kernel oil. Sebelumnya, kebutuhan energi di pabrik tersebut dipenuhi dari pembangkit listrik tenaga diesel.

Kolam anaerobik tipe *covered lagoon* (Gambar 14) untuk menghasilkan biogas berukuran 50 m x 110 m dengan kedalaman 6,5 m. Kolam ditutup plastik HDPE warna hitam dengan umur pakai plastik sekitar 10 tahun. Waktu tinggal (HRT) POME dalam kolam adalah 50 hari dengan pengadukan (mixing) setiap 20 menit/jam. Tujuan pengadukan ini adalah untuk menghilangkan lapisan minyak yang mungkin timbul di permukaan kolam. Jika lapisan minyak timbul, maka akan menyulitkan keluarnya gas metan dari POME. Volume POME yang diproses dalam kolam tersebut adalah 24.000 m³ dengan nilai COD sekitar 55.000 – 70.000 mg/l dan setelah keluar dari kolam anaerobik menjadi 700 mg/l. Diperkirakan setiap ton POME dapat menghasilkan 28-30 m³ biogas, dengan kandungan gas metan 57 – 58 %. Suhu di dalam kolam sekitar 28 – 34°C (mesofilik).



Gambar 14. Digester biogas tipe covered lagoon berukuran  $50~{\rm m}~{\rm x}~110~{\rm m}$  dengan kedalaman 6,5 m di PKS Tandun, PTPN V Riau, untuk mendukung PLTB.

Sebelum digunakan untuk mengoperasikan genset, biogas perlu dimurnikan dan dikeringkan. Adanya gas H<sub>2</sub>S, selain menyebabkan korosi juga akan mempercepat penurunan kekentalan oli genset. Kadar H<sub>2</sub>S dalam biogas PKS Tandun yang dihasilkan adalah sekitar 2.500 ppm. Untuk menjalankan genset kandungan H<sub>2</sub>S maksimum adalah 800 ppm, sehingga perlu dibersihkan terlebih dahulu. Pembersihan H<sub>2</sub>S dilakukan secara biologis menggunakan sistem BIO Gasclean dan menghasilkan biogas dengan kadar H<sub>2</sub>S kurang daripada 100 pm. Biogas ini kemudian dikeringkan dengan cara kondensasi. Kadar air biogas yang tinggi akan mengganggu proses konversi biogas menjadi energi listrik.

Konversi biogas menjadi energi listrik dilkukan secara langsung dengan menggunakan Genset merek Guascor buatan Spanyol. Syarat utama biogas harus memiliki kadar metana 58%. Listrik yang dihasilkan adalah 650 kWh. Dalam pemanfaatan POME ini, PTPN V bekerjasama dengan PT KME sebagai pihak *project developer* yang membangun PLTB berkapasitas 1 MW dengan mekanisme BOT (*Build Operation and Transfer*). Parameter desain digester biogas adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter desain digester biogas di PKS Tandun, PTPN V Riau

Parameter	Kapasitas Produksi Kelapa Sawit (Ton TBS/jam)		
	30	45	60
Desain Keluaran Biogas (m³/jam)	20	30	40
Penurunan COD/BOD (%)	90	90	90
Perkiraan produksi biogas (NM3/jam)	500-815	815-1.000	1.000
Kandungan gas metana (%)	55-65	55-65	55-65
Nilai energi (MJ/jam)	4.204-6.852	6.852-8.400	8.400-11.088
Ekivalensi bahan bakar dari shell	0,8-1,3	1,3-1,6	1,6-2,1
Potensi energi listrik (kWe)	1.000	1.500	2.000

#### 6.5. Pohon Industri Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak sawit dan inti sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa bagi Indonesia. Cerahnya prospek komoditi minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati dunia telah mendorong pemerintah Indonesia untuk memacu pengembangan areal perkebunan kelapa sawit. Industri kelapa sawit tumbuh pesat dan pada tahun 2012 ini produksi minyak

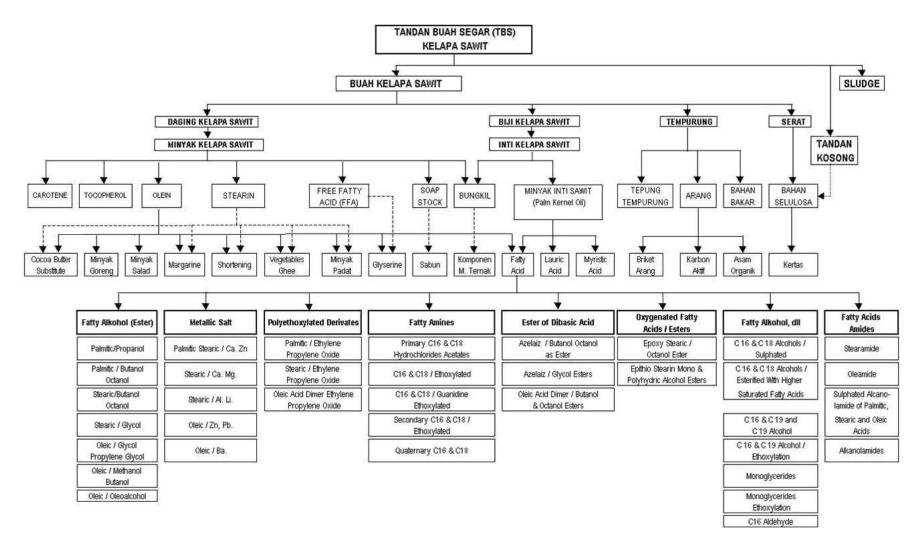
kelapa sawit diproyeksikan tumbuh 6,4% sehingga produksi minyak sawit Indonesia akan mencapai 25 juta ton. Industri minyak kelapa sawit merupakan salah satu industri strategis, karena berhubungan dengan sektor pertanian (*agro-based industry*) yang banyak berkembang di negara-negara tropis seperti Indonesia, Malaysia dan Thailand. Hasil industri minyak kelapa sawit bukan hanya minyak goreng saja, tetapi juga bisa digunakan sebagai bahan dasar industri lainnya seperti industri makanan, kosmetika dan industri sabun (Gambar 15).

Perkebunan kelapa sawit menghasilkan tandan buah segar (hulu) kemudian diolah menjadi minyak sawit mentah (hilir perkebunan sawit dan hulu bagi industri yang berbasiskan minyak sawit mentah). Disamping menghasilkan produk CPO, pengolahan tandan buah segar (TBS) juga menghasilkan produk Palm Kernel Oil (PKO). Produksi PKO meningkat seiring dengan meningkatnya produk CPO, yakni sekitar 10% dari CPO yang dihasilkan.

Dari minyak kelapa sawit (CPO) dan minyak inti sawit (PKO) dapat diproduksi berbagai jenis produk antara sawit yang digunakan sebagai bahan baku bagi industri hilirnya baik untuk kategori pangan ataupun non pangan. Diantara kelompok industri antara sawit termasuk didalamnya industri olein, stearin, oleokimia dasar (fatty acid, fatty alcohol, fatty amines, methyl esther, glycerol).

Pengembangan industri hilir kelapa sawit perlu dilakukan mengingat nilai tambah produk hilir sawit yang tinggi. Jenis industri hilir kelapa sawit spektrumnya sangat luas, hingga lebih dari 100 produk hilir yang telah dapat dihasilkan pada skala industri. Namun baru sekitar 23 jenis produk hilir (pangan dan non pangan) yang sudah diproduksi secara komersial di Indonesia. Beberapa produk hilir turunan CPO dan PKO yang telah diproduksi diantaranya untuk kategori pangan: minyak goreng, minyak salad, shortening, margarine, Cocoa Butter Substitute (CBS), vanaspati, vegetable ghee, food emulsifier, fat powder, dan es krim. Untuk kategori non pangan diantaranya adalah: surfaktan, biodiesel, dan oleokimia turunan lainnya.

Pengembangan industri hilir kelapa sawit untuk peningkatan nilai tambah. Adanya klaster industri berbasis minyak sawit mentah diharapkan memperkuat keterkaitan pada semua tingkatan rantai nilai (value chain) dari industri hulunya, mampu meningkatkan nilai tambah sepanjang rantai nilai dengan membangun visi dan misi yang selaras sehingga mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi dan jenis sumber daya yang digunakan dalam industri, dan memfokuskan pada penggunaan sumber- sumber daya terbarukan (renewable resources).



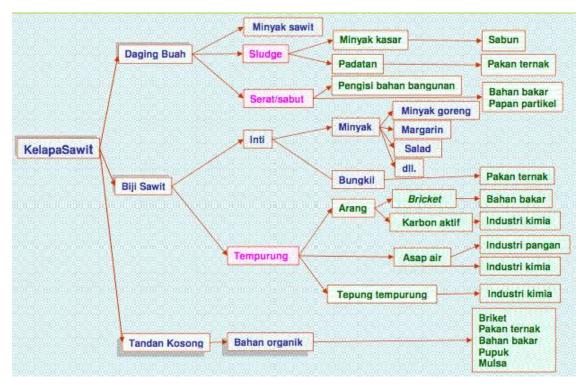
Gambar 15. Pohon industri kelapa sawit (Sumber: Departemen Perindustrian Republik Indonesia, 2010).

Berkenaan dengan produksi minyak sawit yang sangat tinggi, akan dihasilkan beberapa limbah baik padat maupun cair yang harus dikelola dengan benar sehingga tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit menjadi sesuatu yang mendesak karena walaupun bukan merupakan limbah B3 tetapi mempunyai potensi sangat besar menimbukan pencemaran lingkungan bila tidak dikelola dengan baik.

Pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit umumnya dilakukan secara parsial, limbah padatnya yang berupa cangkang dan serabut/fiber dimanfaatkan untuk menghasilkan steam dan listrik yang dipakai dalam proses produksi minyak kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit umumnya dikembalikan ke kebun kelapa sawit untuk mulsa dan untuk memperbaiki kualitas tanah. Khusus untuk air limbahnya, setelah mengalami proses penguraian di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagian besar telah dimanfaatkan untuk menyiram tanaman kelapa sawit (land application). Beberapa upaya kini terus dilakukan untuk meningkatkan nilai guna dari pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit. Selain dimanfaatkan secara parsial/tunggal, beberapa limbah pabrik kelapa sawit seperti: tandan kosong, serabut (fibre), Solid decanter, abu ketel (furnace ash), air limbah dan sludge IPAL dimanfaatkan secara bersama untuk menghasilkan produk tertentu. Gambar 16 menunjukan berbagai produk yang dihasilkan dari memproses limbah yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit (PKS).

Konsep zero emission seharusnya dapat dilaksakan pada agroindustri, terutama pada indiustri kelapa sawit, karena kossep ini mempunyai prinsip dasar bahwa proses industri, terutama agroindustri, tidak menghasilkan limbah apapun, karena setiap hasil produksi dari industri akan menjadi bahan baku untuk industri lainnya. Melalui konsep ini, proses industri akan menghemat sumber daya alam, memperbanyak jenis produk, menciptakan lebih banyak lapangan kerja, serta mencegah pencemaran dan kerusakan alam.

Applikasi zero emssion pada industri kelapa sawit dapat meningkatkan efisiensi dan daya saing karena semua sumber daya digunakan secara maksimal, yaitu memproduksi lebih banyak dengan sumber daya yang sama. Kegiatan kebun dan pabrik kelapa sawit memungkinkan pelaksanaan zero emission, karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan kebun dan pabrik kelapa sawit dapat dimanfaatkan kembali. Oleh sebab itu zero emission dapat dipandang sebagai suatu konsep standar produksi baru.



Gambar 16. Pohon industri pemanfaatan limbah kelapa sawit (Sumber: Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2006)

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances 25: 294–306.
- Daryono, M. 2009. Keberpihakan BUMN terhadap Riset dan Pengembangan Kelapa Sawit Indonesia. Seminar Tahunan Masyarakat Perkelapasawitan Indonesia. Bogor.
- Demirbas, A. dan M. F. Demirbas. 2010. Algae Energy: Algae as a New Source of Biodiesel. Springer, London.
- Departemen Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Kelapa Sawit*. Pusat data dan Informasi Departemen Peindustrian. Jakarta.
- FAO. 2009. Algae-Based Biofuels: A Review of Challenges and Opportunities for Developing Countries. ECOFYS-GBEP-FAO.
- FAO. 2012. FAOSTAT (http://faostat.fao.org visited 15 April 2012)
- Gheewala, S.H., Wanida, W., and Masayuki, S., 2008, LC GHG Emissions from Palm Oil Biodiesel Production & Use in Thailand, AIST, Japan.
- Gouveia, L. 2011. Microalgae as a Feedstock for Biofuels. Springer, Heidelberg.
- Hasanudin, U. 2008. "The Biomass Utilization from Agroindustries in Indonesia". *Biomass Sustainable Utilization Working Groups Discussion*. November, 28-29<sup>th</sup> 2008, Jakarta.
- Hasanudin, U. dan E. Suroso. 2009. Pemanfaatan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi dan Upaya Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca. Seminar Tahunan Masyarakat Perkelapa Sawitan Indonesia (MAKSI), 24-25 November 2009. Bogor.
- Hasanudin, U. 2010. Penerapan Pedoman Pengelolaan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Ikhsan, M. 2012. Komunikasi pada tanggal 12 September 2012.
- Kementrian Koordinator Bidang Ekonomi. 2011. *Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia*. Deputi Bidang Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. Jakarta.
- Kurniawati, D. S., 2010, Pemanfaatan Limbah Padat Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Sumber Energi Listrik, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia, Jakarta.
- Williams, P.J.B. dan L.M.L. Laurens. 2010. Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. *Energy Environ. Sci.*, **3**: 554–590.

## LAMPIRAN BIODATA

## LAMPIRAN 2: Biodata Pengusul Penelitian Strategis Nasional

## I IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.	L/ <del>P</del>
1.2	Jabatan Fungsional	Lektor	
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	196505271993031002	
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Pemalang, 27 Mei 1965	
1.5	Alamat Rumah	Jl. Cendana No. 199, Perumahan Bataranila, Banda	r
		Lampung 35144	
1.6	Nomor Telepon/Faks	0721-773461	
1.7	Nomor HP	0813-79078674, 0815-41559632	
1.8	Alamat Kantor	Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng,	
		Bandar Lampung 35145	
1.9	Nomor Telepon/Faks	0721-701609 ext. 846	
1.10	Alamat e-mail	agusharyanto@unila.ac.id	
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1. Energi Terbarukan	
		2. Audit Energi	
		3. Termodinamika dan Pindah Panas	_
		4. Daya dalam Bidang Pertanian	

### II RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	UGM	UGM	Mississippi State
			University
2.3 Bidang Ilmu	Mekanisasi Pertanian	Mekanisasi Pertanian	Agricultural and
			Biological Engineering
2.4 Tahun Masuk	1984	1996	2004
2.5. Tahun Lulus	1991	1998	2008
2.6 Judul Skripsi/	Karakteristik Fisik Jaringan	Kajian Unjuk Kerja	Hydrogen Production
Tesis/Disertasi	Irigasi dan Persoalan	Kolektor Tenaga Surya	through Water Gas
	Pengelolaan Air Berdasarkan	Tipe Talang Parabolik	Shift Reaction over
	Topografinya di DI	dengan Pengaturan	Nickel Catalyss
	Kaliwadas	Arah Timur-Barat	
2.7. Nama	Dr. Ir. Suprodjo	Dr. Ir. Bandul Suratmo	Prof. Sandun Fernando
Pembimbing/	Pusposutardjo, M.Eng		
Promotor			

## III PENGALAMAN PENELITIAN (Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

Urutkan judul penelitian yang pernah dilakukan selama 5 tahun terakhir dimulai dari penelitian yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
NO.	1 anun	Judui Feliciidii	Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2011	Pengembangan Tungku Biomassa Berbasis	Hibah	TBA
		Gasifikasi	Strategis	
2	2010	Pengembangan Tungku Biomassa Berbasis	Hibah	60
		Gasifikasi	Strategis	
3	2009	Pembuatan Bio-Oil dari Limbah Kulit Singkong	Hibah	92
		Melalui Proses Pirolisis	Strategis	
4	2008	Crude Glycerol Cogasification with Wood Chip	MSU	NA
		Using a Pilot Scale Downdraft Gasifier		

Tuliskan sumber pendanaan: PDM, SKW, Fundamental Riset, Hibah Bersaing, Hibah Pekerti, Hibah Pascasarjana, RAPID, atau sumber lainnya.

#### IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Urutkan judul pengabdian kepada masyarakat yang pernah dilakukan selama 5 tahun terakhir dimulai dari yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pei	ndanaan
NO.	1 anun	Judui i engabutan Kepada Wasyarakat		Jml (Juta Rp)
1	2011	Optimalisasi Penggunaan Biogas Sebagai Bio-	Mandiri	5
		Energi Alternatif di Desa Bogorejo, Kec. Gedong		
		Tataan, Kab. Tanggamus		
2	2010	Percontohan Pembuatan Biogas dari Limbah	PNBP-	3,5
		Ternak untuk Keperluan Rumah Tangga di Dusun	Unila	
		12, Way Tebu, Kec. Gisting Atas, Kab.		
		Tanggamus		
3	2010	IbM: Pendampingan Pembuatan Pupuk Kompos	IbM	32
		untuk Tanaman Sayuran di Kelompok Tani Dusun		
		12 Way Tebu, Kec. Gisting Atas, Kab.		
		Tanggamus		
4	2010	Sosialisasi Tungku Biomassa Berbasis Gasifikasi	PNBP-	3,5
			Unila	
5	2009	Penanganan Pasca Panen Sayur di Dusun 12, Way	Mandiri	3
		Tebu, Kec. Gisting Atas, Kab. Tanggamus.		

Tuliskan sumber pendanaan: Penerapan Ipteks, Vucer, Vucer Multitahun, UJI, Sibermas, atau sumber lainnya.

# V PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL (Tidak termasuk Makalah Seminar/*Proceedings*, Artikel di Surat Kabar)

Urutkan judul artikel ilmiah yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari artikel yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1.	2007	Ultrahigh Temperature Shift WGS Catalysts to Increase Hydrogen Yield from Biomass Gasification	Vol <b>129</b> : 264- 275	Catalysis Today
2.	2007	Production of Hydrogen by Steam Reforming of Glycerin over Alumina Supported Metal Catalysts	Vol <b>129</b> : 355- 364.	Catalysis Today
3.	2007	Glycerin Steam Reforming for Hydrogen Production	Vol. <b>50(2)</b> : 591–595	Transaction of ASABE
4.	2007	A thermodynamic analysis of hydrogen production by steam reforming of glycerol	Vol <b>32</b> : 2875 – 2880.	International Journal of Hydrogen Energy
5.	2007	A Comparative Thermodynamic and Experimental Analysis on Hydrogen Production by Steam Reforming of Glycerin	Vol. <b>21(4)</b> : 2306–2310	Energy and Fuels
6.	2008	Hydrogen production from glycerin by steam reforming over nickel catalysts	Vol. <b>33</b> : 1097–1100.	Renewable Energy
7.	2008	Conversion of glycerol to hydrogen via steam reforming process over nickel catalysts	Vol. <b>22</b> ( <b>3-4</b> ): 1220–1226	Energy and Fuels
8.	2009	Upgrading of Syngas Derived from Biomass Gasification: A Thermodynamic Analysis.	Vol. <b>33(5)</b> : 882- 889	Biomass and Bioenergy
9.	2009	Hydrogen Production through Water Gas Shift Reaction: Thermodynamic Equilibrium vs. Experimental Results over Supported Ni Catalysts	Vol 23 (6), pp 3097–3102	Energy and Fuels
10.	2009	Kinetics and Reactor Modeling of Hydrogen Production from Glycerol via Steam Reforming Process over Ni/CeO <sub>2</sub> Catalysts.	Vol. 32(4): 541- 547.	Chemical Engineering Technology
11.	2009	Hydrogen Production from Glycerol: An Update	Vol <b>50(10)</b> : 2600-2604	Energy Conversions and Management
12.	2010	Analisis Energi Masukan-Keluaran pada Proses Produksi Kelapa Sawit Kasar	(accepted)	Agritech
13.	2011	Co-gasification of hardwood chips and crude glycerol in a pilot scale downdraft gasifier Bioresource Technology		Bioresources Technology
14.	2009	Analisis ekonomi beberapa cara pemanenan tebu: Studi kasus di PG Bunga Mayang	Vol. 1(1): 1-8	Tek Tan

### VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

Urutkan judul buku yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari buku yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

#### VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

*Urutkan judul HKI yang pernah diterbitkan 5-10 tahun terakhir.* 

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID

### VIII PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

Urutkan judul rumusan kebijakan/rekayasa sosial lainnya yang pernah dbuat/ditemukan selama 5 tahun terakhir.

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Strategis Nasional.

Bandar Lampung, 25 April 2011 Pengusul,

(<u>Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P</u>) NIP. 196505271993031002

## LAMPIRAN 2: Biodata Pengusul Penelitian Strategis Nasional

## I IDENTITAS DIRI

1.1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T. L/P
1.2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
1.3	NIP/NIK/No. Identitas lainnya	196401061988031002
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Cirebon, 6 Januari 1964
1.5	Alamat Rumah	Jl. Flamboyan Blok C No. 332, Perumahan Bataranila,
		Bandar Lampung 35144
1.6	Nomor Telepon/Faks	0721-781081
1.7	Nomor HP	0813-6932-2347
1.8	Alamat Kantor	Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng,
		Bandar Lampung 35145
1.9	Nomor Telepon/Faks	0721-781823; 0721-700682
1.10	Alamat e-mail	udinha@unila.ac.id; udinhasan@yahoo.com
1.11	Mata Kuliah yg diampu	1. Pengelolaan Limbah Agroindustri
		2. Satuan Operasi Agroindustri
		3. Manajemen Lingkungan Agroindustri

## II RIWAYAT PENDIDIKAN

2.1 Program:	S-1	S-2	S-3
2.2 Nama PT	IPB	ITB	Totyohashi
			University of
			Technology, Japan
2.3 Bidang Ilmu	Teknologi Industri	Teknik Kimia	Environmental and
	Pertanian		Life Engineering
2.4 Tahun	1982	1990	2002
Masuk			
2.5. Tahun	1986	1993	2005
Lulus			
2.6 Judul	Produksi asam sitrat dari	Pengolahan limbah	Study on Microbial
Skripsi/	tetes tebu menggunakan	cair pabrik minyak	Community Structure
Tesis/Disertasi	system fermentasi	kelapa sawit dengan	and Pollutant
	terendam	bioreaktor unggun	Purification in
		fluidisasi anaerobik	Coastal Sediment
		dua tahap	
2.7. Nama	Prof. Dr. Ir. Azis Darwis,	Prof. Dr. Ir. Tjandra	Prof. Koichi Fujie
Pembimbing/	M.Sc.	Setiadi, M.Eng.	
Promotor			

## III PENGALAMAN PENELITIAN (Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

Urutkan judul penelitian yang pernah dilakukan selama 5 tahun terakhir dimulai dari penelitian yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pend	anaan
INO.	1 anun	Judui Feliciitiaii	Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2011	Analisis tekno-ekonomi pemanfaatan air limbah	Balitbang	97,0
		ITTARA untuk produksi biogas	ESDM	
2	2010	Demo plan produksi biogas dari air limbah	Balitbang	395,0
		ITTARA (skala 3600 m3)	ESDM	
3	2009	Pemanfaatan Air Limbah Agroindustri Kelapa	Hibah	94,0
		Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan	Strategis	
			Nasional	
4	2008	Pemanfaatan Air Limbah Tapioka Sebagai	KKP3T,	135,9
		Sumber Bioenergi di Industri Tapioka Rakyat	Departemen	
			Pertanian RI	
5	2007	Optimasi Fermentasi Air Limbah Tapioka Sebagai	KKP3T,	99,2
		Sumber Biogas	Departemen	
			Pertanian RI	
6	2005-	Joint Research on Agro-Industry Liquid Waste	NEDO,	3.650,0
	2006	Treatment Technology in Indonesia, For	Japan	
		Development of Closed System for Plantations		

Tuliskan sumber pendanaan: PDM, SKW, Fundamental Riset, Hibah Bersaing, Hibah Pekerti, Hibah Pascasarjana, RAPID, atau sumber lainnya.

#### IV. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Urutkan judul pengabdian kepada masyarakat yang pernah dilakukan selama 5 tahun terakhir dimulai dari yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pen	danaan
NO.	Tanun	Judui Feligabulan Kepada Wasyarakat	Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2011	Optimalisasi Penggunaan Biogas Sebagai Bio-	Mandiri	5
		Energi Alternatif di Desa Bogorejo, Kec. Gedong		
		Tataan, Kab. Tanggamus		
2	2011	In house training dalam bidang "Waste Water	PT. GGPC	7,6
		Treatment" PT. Great Giant Pineapple Co. (PT.		
		GGPC)		
3	2010	Percontohan Pembuatan Biogas dari Limbah	PNBP-	3,5
		Ternak untuk Keperluan Rumah Tangga di Dusun	Unila	
		12, Way Tebu, Kec. Gisting Atas, Kab.		
		Tanggamus		

4	2010	Peningkatan kinerja Biogas Reactor PT. Medco	PT. MEL	74
		Ethanol Lampung (PT. MEL).		
5	2010	Peningkatan kinerja Anaerobic Lagoon PT. Great	PT. GGPC	45
		Giant Pineapple Co. (PT. GGPC)		

Tuliskan sumber pendanaan: Penerapan Ipteks, Vucer, Vucer Multitahun, UJI, Sibermas, atau sumber lainnya.

# V PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL (Tidak termasuk Makalah Seminar/*Proceedings*, Artikel di Surat Kabar)

Urutkan judul artikel ilmiah yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari artikel yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1.	2009	Pengaruh watu tinggal hidrolik	8:2, 82-90	Ketenagalistrikan
		terhadap produktivitas biogas		dan Energi
				Terbarukan
2.	2010	Rekayasa dan Uji Kinerja Reaktor	9:1, 143-155	Ketenagalistrikan
		Biogas Sistem <i>Colar</i> pada Pengolahan		dan Energi
		Limbah cair Industri Tapioka		Terbarukan
3.	2010	Methane Emission from Anaerobic	15:2, 79-83.	Journal of
		Pond of Tapioca Starch Extraction		Ecotechnology
		Wastewater in Indonesia		Research
4.	2010	Improvement potential for net energy	34:12, 1818-	Biomass and
		balance of biodiesel derived from palm	1824.	Bioenergy
		oil: A case study from Indonesia practice		

#### VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

Urutkan judul buku yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari buku yang paling relevan menurut Saudara.

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah	Penerbit
			Halaman	
1	2009	Pedoman Pemanfaatan Limbah Industri	46	Kementrian Negara
		Pengolahan Tapioka (Program		Lingkungan Hidup, RI
		Agroindustry towards Zero Waste)		
2	2009	Pedoman Pengelolaan Limbah Kegiatan	44	Kementrian Negara
		Peternakan dan Rumah Pemotongan		Lingkungan Hidup, RI
		Hewan (Program Agroindustry towards Zero		
		Waste)		
3	2009	Pedoman Pemanfaatan dan Pengelolaan	49	Kementrian Negara
		Limbah Kelapa Sawit (Program		Lingkungan Hidup, RI
		Agroindustry towards Zero Waste)		

4	2010	Pedoman Pemanfaatan dan Pengelolaan	36	Kementrian Negara
		Limbah Industri Gula (Program		Lingkungan Hidup, RI
		Agroindustry towards Zero Waste)		
5	2010	Penerapan Pedoman Pengelolaan Limbah	47	Kementrian Negara
		Agroindustri Tapioka (Program		Lingkungan Hidup, RI
		Agroindustry towards Zero Waste)		
6	2010	Penerapan Pedoman Pengelolaan Limbah	48	Kementrian Negara
		Agroindustri Kelapa Sawit (Program		Lingkungan Hidup, RI
		Agroindustry towards Zero Waste)		

#### VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

Urutkan judul HKI yang pernah diterbitkan 5-10 tahun terakhir.

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID

### VIII PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

*Urutkan judul rumusan kebijakan/rekayasa sosial lainnya yang pernah dbuat/ditemukan selama 5 tahun terakhir.* 

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Strategis Nasional.

Bandar Lampung, 25 April 2011 Pengusul,

(<u>Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T</u>) NIP. 196401061988031002

## Biodata Peneliti

## A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap	Ir. RibutSugiharto, M.Sc.
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Jabatan Fungsional	Lektor
4.	Jabatan Struktural	
5.	NIP	131898575
6.	NIDN	19660314199003100
7.	Tempat/Tanggal Lahir	Seputih Banyak/14 Maret 1966
8.	Alamat Rumah	Jl. Pramuka RBP Blok R/No. 4 Raja Basa Bandar Lampung 35144
9.	NomorTelpon/Faks/HP	0721708658/082185001727
10.	Alamat Kantor	Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
11.	Nomor Telpon/Faks	0721700682
12.	Alamat Email	sugiharto_thp@unila.ac.id
13.	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S1 = 25 orang, $S2 = 0$ orang
14.	Mata kuliah yang Diampu	<ol> <li>Teknologi Minyak dan Lemak Pangan (S1 dan S2)</li> <li>Satuan Operasi I</li> <li>Kimia Hasil Pertanian</li> <li>Pengembangan Produk Hasil Pertanian</li> </ol>

## B. RiwayatPendidikan

	S1	S2
Nama Perguruan	Universitas Lampung	University of Illinois (Urbana-
Tinggi		Champaign)
Bidang Ilmu	Ilmu Pangan	Ilmu Pangan
Tahun Masuk/Lulus	1984/1988	1993/1996
Judul Skripsi/Thesis	Pengaruh Kualitas Lada Hitam	Production of Mono- and Diglicerides
	Terhadap Karakteristik	as Emulsifier from Butterfat Fractions
	Oleoresin yang Dihasilkan	by Thermal Glyserolisis
NamaPembimbing	Prof. Dr. Ir. Tirza Hanum, M.S.	Prof. Dr. Edward G. Perkins

## C. Pengalaman Penelitian

				anaan
No.	Tahun	JudulPenelitian	Sumber	Jumlah
				(juta Rp)
1.	1999	Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Katalisator Terhadap	Dikti	5
		Prodduksi dan Mutu Bahan Pengemulsi dari Beberpa		
		Minyak Nabati		
2.	1998	Produksi Mono- dan Digliserida Secara Gliserolisis	Dikti	5
		Panas dari Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit		
3.	1997	Produksi Mono- dan Digliserida Sebagai Bahan	Dikti	5
		Pengemulsi dari Minyak Kelapa		
4.	1995	The Effect of Soy Protein Concentrate to the Cheese	UIUC	
		Quality		
5.	1994	Analysis of Heat Resistant of Lactic Acid Bacteria	UIUC	
"		Encapsulated by Trehalose		

## D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

	Tahu		Pendanaan	
No.		JudulPenelitian	Sumber	Jumlah
	n			(juta Rp)
1.	2011	Pelatihan Pengolahan Keripik Buah-Buahan	Dikti	5
		Menggunakan Penggoreng Vakum Sebagai Upaya		
		Untuk Mengembangkan Budaya Wirausaha Di		
		Kabupaten Tanggamus		
2.	2000	Pembuatan Minyak Kelapa Secara Fermentasi	Dikti	5

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Bandar Lampung, 26 Maret 2012.

Pengusul,

(Ir. RibutSugiharto, M.Sc) NIP 196603141990031000

# **LAMPIRAN**

# KONSEP ZERO EMISSION PADA INDUSTRI KELAPA SAWIT

# KONSEP ZERO EMISSION PADA INDUSTRI KELAPA SAWIT (DRAFT)

Agus Haryanto Udin Hasanudin Ribut Sugiharto



UNIVERSITAS LAMPUNG OKTOBER 2012

#### Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan sumber pangan dan gizi utama penduduk dan telah memberi manfaat dalam peningkatan pendapatan petani dan masyarakat, menciptakan nilai tambah di dalam negeri, penyerapan tenaga kerja, pengembangan wilayah industri, proses alih teknologi, dan untuk ekspor sebagai penghasil devisa non migas yang penting bagi Indonesia. Dari sisi upaya pelestarian lingkungan hidup, tanaman kelapa sawit yang merupakan tanaman tahunan dapat berperan dalam penyerapan gas rumah kaca, seperti CO<sub>2</sub>, dan mampu menghasilkan O<sub>2</sub> atau jasa lingkungan lainnya, seperti eko-wisata (Tim INDEF, 2007).

Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia yang begitu cepat sangat dipengaruhi oleh permintaan dunia yang sangat besar akan produk-produk kelapa sawit khususnya untuk keperluan pangan (minyak dan lemak). Pertumbuhan produksi kelapa sawit di Indonesia diperkirakan mencapai 7,8 persen per tahun. Perkembangan kelapa sawit dimulai dari pulau Sumatera, kemudian tersebar ke Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Di Sumatera, kegiatan ekonomi utama kelapa sawit memberikan kontribusi ekonomi yang besar karena 70 persen lahan penghasil kelapa sawit di Indonesia berada di Sumatera sehingga membuka lapangan pekerjaan yang luas. Sekitar 42 persen lahan kelapa sawit dimiliki oleh petani kecil. Perkembangan industri kelapa sawit sangat berperan besar dalam pertumbuhan daerah-daerah terpencil dan telah meningkatkan standar hidup penduduk pedesaan.

Kelapa sawit adalah sumber minyak nabati terbesar yang dibutuhkan oleh banyak industri di dunia. Permintaan kelapa sawit dunia terus mengalami pertumbuhan sebesar 5 persen per tahun. Indonesia memproduksi sekitar 43 persen dari total produksi minyak mentah sawit atau CPO (*Crude Palm Oil*) di dunia.

Di samping pertumbuhan produksi kelapa sawit Indonesia yang cukup tinggi, industri kelapa sawit Indonesia masih menghadapi banyak kedala yang menyebabkan produktivitas masih relatif rendah dan kapasitas industri pengolahan lanjut dalam mata rantai industri kelapa sawit, yang meliputi penyulingan, fraksinasi, oleo kimia, dan biodiesel,masih kurang memadai. Saat ini industri kelapa sawit di Indonesia masih bertumpu pada menghasilkan produk utama berupa CPO. Pengembangan produk turunan CPO masih terkendala pada berbagai aspek; teknologi, ekonomi, dan pasar.

Produktivitas kebun kelapa sawit di Indonesia saat ini hanya sekitar 3,8 ton CPO/ha per tahun, padahal potensinya bisa mencapai 7 ton/ha per tahun. Saat ini beberapa upaya telah

dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tersebut, antara lain melalui peningkatan penggunaan pupuk organik/kompos tandan kosong kelapa sawit. Upaya ini mempunyai prospek yang baik tetapi belum ada data hasil penelitian yang akurat. Evaluasi terhadap peningkatan produktivitas dan aspek keberlanjutannya juga perlu dilakukan.

Pemanfaatkan limbah atau hasil samping agroindustri kelapa sawit sampai saat ini juga belum optimal. Potensi energi dari air limbah sampai saat ini belum dimanfaatkan, padahal selain dapat menghasilkan energi terbarukan juga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) yang menjadi salah satu titik lemah agroindustri kelapa sawit di dunia international, khususnya Eropa, Amerika, Jepang, dan Australia.

Pemetaaan tentang potensi agroindustri kelapa sawit dilihat dari sisi efisiensi pemanfaatan sumber daya alam (biomasa), penguasaan teknologi dari hulu sampai hilir, dan sebaran sumber daya manusia ahli di bidang tersebut sangat diperlukan dalam rangka merumuskan kebijakan secara komprehensif untuk mencari terobosan baru atau inovasi dalam pengembangan agroindustri kelapa sawit di Sumatera. Diharapkan langkah strategis ini dapat konsep produksi tanpa emisi (*zero emission*) yang dapat meningkatkan nilai tambah (baik ekonomi, social, dan lingkungan) bagi petani dan agroindustri kelapa sawit.

#### Industri Kelapa Sawit Indonesia

Indonesia merupakan penghasil utama minyak kelapa sawit di dunia, mencapai 25,40 juta ton atau sekitar 48,6 % dari total produksi minyak sawit dunia (Tabel 1). Indonesia bersama Malaysia menghasilkan sekitar 80% minyak sawit dunia.

Tabel 1. Produksi minyak sawit dunia (juta ton)

Negara	2009	2010	2011	2012F
Indonesia	21,00	22,10	23,90	25,40
Malaysia	17,57	16,99	18,91	19,20
Amerika Tengah dan Selatan	2,40	2,33	2,73	2,87
Negara lain	4,30	4,44	4,64	4,81
Dunia	45,27	45,86	50,18	52,28

Industri kelapa sawit di Indonesia menunjukkan perkembangan yang sangat cepat dengan pertumbuhan rata-rata 4,96% (Tabel 2). Meskipun produktivitas kelapa sawit Indonesia

mengalami pertumbuhan 2,08%, total produksi kelapa sawit (CPO) mengalami pertumbuhan signifikan mencapai 9,07%. Cerahnya prospek komoditi minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati dunia telah mendorong pemerintah Indonesia untuk memacu pengembangan areal perkebunan kelapa sawit. Industri kelapa sawit tumbuh pesat dan pada tahun 2012 ini produksi minyak kelapa sawit diproyeksikan tumbuh 6,4% sehingga produksi minyak sawit Indonesia akan mencapai 25 juta ton.

Tabel 2. Perkembangan luas, produksi, dan produktivitas kelapa sawit Indonesia (ISPO Commission, 2012)

Tahun	Luas (ha)	Produksi	Produktivitas
Tanun	Rakyat	(ton CPO)	(kg CPO/ha)
2003	5.283.557	10.440.834	3.045,24
2004	5.717.026	12.326.419	3.131,73
2005	5.950.321	14.619.830	3.335,52
2006	6.284.960	16.569.927	3.390,90
2007	6.853.916	17.796.374	3.399,03
2008	7.333.707	19.400.794	3.478,15
2009	7.534.581	21.390.326	3.516,97
2010	8.110.447	21.958.120	3.590,92
2011*)	8.908.399	23.899.998	3.797,32
% peningkatan	4,96	9,07	2,08

Luas areal kelapa sawit di Indonesia kini mencapai 8,9 juta ha dengan 70% di antaranya berada di Pulau Sumatera (Tabel 3). Riau merupakan provinsi dengan luas areal terbesar dan jumlah industri kelapa sawit terbanyak (Gambar 1) di Indonesia.

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak sawit dan inti sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang yang strategis (Gumbira-Said 2010) dan menjadi sumber penghasil devisa bagi Indonesia. Tahun 2006 jumlah ekspor minyak sawit dan produk turunannya meningkat menjadi 12,1 juta ton dengan nilai sekitar USD 5,4 miliar (Gumbira-Said, 2010). Pada tahun 2010, volume ekspor kelapa sawit mencapai 16,29 juta ton dengan nilai total 13,47 milyar USD. Ekspor kelapa sawit masih didominasi produk minyak sawit kasar atau CPO (*crude palm oil*) sebesar 9,45 juta ton dengan nilai 7,65 milyar USD

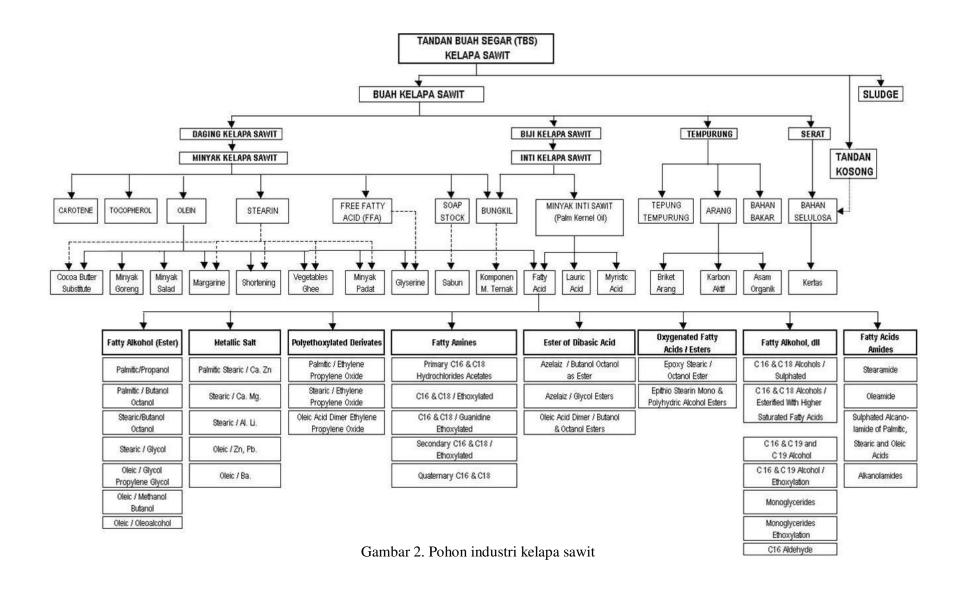
dan produk lain (RBD-Olein, RBD-Stearin, dan produk turunan lainnya) sebesar 6,85 juta ton dengan nilai 5,82 milyar USD (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2012).

Tabel 3. Sebaran luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia (BPS, 2011)

Provinsi/Province	2008	2009	2010
Aceh	564 748	693 003	709 004
Sumatera Utara	3 882 401	3 862 399	3 981 649
Sumatera Barat	961 537	896 301	905 113
Riau	4 815 885	5 311 368	5 462 482
Kepulauan Riau	10 638	11 321	11 321
Jambi	1 626 461	1 499 891	1 530 821
Sumatera Selatan	1 891 425	2 313 508	2 380 544
Kepulauan Bangka Belitung	412 938	446 555	466 472
Bengkulu	560 271	735 977	751 933
Lampung	416 294	389 277	396 981
Jawa Barat dan Banten	37 572	45 868	46 906
Kalimantan Barat	1 124 388	1 331 659	1 373 165
Kalimantan Tengah	1 295 729	1 798 102	1 828 662
Kalimantan Selatan	891 057	1 041 367	1 051 534
Kalimantan Timur	338 451	456 398	491 813
Sulawesi Tengah	126 559	144 264	147 564
Sulawesi Barat	325 814	260 527	266 382
Sulawesi Selatan dan Tenggara	32 111	28 162	28 776
Papua	89 515	124 389	126 998
Indonesia	19 400 794	21 390 326	21 958 120



Gambar 1. Sebaran industri kelapa sawit (unit) di Indonesia



Industri minyak kelapa sawit merupakan salah satu industri strategis, karena berhubungan dengan sektor pertanian (*agro-based industry*) yang banyak berkembang di negara-negara tropis seperti Indonesia, Malaysia dan Thailand. Hasil industri minyak kelapa sawit bukan hanya minyak goreng saja, tetapi juga bisa digunakan sebagai bahan dasar industri lainnya seperti industri makanan, kosmetika dan industri sabun (Gambar 2).

Perkebunan kelapa sawit menghasilkan tandan buah segar (hulu) kemudian diolah menjadi minyak sawit mentah (hilir perkebunan sawit dan hulu bagi industri yang berbasiskan minyak sawit mentah). Disamping menghasilkan produk CPO, pengolahan tandan buah segar (TBS) juga menghasilkan produk Palm Kernel Oil (PKO). Produksi PKO meningkat seiring dengan meningkatnya produk CPO, yakni sekitar 10% dari CPO yang dihasilkan.

Dari minyak kelapa sawit (CPO) dan minyak inti sawit (PKO) dapat diproduksi berbagai jenis produk antara sawit yang digunakan sebagai bahan baku bagi industri hilirnya baik untuk kategori pangan ataupun non pangan. Diantara kelompok industri antara sawit termasuk didalamnya industri olein, stearin, oleokimia dasar (fatty acid, fatty alcohol, fatty amines, methyl esther, glycerol).

Pengembangan industri hilir kelapa sawit perlu dilakukan mengingat nilai tambah produk hilir sawit yang tinggi. Jenis industri hilir kelapa sawit spektrumnya sangat luas, hingga lebih dari 100 produk hilir yang telah dapat dihasilkan pada skala industri. Namun baru sekitar 23 jenis produk hilir (pangan dan non pangan) yang sudah diproduksi secara komersial di Indonesia. Beberapa produk hilir turunan CPO dan PKO yang telah diproduksi diantaranya untuk kategori pangan: minyak goreng, minyak salad, shortening, margarine, Cocoa Butter Substitute (CBS), vanaspati, vegetable ghee, food emulsifier, fat powder, dan es krim. Untuk kategori non pangan diantaranya adalah: surfaktan, biodiesel, dan oleokimia turunan lainnya.

Pengembangan industri hilir kelapa sawit untuk peningkatan nilai tambah. Adanya klaster industri berbasis minyak sawit mentah diharapkan memperkuat keterkaitan pada semua tingkatan rantai nilai (value chain) dari industri hulunya, mampu meningkatkan nilai tambah sepanjang rantai nilai dengan membangun visi dan misi yang selaras sehingga mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi dan jenis sumber daya yang digunakan dalam industri, dan memfokuskan pada penggunaan sumber- sumber daya terbarukan (renewable resources).

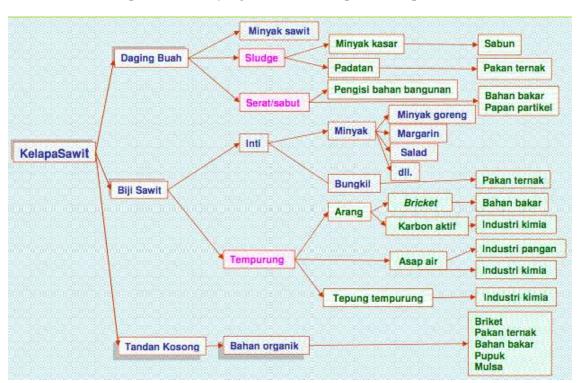
## Konsep Zero Emission dan Aplikasinya pada Industri Kelapa Sawit

"Zero emission" merupakan konsep yang diluncurkan oleh Universitas PBB pada tahun 1994. Tujuan utama dari konsep ini terletak pada konstruksi sistem sosio-eonomik yang tidak menghasilkan limbah melalui kolaborasi di antara berbagai pelaku industri (Zero Emission Manual Drafting Committee, 2004). Kongkretnya, hal ini berarti bahwa limbah dari industri A akan digunakan sebagai bahan baku bagi industri B dan limbah yang dihasilkan industri B digunakan sebagai bahan baku bagi industri C dan seterusnya. Dengan membangun kluster industri terpadu yang memungkinkan optimalisasi pemanfaatan limbah, maka semua limbah akan tereliminasi. Untuk mewujudkan konsep ini ada dua pendekatan yang bisa dilakukan. Pertama, kita perlu mendesain dan menghasilkan barang-barang tanpa limbah. Kedua, jika pendekatan pertama tidak bisa dilakukan dan produk limbah dihasilkan, maka kita harus memanfaatkan limbah sebagai input yang bernilai tambah bagi barang atau industri lain. Hal ini dapat dilakukan dengan dalam suatu industri sehingga akan terbentuk siklus tertutup atau menciptakan kluster industri yang terkait yang memanfaatkan limbah sebagai sumberdaya.

Tujuan penting lainnya dari konsep "Zero emission" adalah peningkatan produktivitas sumberdaya melalui penggunaan energi dan sumberdaya secara lebih efektif di hulu di mana bahan baku dihasilkan dan barang-barang diproduksi, yang dibarengi dengan penurunan limbah hingga nol di hilir. Perlu ditekankan bahwa "Zero emission" pada dasarnya merupakan prinsip komprehensif untuk membangun suatu masyarakat berbasis daur ulang sumberdaya melalui kerjasama antar pelaku ekonomi.

Konsep zero emission merupakan perbaikan dari pendekatan pengelolaan limbah industri tanpa limbah yang dikenal dengan konsep "industri bersih" yang mulai dikembangkan pada tahun 1980. Menurut UNEP, industri bersih merupakan strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang diterapkan secara terus menerus pada proses produksi, produk dan jasa sehingga meningkatkan eko-efisiensi dan mengurangi terjadinya resiko terhadap manusia dan lingkungan. Konsep ini memiliki hierarchy di mana recycle harus dilakukan langsung (*in-pipe recycle*). Jadi penyelesaian masalah lingkungan ditekankan pada sumber pencemaran bukan pada akhir proses seperti pada *end-of pipe* treatment technology. Konsep ini meliputi pemanfaatan sumber alam secara efisien yang bermakna pula bagi penyusutan limbah yang dihasilkan, pencemaran, dan penyusutan risiko bagi kesehatan dan keselamatan manusiadan manusia.

Berkenaan dengan produksi minyak sawit yang sangat tinggi, akan dihasilkan beberapa limbah baik padat maupun cair yang harus dikelola dengan benar sehingga tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Pengelolaan limbah pabrik kelapa sawit menjadi sesuatu yang mendesak karena walaupun bukan merupakan limbah B3 tetapi mempunyai potensi sangat besar menimbukan pencemaran lingkungan bila tidak dikelola dengan baik. Pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit umumnya dilakukan secara parsial, limbah padatnya yang berupa cangkang dan serabut/fiber dimanfaatkan untuk menghasilkan steam dan listrik yang dipakai dalam proses produksi minyak kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit umumnya dikembalikan ke kebun kelapa sawit untuk mulsa dan untuk memperbaiki kualitas Khusus untuk air limbahnya, setelah mengalami proses penguraian di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagian besar telah dimanfaatkan untuk menyiram tanaman kelapa sawit (land application). Beberapa upaya kini terus dilakukan untuk meningkatkan nilai guna dari pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit. Selain dimanfaatkan secara parsial/tunggal, beberapa limbah pabrik kelapa sawit seperti: tandan kosong, serabut (fibre), Solid decanter, abu ketel (furnace ash), air limbah dan sludge IPAL dimanfaatkan secara bersama untuk menghasilkan produk tertentu. Gambar 3 menunjukan berbagai produk yang dihasilkan dari memproses limbah yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit (PKS).



Gambar 3. Pohon pemanfaatan limbah kelapa sawit (Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2006)

Konsep zero emission seharusnya dapat dilaksakan pada agroindustri, terutama pada indiustri kelapa sawit, karena kossep ini mempunyai prinsip dasar bahwa proses industri, terutama agroindustri, tidak menghasilkan limbah apapun, karena setiap hasil produksi dari industri akan menjadi bahan baku untuk industri lainnya. Melalui konsep ini, proses industri akan menghemat sumber daya alam, memperbanyak jenis produk, menciptakan lebih banyak lapangan kerja, serta mencegah pencemaran dan kerusakan alam.

Applikasi zero emssion pada industri kelapa sawit dapat meningkatkan efisiensi dan daya saing karena semua sumber daya digunakan secara maksimal, yaitu memproduksi lebih banyak dengan sumber daya yang sama. Kegiatan kebun dan pabrik kelapa sawit memungkinkan pelaksanaan zero emission, karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan kebun dan pabrik kelapa sawit dapat dimanfaatkan kembali. Oleh sebab itu zero emission dapat dipandang sebagai suatu konsep standar produksi baru.

## Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit untuk produksi listrik (Studi Kasus di PT. Listrindo Kencana, Bangka)

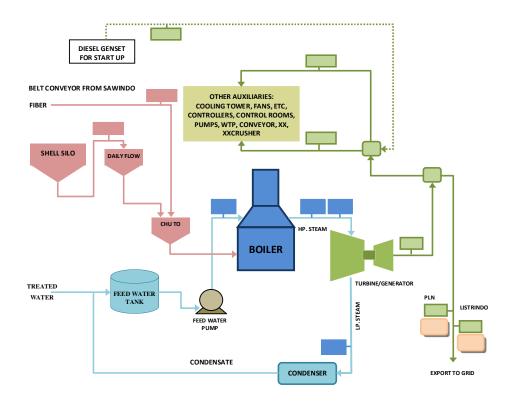
PT. Listrindo Kencana adalah perusahaan yang bergerak dalam pembangkitan listrik tenaga uap dengan bahan bakar biomassa. Listrindo Kencana dibangun dengan kapasitas 6 MW (Gambar 4). Bahan kakar yang digunakan untuk PLTU ini sepenuhnya berasal dari biomassa limbah kelapa sawit. Bahan bakar tersebut terdiri dari campuran cangkang (*shell*) dan tandan kosong (*TKS*) yang telah dicacah terlebih dahulu.

Sistem pembangkit lidtrik tenaga biomassa ini menggunakan sistem turbin yang dilengkapi dengan kondenser dan pembangkit tenaga listrik (turbo generator dan *transformator step-up*) seperti diperlihatkan pada Gambar 5.

Steam digunakan untuk memutar turbin untuk membangkitkan listrik. Steam disalurkan ke turbin melalui pipa daya, sewaktu melewati turbin, steam mengalami penurunan tenaga dalam bentuk penurunan tekanan dan temperatur secara bertingkat, lalu didinginkan di kondensor oleh air pendingin melalui mekanisme alat pertukaran panas (*heat exchanger*), sedemikian sehingga steam tersebut berubah menjadi air yang disebut air kondensat. Selanjutnya air kondensat dikembalikan ke boiler untuk kemudian dijadikan steam kembali. Demikian seterusnya terjadi sistem tertutup air-steam-air.



Gambar 4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap Listrindo Kencana (Bangka) menggunakan bahan bakar limbah padat kelapa sawit (cangkang, fiber, dan janjang kosong).



Gambar 5. Diagram pemanfaatan limbah padat industri sawit (PT. Sawindo Kencana) untuk menghasilkan energi listrik (PT. Listrindo Kencana) dan dijual ke PLN untuk masyarakat luas.

Dengan sistem tertutup tersebut, maka kebutuhan air menjadi relatif kecil, dimana penambahan sekitar 10% dari berat steam yang dihasilkan. Air pendingin setelah melewati kondensor temperaturnya naik (biasanya 8-10°C) didorong ke *cooling tower*. Di *cooling tower* ini air dikucurkan dari atas hingga jatuh ke dalam reservoir atau bak penampung. Air pendinginan yang sedang mengucur dari atas didinginkan oleh aliran udara yang ditarik ke atas dibuang ke atmosfer oleh blower yang berada tepat di bagian atas *cooling tower*. Sistem kerja pendingin seperti ini disebut type *counter flow* (arah air jatuh dan arah angin berlawanan). Selanjutnya air pendingin yang tertampung di dalam reservoir dipompakan kembali ke kondensor untuk melakukan proses pendinginan kembali. Demikian seterusnya terjadi siklus tertutup air dingin-air hangat-air dingin.

Putaran poros turbin digandeng langsung (direct coupling) dengan poros generator AC (alternator), sehingga menghasilkan tenaga listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan adalah 6300 Volt/3Ø. Agar dapat dikoneksikan ke jaringan tingkat tinggi PLN, tegangan tersebut dinaikkan (step up) menggunakan transformator 3 fase menjadi sebesar 20 KV. Dari gardu PLN tersebut listrik dialirkan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan listrik yang ada di Cabang Bangka melalui Panel Listrik PLTD Merawang dan Mentok. Jaringan PLN tersebut merupakan jaringan listrik di Kabupaten Bangka yang meliputi 5 Kecamatannya, yaitu: Kecamatan Tempilang, Kelapa, Simpangteritip, Muntok, dan Jebus. Apabila PLTU biomassa ini beroperasi maka jaringan yang ada di 5 kecamatan tersebut akan dapat dialiri listrik dari PLTU biomassa PT. Listrindo Kencana.

Komposisi limbah padat yang digunakan di PLTU Biomassa PT. Listrindo Kencana adalah Serabut PKS, Serabut olahan TKS dan Cangkang sawit dengan komposisi 20%:20%:60%. Kebutuhan biomassa campuran tersebut untuk bahan bakar PLTU biomassa (PT. LK) adalah sekitar 2500 - 3000 Ton per hari untuk dapat menghasilkan listrik seperti yang direncanakan. Limbah padat PT. Sawindo Kencana (serabut, cangkang, dan seluruh TKS yang sudah dicacah menjadi serabut TKS) tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Suplay biomassa campuran dari PT. Sawindo Kencana hanya berkontribusi sekitar 20% saja dan 80% sisanya diambil dari PKS lain.

Setelah berjalan selama 2 tahun sejak 2007 dengan berbagai hambatan yang ada sehingga listrik yang dihasilkan tidak sesuai dengan rencana, PT Listrindo sebenarnya mendapatkan perhatian dari Pemerintah Daerah melalui rapat dengar pendapat di DPRD Bangka Barat pada hari Selasa tanggal 19 Januari 2010 mengenai penyediaan bahan bakar berupa cangkang.

Berdasarkan rapat tersebut akhirnya disepakati diantara masing-masing Perusahaan bahwa mulai tahun 2010 pasokan bahan bakar PLTU biomassa adalah:

- a. PT. Gunung Maras Lestari sebanyak 8.000 12.000 ton per bulan
- b. PT. Gunung Sawit Bina Lestari sebanyak 6.000 8.000 ton per bulan
- c. PT. MP Leidong West Indonesia (Sinar mas Group) sebanyak 6.000 6.500 ton per bulan
- d. PT. Swara Mitra Sentosa (Mayora Group) sebanyak 2.000 ton per bulan
- e. PT. Sawindo Kencana sebanyak 500 ton per bulan

Dengan pasokan bahan baku seperti yang disepakati tersebut diharapkan bahwa pada tahun 2010 ini PLTU biomassa dapat menghasilkan listrik seperti yang diharapkan yaitu 6 MW, sehingga PLTU kedua yang direncanakan juga dapat di selesaikan pada tahun 2012.

PLTU biomassa yang telah dibangun ini diharapkan dapat menyediakan listrik dengan menggunakan bahan bakar terbarukan (biomassa industri kelapa sawit) dari sumber setempat. Pemanfaatan ini disatu sisi selain merupakan pengelolaan dampak dari pabrik kelapa sawit yang berbasis lingkungan juga merupakan upaya optimalisasi penggunaan sumber daya alam sekaligus membantu membantu mengatasi krisis listrik yang terjadi di Bangka.

Menurut Kurniawati (2010), ketersediaan bahan baku, regulasi/kebijakan dan teknologi untuk pemanfaatan biomassa kelapa sawit sebagai bahan bakar pembangkit listrik bukan lagi merupakan hambatan. Faktor-faktor yang menyebabkan belum dimanfaatkannya limbah padat agroindustri kelapa sawit sebagai bahan bakar PLTU biomassa untuk menghasilkan listrik bagi masyarakat umum adalah:

a. Belum adanya dukungan dari Pemerintah dalam hal implementasi pelaksanaan atas regulasi/peraturan atau kebijakan yang telah dibuatnya (baik dari dukungan finansial termasuk subsidi, pajak ataupun insentif bagi pelaksana kegiatan energi terbarukan). Selama ini yang ada adalah bahwa suatu industri membangun PLTU biomassa sendiri dan menjual listrik yang dihasilkan kepada pihak PLN yang sudah mempunyai jaringan listrik. Yang ideal adalah diperlukan kerjasama dan koordinasi antara instansi (PLN, Departemen terkait) serta masyarakat dan Pemerintah setempat untuk membangun suatu jaringan listrik dari pemanfaatan limbah padat agroindustri kelapa sawit yang ada di daerahnya. Hal ini sangat penting untuk dilakukan agar memudahkan dalam hal beban kerja, masalah pendanaan, tanggung jawab serta manfaat-manfaat dari adanya jaringan tersebut sehingga program energi terbarukan

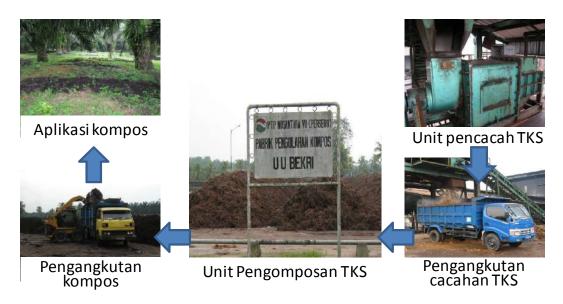
untuk listrik dapat terlaksana tidak hanya di daerah yang telah ada jaringan listrik dari PLN saja.

#### b. Faktor biaya atau pendanaan.

Telah diketahui bahwa penerapan energi terbarukan atau konservasi energi memerlukan modal awal (investasi) dan biaya pemeliharaan yang besar sehingga konservasi energi dalam hal ini adalah memanfaatkan limbah biomassa agroindustri kelapa sawit untuk mensubstitusi penggunaan bahan bakar fosil yang ada tidak menarik perhatian para penggunanya (dalam hal ini adalah pihak industri) meskipun sesungguhnya memberikan keuntungan dalam jangka panjang.

## 2. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi kompos (Studi Kasus PTPN VII, Unit Usaha Bekri)

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi kompos yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai pupuk diperkebunan kelapa sawit telah dilakukan dibeberapa agroindustri kelapa sawit. PTPN VII Unit Usaha Bekri, Lampung telah memulai memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit, memproduksi kompos, dan memanfaatkannya sebagai pupuk organik. Walaupun demikian, dampak dari penggunaan kompos terhadap peningkatan produksi buah kelapa sawit belum dikaji karena kegiatan ini masih relatif baru. Kegiatan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi dan pemanfaatan kompos di PTPN VII Unit Usaha Bekri diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kegiatan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi dan pemanfaatan kompos di PTPN VII Unit Usaha Bekri

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKS) untuk produksi kompos secara umum akan memberikan manfaat lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Penggunaan kompos di perkebunan kelapa sawit diprediksi akan dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia sekaligus akan memperbaiki struktur kimia, fisika, dan biologi tanah. Walaupun belum dilakukan penelitian tentang dampak penggunaan kompos TKS terhadap kedua hal tersebut di PTPN VII Unit Usaha Bekri, namun beberapa literatur mendukung hal tersebut. Darnoko dkk. (1994), menyatakan bahwa TKS yang diolah terlebih dahulu menjadi kompos sebelum diaplikasikan sebagai substitusi pupuk bertujuan untuk menurunkan nisbah C/N. mempunyai nisbah C/N yang tinggi yaitu 45 – 55 sehingga dapat menurunkan ketersediaan N di tanah karena N termobilisasi dalam proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme tanah. TKS yang telah dikomposkan dengan waktu sekitar 6 – 8 minggu mempunyai nisbah C/N 10 – 15 persen. Lamanya proses pengomposan disebabkan oleh tingginya kandungan TKS mengandung 45,95 persen selulosa, 16,49 persen lignoselulosa pada TKS. hemiselulosa, dan 22,84 persen lignin. Sutarta dkk. (2007), menyatakan bahwa kompos TKS yang ditambahkan pada pembibitan utama kelapa sawit dapat meningkatkan pertumbuhan bibit dibandingkan dengan tanpa aplikasi kompos. Aplikasi kompos TKS meningkatkan diameter batang bibit 18 – 33 persen; tinggi bibit 16 – 26 persen; aplikasi kompos TKS sebesar 5 persen dan pupuk standar pembibitan 50 persen menunjukkan peningkatan 65 persen bobot kering biji dibandingkan dengan perlakuan 100 persen pupuk standar. Dari pengamatan di kebun kelapa sawit PTPN VII Unit Usaha Bekri yang diaplikasi kompos terdapat indikasi dampak positif terhadap pertumbuhan perakaran. Penambahan kompos dapat meningkatkan pertumbuhan perakaran baru. Diharapkan indikasi ini dapat berdampak positif terhadap keberlanjutan produksi kelapa sawit.

Manfaat lingkungan yang bisa diharapkan dari penggunaan pupuk kompos ini adalah pengurangan emissi gas rumah kaca akibat pengurangan penggunaan pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia di perkebunan kelapa sawit akan mengemisikan gas rumah kaca N<sub>2</sub>O ke udara dan berkontribusi menimbulkan pemanasan global sebesar 69% (3,027 ton CO<sub>2</sub>e/FU<sup>1</sup>) dari total emisi yang timbul pada tahap budidaya kelapa sawit (Gheewala *et al.*, 2008). Pengurangan penggunaan pupuk kimia akan memberikan andil dalam penurunan emisi gas rumah kaca.

Pengurangan penggunaan pupuk kimia juga akan memberikan keuntungan tambahan bagi perusahaan berupa pengurangan biaya produksi budi daya kelapa sawit. Bila penggunaan

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> FU=Functional Unit; 100,000 km

pupuk kompos dapat memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi buah kelapa sawit, maka keuntungan tambahan dapat diperoleh melalui peningkatan produktivitas lahan. Kedua hal ini secara kualitatif akan memberikan manfaat ekonomi kepada perusahaan.

Penambahan aktivitas produksi pupuk kompos dari tandan kosong kelapa sawit jelas membuka peluang kerja baru, karena perusaan membutuhkan pekerja tambahan baik untuk mengoperasikan unit produksi kompos tersebut maupun untuk tenaga peneliti yang mengamati dampak dari penggunaan pupuk kompos tersebut. Kegiatan ini juga membuka peluang baru bagi perusahaan yang memproduksi dan memasarkan mikroorganisme pengkompos (*decomposer*). Penciptaan peluang kerja dan peluang usaha ini tentunya dapat memberikan manfaat sosial bagi masyarakat.

## 3. Pemanfaatan POME untuk Budidaya Algae (Studi kasus Maris MV-PTPN VII UU Bekri)

Algae merupakan pabrik berupa sel yang memanfaatkan energi matahari untuk mengubah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi bahan bioaktif bernilai tinggi. Alga merupakan substansi kaya protein yang dapat digunakan sebagai feedstock pada industri farmasi, makanan kesehatan, kosmetik, dan industri pakan ternak. Kini, algae juga ramai diperbincangkan sebagai salah satu sumber bahan bakar yang sangat potensial untuk biodiesel, etanol dan hidrogen (FAO, 2009; Demirbas dan Demirbas, 2010; Williams dan Laurens, 2010; Gouveia, 2011). Terdapat beberapa spesies algae yang dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Tiap-tiap spesies memiliki kandungan minyak yang berbeda-beda (Tabel 4).

Bekerjasama dengan PTPN VII Unit Usaha Bekri, saat ini Maris Konsorsium sedang mengembangkan algae jenis spirulina dan chlorella dengan memanfaatkan air limbah kelapa sawit. Spiruluna memiliki ukuran 10 µm sedangkan chlorella lebih kecil lagi, yaitu antara 2-5 µm. Bibit algae spirulina diperoleh dari Jepara (air payau) telah berhasil diadaptasi untuk air darat dengan memanfaatkan nutrient dari limbah kelapa sawit. Pada saat ini di UU Bekri terdapat 5 kolam, terdiri dari 3 kolam berukuran 4,5 m x 15 m dan sebuah kolam ukuran 5,5 m x 25 m untuk budidaya spirulina skala pilot, 1 kolam ukuran 4,5 m x 10 m untuk algae chlorella, dan sebuah kolam ukuran 4,5 m x 10 m untuk pembibitan algae spirulina. Kolam budidaya algae spirulina sepenuhnya menggunakan air POME (Palm Oil Mill Effluent) tanpa nutrisi tambahan, sedangkan kolam pembibitan algae spirulina dan kolam algae chlorella dan menggunakan air boiler dengan nutrisi tambahan yang terdiri dari TSP, soda kue, dan Vit B12.

Tabel 4. Kandungan minyak berbagai spesies algae (Chisti, 2007)

Microalgae	Kandungan minyak (%	
	berat kering)	
Botryococcus braunii	25–75	
Chlorella sp.	28–32	
Crypthecodinium cohnii	20	
Cylindrotheca sp.	16–37	
Dunaliella primolecta	23	
Isochrysis sp.	25–33	
Monallanthus salina	>20	
Nannochloris sp.	20–35	
Nannochloropsis sp.	31–68	
Neochloris oleoabundans	35–54	
Nitzschia sp.	45–47	
Phaeodactylum tricornutum	20–30	
Schizochytrium sp.	50–77	
Tetraselmis sueica	15–23	



Gambar 7. Budidaya algae skala pilot di PTPN VII UU Bekri

Budidaya algae sangat prospektif karena pertumbuhan yang cepat dan produktivitas yang tinggi. Panen perdana budidaya algae dapat dilakukan antara 7 – 10 setelah tanam. Selanjutnya panen dapat dilakukan dua hari sekali selama 30 hari. Pemanenan algae spirulina cukup mudah, yaitu dengan memompakan air ke suatu tangki yang diberi saringan kain.

Algae akan tersaring dan airnya dikembalikan lagi ke kolam. Pemanenan algae chlorella relatif lebih sulit karena ukuran algae yang lebih kecil sehingga tidak bisa disaring menggunakan saringan kain. Saat ini pemanenan dilakukan dengan metode flokulasi dengan cara menambahkan tawas. Algae akan mengendap sehingga dapat dipisahkan dari airnya. Selanjutnya algae dikeringkan hingga mencapai kadar air sekitar 10%.

Saat ini produksi algae di UU Bekri baru mencapai 5 kg berat kering untuk kolam ukuran 5,5 m x 25 m. Di Belanda, Maris MV telah mengmbangkan algae ini secara komersial dengan produksi mencapai 10 ton/ha per bulan (Ikhsan, 2012).

## 4. Pemanfaatan POME untuk Biogas (Studi kasus PTPN V Riau, PPKS Tandun)

PKS Tandun yang berkapasitas 45 ton/jam merupakan salah satu dari 12 PKS yang dimiliki oleh PTPN V. Kemampuan produksi PKS Tandun adalah 197.000 ton TBS pada tahun 2010 dan 232.000 ton TBS pada tahun 2011 dengan rendemen minyak rata-rata 22,45 %. Setiap ton TBS akan menghasilkan limbah cair pabrik kelapa sawit berupa POME (palm oil mill effluent) sekitar 0,7 – 0,8 m³, dan untuk tahun 2011 diperkirakan POME yang dihasilkan mencapai 162.400 – 185.600 m³. Selama ini POME digunakan untuk pupuk organik dan diaplikasikan langsung ke kebun di sekitar pabrik.

PKS Tandun merupakan pioner dalam pengurangan gas rumah kaca dan pemanfaatan sebagai sumber energi. Sejak tahun 2011 bekerjasama dengan PT KME (Karya Mas Energi) POME diolah untuk menghasilkan biogas yang digunakan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga biogas (PLTB). Saat ini, jumlah limbah yang telah diolah menjadi biogas baru sekitar 50 % dari total limbah cair yang dihasilkan. Listrik yang dihasilkan dari PLTB ini digunakan untuk mengganti sebagian (50%) kebutuhan energi pabrik pengolahan kernel oil. Sebelumnya, kebutuhan energi di pabrik tersebut dipenuhi dari pembangkit listrik tenaga diesel.

Kolam anaerobik tipe *covered lagoon* (Gambar 8) untuk menghasilkan biogas berukuran 50 m x 110 m dengan kedalaman 6,5 m. Kolam ditutup plastik HDPE warna hitam dengan umur pakai plastik sekitar 10 tahun. Waktu tinggal (HRT) POME dalam kolam adalah 50 hari dengan pengadukan (mixing) setiap 20 menit/jam. Tujuan pengadukan ini adalah untuk menghilangkan lapisan minyak yang mungkin timbul di permukaan kolam. Jika lapisan minyak timbul, maka akan menyulitkan keluarnya gas metan dari POME. Volume POME

yang diproses dalam kolam tersebut adalah  $24.000 \text{ m}^3$  dengan nilai COD sekitar 55.000 - 70.000 mg/l dan setelah keluar dari kolam anaerobik menjadi 700 mg/l. Diperkirakan setiap ton POME dapat menghasilkan  $28-30 \text{ m}^3$  biogas, dengan kandungan gas metan 57 - 58 %. Suhu di dalam kolam sekitar  $28 - 34^{\circ}\text{C}$  (mesofilik).



Gambar 8. Digester biogas tipe covered lagoon berukuran 50 m x 110 m dengan kedalaman 6,5 m di PKS Tandun, PTPN V Riau, untuk mendukung PLTB.

Sebelum digunakan untuk mengoperasikan genset, biogas perlu dimurnikan dan dikeringkan. Adanya gas H<sub>2</sub>S, selain menyebabkan korosi juga akan mempercepat penurunan kekentalan oli genset. Kadar H<sub>2</sub>S dalam biogas PKS Tandun yang dihasilkan adalah sekitar 2.500 ppm. Untuk menjalankan genset kandungan H<sub>2</sub>S maksimum adalah 800 ppm, sehingga perlu dibersihkan terlebih dahulu. Pembersihan H<sub>2</sub>S dilakukan secara biologis menggunakan sistem BIO Gasclean dan menghasilkan biogas dengan kadar H<sub>2</sub>S kurang daripada 100 pm. Biogas ini kemudian dikeringkan dengan cara kondensasi. Kadar air biogas yang tinggi akan mengganggu proses konversi biogas menjadi energi listrik.

Konversi biogas menjadi energi listrik dilkukan secara langsung dengan menggunakan Genset merek Guascor buatan Spanyol. Syarat utama biogas harus memiliki kadar metana 58%. Listrik yang dihasilkan adalah 650 kWh. Dalam pemanfaatan POME ini, PTPN V

bekerjasama dengan PT KME sebagai pihak *project developer* yang membangun PLTB berkapasitas 1 MW dengan mekanisme BOT (*Build Operation and Transfer*). Parameter desain digester biogas adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter desain digester biogas di PKS Tandun, PTPN V Riau.

Parameter	Kapasitas Produksi Kelapa Sawit (Ton TBS/jam)		
	30	45	60
Desain Keluaran Biogas (m³/jam)	20	30	40
Penurunan COD/BOD (%)	90	90	90
Perkiraan produksi biogas (NM³/jam)	500-815	815-1.000	1.000
Kandungan gas metana (%)	55-65	55-65	55-65
Nilai energi (MJ/jam)	4.204-6.852	6.852-8.400	8.400-11.088
Ekivalensi bahan bakar dari shell	0,8-1,3	1,3-1,6	1,6-2,1
Potensi energi listrik (kWe)	1.000	1.500	2.000

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Pusat Statistik. 2011. Perkembangan Beberapa Indikator Utama Sosial-Ekonomi Indonesia.
- Bangun, D. 2012. Peranan Dewan Minyak Sawit Indonesia (DMSI) dalam Aplikasi Inovasi dan Manajemen Kelapa Sawit yang Berorientasi Kelestarian Lingkungan. Dalam *Akselerasi Inovasi Industri Kelapa Sawit (Prosiding Seminar Nasional dan Kongres MAKSI 2012*), editor Ani Suryani, Khaswar Syamsu, Dede Saputra, Kartika Sari Suparman, Iman Sulaeman, Yuli Sukmawati. Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia, Bogor.
- Caroko, W., Komarudin, H., Obidzinski, K., Gunarso, P. 2011. Policy and institutional frameworks for the development of palm oil-based biodiesel in Indonesia. CIFOR (Center for International Forestry Research), Bogor, Indonesia.
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* **25**: 294–306.
- Daryono, M. 2009. Keberpihakan BUMN terhadap Riset dan Pengembangan Kelapa Sawit Indonesia. Seminar Tahunan Masyarakat Perkelapasawitan Indonesia. Bogor.
- Demirbas, A. dan M. F. Demirbas. 2010. Algae Energy: Algae as a New Source of Biodiesel. Springer, London.
- Departemen Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Kelepa Sawit*. Pusat data dan Informasi Departemen Peindustrian. Jakarta.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. Kebijakan Pengembangan Komoditas Perkebunan Strategis. Paparan disampaikan pada Rapat Kerja Akselerasi Industrialisasi dalam Rangka Mendukung Percepatan dan Pembangunan Ekonomi, Hotel Grand Sahid, 1 Pebruari 2012.
- FAO. 2009. Algae-Based Biofuels: A Review of Challenges and Opportunities for Developing Countries. ECOFYS-GBEP-FAO.
- Frieden, D., Pena, N., Bird, D.N., Schwaiger, H., Canella, L. 2011. Emission balances of first- and second-generation biofuels Case studies from Africa, Mexico, and Indonesia. CIFOR (Center for International Forestry Research), Bogor, Indonesia.
- Gheewala, S.H., Wanida, W., and Masayuki, S., 2008, LC GHG Emissions from Palm Oil Biodiesel Production & Use in Thailand, AIST, Japan.
- Gouveia, L. 2011. Microalgae as a Feedstock for Biofuels. Springer, Heidelberg.
- Gumbira-Sa'id, E. 2009. Review Kajian, Penelitian dan Pengembangan Agroindustri Strategis Nasional: Kelapa Sawit, Kakao dan Gambir. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 19(1): 45-55.
- Hasanudin, U. 2010. *Penerapan Pedoman Pengelolaan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit*. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Hasanudin, U. 2008. "The Biomass Utilization from Agroindustries in Indonesia". *Biomass Sustainable Utilization Working Groups Discussion*. November, 28-29<sup>th</sup> 2008, Jakarta.
- Hasanudin, U. dan E. Suroso. 2009. Pemanfaatan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi dan Upaya Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca. Seminar Tahunan Masyarakat Perkelapa Sawitan Indonesia (MAKSI), 24-25 November 2009. Bogor.
- Herman, Agus, F., Las, I. 2009. Analisis Finansial dan Keuntungan yang Hilang dari Emisi Karbon Dioksida pada Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Litbang Pertanian* 28(4): 127-133
- Ikhsan, M. 2012. Komunikasi pada tanggal 12 September 2012.
- Indonesian Sustainable Palm Oil Commission. 2012. *Indonesian Palm Oil in Numbers 2012*. Indonesian Sustainable Palm Oil Commission.
- Kementrian Koordinator Bidang Ekonomi. 2011. *Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia*. Deputi Bidang Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. Jakarta.
- Kurniawati, D. S., 2010, Pemanfaatan Limbah Padat Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Sumber Energi Listrik, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia, Jakarta.
- Lakitan, B. 2012. Kebijakan Riset dan Teknologi untuk Mendukung Industrialisasi Kelapa Sawit dalam Rangka Implementasi MP3EI. Dalam *Akselerasi Inovasi Industri Kelapa Sawit (Prosiding Seminar Nasional dan Kongres MAKSI 2012*), editor Ani Suryani,

- Khaswar Syamsu, Dede Saputra, Kartika Sari Suparman, Iman Sulaeman, Yuli Sukmawati. Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia, Bogor.
- Lubis, R.E. dan Widanarko, A. 2011. Buku Pintar Kelapa Sawit. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Pahan, I. 2011. Panduan Lengkap Kelapa Sawit (cetakan XI). Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sargeant, H.J. 2012. Sustainable Palm Oil Implementation and Benefit: BSP Experience. The 3<sup>rd</sup> International Conference Exhibition of Palm Oil (ICE-PO), Jakarta 9-11 May 2012.
- Sipayung, T. 2012. Ekonomi Agribisnis Minyak Sawit. IPB Press, Bogor.
- Suryani, A. 2012. Teknologi Industri Berbasis Kelapa Sawit. Dalam *Merevolusi Revolusi Hijau Pemikiran Guru Besar IPB* (Buku III). Penyunting Roedhy Poerwanto, Iskandar Zulkarnaen Siregar, Ani Suryani. IPB Press, Bogor.
- Tim INDEF. 2011. *Outlook Industri 2012: Strategi Percepatan dan Perluasan Agroindustri*. Kementrian Perindustrian Republik Indonesia.
- Williams, P.J.B. dan L.M.L. Laurens. 2010. Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. *Energy Environ. Sci.*, **3**: 554–590.
- Zero Emission Manual Drafting Committee. 2004. Zero Emissions Manual: Realizing a Zero Emissions-based Regional Community. United Nations University Zero Emissions Forum Booklet. Tokyo, Japan.