

# ANALISIS ENERGI MASUKAN-KELUARAN PADA PROSES PRODUKSI KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* jacq.)

Input-Output Energy Analysis in Oil Palm Production

Agus Haryanto<sup>1</sup>, Budianto Lanya<sup>1</sup>, Sugeng Triyono<sup>1</sup>, Mirwan Saputra<sup>2</sup>, Nomi Setyowati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro, No. 1, Bandar Lampung 35145; <sup>2</sup>Alumni Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.  
Email: agusharyanto@unila.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis energi masukan-keluaran dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi pada proses budidaya kelapa sawit. Penelitian dilakukan di PTPN VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan dengan mengamati semua energi yang digunakan dan dihasilkan. Energi masukan terdiri dari tenaga manusia, bahan bakar, energi tidak langsung dari pupuk, pestisida, dan alat-mesin pertanian. Energi keluaran berasal dari tandan buah segar (TBS) dengan komponen minyak sawit, minyak inti sawit, serat, cangkang, dan tandan kosong, serta pelepah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa budidaya kelapa sawit memerlukan energi masukan sebesar 57,63 GJ.ha<sup>-1</sup> dan menghasilkan energi 339,14 GJ.ha<sup>-1</sup>. Sebagian besar energi masukan adalah penggunaan pupuk yang mencapai 31,22 GJ.ha<sup>-1</sup> (54,18 % dari total energi masukan). Berdasarkan tahapan budidaya, maka pemeliharaan tanaman produktif memerlukan energi yang paling besar yaitu 33,06 GJ.ha<sup>-1</sup> (57,37 %). Budidaya kelapa sawit menghasilkan energi neto 281,51 GJ.ha<sup>-1</sup> dengan rasio energi 5,88, produktivitas energi 0,258 kg TBS/MJ, dan intensitas energi 3,87 MJ/kg TBS.

**Kata kunci:** Analisis energi, energi masukan, energi keluaran, indikator energi

## ABSTRACT

This study was performed to evaluate the input-output energy for oil palm production and to identify the possibility to save energy consumption for activities related to oil palm production. Observation was conducted at PTPN VII Farm Unit of Rejosari, South Lampung. The energy inputs included human power, fuel and electricity as well as indirect energy resulted from the use of farm machinery, fertilizer, and pesticide. Energy outputs to be considered were resulted from full fruit bunch (FFB) consisted of crude palm oil (CPO), palm kernel oil (PKO), fiber, shell, empty fruit bunch, and trunk. The study revealed that total energy input of 57,63 GJ.ha<sup>-1</sup> was required in oil palm production. Maintenance of productive plant consumed the highest energy, that was 33,06 GJ.ha<sup>-1</sup> or 57,37 % of the total energy input. Based on energy sources, fertilizer was the most important input for oil palm production, accounted for 31,22 GJ.ha<sup>-1</sup> (51,18 % of total energy input). The study also concluded that oil palm production generated energy output of 339,14 GJ.ha<sup>-1</sup> with energy ratio of 5,88, energy productivity of 0.258 kg FFB per MJ, energy intensity of 3,87 MJ per kg FFB, and net energy gain of 281,51 GJ.ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Energy analysis, input energy, output energy, energy indicators

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) merupakan salah satu tanaman andalan sektor pertanian, khususnya perkebunan, Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari keragaan perkebunan kelapa sawit yang terus meningkat. Pada kurun 1995 sampai dengan 2007 terjadi peningkatan luas panen dari

1,19 juta ha menjadi 4,54 ha yang disertai dengan peningkatan produksi dari 22,4 juta ton menjadi 78 juta ton pada kurun waktu yang sama (FAO, 2009). Rendemen CPO (*crude palm oil*) juga mengalami peningkatan signifikan dari sekitar 1,5 ton/ha pada 1995 menjadi sekitar 5,5 ton/ha pada 2003 (Setiawan, 2009). Melalui pola perkebunan inti rakyat, kelapa sawit bahkan mampu meningkatkan pendapatan ratusan ribu

petani yang terlibat (Zen dkk., 2006). Peran penting kelapa sawit juga terlihat dari ekspor produk kelapa sawit, yaitu CPO dan minyak inti sawit (PKO, *palm kernel oil*) yang terus meningkat dan telah memberikan andil yang sangat besar terhadap ekspor hasil pertanian secara keseluruhan. Sampai tahun 1998, nilai ekspor produk kelapa sawit (CPO dan PKO secara bersama-sama) hanya menempati urutan kedua setelah karet. Sejak tahun 1999, nilai ekspor produk kelapa sawit telah menempati urutan teratas dari 20 produk ekspor hasil pertanian. Saat ini, lebih dari 90 % dari ekspor produk kelapa sawit berasal dari Indonesia dan Malaysia (UNDP, 2007). Sejak tahun 2007 Indonesia bahkan telah menggeser posisi Malaysia dan menempati urutan pertama sebagai produsen produk minyak kelapa sawit terbesar di dunia.

Kecenderungan global (termasuk kebijakan pemerintah Indonesia) untuk mengembangkan bahan bakar biodiesel guna mengantisipasi kekurangan bahan bakar minyak di masa mendatang nampaknya akan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan industri kelapa sawit (Basiron, 2008; Carter dkk., 2007; Murphy, 2007). Hal ini disebabkan oleh karena minyak kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan biodiesel.

Penggunaan energi yang efisien dalam industri kelapa sawit merupakan persoalan yang perlu diantisipasi. Pertama-tama, penggunaan energi yang efisien akan mengakibatkan penghematan secara finansial, penghematan pemakaian sumber energi fosil, dan mengurangi dampak lingkungan (polusi). Dengan demikian penggunaan energi yang efisien merupakan salah satu persyaratan bagi terwujudnya produksi yang lestari di bidang pertanian. Selain itu, hal ini juga untuk mengantisipasi persyaratan produk yang lebih ketat berkaitan dengan isu-isu di bidang lingkungan. Sebagai contoh, di Amerika Utara saat ini telah muncul kajian pencantuman jumlah energi masukan dalam kemasan (*energy input labeling*) suatu jenis barang atau produk (Time Travel System, 2008). Lebih dari itu, penggunaan energi masukan yang efisien adalah salah satu cara untuk menepis anggapan bahwa perkebunan kelapa sawit, khususnya di Indonesia dan Malaysia, telah memicu kerusakan lingkungan dan emisi gas rumah kaca yang berakibat pada perubahan iklim (Greenpeace, 2008; Reijnders dan Huijbregts, 2008; Smolker dkk., 2009). Di dalam panduan mengenai produksi minyak sawit berkelanjutan dinyatakan bahwa pihak perkebunan dan pabrik kelapa sawit perlu mengkaji penggunaan energi (energi/ton CPO, energi/ton TBS) dalam operasinya (Roundtable on Sustainable Palm Oil, 2006). Oleh karena itu, audit energi menjadi suatu kegiatan penting dari manajemen industri kelapa sawit modern.

Audit energi dapat didefinisikan sebagai suatu proses untuk mengevaluasi kebutuhan energi dan mengidentifikasi

peluang untuk mengurangi konsumsi energi pada suatu bangunan, pabrik, proses, atau kegiatan (Thumann dan Younger, 2007). Tujuan audit energi adalah untuk mengembangkan suatu basis data guna menentukan: (1) pola dan level penggunaan energi, dan (2) peluang untuk menghemat energi secara efektif. Audit energi menjadi suatu bagian yang penting dari manajemen karena terdapat hubungan antara besarnya energi yang digunakan dengan biaya yang dikeluarkan. Oleh karena itu, peluang untuk mengurangi kebutuhan energi juga berarti peluang untuk mengurangi biaya. Mengkuantifikasikan masukan dan keluaran suatu proses produksi tanaman dengan nilai energinya merupakan salah satu norma yang diterima secara universal (Baruah dan Dutta, 2007). Banyak penelitian telah dilaporkan mengenai analisis energi untuk menentukan efisiensi penggunaan energi dalam budidaya berbagai jenis tanaman di antaranya adalah tebu (Haryanto dkk., 2009; Khan, 2009; Mrini dkk., 2001), padi (Hendriadi dan Mulyantoro, 2009; Baruah dan Dutta, 2007; Bockari-Gevao dkk., 2005), kentang (Mohammadi dkk., 2008), gandum (Shahan dkk., 2008; Baali dan van-Ouwerkerk, 2005), dan tomat (Esengun dkk., 2007).

Makalah ini membahas hasil penelitian mengenai analisis energi masukan-keluaran pada budidaya kelapa sawit. Penelitian dimaksudkan untuk mengidentifikasi tahap-tahap di mana dapat dilakukan penghematan energi dengan mengubah atau memodifikasi kegiatan dalam suatu tahapan budidaya.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan observasi dan menggunakan kumpulan data penggunaan energi selama proses produksi CPO di PT Perkebunan Nusantara (PTPN) VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan. Pada tahun 2008, perusahaan mengelola 4581 ha tanaman sawit (295 ha di antaranya adalah tanaman belum menghasilkan). Selain itu, perusahaan juga memperoleh pasokan TBS melalui kemitraan dengan petani yang mencapai luas 2586,5. Berdasarkan data tahun 1999-2007, produktivitas kelapa sawit di PTPN VII Unit Usaha Rejosari mencapai 14,873 ton.ha<sup>-1</sup> dengan rendemen CPO 21,25 %.

Secara geografis, areal PTPN VII Unit Usaha Rejosari terletak pada 105,07 hingga 105,27 Bujur Timur dan 5,26 hingga 5,33 Lintang Selatan dengan ketinggian 100 m dari permukaan laut, memiliki curah hujan per tahun antara 1500 hingga 2300 mm, bulan kering rata-rata 2,1 bulan/tahun, suhu rata-rata 27 °C, dan kelembaban 63 hingga 80 %. Jenis tanah didominasi podsolik merah kuning dan memiliki pH antara 5,6 hingga 6,0.

### Batasan Sistem dan Asumsi

Kegiatan produksi kelapa sawit di PTPN VII Unit Rejosari meliputi kegiatan pembibitan, penanaman, pemeliharaan tanaman belum menghasilkan (TBM) selama 5 tahun pertama, pemeliharaan tanaman produktif atau tanaman sudah menghasilkan (TSM) selama 15 tahun berikutnya (termasuk panen), dan transportasi hasil panen yang berupa tandan buah segar. Energi alami yang berasal dari matahari dan air (hujan maupun sungai) tidak diperhitungkan, tetapi pompa air (jika digunakan) untuk mengangkat air dari sungai akan diperhitungkan.

### Perhitungan

Dalam penelitian ini jenis energi yang diperhitungkan meliputi penggunaan energi yang berasal dari tenaga manusia, energi bahan bakar untuk mengoperasikan peralatan mekanis, dan energi tidak langsung (*embodied energi*) dari penggunaan pupuk, bahan kimia (pestisida, herbisida), dan alat mesin pertanian. Perhitungan dilakukan pada setiap tahap kegiatan budidaya untuk setiap jenis energi. Hasil perhitungan kemudian dijumlahkan untuk seluruh tahapan budidaya.

Total energi manusia (LABEN) yang diperlukan selama proses budidaya diperhitungkan menggunakan Persamaan (1):

$$LABEN = (JOK \times LABENCO) / AREA \quad [1]$$

di mana LABEN adalah energi yang berasal dari tenaga kerja ( $MJ \cdot ha^{-1}$ ), JKO adalah jam kerja orang untuk suatu kegiatan (jam), LABENCO adalah koefisien energi dari tenaga manusia ( $MJ \cdot jam^{-1}$ ), dan AREA adalah luas areal (ha). Nilai koefisien energi dari tenaga manusia untuk negara-negara sedang berkembang adalah  $2,2 MJ \cdot jam^{-1}$  (Pimentel dan Pimentel, 2008). Nilai ini telah diadopsi oleh beberapa peneliti, di antaranya Ozkan dkk. (2004), Strapatsa dkk. (2006), Jianbo (2006), Esengun dkk. (2007), dan Kaltsas dkk. (2007).

Energi bahan bakar untuk mengoperasikan alat mesin pertanian dihitung dengan Persamaan [2]:

$$FUELEN = h \times FC \times FUELENCO \quad [2]$$

di mana FUELEN adalah energi dari penggunaan bahan bakar (MJ),  $h$  adalah jam kerja alsintan ( $jam \cdot ha^{-1}$ ), FC adalah konsumsi bahan bakar ( $L \cdot h^{-1}$ ), dan FUELENCO adalah koefisien energi bahan bakar ( $MJ \cdot L^{-1}$ ). Alat mesin pertanian yang digunakan di PTPN Unit Rejosari menggunakan minyak solar yang memiliki nilai koefisien energi  $47,78 MJ/liter$  (Pimentel, 1980). Koefisien tersebut tidak hanya memperhitungkan nilai energi solar tetapi juga proses untuk memproduksinya.

Energi tidak langsung dari pemakaian alsintan diperhitungkan dengan Persamaan [3]:

$$MACHEN = \frac{MW \times MACHENCO}{SL \times AREA} \times h \quad [3]$$

dengan MACHEN adalah energi tidak langsung dari pemakaian alsintan ( $MJ \cdot ha^{-1}$ ), MW berat total alsin (kg), MACHENCO adalah koefisien *embodied energi* dari alsin ( $MJ \cdot kg^{-1}$ ), dan SL adalah umur pemakaian alsintan (12 tahun atau 18.000 jam untuk traktor dan 8 tahun atau 12.000 jam untuk truk). Dalam penelitian ini nilai MACHENCO diambil  $109 MJ \cdot kg^{-1}$  berat alsintan (Bockari-Gevao dkk., 2005; Rathke dan Diepenbrock, 2006). Koefisien tersebut sudah memperhitungkan energi untuk memproduksi bahan baku (baja) sebesar  $62,8 MJ \cdot kg^{-1}$ , energi untuk fabrikasi alsintan sebesar  $8,4 MJ \cdot kg^{-1}$ , dan energi untuk perawatan alsintan sebesar  $37,7 MJ \cdot kg^{-1}$ .

Energi tak langsung dari aplikasi pupuk dan pestisida dihitung dengan Persamaan [4] dan [5]:

$$FERTEN = \sum (RATE \times AI \times FERTENCO)_i \quad [4]$$

$$PESTEN = \sum (RATE \times AI \times PESTENCO)_i \quad [5]$$

dengan FERTEN adalah total energi tidak langsung dari pupuk ( $MJ \cdot ha^{-1}$ ), RATE adalah takaran aplikasi pupuk atau bahan kimia ( $kg \cdot ha^{-1}$ ), AI adalah kandungan bahan aktif pupuk atau bahan kimia, dan FERTENCO adalah koefisien energi pupuk yang digunakan ( $MJ \cdot kg^{-1}$  bahan aktif). Sedangkan PESTEN adalah total energi masukan tidak langsung dari pestisida dan herbisida ( $MJ \cdot ha^{-1}$ ), dan PESTENCO adalah koefisien energi pestisida atau herbisida yang digunakan ( $MJ \cdot kg^{-1}$ ). Subskrip  $i$  menunjukkan jenis pupuk dan pestisida yang digunakan. Nilai koefisien energi pupuk dan pestisida yang digunakan untuk perhitungan diberikan dalam Tabel 1.

Energi keluaran diperhitungkan dari nilai energi komponen penyusun TBS yang terdiri dari minyak sawit (CPO = crude palm oil), minyak inti sawit (PKO = palm kernel oil), cangkang sawit, serat sawit, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan pelepah. Nilai koefisien energi produk yang dihasilkan dari budidaya kelapa sawit ini juga diberikan dalam Tabel 1.

Keragaan penggunaan energi dalam proses budidaya pertanian dapat dinilai dari indikator energi (Shahan dkk., 2008) yang terdiri dari rasio energi keluaran terhadap energi masukan (ER), produktivitas energi (EP), energi spesifik atau intensitas energi (EI), dan energi neto (EN), seperti diberikan dalam Persamaan [6 – 9].

$$ER \text{ (desimal)} = \frac{\text{Energi Output (MJ} \cdot \text{ha}^{-1})}{\text{Energi Input (MJ} \cdot \text{ha}^{-1})} \quad [6]$$

$$EP \text{ (kg/MJ)} = \frac{\text{Produksi Sawit (kg} \cdot \text{ha}^{-1})}{\text{Energi Input (MJ} \cdot \text{ha}^{-1})} \quad [7]$$

$$ES \text{ (MJ/kg)} = \frac{\text{Energi Input (MJ} \cdot \text{ha}^{-1})}{\text{Produksi Sawit (kg} \cdot \text{ha}^{-1})} \quad [8]$$

$$EN \text{ (GJ/ha)} = \text{Energi Keluaran (GJ} \cdot \text{ha}^{-1}) - \text{Energi Masukan (GJ} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [9]$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 2 menunjukkan rincian kuantitas fisik energi yang digunakan dalam proses produksi kelapa sawit di PTPN VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan. Energi masukan

tersebut dirinci menurut jenisnya dan dikelompokkan berdasarkan tahapan proses produksi dari pembibitan hingga transportasi TBS. Ringkasan penggunaan energi masukan menurut jenis dan tahapan budidaya diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 1. Nilai koefisien kesetaraan energi masukan dan keluaran dalam produksi jagung

Jenis Energi	Unit	CEE* (MJ/unit)	Keterangan (Referensi)
<b>Pupuk dan Pestisida</b>			
Urea (46 % N)	Kg	65	Wells (2001)
Muriate of Potash, MOP (50 % K <sub>2</sub> O)	Kg	5	FEES (1991)
Kiesserite**)	Kg	5	FEES (1991)
Rock Phosphate (33 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Kg	5,7	Wells (2001)
Dolomite	Kg	0,6	Wells (2001)
Round Up (Glyphosate 486 g/L)	Kg	453	FEES (1991)
Sun Up (Glyphosate 480 g/L)	Kg	453	FEES (1991)
Glidamin (2,4-D 100 g/L)	Kg	101,3	FEES (1991)
DMA-6 (2,4-D 865 g/L)	Kg	101,3	FEES (1991)
<b>Produk kelapa sawit</b>			
CPO	Kg	40,14	Kalam dan Masjuki (2004)
PKO	Kg	40,14	Dianggap sama dengan CPO
TKKS	Kg	18,1	Hussain dkk. (2006)
Serat kelapa sawit	Kg	16,96	Sugumaran dan Seshadri (2009)
Cangkang sawit	Kg	19,1	Hussain dkk. (2006)
Pelepah	Kg	15,72	Goenadi dkk. (2005)

\*) CEE = koefisien energi ekuivalen

\*\*) Mengandung magnesium 26 % MgO (Pleanjai dkk., 2004) dan koefisien energi disetarakan dengan pupuk Potasium Magnesium Phosphate.

Secara keseluruhan kebutuhan energi dalam proses produksi TBS kelapa sawit di PTPN VIII Unit Usaha Rejosari mencapai 57,63 GJ.ha<sup>-1</sup>. Pemeliharaan TSM merupakan kegiatan yang paling banyak menggunakan energi, mencapai

33,06 GJ.ha<sup>-1</sup> atau 57,37 % dari energi masukan total, disusul pemeliharaan TBM 10,37 GJ.ha<sup>-1</sup> (18,05 %), penanaman 6,85 GJ.ha<sup>-1</sup> (11,88 %) dan transportasi 5,65 GJ.ha<sup>-1</sup> (9,80 %).

Tabel 2. Masukan energi per ha pada proses produksi TBS kelapa sawit di PTPN VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan

Jenis energi	Unit	Pembibitan	Penanaman	Pemeliharaan TBM I	Pemeliharaan TBM II	Pemeliharaan TBM III	Pemeliharaan TSM*	Transportasi TBS	jumlah
Tenaga orang	jam	553, 07	1631, 73	1537, 81	539, 90	409, 81	281, 16	59, 62	5013, 10
Bahan bakar	liter	7, 81	15, 22	3, 36	12, 21	56, 16	84, 48	0, 34	179, 59
<b>Mesin:</b>									
• Motor grader 14 T	jam		0, 73	0, 15	0, 19	0, 82	3, 95		5, 85
• Bulldozer 15 T	jam		7, 52						7, 52
• Truk 2650 kg	jam		0, 01	0, 09	0, 10	0, 07	0, 56	3, 08	3, 92
<b>Pupuk:</b>									
• Urea	kg	0, 91	0, 40						1, 31
• Rock phosphate	kg	25, 80	29, 76		49, 85				105, 42
• MOP	kg			206, 93	155, 12	276, 51			638, 55
• Kiesserite	kg						87, 50		87, 50
• Dolomit	kg						441, 27		441, 27
<b>Pestisida:</b>									
• Sun Up	liter	2, 50	4, 41	0, 27	0, 11	0, 02			7, 30
• Glidamin	liter	0, 09	0, 10						0, 19
• DMA-6	liter		0, 04						0, 04
• Tekumin	liter			1, 27	0, 30	0, 21	5, 63		7, 42
• Round Up	liter						1, 53		1, 53

Tabel 3. Masukan energi per ha pada proses produksi TBS kelapa sawit di PTPN VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan

Kegiatan	Manusia (MJ/ha)	Solar (MJ/ha)	Pupuk (MJ/ha)	Pestisida (MJ/ha)	Mesin (MJ/ha)	Total		
						(MJ/ha)	(GJ/ha)	(%)
Pembibitan	1216,8	1,1	79,3	403,0	0,1	1700,20	1,7	2,95
Penanaman	3589,8	1091,2	64,5	713,9	1389,6	6849,01	6,8	11,88
Pemeliharaan TBM I	3383,2	114,9	745,5	137,1	315,4	4696,15	4,7	8,15
Pemeliharaan TBM II	1187,8	138,2	486,3	39,4	607,1	2458,77	2,5	4,27
Pemeliharaan TBM III	901,6	557,5	887,9	17,8	848,9	3213,70	3,2	5,58
Pemeliharaan TSM	618,5	2708,8	28957,0	656,8	119,0	33060,15	33,1	57,37
Transportasi	131,2	5444,6			74,3	5650,09	5,7	9,80
TOTAL (MJ/ha)	11028,8	10056,3	31220,6	1968,0	3354,4	57628,07	57,63	100,00
TOTAL (GJ/ha)	11,0	10,1	31,2	2,0	3,4	57,63		
TOTAL (%)	19,14	17,45	54,18	3,42	5,82	100,00		

### Energi Manusia

Seperti terlihat pada Tabel 2 dan 3, penggunaan energi yang berasal dari otot manusia ternyata masih cukup besar, mencapai 5013 jam orang kerja per ha atau 11,03 GJ.ha<sup>-1</sup> yang berarti 19,14 % dari total input. Jika dikaitkan dengan besarnya angkatan kerja tidak terampil yang dimiliki Indonesia, maka budidaya kelapa sawit merupakan industri yang dapat menyediakan lapangan pekerjaan yang penting. Sebagian besar tenaga manusia diperlukan pada kegiatan pemeliharaan TBM (5,47 GJ.ha<sup>-1</sup>) dan pembibitan (3,59 GJ.ha<sup>-1</sup>).

### Energi Bahan Bakar

Energi yang berasal dari penggunaan bahan bakar (solar) untuk mengoperasikan alsintan adalah 10,06 GJ.ha<sup>-1</sup> (17,45 % dari total energi masukan) dan paling banyak digunakan untuk transportasi hasil panen ke pabrik pengolahan kelapa sawit yang mencapai 5,4 GJ.ha<sup>-1</sup> (54,1 % dari total energi bahan bakar). Pemeliharaan tanaman menghasilkan (TSM) juga memerlukan energi bahan bakar yang cukup signifikan, yaitu 2,7 GJ.ha<sup>-1</sup> (26,8 % dari total energi bahan bakar) dan terutama digunakan untuk pengangkutan pupuk ke areal. Tidak banyak energi bahan bakar yang digunakan dalam kegiatan pembibitan hingga tanaman sawit belum menghasilkan, yang secara bersama-sama hanya 1,9 GJ.ha<sup>-1</sup> (19,1 % dari total energi bahan bakar).

### Energi Embodied Penggunaan Pupuk

Energi masukan yang berasal dari penggunaan pupuk kimia merupakan yang paling besar, mencapai 31,06 GJ.ha<sup>-1</sup> atau 54,18 % dari total energi masukan. Setelah periode “revolusi hijau,” penggunaan pupuk kimia merupakan salah satu cara yang sukses untuk meningkatkan produksi tanaman. Oleh karena itu, tingginya masukan energi dari pupuk kimia ini merupakan fenomena yang juga terjadi pada budidaya berbagai tanaman lain seperti tebu yang mencapai

66 % hingga 79 % dari total input (Haryanto dkk, 2009) dan padi yang berkisar antara 60 % hingga 69 % dari total input (Bockari-Gevao dkk, 2005; Khan dkk, 2009). Dalam budidaya kelapa sawit pupuk urea dan fosfat digunakan pada pembibitan dan penanaman, pupuk MOP (*Muriate of Potash*) digunakan untuk pemeliharaan TBM, dan untuk pemeliharaan TSM digunakan pupuk kieserite dan dolomite.

### Energi Embodied Penggunaan Pestisida

Pengendalian hama dan penyakit merupakan kegiatan yang sangat penting dalam budidaya tanaman pada umumnya. Untuk kasus budidaya kelapa sawit di PTPN VII Unit Usaha Rejosari, energi tidak langsung dari penggunaan bahan kimia (pestisida dan herbisida) tidak banyak, hanya mencapai 1,97 GJ.ha<sup>-1</sup> atau 2,7% dari total energi masukan. Meskipun demikian, jika pengendalian hama dan penyakit ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan musuh-musuh alami, maka akan memberikan dampak positif yang lebih luas dari sekedar reduksi energi tidak langsung dari bahan kimia.

### Energi Embodied Penggunaan Alsintan

Energi masukan tidak langsung dari penggunaan alsintan adalah 3,36 GJ.ha<sup>-1</sup> atau 5,82% dari energi masukan total. Sebagaimana tampak pada Tabel 3, sebagian besar energi ini digunakan pada kegiatan pembibitan dan pemeliharaan TBM yang berturut-turut mencapai 1,39 GJ.ha<sup>-1</sup> dan 1,77 GJ.ha<sup>-1</sup>. Sebelumnya telah dinyatakan bahwa energi bahan bakar untuk mengoperasikan alsintan yang paling banyak digunakan untuk transportasi hasil panen dan pupuk pada pemeliharaan TSM. Hal yang tampaknya kontradiksi ini terjadi karena energi alsintan merupakan fungsi dari berat alsintan yang digunakan. Kegiatan transportasi menggunakan truk dengan bobot hanya 2650 kg, sedangkan pada kegiatan penanaman dan pemeliharaan TBM menggunakan motor grader dan bulldozer yang memiliki bobot masing-masing 14000 kg dan 15000 kg.

## Energi Keluaran dan Keragaan Energi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi TBS per ha di PTPN VII Unit Usaha Rejosari rata-rata mencapai 14873 kg dengan komponen seperti diberikan dalam Tabel 4. Dari kebun juga dihasilkan biomassa berupa pelepah sawit yang memang harus dipangkas secara berkala. Dengan jarak tanam 8 m x 8 m, maka jumlah tanaman per ha adalah 144 pohon. Menurut Mathius (2008), jumlah pelepah bisa mencapai 22 buah per pohon per tahun dengan total berat bahan kering per ha mencapai 5872 kg (92,31 GJ). Besarnya energi keluaran total pada budidaya kelapa sawit adalah 339,14 GJ.ha<sup>-1</sup>. Dapat ditunjukkan bahwa rasio energi keluaran terhadap energi masukan adalah 5,88 dengan produktivitas energi adalah 0,258 kg TBS/MJ, energi spesifik atau intensitas energi adalah 3,87 MJ/kg TBS, dan energi neto adalah 281,51 GJ/ha.

Di Thailand produksi kelapa sawit memerlukan energi masukan 1,08 MJ/kg TBS (Pleanjai dan Gheewala, 2009). Penting untuk dicatat bahwa analisis energi di Thailand tidak memperhitungkan energi masukan yang berasal dari tenaga manusia dan energi tidak langsung yang berasal dari penggunaan alat mesin pertanian. Jika kedua jenis energi masukan ini dikeluarkan untuk kasus di Indonesia, energi masukan menjadi 2,90 MJ/kg TBS. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa budidaya sawit di Indonesia lebih boros dalam menggunakan energi.

## Strategi Mengurangi Energi Input

Penggunaan pupuk kimia memberikan kontribusi terbesar terhadap energi input yang diperlukan dalam produksi kelapa sawit. Salah satu strategi untuk mengurangi kebutuhan energi input adalah penggunaan kompos untuk mengurangi konsumsi pupuk kimia. Saat ini strategi ini tengah dikaji di PTPN VII. Efektifitas kompos telah terbukti pada budidaya tanaman organik yang tidak menggunakan pupuk kimia dan bahan kimia lain, tetapi mampu memberikan hasil panen yang tidak kalah dengan budidaya tanaman non organik.

Limbah industri pengolahan TBS kelapa sawit memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai kompos sehingga dapat menekan energi masukan dari pupuk kimia. Pada basis berat kering, TKKS memiliki kandungan nitrogen 0,44%, posfor 0,144 %, potassium 2,24 %, Mg 0,36 % dan Ca 0,36 %. Penggunaan TKKS sebagai mulsa akan memberikan (per ton TKKS) setara pupuk urea 3 – 3,8 kg, pupuk posfat 0,6 – 3,9 kg, pupuk MOP 12 – 18 kg, dan kieserite 2 – 9,2 kg (Menon dkk., 2003). Dengan takaran 35 ton/ha, maka pemanfaatan limbah pengolahan sawit menjadi kompos atau mulsa dapat mengurangi energi masukan yang berasal dari pupuk MOP paling sedikit 420 kg yang berarti mencapai 66 % dari kebutuhan pupuk MOP. Tetapi, karena TKKS dan serat kelapa sawit merupakan bahan yang tidak mudah busuk,

maka bahan-bahan ini perlu dikomposkan terlebih dahulu sebelum diaplikasikan ke tanaman.

Potensi lain yang dapat digunakan untuk mengurangi konsumsi pupuk kimia adalah limbah cair yang dikenal dengan POME (*palm oil mill effluent*). Hasanudin (2007) melaporkan bahwa jumlah limbah ini mencapai 19,33 ton/jam pada input TBS 25 ton/jam. Setelah diolah, air dan *sludge* dari limbah cair ini dapat dikembalikan ke kebun untuk meningkatkan bahan organik.

## KESIMPULAN

Budidaya kelapa sawit di PTPN VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan memerlukan energi masukan total 57,63 GJ.ha<sup>-1</sup>. Kebutuhan energi terbesar terjadi pada proses pemeliharaan tanaman menghasilkan yang mencapai 33,06 GJ.ha<sup>-1</sup> atau 57,37 % dari energi masukan total. Berdasarkan jenis energi masukan, maka pupuk merupakan kontributor utama dengan 31,06 GJ.ha<sup>-1</sup> atau 54,18 % dari energi masukan total.

Budidaya kelapa sawit menghasilkan energi keluaran 339,14 GJ.ha<sup>-1</sup> dengan rasio energi keluaran terhadap energi masukan mencapai 5,88 dan energi neto 281,51 GJ.ha<sup>-1</sup>. Produktivitas energi dan intensitas energi berturut-turut mencapai 0,258 kg TBS/MJ dan 3,87 MJ/kg TBS.

Potensi penghematan energi dapat dilakukan pada kegiatan pemeliharaan TSM dengan cara memperbanyak penggunaan kompos atau mulsa dari limbah padat (serat, tandan kosong, atau daun) kelapa sawit dan memanfaatkan air beserta *sludge* dari limbah cair yang telah diolah untuk diaplikasikan ke kebun.

## SARAN

Untuk mengurangi energi masukan yang berasal dari penggunaan pupuk, disarankan perusahaan mengembalikan air dan *sludge* dari limbah cair yang sudah diolah ke kebun untuk menambah bahan organik. Sebagian limbah TKKS dan serat sawit juga dapat digunakan sebagai kompos. Karena limbah ini susah terdekomposisi, maka perlu dipertimbangkan juga proses pengomposannya sebelum diaplikasikan ke lapangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan yang tinggi disampaikan kepada manajemen PTPN VII Unit Usaha Rejosari, Lampung Selatan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada reviewer anonim yang telah memberikan saran penting

untuk perbaikan naskah ini. Meskipun demikian, opini dan keakuratan data sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Baali, E. H. dan van-Ouwerker, E. (2005). Energy balance of wheat production in Morocco. Paper at *International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development*, University of Hohenheim, Stuttgart, October 11 - 13, 2005.
- Basiron, Y. (2008). Outlook: Bio-diesel impact on the palm oil industry. *Global Oils & Fats Business Magazine* 5:1-7.
- Baruah, D.C. dan Dutta, P.K. (2007). An investigation into the energy use in relation to yield of rice (*Oryza sativa*) in Assam, India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120 : 185-191.
- Bockari-Gevao, S. M., Ismail, W. I. b. W., Yahya, A. dan Wan, C.C. (2005). Analysis of energy consumption in lowland rice-based cropping system of Malaysia. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 27:819-826.
- Carter, C., Finley, W., Fry, J., Jackson, D. dan Willis, L. (2007). Palm oil markets and future supply. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109: 307-314.
- Esengun, K., Erdal, G., Gündüz, O., dan Erdal, H. (2007). An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. *Renewable Energy* 32:1873-1881.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2009). FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>. [November 21, 2009]
- Goenadi, D.H, Susila, W.R. dan Isroi. (2005). Pemanfaatan produk samping kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif terbarukan. *Makalah pada Badan Litbang Pertanian*, 1 Maret 2005.
- Greenpeace. (2008). *How Unilever Palm Oil Suppliers Are Burning up Borneo*. Greenpeace International: Amsterdam, The Netherlands, p 31.
- Haryanto, A., Lanya, B., dan Suswitasari, D. (2009). Kebutuhan Energi Pada Proses Budidaya Tanaman Tebu: Studi Kasus di PG. Bunga Mayang, Lampung Utara. *Semnair dan Rapat Tahunan (Semirata) Dekan BKS-PTN Bidang Ilmu-ilmu Pertanian Wilayah Barat*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, 13-16 April 2009.
- Hasanudin, U. (2007). Biomass Utilization from Agroindustries. *Seminar 'Indonesia and Japan Joint Symposium: Toward Sustainable Asia with Sound Material Cycle Emission Minimization'*, ITB, Bandung, 5-Maret-2007.
- Hendriadi, A. dan Mulyantoro, L. (2009). Analysis of energy consumption for paddy production in Indonesia. *Proceedings International Symposium Agricultural Engineering Towards Sustainable Agriculture in Asia*. Bogor, November 17–19, 2009.
- FEES (Florida Energy Extension Service). (1991). Appendix C: Units, Equivalent and Energy Constants. In *Energy Information Handbook*. Institute of Food and Agricultural Sciences. <http://edis.ifas.edu/pdf/FILES/EH/EH01500.pdf>. [January 25, 2003]
- Jianbo, L. (2006). Energy balance and economic benefits of two agroforestry systems in northern and southern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 255-262.
- Kalam, M.A. dan Masjuki, H.H. (2004). Emissions and deposit characteristics of a small diesel engine when operated on preheated crude palm oil. *Biomass and Bioenergy* 27 : 289-297.
- Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., dan Kalburtji, K.L. (2007). Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122 : 243-251.
- Khan, M.A., Awan, I.U. dan Zafar, J. (2009). Energy requirement and economic analysis of rice production in western part of Pakistan. *Soil & Environment* 28: 60-67.
- Mathius, I.W. (2008). Pengembangan sapi potong berbasis industri kelapa sawit. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 1 : 206-224.
- Menon, N.R., Rahman, Z.A. dan Bakar, N.A. (2003). Empty Fruit Bunches Evaluation: Mulch in Plantation vs. Fuel for Electricity Generation. *Oil Palm Industry Economic Journal* 3 : 15-20.
- Mohammadi, A., Tabatabaefar, A., Shahin, S., Rafiee, S. dan Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49 : 3566-3570.
- Mrini, M., Senhaji, F. dan Pimentel, D. (2001) Energi analisisof sugarcane production in Morocco. *Environment, Development and Sustainability* 3 : 109–126.

- Murphy, D.J. (2007). Future prospects for oil palm in the 21st century: Biological and related challenges. *European Journal of Lipid Science and Technology* **109** : 296-306.
- Ozkan, B., Akcaoz, H. dan Fert, C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* **29** : 39-51.
- Pimentel, D. (1980). Handbook of Energy Utilization in Agriculture. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Pimentel, D. dan Pimentel, M.H. (2008). *Food, Energy, and Society*. 3<sup>rd</sup> edn. CRC Press: Boca Raton, USA. p 380.
- Pleanjai, S., Gheewala, S.H. dan Garivait, S. (2004). Environmental Evaluation of Biodiesel Production from Palm Oil in a Life Cycle Perspective. In *The Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”*, Hua Hin, Thailand, December 1-3, 2004.
- Pleanjai, S. dan Gheewala, S.H. (2009). Full chain energy analysis of biodiesel production from palm oil in Thailand. *Applied Energy* **86** : S209–S214
- Rathke, G.-W. dan Diepenbrock, W. (2006). Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy* **24** : 35-44.
- Reijnders, L. dan Huijbregts, M.A.J. (2008). Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *Journal of Cleaner Production* **16** : 477-482.
- Roundtable on Sustainable Palm Oil (2006). RSPO Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production Interpretasi - Guidance Document. [http://www.rsponaniwg.org/uploads/40-NI\\_INANIWG\\_Final\\_Draft.pdf](http://www.rsponaniwg.org/uploads/40-NI_INANIWG_Final_Draft.pdf). [28 Desember 2009]
- Setiawan, K. (2009). *Peran Penting Sumberdaya Genetik dalam Peningkatan Produksi dan Minyak Kelapa Sawit*. Pengukuhan Guru Besar di Bidang Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung, 24 November 2009. 38 halaman.
- Shahan, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S. dan Karimi, M. (2008). Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province. *Journal of Agricultural Technology* **4** : 77-88.
- Smolker, R., Tokar, B., Petermann, A. dan Hernandez, E. (2009). Agrofuel costs in Indonesia, Malaysia, Papua New Guinea. *Pacific Ecologist Summer*: 36-39.
- Strapatsa, A.V., Nanos, G.D. dan Tsatsarelis, C.A. (2006). Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **116**: 176-180.
- Sugumaran, P. dan Seshadri, S. (2009). Evaluation of selected biomass for charcoal production. *Journal of Scientific & Industrial Research* **68**: 719-723
- Thumann, A. dan Younger, W.J. (2007). *Handbook of Energi Audits*. 7<sup>th</sup> ed. The Fairmont Press. Lilburn, GA, USA. 467 pages.
- Time Travel System. (2008). Energy Input Labeling Standards 2008 v1.0. [www.energyinputlabeling.org](http://www.energyinputlabeling.org). [15 Desember, 2009].
- UNDP (United Nations Development Programme). (2007). *Malaysia Generating Renewable Energy from Palm Oil Wastes*, United Nations Development Programme, Kuala Lumpur, Malaysia, 34 pages.
- Wells, C. (2001). *Total Energy Indicators of Agriculture Sustainability: Dairy Farming Case Study*. Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand: Wellington, NZ.
- Zen, Z., Barlow, C. dan Gondowarsito, R. (2006). Oil palm in Indonesian socio-economic improvement - A review of options. *Oil Palm Industry Economic Journal* **6** : 18-29.