

**ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI PADA PROSES  
PEMANENAN TEBU DI PTPN VII (PERSERO)  
UNIT USAHA BUNGAMAYANG, LAMPUNG UTARA**

( Skripsi )

**Oleh  
Endang Wahyu Ningrum**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2010**

## ABSTRACT

### ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI PADA PROSES PEMANENAN TEBU DI PTPN VII PERSERO UNIT USAHA BUNGAMAYANG, LAMPUNG UTARA

Oleh

ENDANG WAHYU NINGRUM

*Harvesting sugarcane is one of the important stages in the sugarcane industry. Implementation of harvesting can not be separated from the use of energy. Energy analysis is important tool to evaluate energetic performance of harvesting activity .*

*The purpose of this study was to find out the energy inputs used in the harvesting process for sugarcane. The study was conducted at PTPN VII Unit Usaha Bungamayang. Data collection was performed by recording secondary data, interviews and direct observation on the sugarcane harvesting in Unit Usaha Bungamayang. Data acquisition included the stages of cutting, loading, transporting and unloading. Other activities supporting the harvesting of sugarcane (road improvements) was also calculated.*

*Energy input included fuel, farm equipment and machinery, and human energy. The results showed that harvesting of sugarcane consumed energy 8,874.14 MJ/ha with distribution cutting activities to 622.76 MJ/ha or 7.02% of the total input, loading accounted to 207.65 MJ/ha or 2.34%, transportation was 6,773.49 MJ/ha or 76.33%, unloading was 719.52 MJ/ha or 8,11% and road improvements was 550.72 MJ/ha or 6.21%. Based on the type of energy input, fuel energy was the highest (accounted to 4,065.60 MJ/ha or 45.80%) followed by farm equipment and machinery (3,736.39 MJ/ha or 42.12%) and human energy (1,072.15 MJ/ha or 12.08%). Specific energy of harvesting was 126.10 MJ/ton and productivity energy of harvesting was 0,008 ton/MJ.*

*Key words : sugarcane, harvesting, fuel, human and machinery.*

**ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI PADA PROSES  
PEMANENAN TEBU DI PTPN VII (PERSERO)  
UNIT USAHA BUNGAMAYANG, LAMPUNG UTARA**

Oleh

**ENDANG WAHYU NINGRUM**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2010**

Judul Skripsi : Analisis Penggunaan Energi Pada Proses Pemanenan Tebu di PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang, Lampung Utara

Nama Mahasiswa : Endang Wahyu Ningrum

Nomor Pokok Mahasiswa : 0614071002

Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI,**

1. Komisi Pembimbing

**Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.  
Triyono, M.Sc**  
NIP : 196505271993031002

**Dr. Ir. Sugeng**  
NIP. 196212111987031004

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian  
Universitas Lampung

**Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc**  
NIP. 196212111987031004

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.** \_\_\_\_\_

Sekretaris : **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc**\_\_\_\_\_

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Ir. Budianto Lanya, M.T.** \_\_\_\_\_

### 2. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung

**Prof. Dr. Ir. H. Wan Abbas Zakaria, M.S.**  
NIP : 19610826 198702 1001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 4 Oktober 2010

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 4 Mei 1989, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Syamsuri dan Ibu Purbaini.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah dasar di Sekolah Dasar Negeri 2 Way Kandis Bandar Lampung pada tahun 2000, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 19 Bandar Lampung pada tahun 2003 dan Sekolah Menengah Umum Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2006. Pada tahun 2006, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Penelusuran Kemampuan Akademik dan Bakat (PKAB). Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT United Kingdom Blankahan *Palm Oil Mill* (UKINDO Blankahan POM), Blankahan, Sumatra Utara pada tahun 2009.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi pencinta alam Jurusan Teknik Pertanian (RAGAPALA) sebagai Kabid Bidang Dana Dan Usaha (2008/2009) dan sebagai Bendahara Umum (2009/2010).

*Dengan mengucapkan syukur kehadiran - Nya  
Kupersembahkan karya kecilku ini  
teruntuk orang-orang yang mendukung  
dan tiada hentinya menyanggiku  
Bapak Mamak Mas Ligit dan Fitroh  
almamaterku tercinta.*

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa selama penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan saran dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing utama.
2. Bapak Ir. Masrah Nawawi (Sinder Kepala Tebang Muat Angkut PTPN VII Persero UU Bungamayang) selaku pembimbing lapang.
3. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku pembimbing kedua dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian.
4. Bapak Ir. Budianto Lanya, M.T., selaku penguji.
5. Bapak Ir. A. Nasulian Arifin, M.M., selaku Manager PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Wan Abbas Zakaria, M.S., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Pertanian atas bimbingan dan ilmu pengetahuan yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa.



8. Keluargaku tercinta, Bapak, Ibu, Mas Sigit beserta istri (Mbak Yanti) yang menjadi panutan dan motivasi penulis yang selalu memberikan yang terbaik untuk penulis dan adikku Fitroh serta ponakanku Rendra pelipur laraku.
9. Keluarga besar Yudi Rhoma Pratama (Bapak, Ibu, Dayu, Risa dan Nenek) atas semua yang diberikan saat penulis melaksanakan penelitian.
10. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian khususnya angkatan 06 serta kakak dan adik tingkat angkatan 02, 04, 05, 07, dan 08 atas kebersamaan dan kehangatannya selama ini.
11. Sahabatku Cici, Lenny, Nina, Anggi, Zana, Nova dan Venty yang selalu setia menemaniku.
12. Keluarga besar **RAGAPALA** yang selama ini telah menjadi keluargaku dan seluruh pihak yang telah banyak membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.
13. Kak Sinto atas segala perhatian dan kasih sayangnya.

Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, September 2010

*Endang Wahyu Ningrum*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tebu .....	5
B. Penebangan atau Pemanenan Tebu .....	6
1. Tebang Manual .....	9
2. Tebang Mekanis .....	10
C. Energi di Bidang Pertanian .....	13
1. Bahan Bakar .....	14
2. Tenaga Manusia .....	15
3. Alat dan Mesin Pertanian .....	16
D. Keragaan Energi .....	20
1. PER ( <i>Process Energi Requirement</i> ) .....	20
2. Energi Spesifik .....	20
3. Produktivitas Energi .....	21
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat .....	21
B. Alat dan Bahan .....	21
C. Pendekatan Masalah dan Batasan .....	21

D. Parameter yang Diamati .....	23
E. Metode Pengambilan Data .....	23
F. Analisis Data .....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Penggunaan Energi pada Pemanenan .....	26
1. Penebangan .....	29
2. Pemuatan .....	32
3. Pengangkutan .....	33
4. Pembongkaran .....	36
5. Perbaikan Jalan .....	39
B. Jenis Energi pada Pemanenan .....	40
1. Energi Bahan Bakar .....	40
2. Energi Alat dan Mesin .....	41
3. Energi Manusia .....	42
C. Energi yang Dihasilkan .....	43
D. Keragaan Energi .....	45
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Simpulan .....	48
B. Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	50
<b>LAMPIRAN</b> .....	53

## DAFTAR TABEL

### Teks

Tabel	Halaman
1. Produksi gula tebu Indonesia .....	2
2. Nilai energi (Ef) per unit beberapa jenis bahan bakar .....	15
3. Koefisien energi alat dan mesin pertanian ( $\frac{E_{tem}}{N}$ ) .....	16
4. Masukan energi produksi bahan baku (Cpb) beberapa alat dan mesin pertanian .....	17
5. Masukan energi fabrikasi (Cf) beberapa alat dan mesin pertanian .....	18
6. Nilai koefisien perbaikan total (TAR) beberapa alat dan mesin pertanian .....	19
7. Produktivitas tebu Unit Usaha Bungamayang .....	26
8. Penggunaan energi input pada pemanenan Unit Usaha Bungamayang ....	27
9. Rekapitulasi penggunaan input energi pada proses pemanenan .....	28
10. Komposisi produk hasil pengolahan tebu PG Bungamayang musim giling tahun 2010 .....	44
11. Energi output per kg tebu .....	44
12. Keragaan energi pada pengolahan tebu di beberapa negara .....	45

### Lampiran

13. Rekapitulasi energi pada kegiatan penebangan.....	53
---	----

14. Rekapitulasi energi pada kegiatan pemuatan .....	55
15. Rekapitulasi energi pada kegiatan pengangkutan .....	57
16. Rekapitulasi energi pada kegiatan pembongkaran .....	60
17. Rekapitulasi energi mesin (Ee) pada kegiatan pembongkaran.....	61
18. Rekapitulasi energi pada kegiatan perbaikan jalan .....	62
19. Rekapitulasi energi mesin (Ee) pada kegiatan perbaikan jalan .....	63

## DAFTAR GAMBAR

### Teks

Gambar	Halaman
20. Tanaman tebu .....	5
21. Sketsa pengaturan kelaras .....	9
22. Input energi pada proses pemanenan .....	28
23. Bagan alir proses dan masukan energi pada pemanenan tebu di PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang .....	29
24. Penebangan secara manual .....	30
25. Golok atau pisau tebang tebu .....	30
26. Pemuatan tebu secara manual .....	33
27. Truk pengangkut tebu .....	34
28. <i>Tippler</i> .....	36
29. <i>Hillo</i> .....	37
30. <i>Grab loader</i> .....	38
31. <i>Cane stacker</i> .....	38
32. Perataan jalan .....	39
33. Jenis energi yang digunakan pada proses pemanenan .....	40
34. Input energi bahan bakar .....	41
35. Input energi alat dan mesin .....	42
36. Input energi manusia .....	43

Lampiran

37. Peta areal Unit Usaha Bungamayang ..... 65

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
38. Perhitungan .....	53
39. Areal perkebunan Unit Usaha Bungamayang .....	65



# I. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Gula merupakan salah satu sumber kalori yang relatif murah dalam struktur konsumsi masyarakat selain bahan pangan. Pentingnya gula bagi masyarakat di Indonesia tercermin dengan menjadikan gula pasir sebagai salah satu dari sembilan bahan pokok kebutuhan sehari-hari. Meskipun mengkonsumsi gula dapat merugikan, namun keberadaan gula juga diperlukan tubuh. Gula digunakan sebagai pemanis pada makanan dan pengikat rasa pada masakan dalam industri makanan. Kebutuhan gula dalam negeri meningkat karena dipengaruhi peningkatan jumlah penduduk, perubahan pola konsumsi, dan peningkatan jumlah pendapatan perkapita. Jika diasumsikan konsumsi gula rata-rata 20 kg/orang/tahun dengan jumlah penduduk Indonesia 220 juta penduduk maka diperkirakan kebutuhan nasional mencapai 4,4 juta ton per tahun.

Industri gula merupakan industri berbasis tebu dan menjadi salah satu komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia. Sebagai catatan, pada 2008, dari luas total areal tebu nasional yang mencapai 434.126,81 hektar dan menghasilkan 2,57 juta ton gula (Hardiyanto dan Damayanti, 2009).

Kebutuhan penduduk Indonesia akan gula yang terus meningkat, memaksa pemerintah berupaya meningkatkan produktivitas gula nasional. Peningkatan produksi dapat dilaksanakan dengan peningkatan areal dan kapasitas pabrik gula (PG) beserta produktivitasnya. Sementara itu peningkatan produktivitas dapat dilaksanakan dengan peningkatan tebu/ha dan rendemen (P3GI, 2008). Adapun produksi gula tebu Indonesia tahun 1998 - 2008 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi gula tebu Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Luas Tanaman Tebu (ha)</b>	<b>Produksi Hablur (Ton)</b>	<b>% Rendemen Tebu</b>	<b>Jumlah PG Beroperasi</b>
1998	352.065	1.681.637	5,49	61
1999	341.058	1.721.637	7,01	62
2000	343.920	1.693.851	7,04	59
2001	342.126	1.713.291	6,86	59
2002	351.086	1.755.439	6,88	59
2003	334.990	1.631.581	7,21	58
2004	344.791	2.051.103	7,67	58
2005	382.147	2.425.215	7,20	58
2006	396.675	2.307.988	7,63	58
2007	427.178	2.425.215	7,39	57
2008	434.127	2.574.236	7,97	59

Sumber : IKAGI, 2009

Performa produktivitas gula luar Jawa yang relatif lebih baik dibanding Jawa lebih banyak disumbangkan oleh kinerja PG yang ada di Lampung (Toharisman, 2007). Lampung merupakan salah satu wilayah persebaran perkebunan tebu di Indonesia yang memiliki beberapa PG di antaranya Bungamayang, *Gunung Madu Plantations* (GMP), Gula Putih Mataram (GPM), *Sweet Indo Lampung* (SIL), dan Indolampung Perkasa. Komoditas tebu menjadi salah satu komoditas unggulan Lampung, memiliki luas areal panen mencapai 91,77 ribu ha dan produksi mencapai 570 ribu ton per tahun (BPS, 2007).

Dari beberapa PG di Lampung, PG Bungamayang atau yang disebut Unit Usaha Bungamayang merupakan satu-satunya PG di Lampung milik pemerintah yang dikelola PT. Perkebunan Nusantara VII (PERSERO) atau PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang giling perdana pada tahun 1984 dengan kapasitas terpasang sebesar 4.000 *ton cane per day* (TCD). Pada tahun 2008, produksi tebu di Bungamayang mencapai 1.330.688 ton dengan rendemen 7,35. Sedangkan luas areal hak guna usaha (HGU) seluas 19.674,53 ha (Sari, 2009).

Dalam pengolahan tebu menjadi gula (dari budidaya, panen hingga giling) di pabrik membutuhkan input energi yang besar. Penggunaan energi pada tiap tahap proses yang dilakukan bersumber dari bahan bakar, alat dan mesin pertanian, pupuk, listrik, tenaga manusia dan lain-lain.

Pada industri gula terdapat beberapa tahapan yaitu pembudidayaan, pemanenan dan proses pengolahan. Pada pembudidayaan terdapat kegiatan pembibitan, penyiapan lahan, dan penanaman (penyulaman, penyiangan, pemupukan, pengairan, pengendalian hama dan penyakit, pembubunan, dan pengkletekan) (Suswitasari, 2002). Haryanto dkk (2009) melaporkan bahwa input energi pada proses budidaya tebu di Unit Usaha Bungamayang konsumsi energi sebesar 47.256,56 MJ/Ha untuk tanaman pertama (*plant cane*) dan 34.386,49 MJ/ha untuk tanaman keprasan (*ratoon cane*).

Setelah kegiatan pembudidayaan, pemanenan juga merupakan kegiatan penting dalam proses pengolahan tebu menjadi gula. Kegiatan pada pemanenan meliputi penebangan, pembersihan, pengumpulan, pemuatan, pengangkutan,

pembongkaran, penyimpanan, pemuatan dan pengangkutan (Triyanti, 2002).

Kegiatan pemanenan juga dapat mempengaruhi besar rendemen yang diperoleh.

Sedangkan pada pengolahan terdapat kegiatan penerimaan bahan baku, pemerahan nira, pemurnian nira, pemisahan gula dengan *stroop*, kristalisasi, pengeringan dan pendinginan, pengemasan, dan penyimpanan (PTPN VII, 1997). Proses pengolahan merupakan tahap akhir pada proses pengolahan tebu menjadi gula.

Analisis energi pada proses pemanenan sangat penting karena dengan adanya analisis dapat dibuat formulasi kebijakan serta sebagai dasar konservasi energi dan penuntun dalam keputusan-keputusan manajemen usaha tani termasuk sebagai dasar peningkatan efisiensi penggunaan energi pemanenan tanpa harus menurunkan hasil produksi.

## **B. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menghitung masukan energi dan menghitung efisiensi penggunaan energi pada proses pemanenan tebu di PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, Lampung Utara.
2. Mengidentifikasi potensi penghematan energi yang dapat dilakukan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tebu

Bentuk batangnya yang padat seperti batang jagung mengandung 20% cairan gula dan banyak dibudidayakan karena kadar gula yang lebih tinggi dibandingkan tanaman penghasil gula lainnya seperti bit dan aren. Tanaman tebu (Gambar 1) memiliki batang berserat yang kuat dan beruas dengan ketinggian 2 - 6 m dan mengandung cairan yang kaya dengan gula. Tebu (*Saccharum*) merupakan komoditi utama dalam menghasilkan gula pasir.



**Gambar 1. Tanaman tebu**

Seperti padi, jagung, glagah, rumput benggala dan tanaman bambu, tebu termasuk dalam famili rumput. Budidaya tanaman tebu membutuhkan iklim tropis atau

subtropis dengan curah hujan paling sedikit 600 mm per tahun atau di daerah yang cukup air dengan pH 5,7 - 7 (PTPN VII, 1997). Tanaman ini memiliki kemampuan fotosintesis yang paling efisien dibandingkan dengan seluruh jenis tanaman lainnya, dan dapat mengubah sebanyak 1,3 - 3% energi matahari menjadi biomasa (Alonso - Pippo dkk, 2008).

Hal yang perlu diperhatikan pada industri gula adalah rendemen. Rendemen adalah perbandingan antara bobot gula yang dihasilkan dengan bobot tebu yang digiling. Kualitas produksi pabrik gula ditentukan oleh besarnya rendemen yang diperoleh. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan maka semakin baik tingkat produktivitas suatu pabrik gula.

## **B. Penebangan atau Pemanenan Tebu**

Pemanenan adalah suatu kegiatan penyiapan tebu untuk diangkut ke pabrik, yang terdiri dari penebangan, pembersihan dan segala kotoran dan penyiapan tebu ke tempat pengangkutan. Pemanenan juga dikenal dengan istilah tebang dan angkut. Tebang adalah usaha untuk mengambil batang tebu yang telah ditentukan sebanyak-banyaknya untuk diproses menjadi gula dan meninggalkan kotoran tebu di kebun. Angkut adalah usaha untuk mengangkut tebu dari kebun ke pabrik gula dalam keadaan segar, lancar, aman, dan tepat waktu serta tidak ada pengurangan bobot tebu di jalan (Arifin, 2007).

Penentuan waktu dan lamanya musim tebang dan angkut sangat menentukan keberhasilan pemanenan. Faktor yang menentukan perencanaan tebang dan

angkut adalah jumlah tebu yang akan digiling berdasarkan taksasi Maret, kesiapan pabrik dan kapasitas giling, iklim atau curah hujan, kemasakan tebu, ketersediaan tenaga dan armada angkutan serta kesiapan alat dan mesin tebang.

Pemanenan dilakukan pada saat kondisi tanaman dan tingkat kemasakan tanaman dalam keadaan optimal. Jadwal penebangan didasarkan pada umur tebu.

Sedangkan umur tebu ditentukan langsung oleh masa tanam/masa kepras atau berdasarkan analisis kemasakan. Varietas tanaman tebu ditebang antara umur 11 - 12 bulan.

Selain umur, waktu kemasakan tebu menentukan masa tebang dan masa tanam atau kepras yang terdiri dari :

1. Masak awal ditebang pada awal giling dengan jumlah tebu antara 30 - 35% dari total tebu yaitu antara April hingga Juni.
2. Masak tengah ditebang pada pertengahan giling dengan jumlah tebu antara 45 - 55% dari tebu yaitu antara Juli hingga September.
3. Masak lambat ditebang pada periode-periode akhir giling dengan jumlah antara 10 - 15% dari total tebu yaitu lebih dari Oktober.

Adapun hal-hal yang dipersiapkan dalam tebang muat angkut adalah :

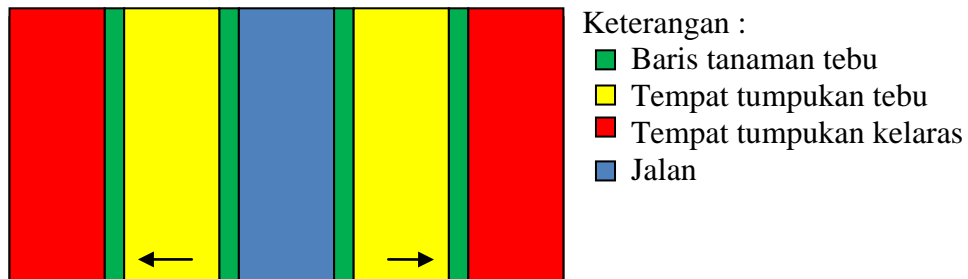
- Perbaikan jalan kebun untuk memperlancar lalu lintas angkutan tebang
- Tenaga tebang serta alat tebang
- Angkutan (truk, kontainer beserta bahan bakarnya)
- Tenaga muat (*loading*)
- Persiapan DO (*delivery order*)
- Tara truk sebelum muat tebang

Afrianto (2009) menyatakan bahwa penebangan dan pengangkutan tebu harus menjamin tebu layak giling dengan ketentuan :

- Tebu bersih dari kotoran (tebu mati, pucuk, daun pelepah, tanah, akar, sogolan, yang panjangnya kurang dari 1,5 m) semuanya tidak lebih dari 8%.
- Tebu segar, diserahkan ke PG selambat-lambatnya 24 jam setelah ditebang dan jangka waktu sejak ditebang sampai digiling tidak lebih dari 36 jam.

Pada pemanenan terdapat syarat - syarat sebagai berikut :

- a. Penebangan dilakukan pada ketinggian kurang 5 cm dari tunggul.
- b. Pengaturan kelaras dengan pola 4 : 2, yang artinya 4 baris bersih untuk tebang dan 2 baris untuk kelaras.



Gambar 2. Sketsa pengaturan kelaras

- c. Segera dibawa ke pabrik dengan waktu tunda < 36 jam
- d. Hasil tebang yang dikirim ke pabrik harus bersifat BSM. B bermakna bersih yang artinya kandungan *trash* < 5 %. Yang termasuk *trash* adalah sogolan (tebu muda), kelaras, pucuk, tebu mati, tebu kering. Sogolan tetap dibawa ke pabrik bila jumlah ruas  $\geq 10$  ruas. S bermakna segar, yang dipengaruhi



waktu yang dibutuhkan setelah tebu dipanen hingga diolah di pabrik (*retention time*) tebu. Makin pendek *retention time*-nya, maka tebu akan semakin segar. Sedangkan M bermakna manis.

Penebangan yang direncanakan dengan baik akan menghasilkan tebu dengan kualitas lebih baik. Beberapa cara tebang yang lazim dilakukan dewasa ini adalah tebang manual dan tebang mekanis (mesin tebang).

### **1. Tebang Manual**

Tebang manual ialah seluruh kegiatan tebang sejak dari penebangan, pembersihan tebu dari kelaras, pengikatan, dan muat tebu hasil tebangan yang dilakukan seluruhnya oleh tenaga manusia. Pengangkutan dilakukan dengan menggunakan truk. Sistem tebang manual yang dilaksanakan pada lahan PG Bungamayang kering atau tegalan adalah sebagai berikut:

- a. Menebang tebu rata dengan permukaan tanah,
- b. Membersihkan kelaras, akar, serta kotoran lainnya yang melekat pada tiap batang tebu,
- c. Memotong pucuk yang kemudian disisihkan bersama kelaras dan kotoran lainnya pada jalur khusus,
- d. Meletakkan batang-batang tebu tebangan pada juringan yang telah dibersihkan, yang terdapat di antara dua jalur tempat timbunan kelaras dan potongan pucuk.

Alat-alat yang biasa dipakai adalah pisau (golok) tebang. Pisau untuk tebang biasanya besar, panjang, dan lebar. Penebangan dengan tenaga manusia selain bersifat faktor sosial (menciptakan lapangan kerja) juga memiliki keuntungan lain, yaitu tebu tebangan bisa diusahakan lebih baik mutunya (bebas dari kelaras), cara

kerja yang tepat, serta dapat menghasilkan tunas-tunas keprasan yang besar dan kuat.

## **2. Tebang Mekanis**

Tebang mekanis biasanya menggunakan mesin tebang (*cane harvester*).

Pemakaian mesin tebang sebaiknya dilakukan bila tenaga manusia sulit diperoleh atau untuk mencukupi kapasitas pabrik. Tebang mekanis memiliki dua jenis mesin tebang, yaitu mesin tebang jenis *chopper* dan mesin tebang jenis *whole stick*.

### **a. Mesin tebang jenis *chopper***

Sistem kerja mesin ini adalah memotong tebu di permukaan tanah kemudian tebu akan masuk ke dalam mesin tebang lainnya untuk dipotong pendek-pendek  $\pm 30$  cm. Mesin tebang ini melakukan penebangan dalam waktu yang bersamaan. Kotoran tebu yang masuk akan dihembus oleh *blower*, sedangkan potongan-potongan tebu akan ditampung dalam kendaraan atau trailer yang berjalan di sampingnya. Kelemahan dari mesin ini adalah tebu yang dihasilkan apabila tidak segera digiling akan mengalami penurunan kadar gula oleh proses mikroorganisme dalam batang. Tetapi keuntungannya mesin ini mempunyai mutu tebang yang bagus karena hasil tebangan sudah bersih dari sampah.

### **b. Mesin tebang jenis *whole stick***

Mesin tebang jenis *whole stick* memotong pucuk dan pangkal tebu dalam bentuk lonjoran. Mesin tebang ini hanya bertugas sebagai alat penebang, sehingga untuk memuatnya ke atas truk diperlukan mesin pemuat. Mesin pemuat yang biasa dipakai adalah *grab loader*. Penebangan dengan mesin ini umumnya dilakukan

pada daerah yang tenaga kerjanya relatif sedikit dan sulit diperoleh serta untuk kondisi kebun dengan tanaman tebu yang tegak.

Penebangan biasanya hanya dikerjakan selama 12 - 14 jam pada siang hari. Agar pabrik tidak kekurangan tebu maka dalam penebangan selama siang hari tersebut tebu yang tersedia harus sebanyak yang diperlukan selama 24 jam dan menyimpan tebu dalam jumlah yang minimum. Kekurangan dalam penebangan untuk penggilingan hanya dapat dicapai dengan menambah jam kerja penebangan. Tebu segera mengalami kerusakan setelah ditebang, oleh karena itu waktu antara tebang sampai giling selalu harus diusahakan seminimum mungkin. Untuk daerah tropis seperti Indonesia yang memiliki suhu cukup tinggi kerusakan akan lebih cepat terjadi. Agar tidak terjadi keterlambatan penggilingan, maka perkiraan jumlah produksi bahan baku pabrik dan jumlah armada yang dibutuhkan untuk mengangkut bahan baku dari kebun ke pabrik harus direncanakan sebaik mungkin. Kesesuaian antara jumlah armada dan produksi bahan baku dapat menciptakan efisiensi kerja yang optimum serta jaringan kerja yang lebih efektif.

Jumlah tebu yang ditebang tiap harinya sebaiknya jangan melebihi kapasitas giling pabrik dan sebaiknya suplai tebu diusahakan konstan sesuai dengan permintaan. Untuk mendapatkan produksi kristal yang tinggi perlu diperhatikan kontrol kualitas dan penentuan prioritas penebangan. Pengabaian kedua hal tersebut di atas akan memberikan kerugian sebesar 9,07 sampai 22,68 kg gula dalam tiap ton (Triyanti, 2002).

Penebangan tebu dapat dilakukan pada saat kondisi tebu yang tidak dibakar terlebih dahulu. Pembakaran tebu sebelum ditebang bertujuan untuk

mempermudah pelaksanaan penebangan, karena tebu dalam keadaan bersih dari *trash* atau sampah. Pada penebangan secara manual para penebang akan lebih mudah bergerak, sedangkan pada penebangan secara mekanis para operator dapat mengatur tinggi pisau tebang dengan lebih tepat bila tebu telah dibakar terlebih dahulu.

Dari hal tersebut di atas jelas bahwa pemanenan merupakan tahap penting dalam proses produksi gula, karena penentuan saat tebang yang tidak tepat dapat menimbulkan penurunan rendemen serta akan mempengaruhi kegiatan-kegiatan lainnya.

### **C. Energi Masukan di Bidang Pertanian**

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Dalam melakukan aktifitasnya, makhluk hidup di dunia memerlukan energi. Hingga saat ini, keberadaan energi sedang dipermasalahkan karena energi merupakan komoditas yang tidak ditemukan substitusinya dan tidak dapat didaur ulang.

Pertanian adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan merubah bentuk-bentuk energi yang tidak dapat dimakan menjadi bentuk-bentuk biomassa seperti karbohidrat, protein, ternak dan sebagainya. Dalam pertanian terdapat berbagai kegiatan yang tentunya membutuhkan energi yang tidak sedikit.

Pertanian merupakan penghasil dan pemakai energi. Dikatakan sebagai penghasil energi karena pertanian memproduksi energi melalui fotosintesis. Tanaman

mengkonversikan energi surya ke biomassa yang menghasilkan pangan (*food*), makanan ternak (*feed*), dan serat (*fiber*) dan limbah pertanian yang lain.

Sedangkan pertanian sebagai pemakai energi karena pada pertanian memakai energi untuk kegiatan proses dari persiapan, pengolahan tanah hingga panen, dan pengolahan pasca panen.

Menurut Chamsing dkk (2002), energi dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu energi langsung dan tidak langsung. Energi langsung adalah input energi fisik yang digunakan dalam kegiatan di lapangan. Yang termasuk dalam energi langsung adalah tenaga manusia, hewan, dan bahan bakar. Sedangkan energi tidak langsung adalah energi yang digunakan untuk memproduksi alat, barang, dan jasa yang digunakan di dalam kegiatan pertanian. Energi tidak langsung meliputi embodied energi untuk alat mesin pertanian, pupuk kimia dan bahan kimia (pestisida).

Input energi pada pertanian berupa energi bahan bakar, tenaga manusia, alat mesin pertanian, pupuk, dan bahan kimia lain. Sedangkan pada proses pemanenan tebu, input energi berupa energi bahan bakar, alat dan mesin, serta energi manusia.

### **1. Bahan Bakar**

Bahan bakar merupakan senyawa kimia yang dapat menghasilkan energi melalui perubahan kimia. Bahan bakar menjadi sumber energi mesin pengolahan baik dalam budidaya maupun panen. Adapun nilai energi per unit beberapa jenis bahan bakar terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai energi (Ef) per unit beberapa jenis bahan bakar

Sumber Energi	Unit	Nilai Kalor (MJ/unit)	Produksi (MJ/unit)	Total (MJ/unit)
Gasoline	liter	32,24	8,08	40,32
Diesel	liter	38,66	9,12	47,78
Minyak Bumi	liter	38,66	9,12	47,78
LPG	liter	26,10	1,16	32,26
Gas Alam	m <sup>3</sup>	41,38	8,07	49,45
Batu bara keras	kg	30,23	2,36	32,59
Batu bara lunak	kg	30,39	2,37	32,76
Kayu keras	kg	19,26	1,44	20,70
Kayu lunak	kg	17,58	1,32	18,90
Listrik	KWH	3,60	8,39	11,99

Sumber : Cervinca, 1980

Energi konsumsi bahan bakar (Efc) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Pramuhadi, 2005):

$$E_{fc} = E_f \times W_{fc} \dots\dots\dots (1)$$

dimana : Efc = Energi konsumsi bahan bakar (MJ)  
Ef = Nilai energi bahan bakar (MJ/liter)  
Wfc = Bobot bahan bakar terpakai (liter)

## 2. Tenaga Manusia

Setiap tahap proses berhubungan dengan manusia, baik pengendali maupun sebagai tenaga kerja langsung. Besarnya tenaga manusia yang dibutuhkan pada proses pemanenan tebu dihitung dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$E_{tm} = HKO \times T \times N_{em} \dots\dots\dots (2)$$

dimana : Etm = Konsumsi energi tenaga manusia selama kegiatan pemanenan tebu (MJ)

HKO = Hari kerja orang (Hari)  
 T = Waktu orang kerja (Jam/hari)  
 Nem = Nilai ekuivalen energi manusia (MJ/Jam) yaitu 1,96 MJ/jam  
 (Singh dkk, 2002).

### 3. Alat dan Mesin Pertanian

Pada bidang pertanian, terdapat penggunaan alat dan mesin pertanian untuk membantu kegiatan tersebut. Penggunaan alat biasanya pada pertanian dalam skala kecil atau pertanian yang diusahakan oleh penduduk, sedangkan penggunaan mesin biasanya pada pertanian skala besar atau pertanian yang dikelola oleh perusahaan. Koefisien energi alat dan mesin pertanian ( $\frac{E_{tm}}{N}$ ) dapat dilihat pada

Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien energi alat dan mesin pertanian ( $\frac{E_{tm}}{N}$ )

Input	Unit (MJ/jam)
Pedati	19,1
Traktor 115 hp	57,8
Traktor 75 hp	42,5
Bajak <i>reversible</i> 3 mata	35,7
Cangkul putar	15,3
Pembumbun 4 elemen	44,2
<i>3 disc plow</i>	28,9
Bajak hewan	1,11
Cangkul, sekop	0,0004
Golok	0,0002
Truk	29,8
<i>Wagon</i>	29,8
<i>Horse drawn wagon</i>	4,3

Sumber : Mrini dkk, 2001

Koefisien energi alat dan mesin juga dapat dihitung secara manual dengan mempertimbangkan embodied energi bahan baku, energi fabrikasi, dan energi

pemeliharaan dan perbaikan selama mesin digunakan. Energi produksi bahan baku ( $E_{pb}$ ) tersebut dapat dihitung dengan persamaan

$$E_{pb} = m \times C_{pb} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :  $E_{pb}$  = Energi produksi bahan baku (MJ)  
 $m$  = Massa alat atau mesin pertanian (kg)  
 $C_{pb}$  = Nilai kalor standar energi produksi bahan baku suatu alat atau mesin pertanian (MJ/kg)

Energi fabrikasi yang diperlukan dalam pengerjaan dan pembentukan alat atau mesin pertanian dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_{fb} = m \times C_f \dots\dots\dots (4)$$

dimana :  $E_{fb}$  = Energi fabrikasi (MJ)  
 $m$  = Massa alat atau mesin pertanian (kg)  
 $C_f$  = Nilai kalor energi fabrikasi suatu alat mesin pertanian (MJ/kg)

Nilai energi produksi produksi bahan baku ( $C_{pb}$ ) dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan nilai energi fabrikasi ( $C_f$ ) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Masukan energi produksi bahan baku ( $C_{pb}$ ) beberapa alat dan mesin pertanian

Kategori Energi	Masukan Energi (MJ/kg)
Ban	85,81
Bajak	62,79
Traktor	49,45

Sumber : Doering III dan Otto, 1978.

Tabel 5. Masukan energi fabrikasi ( $C_f$ ) beberapa alat dan mesin pertanian

Kategori Energi	Masukan Energi (MJ/kg)
Traktor	14,63
Singkal, piringan	8,63
Chisel	7,38



Sumber : Doering III dan C. Otto, 1978

Nilai total produksi alat atau mesin pertanian ( $E_{tf}$ ) diasumsikan sebesar 82% dari total energi bahan baku dan fabrikasi dengan persamaan :

$$E_{tf} = 0,82 \times (E_{pb} + E_{fb}) \dots\dots\dots (5)$$

Untuk pemeliharaan atau mesin pertanian diperlukan energi masukan dalam perbaikan dan perawatan. Nilai koefisien perbaikan total masing-masing alat dan mesin dapat dilihat pada Tabel 6. Besar energi dapat ditunjukkan melalui rumus, yaitu :

$$E_{pr} = (E_{pb} + E_{fb}) \times TAR \times 0,333 \dots\dots\dots (6)$$

dimana : TAR = Perbaikan dan perawatan akumulasi dengan harga sebenarnya pada umur alat.

0,333 = Efisiensi panas bahan bakar maksimum motor diesel koefisien perbaikan total akumulasi (%), yaitu perbandingan biaya.

Sedangkan untuk *embodied* energi alat dan mesin pertanian merupakan penjumlahan dari energi total produksi dan energi perbaikan serta perawatan.

Persamaannya akan menjadi :

$$E_{tem} = E_{tf} + E_{pr} \dots\dots\dots (7)$$

dimana :  $E_{tem}$  = *Embodied* energi alat atau mesin pertanian (MJ)

Tabel 6. Nilai koefisien perbaikan total (TAR) beberapa alat dan mesin pertanian

Kategori Energi	Total Koefisien Perbaikan Alsintan (%)
Traktor ( <i>four whell drive</i> )	74,25
Traktor rantai	74,25
Traktor ( <i>two whell drive</i> )	89,10
Truck pick up	45,88
Truck lapangan, trailer	60,69
Combine tenaga PTO	75,98

Sumber : Doering III dalam Pimentel (1980)

Pemakaian energi *embodied* alat dan mesin pertanian pada luasan tertentu dirumuskan berdasarkan umur ekonomis dan jam pemakaian, dan rumus yang digunakan :

$$Ee = \frac{E_{tem}}{N} \times Ce \dots\dots\dots (8)$$

dimana : Ee = *Embodied energi* (MJ/ha)  
 Etem = *Embodied alsintan* (MJ)  
 N = Umur ekonomis alsintan (Jam)  
 Ce = Kapasitas kerja (Jam/ha)

**D. Keragaan Energi**

Keragaan energi dapat ditunjukkan dengan parameter PER (*Process Energi Requirement*), intensitas energi dan produktivitas energi.

**1. PER (*Process Energi Requirement*)**

PER (*Process Energi Requirement*) atau kebutuhan energi proses adalah energi yang diperlukan dalam suatu kegiatan atau proses untuk menghasilkan produk dalam MJ/ha. Pemanenan merupakan proses dari pengolahan tebu menjadi gula.

$$PER = E_{fc} + Ee + E_{tm} \dots\dots\dots (9)$$

**2. Energi Spesifik**

Menurut Karimi dkk (2008) energi spesifik (ES, dalam MJ/ton) adalah perbandingan antara energi yang digunakan (PER,dalam MJ/ha) dengan produk (tebu) yang dihasilkan (PT, ton/ha). Dalam hal ini, besarnya energi input yang digunakan dalam pemanenan adalah sama dengan PER.

$$ES = \frac{PER}{PT} \dots\dots\dots (10)$$

### 3. Produktivitas Energi

Menurut Karimi dkk (2008) produktivitas energi (PE, ton/MJ) adalah perbandingan produk (tebu) yang dihasilkan (PT, ton) dengan besar energi input (PER,dalam MJ/ha).

$$PE = \frac{PT}{PER} \dots\dots\dots (11)$$

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juli 2010 di Unit Usaha Bungamayang, Bungamayang, Lampung Utara.

#### **B. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan untuk menganalisis penggunaan energi pada proses pemanenan tebu di Unit Usaha Bungamayang adalah jembatan timbang, alat hitung kalkulator alat tulis dan seperangkat komputer.

Sedangkan bahan yang digunakan untuk menganalisis penggunaan energi pada proses pemanenan tebu di Unit Usaha Bungamayang adalah data rekapitulasi penggunaan bahan bakar, data spesifikasi alat mesin pertanian yang digunakan, data tenaga kerja yang mencakup jam kerja dan jumlah tenaga kerja, dan data spesifikasi alat angkut tebu yang digunakan pada Unit Usaha Bungamayang.

#### **C. Pendekatan Masalah dan Batasan**

Penelitian ini memfokuskan pada berbagai macam input energi pada proses pemanenan baik saat tebang di kebun hingga angkut tebu yang dipanen menuju

*cane yard* (tempat bermuaranya seluruh hasil tebang dan angkut dari kebun untuk kemudian dibongkar dan digiling) saat penelitian dilakukan. Input energi ini dianggap tidak berubah.

Input energi berupa energi langsung dan energi tidak langsung yang digunakan dalam proses pemanenan (tebang dan angkut). Perhitungan dilakukan terhadap input energi tersebut. Adapun batasan-batasan analisis kebutuhan energi pada suatu sistem adalah :

1. Pada saat pengamatan rinci tiap tahapan proses pemanenan (tebang angkut) tebu. Tahapan proses pemanenan (tebang angkut) tebu dianggap merupakan tahapan yang dapat diputus dari tahapan sebelumnya dan dari tahapan sesudahnya.
2. Dalam analisis penggunaan energi ini, jumlah tebu (kg/ha) yang dijadikan sebagai variabel adalah rata-rata produksi tebu dalam waktu satu tahun sesuai dengan kondisi kebun untuk luasan satu hektar (produktivitas rata-rata).
3. Penggunaan energi penerangan di pabrik dan alat-alat lain (panel-panel kontrol, komputer dan lain-lain) yang terkait langsung atau tidak langsung dalam kegiatan tidak disertakan dalam analisis penggunaan energi.
4. Penggunaan unit-unit stasioner hanya diperhitungkan energi langsungnya saja (manusia, bahan bakar dan listrik).

#### **D. Parameter yang Diamati**

Sebelum melakukan pengumpulan data melalui penelitian, maka terlebih dahulu menentukan parameter yang diukur. Parameter yang akan diukur adalah :

- a. Kebutuhan bahan bakar, meliputi :
  1. Konsumsi bahan bakar
  2. Nilai kalor bahan bakar
- b. Tenaga manusia, meliputi :
  1. Jumlah jam kerja
  2. Jumlah tenaga kerja
  3. Ekuivalen energi manusia
- c. Alat dan mesin yang digunakan meliputi :
  1. Jenis alat dan mesin pertanian
  2. Spesifikasi alat/kapasitas kerja mesin
  3. Jam kerja alat dan mesin
  4. Konsumsi bahan bakar

#### **d. Metode Pengambilan Data**

Data yang harus digunakan adalah data sekunder dari Unit Usaha Bungamayang dan pengamatan langsung serta wawancara pada pihak-pihak terkait.

Pengamatan dilakukan terhadap keseluruhan proses pemanenan (tebang angkut) tebu dari proses penebangan hingga pembongkaran tebu di *cane yard* dengan memperhatikan masukan energi yang berhubungan langsung dengan proses budidaya tebu.

Pengumpulan data meliputi :

- a. Tahap Penebangan
  - Jumlah tenaga manusia
  - Jumlah jam kerja
  - Jumlah unit alat atau mesin
- b. Tahap Pemuatan
  - Jumlah tenaga manusia
  - Jumlah jam kerja
- c. Tahap Pengangkutan
  - Jumlah tenaga manusia
  - Jumlah jam kerja
  - Konsumsi bahan bakar
  - Kapasitas kerja mesin
- d. Tahap Pembongkaran
  - Jumlah tenaga manusia
  - Jumlah jam kerja
  - Konsumsi bahan bakar
  - Jumlah unit alat atau mesin
  - Kapasitas kerja mesin

Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus pada tinjauan pustaka. Pada tiap tahap pemanenan dihitung seluruh input energi, baik energi langsung maupun energi tak langsung.

1. Input energi dari bahan bakar dihitung menggunakan Persamaan 1.
2. Input energi tenaga manusia menggunakan Persamaan 2.

3. Input energi dari alat dan mesin menggunakan Persamaan 8.

Adapun indikator keragaan energi dihitung dengan menggunakan :

1. PER menggunakan persamaan 9.
2. Energi spesifik menggunakan persamaan 10.
3. Produktivitas Energi menggunakan persamaan 11.

#### **e. Analisis Data**

Data pengamatan, dan perhitungan yang diperoleh akan dianalisis serta disajikan dalam bentuk table atau grafik, dan uraian untuk membandingkan dari tiap-tiap pengamatan. Dari hasil analisis, dibandingkan berdasarkan tahapan kegiatan dan jenis energi yang digunakan.



#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Penggunaan Energi pada Pemanenan

Berdasarkan pengamatan selama 5 periode giling (13 April sampai 30 Juni 2010), diketahui dari 6.060,2 ha areal panen diperoleh 426.605,5 ton tebu. Produktivitas tebu secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 7. Dari tabel juga dapat dilihat bahwa pabrik saat ini menggiling sebanyak 5.400,07 ton/hari.

Tabel 7. Produktivitas tebu Unit Usaha Bungamayang

No	Periode	Hari kerja	Area yang dipanen (ha)	Produksi tebu (ton)	Produktifitas (ton/ha)
1.	I	18	953,55	64.977,90	68,14
2.	II	15	1.153,25	81.054,80	70,28
3.	III	16	1.388,05	96.792,80	69,73
4.	IV	15	1.321,45	95.775,60	72,48
5.	V	15	1.243,90	88.003,40	70,75
<b>Jumlah</b>		<b>79</b>	<b>6.060,20</b>	<b>426.605,50</b>	<b>351,38</b>
<b>Rataan (ton/ha)</b>					<b>70,28</b>

Sumber : PTPN VII, 2010

Proses pemanenan di PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang meliputi penebangan, pemuatan, pengangkutan, dan pembongkaran. Serangkaian kegiatan tersebut menggunakan energi baik energi langsung dan energi tidak langsung, antara lain adalah : energi manusia, bahan bakar, serta alat dan mesin pertanian. Data hasil pengamatan penggunaan energi dapat dilihat pada Tabel 8.

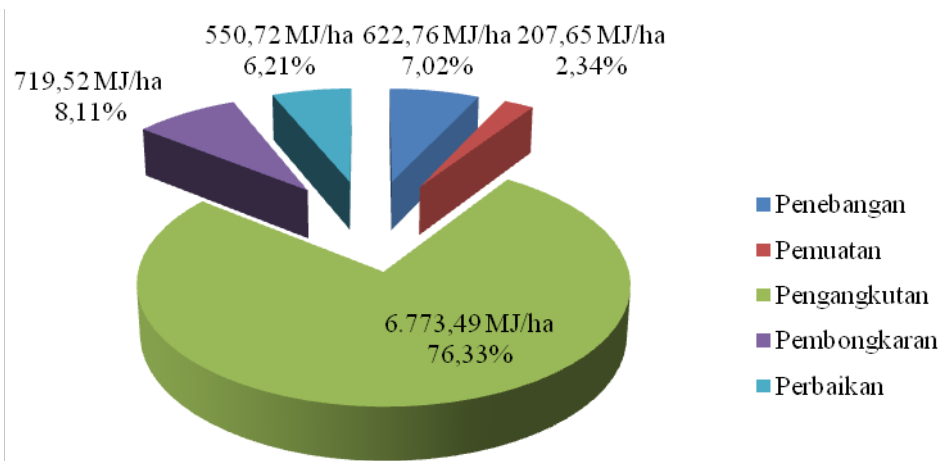
Tabel 8. Penggunaan energi input pada pemanenan Unit Usaha Bungamayang

Input energi	Tahapan				
	Penebangan	Pemuatan	Pengangkutan	Pembongkaran	Perbaikan jalan
Manusia (jam)	1.924.176,00	645.416,00	865.920,00	1.063,40	4.438,00
Bahan bakar (liter)	-	-	5.243.917,00	18.012,00	62.290,00
Pisau (jam)	1.924.176,00	-	-	-	-
Truk (jam)	-	-	731.640,00	-	-
Excavator (jam)					1.271,00
Motor greeder (jam)					1.595,00
Rholler (jam)					400,00
Wheel dozer (jam)					549,00
Wheel loader (jam)					479,00
Dump truk (jam)					144,00
Grab loader (jam)				454,40	
Cane stacker (jam)				609,00	

Sumber : PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang

Rekapitulasi penggunaan energi pada proses pemanenan dapat dilihat pada Tabel 9. Pada Tabel 9 disebutkan bahwa total penggunaan energi pemanenan (PER) sebesar 8.874,14 MJ/ha. Persentase energi input pada tiap-tiap kegiatan dapat dilihat pada dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 4 diketahui bahwa seluruh kegiatan menggunakan energi manusia. Energi alat dan mesin digunakan pada kegiatan penebangan, pengangkutan dan pembongkaran. Sedangkan energi bahan bakar hanya digunakan pada kegiatan pengangkutan dan pembongkaran.



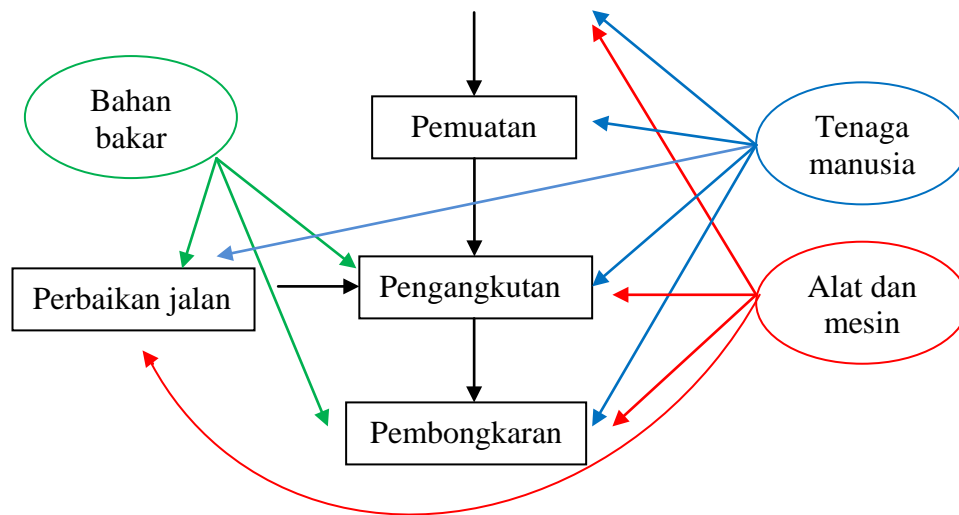
Gambar 3. Input energi pada proses pemanenan

Tabel 9. Rekapitulasi penggunaan input energi pada proses pemanenan

Jenis kegiatan	Energi input (MJ/ha)			Total (MJ/ha)
	Manusia *	Alat dan mesin*	Bahan bakar*	
Penebangan	622,70	0,06	-	622,76
Pemuatan	207,65	-	-	207,65
Pengangkutan	238,78	3.611,48	2.923,23	6.773,49
Pembongkaran	1,58	66,68	651,26	719,52
Perbaikan	1,44	58,17	491,11	550,72
<b>Total</b>	<b>1.072,15</b>	<b>3.736,39</b>	<b>4.065,60</b>	<b>8.874,14</b>

Keterangan : \* Berdasarkan Perhitungan pada Lampiran

Penebangan



Gambar 4. Bagan alir proses dan masukan energi pada pemanenan tebu di PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang

## 1. Penebangan

Kegiatan penebangan dilakukan secara manual oleh tenaga manusia (Gambar 5) dan alat yang digunakan berupa pisau yang tajam dan lebar (Gambar 6). Selain faktor sosial, penebangan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia ini memberikan keuntungan lain yaitu tebangan yang dihasilkan dapat diusahakan lebih baik mutunya serta cara kerja yang tepat dapat menghasilkan tunas-tunas keprasan yang besar dan kuat.

Pada tahun 2002, Triyanti melaporkan bahwa di PTPN VII Persero juga menggunakan penebangan secara mekanis dengan menggunakan mesin penebang *austoft*. Namun dalam pelaksanaan saat ini, alat tersebut tidak digunakan karena pertimbangan sosial dan mendapat kritik dari pihak LSM.



Gambar 5. Penebangan secara manual



Gambar 6. Golok atau pisau tebang tebu

Pada tahun 2002, Triyanti melaporkan bahwa di PTPN VII Persero juga menggunakan penebangan secara mekanis dengan menggunakan mesin penebang *austoft*. Namun dalam pelaksanaan saat ini, alat tersebut tidak digunakan karena pertimbangan sosial dan mendapat kritik dari pihak LSM. Dari analisis Triyanti (2002) juga menyebutkan bahwa biaya operasional penebangan secara mekanis yaitu sebesar US\$ 8,2 ton/ha, lebih tinggi dari pada penebangan secara manual yang hanya sebesar US\$ 1,1 ton/ha.

Kegiatan penebangan meliputi penebangan tebu, pembersihan batang tebu dari kotoran/*trash* berupa pucuk tanaman dan klaras, pengikatan hingga pengumpulan. Penebangan menggunakan sistem 4 : 2 yang berarti bahwa sampah yang dihasilkan dari penebangan dua baris sebelah kiri. dikumpulkan di selang baris sebelah kiri bagian luar baris yang ditebang. Sedangkan sampah dari penebangan dua baris sebelah kanan dikumpulkan pada selang baris sebelah kanan bagian luar yang ditebang. Tebu yang telah dibersihkan diikat dan dikumpulkan secara tegak lurus dengan arah baris tebangan tebu.

Di perusahaan Indo Lampung Perkasa (Damayanti, 2002), penebangan diawali dengan proses pembakaran terlebih dahulu. Pembakaran tanaman bertujuan untuk memudahkan dan mempercepat pelaksanaan penebangan. Cara ini pernah dilakukan di PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang terutama untuk penebangan secara mekanis. Pembakaran tebu sebelum panen kini tidak dilakukan lagi. Selain dengan pertimbangan tidak diberlakukannya lagi penebangan secara mekanis, pembakaran tebu juga dapat menurunkan kualitas tebu. Tebu yang telah terbakar akan lebih cepat rusak karena lebih mudah

terserang mikroba pemakan sukrosa. Penebangan tanpa pembakaran tentu juga mengurangi konsumsi energi bahan bakar.

Berdasarkan perhitungan (Lampiran) penggunaan energi pada proses penebangan sebesar 622,76 MJ/ha (Tabel 8) atau 7,02 % dari seluruh input energi pemanenan (Gambar 3) dari seluruh kegiatan pemanenan. Penggunaan energi tersebut terdiri dari 622,70 MJ/ha energi manusia dan 0,06 MJ/ha energi alat penebang. Diantara proses pemanenan, penggunaan energi manusia terbesar adalah pada proses penebangan. Jumlah tenaga kerja yang digunakan tentu menjadi penyebab utamanya. Penebangan dilakukan oleh tenaga manusia dengan jumlah tenaga paling banyak diantara kegiatan lain. Meskipun jumlahnya sama, jika dibandingkan dengan energi alat penebang, tentu sangat berbeda jauh. Hal itu dikarenakan, alat yang digunakan adalah alat sederhana yang memiliki *embodied* energi yang kecil.

## **2. Pemuatan**

Tebu yang telah dikumpulkan penebang, telah siap dimuat. Pemuatan dilakukan dengan dua cara yaitu semi mekanis dan manual. Pemuatan secara semi mekanis yaitu dengan menggunakan alat berat berupa *grab loader*. Penggunaan *grabe loader* tergantung terhadap cuaca. Jika hujan, *grab loader* tidak dioperasikan. Karena saat dilakukan pengamatan cuaca sering hujan, pemuatan hanya dilakukan secara manual. Selain itu, hasil kerja *grab loader* yang terbatas (< 30%), tentu tidak dapat memenuhi pasokan pabrik sehingga pemuatan tebu diupayakan secara manual (Gambar 7).





Gambar 7. Pemuatan tebu secara manual

Berdasarkan hasil perhitungan (Lampiran) penggunaan energi yang hanya berasal dari energi manusia adalah sebesar 207,65 MJ/ha (Tabel 8) atau 2,34 % dari seluruh input energi pemanenan (Gambar 3) dan paling rendah diantara kegiatan lain. Meskipun pada kegiatan ini hanya menggunakan energi manusia saja, besar energi manusia yang digunakan lebih rendah dari energi manusia pada kegiatan penebangan. Dilihat dari jumlah tenaga kerja, perbandingannya 3 : 1, dengan kata lain 3 orang penebang hanya membutuhkan seorang pemuat tebu yang ditebangnya.

### 3. Pengangkutan

Tebu yang telah dimuat dalam armada angkut, dibawa menuju *cane yard*.

Armada angkut berupa truk berbahan bakar solar (Gambar 8) yang dikendarai



seorang supir dengan muatan berkisar antara 5 hingga 13 ton/angkut. Armada harus mengantre saat penimbangan dan pembongkaran tebu serta kembali ke areal hingga tebu yang akan dimuat telah habis. Pada penimbangan menggunakan jembatan timbang dan dua orang operator. Input energi manusia pada timbangan hanya sebesar 1,26 MJ/ha.



Gambar 8. Truk pengangkut tebu

Menurut Afrianto (2009) kecepatan truk berisi muatan rata-rata 19,53 km/jam. Sedangkan waktu yang dibutuhkan hingga tebu sampai di *cane yard*, tergantung dengan jarak angkut dan antrean armada di stasiun penimbangan dan pembongkaran. Peningkatan armada angkut terjadi ketika terdapat peningkatan produksi tebu harian.

Kegiatan pengangkutan menggunakan energi sebesar 7.137,79 MJ/ha (Tabel 9) atau 76,33 % dari seluruh input energi pemanenan (Gambar 3) yang merupakan

masuk energi terbesar dibandingkan dengan kegiatan lain. Besar energi masing-masing yaitu 238,78 MJ/ha untuk energi manusia (termasuk operator timbangan), 3.613,68 MJ/ha untuk energi mesin dan 2.923,23 MJ/ha untuk energi bahan bakar. Penggunaan energi terbesar pada kegiatan ini dikarenakan jam kerja alat mesin dan manusia selama 24 jam penuh sehingga tidak efisien. Tingginya jam kerja disebabkan antrean yang dipengaruhi oleh faktor banyaknya tenaga angkut, sehingga proses pembongkaran mengalami antrean dan memakan waktu kurang lebih 0,5 jam. Akibat antrean, kegiatan angkut truk/hari hanya 1,6 hingga 2 rit.

Pengurangan jumlah armada yang sesuai dengan jumlah tebu yang dipanen dapat meningkatkan efisiensi waktu pengangkutan dan mengurangi total kebutuhan energi pada proses pemanenan tebu. Afrianto (2009) menyebutkan bahwa kebutuhan armada transportasi Unit Usaha Bungamayang adalah 118 truk pada saat panen tinggi, dan 69 truk pada saat panen rendah dengan lama antrean yang terjadi saat panen puncak, yaitu pada produksi tebu harian sebesar 6.397 ton masing-masing adalah 0,0409 jam dan 0,0051 jam.

Alternatif lain yang dapat dipertimbangkan untuk mengurangi energi input pada kegiatan transportasi adalah menggunakan sarana transportasi dengan kapasitas angkut besar seperti lori. Wahyudin (1995) melaporkan bahwa penggunaan lori untuk transportasi tebu memerlukan biaya 7 kali lebih murah dibanding truk.

#### 4. Pembongkaran

Pembongkaran tebu dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan mekanis. Pembongkaran secara manual yaitu pembongkaran tebu, dengan peletakkan tebu tidak langsung di meja giling. Pembongkaran tebu secara manual menggunakan alat *grab loader* dan *cane stacker*. Sedangkan pembongkaran secara mekanis yaitu pembongkaran tebu, dengan peletakkan tebu yang dibongkar langsung di meja giling. Alat yang digunakan adalah *tipler* (Gambar 9) dan *hillo* (Gambar 10). Kedua alat ini adalah unit-unit stationer yang merupakan rangkaian sistem pengolahan.



Gambar 9. *Tipler*



Gambar 10. *Hillo*

*Grab loader* (Gambar 11) dan *cane stacker* (Gambar 12) masing–masing dioperasikan oleh seorang operator. Alat ini berbahan bakar solar. *Grab loader* bertugas untuk membongkar tebu dari truk, sedangkan *cane stacker* mendorong tebu menuju meja giling.

Meskipun pada kegiatan pembongkaran menggunakan alat berat (*grab loader* dan *cane stacker*), penggunaan energi tidak lebih besar dari kegiatan pengangkutan yaitu 719,52 MJ/ha (Tabel 8) atau 8,11 % dari seluruh input energi pemanenan (Gambar 3). Seperti pengangkutan, jenis energi yang digunakan adalah energi manusia, energi mesin, dan energi bahan bakar dengan besar masing–masing energi adalah 1,58 MJ/ha, 58,17 MJ/ha, dan 651,26 MJ/ha.





Gambar 11. *Grab loader*



Gambar 12. *Cane stacker*

## 5. Perbaikan jalan

Dalam pelaksanaan pemanenan, sarana dan prasarana sangat mempengaruhi. Jalan merupakan sarana penting bagi proses pemanenan. Keadaan jalan yang memadai tentu dapat memperlancar pemanenan. Kegiatan perbaikan jalan tentu sangat diperlukan. Di Unit Usaha Bungamayang perbaikan jalan dilakukan jika diperlukan. Adapun perbaikan jalan yang dilakukan adalah penimbunan jalan, pemadatan (Gambar 13), perbaikan jembatan, penambahan gorong-gorong dan sebagainya.

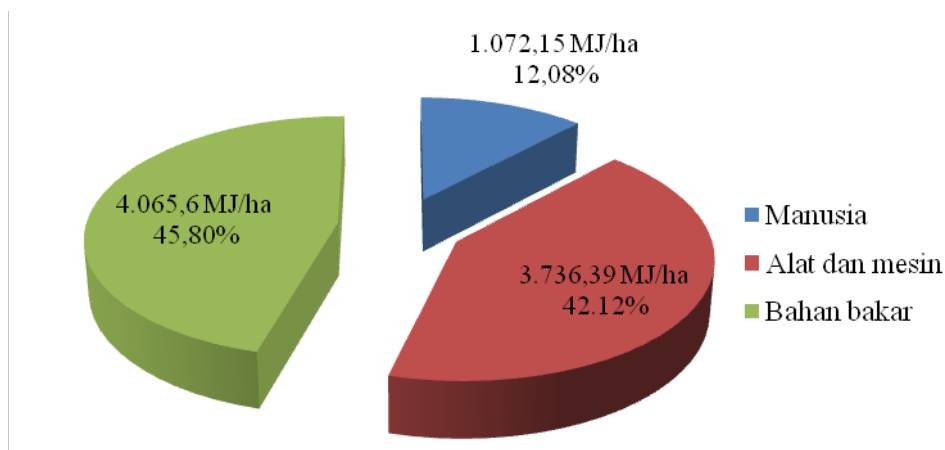
Berdasarkan perhitungan (Lampiran), besar penggunaan energi adalah 550,72 MJ/ha (Tabel 8) atau 6,20 % dari seluruh input energi pemanenan (Gambar 3). Penggunaan energi manusia, bahan bakar dan mesin dengan angka terendah dikarenakan kegiatan perbaikan jalan hanya kegiatan khusus untuk jalan-jalan yang tidak layak dan mengganggu proses pemanenan. Bukan kegiatan rutin atau menyeluruh pada areal perkebunan tebu.



Gambar 13. Perataan jalan

## B. Jenis Energi pada Pemanenan

Pada proses pemanenan tebu di PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang digunakan tiga jenis energi yaitu energi bahan bakar, alat dan mesin pertanian serta manusia. Besar penggunaan masing-masing energi ditunjukkan pada Gambar 14. Pada gambar tersebut dapat dilihat penggunaan jenis energi terbesar adalah energi alat dan mesin pertanian sebesar 4.065,60 MJ/ha (45,80 %), diikuti energi bahan bakar sebesar 3.738,59 MJ/ha (42,12 %) dan energi terendah adalah energi manusia sebesar 1.072,15 MJ/ha (12,08 %). Meskipun pemanenan dilakukan secara manual, penggunaan alat dan mesin juga menyokong berlangsungnya proses pemanenan.

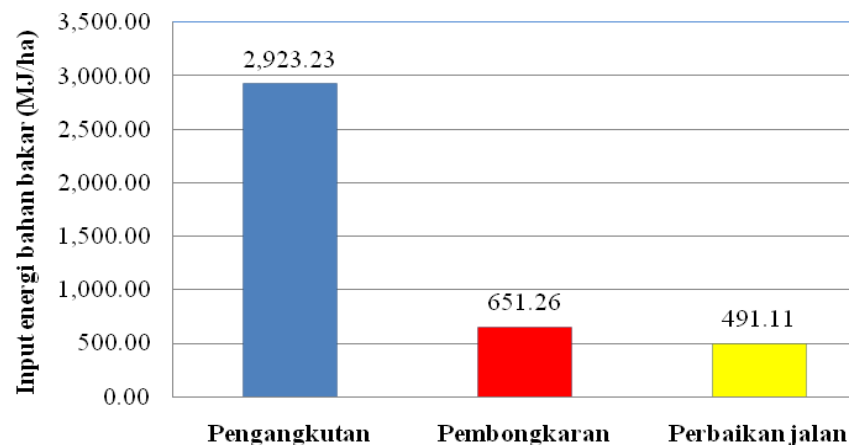


Gambar 14. Jenis energi yang digunakan pada proses pemanenan

### 1. Energi Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada proses pemanenan seluruhnya adalah solar. Solar digunakan sebagai bahan bakar pada truk pengangkut, mesin pembongkar dan mesin perbaikan jalan. Besar energi solar yang digunakan pada setiap kegiatan dapat dilihat pada Gambar 15.

Berdasarkan perhitungan (Lampiran), penggunaan energi tertinggi pada pemanenan adalah bahan bakar sebesar 4.065,6 MJ/ha (45,80 %) dari seluruh input energi pemanenan. Sedangkan penggunaan energi bahan bakar tertinggi



Gambar 15. Input energi bahan bakar

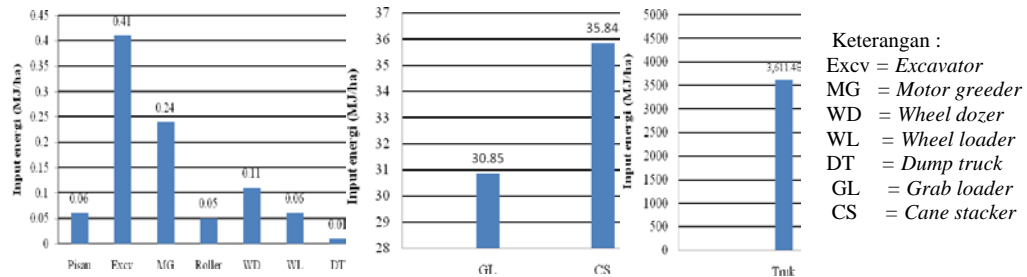
yaitu pada kegiatan pengangkutan sebesar 2.923,23 MJ/ha. Penggunaan energi bahan bakar pada pengangkutan tidak memperhitungkan kapasitas kerja truk, melainkan jarak dan kondisi truk sendiri.

## 2. Energi Alat dan Mesin

Penggunaan energi alat dan mesin pada seluruh kegiatan saat pengamatan dilakukan kecuali pada kegiatan pemuatan. Penggunaan energi alat dan mesin yaitu 3.736,39 MJ/ha atau 42,12 % dari seluruh input energi pemanenan. Penggunaan energi alat dan mesin bersumber dari pisau penebang, truk pengangkut tebu, *grab loader*, *cane stacker*, *exavator*, *motor grader*, *rholler*, *will dozer*, dan *dump truck*. Besar input energi alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 16.



Penggunaan energi terbesar yaitu pada kegiatan pengangkutan oleh truk (Gambar 16) sebesar 3.611,48 MJ/ha, sedangkan terendah pada kegiatan penebangan dengan pisau tebang yang hanya memakai energi sebesar 0,06 MJ/ha.



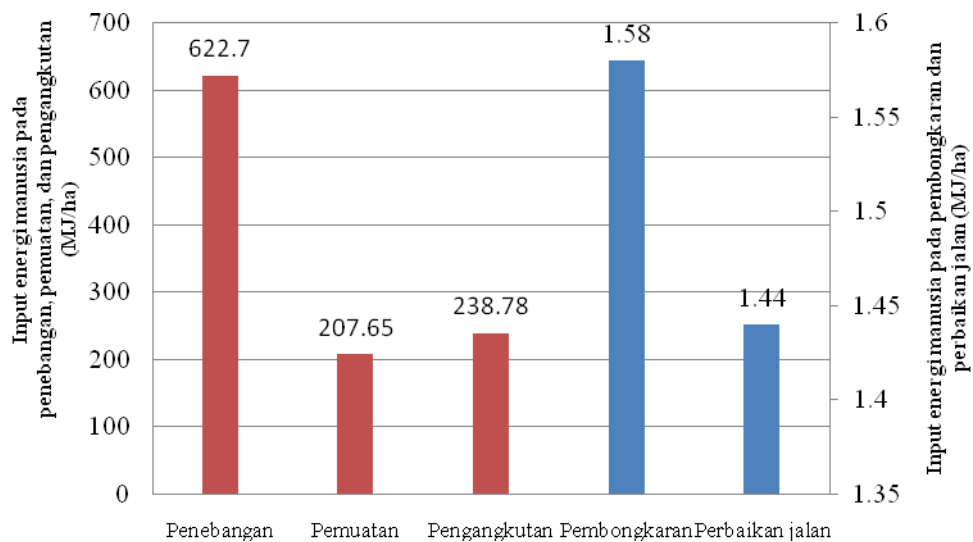
Gambar 16. Input energi alat dan mesin

Untuk kegiatan pembongkaran sebesar 66,68 MJ/ha dan kegiatan perbaikan jalan sebesar 58,17 MJ/ha. Energi yang berasal dari mesin berat tidak terlalu tinggi karena jumlah armada yang lebih sedikit daripada truk. Truk merupakan armada angkut utama dengan jumlah armada yang lebih banyak dari alat dan mesin lain.

### 3. Energi Manusia

Penggunaan energi manusia ada pada seluruh kegiatan pemanenan. Diantara jenis energi yang lain (Gambar 15), energi manusia paling sedikit penggunaannya yaitu sebesar 1.072,15 MJ/ha atau 12,08 % dari seluruh input energi pemanenan.

Penggunaan terbesar pada kegiatan penebangan sebagai tenaga tebang yaitu sebesar 622,70 MJ/ha dan terendah pada kegiatan perbaikan jalan sebagai operator yaitu sebesar 1,44 MJ/ha. Besar input energi manusia pada tiap kegiatan pemanenan tebu dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Input energi manusia

Pada kegiatan pemuatan sebagai tenaga muat sebesar 207,65 MJ/ha, pada kegiatan pengangkutan dan pembongkaran sebagai operator masing–masing sebesar 277,37 MJ/ha dan 1,58 MJ/ha. Pada kegiatan penebangan, energi manusia merupakan energi utama dengan jumlah tenaga dan jam kerja tertinggi dari keseluruhan kegiatan.

### C. Energi yang Dihasilkan

Produk yang dihasilkan pada pengolahan tebu yaitu berupa gula, tetes, dan bagas. Data dari PG Bungamayang pada musim giling 2010 ditunjukkan pada Tabel 11.

Energi output yang dihasilkan dihitung berdasarkan komposisi produk pengolahan tebu di atas dengan nilai energi sebesar 16,5 MJ/kg untuk gula (Mrini dkk, 2001), 7,8 MJ/kg untuk tetes (Cortez dkk, 1997) dan 5,4 MJ/kg untuk bagas (Mrini dkk, 2001) sehingga diperoleh total energi output yang dihasilkan yaitu sebesar 3,18 MJ/kg tebu sebagaimana ditunjukkan Tabel 12. Nilai ini jauh lebih besar

dibandingkan dengan pendapat Chamsing dkk (2006) sebesar 2 MJ/ha dan Mrini dkk (2001) sebesar 1,2 MJ/ha.

Tabel 10. Komposisi produk hasil pengolahan tebu PG Bungamayang musim giling tahun 2010

No.	Komponen	Unit (kg)	%
1.	Tetes	19.286.170	4,53
2.	Bagas	126.739.200	29,77
3.	Gula	31.593.350	7,42
<b>Jumlah</b>			<b>41,72</b>

Keterangan : Luas areal tebu yang dipanen 6053,7 ha dengan tebu yang digiling 425.739.400 kg (Data Laboratorium PTPN VII Persero UU Bungamayang)

Besarnya nilai kalori tebu dapat disebabkan hanya produk gula saja yang direkapitulasi pada penelitian Chamsing dkk (2006) dan Mrini dkk (2001). Selain itu, perbedaan rendemen juga dapat mempengaruhi besar nilai kalori tebu.

Dengan produktifitas tebu sebesar 70,28 ton/ha maka energi output adalah 22,35 GJ/ha.

Tabel 11. Energi output per kg tebu

No.	Komponen	%	Nilai energi (MJ/kg)	Jumlah energi per kg tebu (MJ/kg)
1.	Tetes	4,53	7,8*	0,35
2.	Bagas	29,77	5,4**	1,61
3.	Gula	7,42	16,5***	1,22
<b>Jumlah</b>				<b>3,18</b>

Keterangan : Luas areal tebu yang dipanen 6053,7 ha dengan tebu yang digiling 425.739.400 kg (Data Laboratorium PTPN VII Persero UU Bungamayang)

\* Braz dkk (1997)

\*\* Fluck (1992) dalam Mrini dkk (2001)

\*\*\* Da silva (1978) dalam Mrini dkk (2001)

#### D. Keragaan energi

Keragaan energi dapat diketahui dari energi input (PER), energi spesifik (GJ/ton) dan produktifitas energi (ton/GJ). Sebagai perbandingan, pada Tabel 12

merupakan keragaan energi untuk input energi pembudidayaan dan pemanenan tebu di beberapa negara.

Tabel 12. Keragaan energi pada pengolahan tebu di beberapa negara

Negara	Input energi (GJ/ha)	Produksi (Ton/ha)	Energi spesifik (GJ/ton)	Produktifitas energi (ton/GJ)	Referensi
Indonesia	56,13	70,39	0,80	1,25	Suswitasari 2002 dan penelitian ini
Iran	148,02	93,50	1,58	0,63	Karimi dkk, 2008
Maroko ( <i>small farm</i> )	70,41	89,00	0,79	1,26	Mrini dkk, 2001
Maroko ( <i>large farm</i> )	105,15	104,00	1,01	0,99	Mrini dkk, 2001

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian tentang kebutuhan energi pada pembudidayaan di Unit Usaha Bungamayang (Suswitasari, 2002) yang mengkonsumsi energi sebesar 47.256,56 MJ/ha untuk tanaman pertama (*plant cane*) dan 34.386,49 MJ/ha untuk tanaman keprasan (*ratoon cane*). Dengan demikian besarnya total energi input untuk produksi tebu (dari penyiapan lahan sampai hasil tebu siap digiling) adalah 56.130,70 MJ/ha untuk *plant cane* dan 43.260,63 MJ/ha untuk *ratoon cane*.

Bila dibandingkan dengan kebutuhan energi pengolahan tebu di Maroko (Mrini dkk, 2001), Iran (Karimi dkk, 2008) dan Thailand (Chamsing dkk,1997), kebutuhan energi di Indonesia (dalam hal ini PTPN VII Unit Usaha Bungamayang), lebih rendah dari negara Maroko dan Iran. Jika dibandingkan dengan Thailand, kebutuhan energi Indonesia lebih tinggi. Hal itu menunjukkan bahwa penggunaan energi di Indonesia pada tingkat sedang (tidak terlalu tinggi

atau rendah). Hal itu dapat disebabkan perbedaan teknologi yang digunakan serta produktifitas tebu.

Energi spesifik menunjukkan energi pemanenan yang dibutuhkan tiap ton tebu.

Berdasarkan hasil perhitungan (Lampiran) diperoleh energi spesifik sebesar 126,10 MJ/Ton. Hal itu menunjukkan bahwa, untuk memanen 1 ton tebu diperlukan energi sebesar 126,10 MJ.

Dengan input energi dari pembudidayaan dan pemanenan tebu di Indonesia diperoleh energi spesifik sebesar 0,80 GJ/ton. Besar energi spesifik ini sebanding dengan negara Maroko (*small farm*) dan lebih rendah dari negara Iran dengan energi spesifik sebesar 1,58 GJ/ton dan Maroko (*large farm*) sebesar 1,01 GJ/ton. Hal itu menunjukkan bahwa penggunaan energi pembudidayaan tebu di Indonesia lebih efektif dibandingkan negara Iran dan Maroko (*large farm*).

Produktivitas energi menunjukkan ton tebu yang dipanen tiap pemakaian 1 MJ energi. Berdasarkan hasil perhitungan (Lampiran) diperoleh produktivitas energi sebesar 0,008 ton/MJ. Hal itu menunjukkan bahwa, tiap 1 MJ energi yang dipakai untuk proses pemanenan, hanya menghasilkan 0,008 ton atau 8 kg tebu.

Sedangkan untuk energi pembudidayaan dan pemanenan tebu, produktifitas energi di Indonesia sebesar 1,25 ton/GJ dan sebanding dengan negara Maroko (*small farm*). Jika dibandingkan dengan negara Iran yang hanya sebesar 0,63 ton/GJ dan Maroko (*large farm*) sebesar 0,99 ton/GJ, sama halnya dengan energi spesifik tentu lebih efektif. Perbedaan besarnya produktifitas energi dan energi

spesifik dapat disebabkan oleh mekanisasi pada negara Iran dan Maroko (*large farm*) lebih diutamakan daripada di Indonesia.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Setelah melakukan analisis penggunaan energi pada proses pemanenan di PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kebutuhan energi input (PER) pada proses pemanenan tebu adalah sebesar 8.876,34 MJ/ha.
2. Kegiatan yang menggunakan energi terbesar pada proses pemanenan adalah kegiatan pengangkutan tebu menuju *cane yard* dengan besar energi 6.775,69 MJ/ha atau 73,33 % dan terendah pada kegiatan pemuatan sebesar 207,65 MJ/ha atau 2,34 % dari seluruh input energi pemanenan.
3. Berdasarkan jenis energi, energi terbesar yang digunakan adalah bahan bakar sebesar 4.065,6 MJ/ha atau 45,80 % dan terendah berupa energi manusia sebesar 1.072,15 MJ/ha atau 12,08 % dari seluruh input energi pemanenan.
4. Energi spesifik pada proses pemanenan tebu adalah sebesar 126,10 MJ/ton.
5. Produktivitas energi pada proses pemanenan tebu adalah sebesar 0,008 ton/MJ.

## **B. Saran**

Pengurangan jumlah armada yang sesuai dengan jumlah tebu yang dipanen dapat meningkatkan efisiensi waktu pengangkutan dan mengurangi total kebutuhan energi pada proses pemanenan tebu.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, I.K. 2009. *Simulasi Kebutuhan Armada Transportasi Tebu di PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Alonso-Pippo, W.; C.A. Luengo; J. Koehlinger; P. Garzone; dan G. Cornacchia. 2008. Sugarcane Energy Use: The Cuban Case. *Energy Policy* **36**:2163-2181. Cuban.
- Arifin, A.N. 2007. *Tebang Angkut Dilahan Kering*. PT Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang. Lampung Utara.
- Cortez, L.A.B. dan L.E.B. Perez. 1997. Experiences on Vinasse Disposal, Part. III of Vinasse—# 6 Fuel Oil Emulsions. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. **14**, No.1.
- Cervinka, V. 1980. Fuel And Energy Efficiency dalam *Handbooks Of Energy Utilization in Agricultural*. Pimentel, D. CRC. Press, Inc. Boca Raton. Florida. USA.
- Chamsing, A.; V.M. Salokhe; dan G. Singh. 2006. Energy Consumption Analysis for Selected Crops in Different Regions of Thailand. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal* , volume **VIII**.
- Damayanti, M. 2002. *Mempelajari Teknik Pemanenan dan Penanganan Tebu pada Bagian Penggilingan Pabrik Gula di PT Indo Lampung Perkasa*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Laporan Praktek Umum. Bandar Lampung.
- Doering III dan C. Otto. 1978. *An Energy Based Analysis Of Alternative Production Methods And Cropping System In The Corn Belt*. Product University, Agricultural Experiment Station West Lafagete. Indiana.
- Haryanto, A.; B. Lanya; dan D. Suswitasari. 2009. Kebutuhan Energi Pada Proses Budidaya Tebu: Studi Kasus di PG Bungamayang, Lampung Utara. *Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Fakultas pertanian Wilayah Barat : Peran Strategis Perguruan Tinggi, Pemerintah Daerah, Industri, dan Masyarakat dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Berkelanjutan*. Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Serang, 13-16 April 2009.

- Hardiyanto, B. dan D. Damayanti. 2009. Memutar Roda Nasib Industri Gula Nasional. [http:// www.KOMPAS.com](http://www.KOMPAS.com) diakses 11 Februari 2010.
- Hunt, D. 1977. *Farm Power and Machinery Management*. The Iowa State University Press. USA.
- IKAGI. 2009. *Produksi Gula Tebu di Indonesia*. [http:// www.IKAGI.org](http://www.IKAGI.org) diakses 16 Maret 2010.
- Karimi, M.; A.R. Pour; A. Tabatabaeefar; dan A. Borghei. 2008. Energy Analysis of Sugarcane Production in Plant Farms A Case Study in Debel Khazai Agro-industry in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* **4(2)**: 165-171.
- Mrini, M.; F. Senhaji; dan D. Pimentel. 2001. *Energy Analysis of Sugarcane Production in Morocco*. *Environment, Development and Sustainability* 3(2): 109-126.
- P3GI. 2008. *Konsep Peningkatan Randemen Untuk Mendukung Program Akselerasi Industri Gula Nasional*. <http://www.google.com> diakses 9 September 2008
- PTPN VII Persero UU Bungamayang. 2010. *Evaluasi Kemajuan TMA edisi I - V*. UU Bungamayang. Lampung Utara.
- PTPN VII Persero. 1997. *Vademecum Tanaman Tebu Bidang Tanaman*. PTPN VII Persero. Bandar Lampung.
- Pramuhadi, G. 2005. *Pengolahan Tanah Optimum pada Budidaya Tebu Lahan Kering*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB.
- Sari, Y. 2009. *Pemanfaatan Limbah Padat Industri Gula Putih di PT Perkebunan Nusantara VII (PERSERO) Unit Usaha Bungamayang Kabupaten Lampung Utara*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Laporan Praktik Umum. Bandar Lampung.
- Singh, H.; D. Mishra; dan N.M. Nahar, 2002. *Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India—Part I*. *Energy. Convers. Manag.*, 43(16): 2275-2286.
- Suswitasari, D. 2002. *Analisis Penggunaan Energi Pada Proses Budidaya Tebu di PTPN VII (persero) Unit Usaha Bumgamayang Lampung Utara*. Universitas Lampung. Skripsi. Bandar Lampung.
- Toharisman, A. 2007. *Kinerja Industri Gula Indonesia*. P3GI. Pasuruan. . <http://www.google.com> diakses 9 September 2008.

Triyanti, D. 2002. *Analisis Biaya Sistem Penebangan dan Transportasi Tebu di PTPN VII (Persero) Unit Usaha Bungamayang Ketapang Lampung Utara*. Skripsi. Universitas Lampung. Skripsi. Bandar Lampung.

Wahyudin. 1995. *Analisa Kebutuhan Tenaga dan Biaya Pemanenan Tebu di PG Madukismo Yogyakarta*. Skripsi Fateta IPB. Bogor.

# **LAMPIRAN**

## Lampiran 1. Perhitungan

Tabel 13. Rekapitulasi energi pada kegiatan penebangan

No.	Periode	HKO (hari)*	Tenaga kerja/hari (orang)*	T * (jam)	Nem ** (MJ/jam)	Koef. golok *** (MJ/jam)	Luas area (ha)	Etm (MJ/ha)	Ee (MJ/ha)
1.	I	18	2.109,00	8	1,96	0,0002	953,55	624,24	0,06
2.	II	15	3.095,00	8	1,96	0,0002	1.153,25	631,21	0,06
3.	III	16	3.375,00	8	1,96	0,0002	1.388,05	610,00	0,06
4.	IV	15	3.552,00	8	1,96	0,0002	1.321,45	632,21	0,07
5.	V	15	3.257,00	8	1,96	0,0002	1.243,90	615,84	0,06
<b>Jumlah</b>		<b>79</b>	<b>15.388,00</b>	<b>40</b>	<b>9,80</b>	<b>10<sup>-4</sup></b>	<b>6.060,20</b>	<b>3.113,50</b>	<b>0,31</b>
<b>Rataan</b>		<b>15,8</b>	<b>3.077,60</b>	<b>8</b>	<b>1,96</b>	<b>0,0002</b>	<b>1.212,04</b>	<b>622,70</b>	<b>0,06</b>

Sumber : \* PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, 2010

\*\* Singh dkk, 2002

\*\*\* Mrini dkk, 2001

Keterangan :

T = Jam kerja/hari (Jam)

Nem = Nilai ekuivalen energi manusia (MJ/jam)

Etm = Energi tenaga manusia (MJ/ha)

Ee = *Embodied* golok tebang (MJ/ha)

Periode I = 13 – 30 April 2010

Periode II = 1 – 15 Mei 2010

Periode III = 16 – 31 Mei 2010

Periode IV = 1 – 15 Juni 2010

Periode V = 16 – 30 Juni 2010

Lampiran 1. (Lanjutan)

$$Etm = \frac{HKO \times T \times Nem \times \text{jumlah tenaga kerja}}{\text{Luas area}}$$

$$Etm_1 = \frac{18 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1,96 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 2.109 \text{ orang}}{953,55 \text{ ha}} = 624,24 \frac{\text{MJ}}{\text{ha}}$$

$$Etm_2 = \frac{15 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1,96 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 3.095 \text{ orang}}{1.153,25 \text{ ha}} = 631,21 \frac{\text{MJ}}{\text{ha}}$$

$$Etm_3 = \frac{16 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1,96 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 3.375 \text{ orang}}{1.388,05 \text{ ha}} = 610,01 \frac{\text{MJ}}{\text{ha}}$$

$$Etm_4 = \frac{15 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1,96 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 3.552 \text{ orang}}{1.321,45 \text{ ha}} = 632,21 \frac{\text{MJ}}{\text{ha}}$$

$$Etm_5 = \frac{15 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1,96 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 3.257 \text{ orang}}{1.243,9 \text{ ha}} = 615,84 \frac{\text{MJ}}{\text{ha}}$$

$$\text{Rataan} = \frac{Etm_1 + Etm_2 + Etm_3 + Etm_4 + Etm_5}{5}$$

$$\begin{aligned} \text{Rataan} &= \frac{624,24 \text{ MJ/ha} + 631,21 \text{ MJ/ha} + 610,01 \text{ MJ/ha} + 632,21 \text{ MJ/ha} + 615,84 \text{ MJ/ha}}{5} \\ &= 622,70 \text{ MJ/ha} \end{aligned}$$

$$Ee = \frac{\text{Koefisien sabit} \times Ce \times \text{Jumlah alat}}{\text{Luas area}}, \text{ dan } Ce = HKO \times T$$

$$Ee_1 = \frac{0,0002 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 18 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 2.109 \text{ orang}}{953,55 \text{ ha}} = 0,06 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_2 = \frac{0,0002 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 15 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 3.095 \text{ orang}}{1.153,25 \text{ ha}} = 0,06 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_3 = \frac{0,0002 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 16 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 3.375 \text{ orang}}{1.388,05 \text{ ha}} = 0,06 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_4 = \frac{0,0002 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 15 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 3.552 \text{ orang}}{1.321,45 \text{ ha}} = 0,07 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_5 = \frac{0,0002 \frac{\text{MJ}}{\text{jam}} \times 15 \text{ hari} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 3.257 \text{ orang}}{1.243,9 \text{ ha}} = 0,06 \text{ MJ/ha}$$

Lampiran 1. (Lanjutan)

$$Rataan = \frac{Ee_1 + Ee_2 + Ee_3 + Ee_4 + Ee_5}{5}$$

$$Rataan = \frac{0,06 \text{ MJ/ha} + 0,06 \text{ MJ/ha} + 0,06 \text{ MJ/ha} + 0,07 \text{ MJ/ha} + 0,06 \text{ MJ/ha}}{5} = 0,06 \text{ MJ/ha}$$

Tabel 14. Rekapitulasi energi pada kegiatan pemuatan

No.	Periode	Lama periode (hari)*	Tanaga kerja / hari (orang)*	T * (jam)	Nem ** (MJ/ha)	Luas area (ha)*	Etm ** (MJ/ha)
1.	I	18	704	8	1,96	953,55	208,38
2.	II	15	1.032	8	1,96	1.153,25	210,47
3.	III	16	1.126	8	1,96	1.388,05	203,52
4.	IV	15	1.184	8	1,96	1.321,45	210,74
5.	V	15	1.085	8	1,96	1.243,90	205,16
<b>Jumlah</b>		<b>79</b>	<b>5.131</b>	<b>40</b>		<b>6.060,20</b>	<b>1.038,27</b>
<b>Rataan</b>		<b>15,8</b>	<b>1.026,2</b>	<b>8</b>	<b>1,96</b>	<b>1.212,04</b>	<b>207,65</b>

Sumber : \* PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, 2010  
 \*\* Singh dkk, 2002

Keterangan :

T = Jam kerja/hari

Etm = Energi tenaga manusia (MJ/ha)

Periode sama dengan halaman 53

$$Etm = \frac{HKO \times T \times Nem \times \text{jumlah tenaga kerja}}{\text{Luas area}}$$

$$Etm_1 = \frac{18 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 704 \text{ orang}}{953,55 \text{ ha}} = 208,38 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_2 = \frac{15 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 1.032 \text{ orang}}{1.153,25 \text{ ha}} = 210,47 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_3 = \frac{16 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 1.126 \text{ orang}}{1.388,05 \text{ ha}} = 203,52 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_4 = \frac{15 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 1.184 \text{ orang}}{1.321,45 \text{ ha}} = 210,74 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_5 = \frac{15 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 1.085 \text{ orang}}{1.243,9 \text{ ha}} = 205,16 \text{ MJ/ha}$$

**Lampiran 1. (Lanjutan)**

$$Rataan = \frac{Etm_1 + Etm_2 + Etm_3 + Etm_4 + Etm_5}{5}$$

$$\begin{aligned} Rataan &= \frac{208,38 \text{ MJ/ha} + 210,47 \text{ MJ/ha} + 203,52 \text{ MJ/ha} + 210,74 \text{ MJ/ha} + 205,16 \text{ MJ/ha}}{5} \\ &= 207,65 \text{ MJ/ha} \end{aligned}$$



**Lampiran 1. (Lanjutan)**

Tabel 15. Rekapitulasi energi pada kegiatan pengangkutan

No.	Periode	Lama periode (hari)*	Angkutan			Nem ** (MJ/jam)	Koef. truk *** (MJ/jam)	Ef **** (MJ/liter)	Luas area (ha)*	Wfc * (liter)	Efc (MJ/ha)	Ee (MJ/ha)	Etm (MJ/ha)	Etm timb. (MJ/ha)
			Truk	Rit	Rit/truk									
1.	I	18	279	443	1,58	1,96	29,8	47,78	953,55	55.790,00	2.795,14	3.766,70	247,74	1,78
2.	II	15	388	686	1,77	1,96	29,8	47,78	1.153,25	71.995,00	2.982,81	3.609,33	237,39	1,22
3.	III	16	413	826	2	1,96	29,8	47,78	1.388,05	86.737,00	2.985,69	3.404,81	223,94	1,08
4.	IV	15	431	804	1,87	1,96	29,8	47,78	1.321,45	84.420,00	3.052,40	3.499,01	230,14	1,07
5.	V	15	438	694	1,58	1,96	29,8	47,78	1.243,90	72.898,00	2.800,12	3.777,53	248,45	1,13
<b>Jumlah</b>										<b>371.840,00</b>	<b>14.616,16</b>	<b>18.057,38</b>	<b>1.187,66</b>	<b>6,28</b>
<b>Rataan</b>										<b>74.368,00</b>	<b>2.923,23</b>	<b>3.611,48</b>	<b>237,53</b>	<b>1,26</b>

Sumber : \* PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, 2010  
 \*\* Singh dkk, 2002  
 \*\*\* Mrini dkk, 2001  
 \*\*\*\* Cervinca, 1980

Keterangan :

Nem = Nilai ekuivalen energi manusia (MJ/ha)  
 T = Jam kerja sebanyak 24 jam  
 Ef = Nilai energi bahan bakar (MJ/iter)  
 Wfc = Volume bahan bakar terpakai (Liter)  
 Efc = Energi konsumsi bahan bakar (MJ)  
 Ee = *Embodied* alat atau mesin (MJ/ha)  
 Etm = Energi tenaga manusia (MJ/ha)  
 Angkutan = jumlah tenaga kerja manusia  
 Periode sama dengan halaman 53

### Lampiran 1. (Lanjutan)

$$Etm = \frac{HKO \times T \times Nem \times \text{jumlah tenaga kerja}}{\text{Luas area}}$$

Sebagai operator tenaga angkut :

$$Etm_1 = \frac{18 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 279 \text{ orang}}{953,55 \text{ ha}} = 247,74 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_2 = \frac{15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 388 \text{ orang}}{1.153,25 \text{ ha}} = 237,39 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_3 = \frac{16 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 413 \text{ orang}}{1.388,05 \text{ ha}} = 223,94 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_4 = \frac{15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 431 \text{ orang}}{1.321,45 \text{ ha}} = 230,14 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_5 = \frac{15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 438 \text{ orang}}{1.243,9 \text{ ha}} = 248,45 \text{ MJ/ha}$$

$$\text{Rataan} = \frac{Etm_1 + Etm_2 + Etm_3 + Etm_4 + Etm_5}{5}$$

$$\begin{aligned} \text{Rataan} &= \frac{247,74 \text{ MJ/ha} + 237,39 \text{ MJ/ha} + 223,94 \text{ MJ/ha} + 230,14 \text{ MJ/ha} + 248,45 \text{ MJ/ha}}{5} \\ &= 237,53 \text{ MJ/ha} \end{aligned}$$

Sebagai tenaga timbang :

$$Etm_1 = \frac{18 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 2 \text{ orang}}{953,55 \text{ ha}} = 1,78 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_2 = \frac{15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 2 \text{ orang}}{1.153,25 \text{ ha}} = 1,22 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_3 = \frac{16 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 2 \text{ orang}}{1.388,05 \text{ ha}} = 1,08 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_4 = \frac{15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 2 \text{ orang}}{1.321,45 \text{ ha}} = 1,07 \text{ MJ/ha}$$

$$Etm_5 = \frac{15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1,96 \text{ MJ/jam} \times 2 \text{ orang}}{1.243,9 \text{ ha}} = 1,13 \text{ MJ/ha}$$

$$\text{Rataan} = \frac{Etm_1 + Etm_2 + Etm_3 + Etm_4 + Etm_5}{5}$$

$$\begin{aligned} \text{Rataan} &= \frac{1,78 \text{ MJ/ha} + 1,22 \text{ MJ/ha} + 1,08 \text{ MJ/ha} + 1,07 \text{ MJ/ha} + 1,13 \text{ MJ/ha}}{5} \\ &= 1,26 \text{ MJ/ha} \end{aligned}$$

## Lampiran 1. (Lanjutan)

Total input Etm pada kegiatan pengangkutan

$$= 237,53 \text{ MJ/ha} + 1,26 \text{ MJ/ha}$$

$$= 238,79 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee = \frac{\frac{E_{tem}}{N} \times C_e \times \text{Jumlah alat}}{\text{Luas area}}, \text{ dan } C_e = HKO \times T$$

$$Ee_1 = \frac{29,8 \text{ MJ/jam} \times 18 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 279 \text{ orang}}{953,55 \text{ ha}} = 3.766,70 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_2 = \frac{29,8 \text{ MJ/jam} \times 15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 388 \text{ orang}}{1.153,25 \text{ ha}} = 3.609,33 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_3 = \frac{29,8 \text{ MJ/jam} \times 16 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 413 \text{ orang}}{1.388,05 \text{ ha}} = 3.404,81 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_4 = \frac{29,8 \text{ MJ/jam} \times 15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 804 \text{ orang}}{1.321,45 \text{ ha}} = 6.527,16 \text{ MJ/ha}$$

$$Ee_5 = \frac{29,8 \text{ MJ/jam} \times 15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam/hari} \times 438 \text{ orang}}{1.243,9 \text{ ha}} = 3.777,53 \text{ MJ/ha}$$

$$\text{Rataan} = \frac{Ee_1 + Ee_2 + Ee_3 + Ee_4 + Ee_5}{5}$$

$$\text{Rataan} = \frac{3.766,70 \text{ MJ/ha} + 3.609,33 \text{ MJ/ha} + 3.404,81 \text{ MJ/ha} + 6.527,16 \text{ MJ/ha} + 3.777,53 \text{ MJ/ha}}{5} \\ = 4.219,31 \text{ MJ/ha}$$

$$Efc = \frac{Ef \times Wfc}{\text{Luas area}}$$

$$Efc_1 = \frac{47,78 \text{ MJ/liter} \times 55.790 \text{ liter}}{953,55 \text{ ha}} = 2.795,14 \text{ MJ/ha}$$

$$Efc_2 = \frac{47,78 \text{ MJ/liter} \times 71.995 \text{ liter}}{1.153,25 \text{ ha}} = 2.982,81 \text{ MJ/ha}$$

$$Efc_3 = \frac{47,78 \text{ MJ/ha} \times 86.737,00 \text{ liter}}{1.388,05 \text{ ha}} = 2.985,69 \text{ MJ/ha}$$

$$Efc_4 = \frac{47,78 \text{ MJ/liter} \times 84.420,00 \text{ liter}}{1.321,45 \text{ ha}} = 3.052,40 \text{ MJ/ha}$$

$$Efc_5 = \frac{47,78 \text{ MJ/liter} \times 72.898,00 \text{ liter}}{1.243,9 \text{ ha}} = 2.800,12 \text{ MJ/ha}$$

$$\text{Rataan} = \frac{Efc_1 + Efc_2 + Efc_3 + Efc_4 + Efc_5}{5}$$

**Lampiran 1. (Lanjutan)**

$$\begin{aligned} \text{Rataan} &= \frac{2.795,12 \text{ MJ/ha} + 2.982,81 \text{ MJ/ha} + 2.985,69 \text{ MJ/ha} + 1.635,54 \text{ MJ/ha} + 2.800,12 \text{ MJ/ha}}{5} \\ &= 2.639,86 \text{ MJ/ha} \end{aligned}$$

Tabel 16. Rekapitulasi energi pada kegiatan pembongkaran

No	Mesin	Massa (kg)	Jam kerja (jam)*	Wfc (liter)*	Efc (MJ)	Etm (MJ)	Ee (MJ)
1.	Grab Loader SP 1800	13870	161,20	2370	113.238,60	315,95	12.742,86
2.	Grab Loader SP 2254	16770	159,00	2625	125.422,50	311,64	15.195,63
3.	Grab Loader SP 1800	16770	134,20	2555	122.077,90	263,03	12.825,49
4.	Cane Stacker	12720	154,90	3590	171.530,20	303,60	12.045,02
5.	Cane Stacker	12720	213,70	2087	99.716,86	418,85	16.617,31
6.	Cane Stacker	12720	240,40	4785	228.627,30	471,18	18.693,50
<b>Jumlah</b>					<b>860.613,36</b>	<b>2.084,25</b>	<b>88.119,81</b>
<b>Total Energi (MJ/ha)</b>					<b>651,36</b>	<b>1,58</b>	<b>66,68</b>

Sumber : \* PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, 2010

\*\*Singh dkk, 2002

Keterangan :

Luas area yang dipanen pada periode IV = 1.321,45 ha

Nem = Nilai ekuivalen energi manusia 1,96 MJ/jam (Singh dkk, 2002)

TKO = Jam kerja (Jam)

Etm = Energi tenaga manusia (MJ/ha)

Ee = Energi alat atau mesin (MJ/ha)

Wfc = Volume bahan bakar terpakai (Liter)

Ef = Nilai energi bahan bakar 47,78 MJ/liter (Cervinca, 1980)

Efc = Energi konsumsi bahan bakar

$$Efc = Ef \times Wfc$$

$$Etm = T \times Nem$$

$$Epb = m \times Cpb$$

$$Etem = Etf + Epr$$

$$Efb = m \times Cfb$$

$$Ee = \frac{Etem}{N} \times Ce$$

$$Etf = 0,82 \times (Epb + Efb)$$

$$Epr = (Epb + Efb) \times TAR \times 0,333$$

**Lampiran 1. (Lanjutan)**

Tabel 17. Rekapitulasi energi mesin (Ee) pada kegiatan pembongkaran

No	Mesin	Massa (kg)	Epb (MJ)	Efb (MJ)	Etf (MJ)	Epr (MJ)	Etem (MJ)	$\frac{Etem}{N}$	Ce (Jam)	Ee (MJ)
1.	Grab Loader SP 1800	13870	685.871,50	202.918,10	728.807,47	219.755,45	948.562,92	79,05	161,20	12.742,86
2.	Grab Loader SP 2254	16770	829.276,50	245.345,10	881.189,71	265.702,88	1.146.892,59	95,57	159,00	15.195,63
3.	Grab Loader SP 2254	16770	829.276,50	245.345,10	881.189,71	265.702,88	1.146.892,59	95,57	134,20	12.825,49
4.	Cane Stacker	12720	629.004,00	245.345,10	716.966,26	216.185,00	933.151,26	77,76	154,90	12.045,02
5.	Cane Stacker	12720	629.004,00	245.345,10	716.966,26	216.185,00	933.151,26	77,76	213,70	16.617,31
6.	Cane Stacker	12720	629.004,00	245.345,10	716.966,26	216.185,00	933.151,26	77,76	240,40	18.693,50
<b>Jumlah</b>										<b>88.119,81</b>

Keterangan :

Epb = Energi produksi bahan baku (MJ)

Cpb = Nilai kalor standar energi produksi bahan baku suatu alat atau mesin pertanian 49,45 (MJ/kg)

Efb = Energi fabrikasi (MJ)

Cf = Nilai kalor energi fabrikasi suatu alat mesin pertanian 14,63 (MJ/kg)

Etf = Energi total produksi alat atau mesin pertanian (MJ)

Epr = Energi perbaikan dan perawatan (MJ)

TAR = Perbaikan dan perawatan akumulasi dengan harga sebenarnya pada umur alat 74,25 %.

0,333 = Efisiensi panas bahan bakar maksimum motor diesel koefisien perbaikan total akumulasi (%), yaitu perbandingan biaya.

Ee = Energi (MJ)

Etem = Energi alsintan (MJ)

N = Umur ekonomis alsintan 12.000 Jam (Hunt, 1997)

Ce = Jam kerja (Jam)

## Lampiran 1. (Lanjutan)

Tabel 18. Rekapitulasi energi pada kegiatan perbaikan jalan

No	Mesin	Daya (Hp)	Massa (kg)	Jam kerja (jam)*	$\frac{E_{tem}}{N}$	Wfc (liter)*	Ee (MJ)	Efc (MJ)	Etm (MJ)
1.	Excavator	136	21.800	436	124,24	6.450	54.168,64	308.181,00	854,56
2.	Excavator	136	21.800	464	124,24	6.960	57.647,36	332.548,80	909,44
3.	Motor greeder	130	10.500	458	59,84	6.412	27.406,72	306.365,36	897,68
4.	Motor greeder	130	10.500	575	59,84	8.050	34.408	384.629,00	1.127,00
5.	Motor greeder	130	10.500	185	59,84	2.590	11.070,4	123.750,20	362,60
6.	Wheel loader	107	9.430	479	53,74	5.269	25.741,46	251.752,82	938,84
7.	Roller	107	9.700	60	55,28	660	3.316,80	31.534,80	117,60
8.	Wheel dozer	165	13.870	440	79,04	5.280	34.777,60	252.278,40	862,40
9.	Wheel dozer	165	16.770	109	95,57	1.853	10.417,13	88.536,34	213,64
10.	Rholler	107	10.102	340	57,57	3.740	19.573,80	178.697,20	666,40
11.	Motor greeder	155	12.770	377	72,78	6.409	27.438,06	306.222,02	738,92
12.	Dump truk	220	6.400	40	29,8	995	1.192,00	47.541,10	78,40
13.	Dump truk	220	6.400	40	29,8	765	1.192,00	36.551,70	78,40
14.	Dump truk	173	6.400	40	29,8	775	1.192,00	37.029,50	78,40
15.	Dump truk	173	6.400	24	29,8	888	715,20	42.428,64	47,04
16.	Excavator	136	20.000	371	113,98	5.194	42.286,58	248.169,32	727,16
<b>jumlah</b>							<b>352.543,75</b>	<b>2.976.216,2</b>	<b>8.698,48</b>
<b>Total Energi (MJ/ha)</b>							<b>58,17</b>	<b>491,11</b>	<b>1,44</b>

Sumber : \* PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, 2010

Keterangan :

Luas area yang dipanen pada selama 5 periode = 6.060,2 ha

Nem = Nilai ekuivalen energi manusia 1,96 MJ/jam (Singh dkk, 2002)

T = Jam kerja

Etm = Energi tenaga manusia

Ee = Energi alat atau mesin

Wfc = bahan bakar

Ef = Nilai energi bahan bakar 47,78 MJ/liter (Cervinca, 1980)

Efc = Energi konsumsi bahan bakar

Penggunaan rumus sama dengan halaman 60

**Lampiran 1. (Lanjutan)**

Tabel 19. Rekapitulasi energi mesin (Ee) pada kegiatan perbaikan jalan

No	Mesin	Massa (kg)	Epb (MJ)	Efb (MJ)	Etf (MJ)	Epr (MJ)	Etem (MJ)	$\frac{Etem}{N}$
1.	Excavator	21.800	1.078.010,00	318.934	1.145.494,08	345.397,90	1.490.891,98	124,24
2.	Excavator	21.800	1.078.010,00	318.934	1.145.494,08	345.397,90	1.490.891,98	124,24
3.	Motor greeder	10.500	519.225,00	153.615	551.728,80	166.361,37	718.090,17	59,84
4.	Motor greeder	10.500	519.225,00	153.615	551.728,80	166.361,37	718.090,17	59,84
5.	Motor greeder	10.500	519.225,00	153.615	551.728,80	166.361,37	718.090,17	59,84
6.	Wheel loader	9.430	466.313,50	137.961	495.505,01	149.408,36	644.913,37	53,74
7.	Rholler	9.700	479.665,00	141.911	509.692,32	153.686,22	663.378,54	55,28
8.	Wheel dozer	13.870	685.871,50	202.918	728.807,47	219.755,45	948.562,92	79,04
9.	Wheel dozer	16.770	829.276,50	245.345	881.189,71	265.702,88	1.146.892,59	95,57
10.	Rholler	10.102	499.543,90	147.792	530.815,65	160.055,48	690.871,13	57,57
11.	Motor greeder	12.770	631.476,50	186.825	671.007,31	202.327,12	873.334,43	72,78
12.	Dump truk**	6.400	-	-	-	-	-	29,80
13.	Dump truk**	6.400	-	-	-	-	-	29,80
14.	Dump truk**	6.400	-	-	-	-	-	29,80
15.	Dump truk**	6.400	-	-	-	-	-	29,80
16.	Excavator	20.000	989.000,00	292.600	1.050.912,00	316.878,80	1.367.790,80	113,98

Sumber : \* PTPN VII Persero Unit Usaha Bungamayang, 2010

\*\* Mrini dkk, 2001

**Keterangan :**

Luas area yang dipanen pada selama 5 periode = 6.060,2 ha

Epb = Energi produksi bahan baku (MJ)

Cpb = Nilai kalor standar energi produksi bahan baku suatu alat atau mesin pertanian 49,45 (MJ/kg) untuk traktor

Efb = Energi fabrikasi (MJ)

Cf = Nilai kalor energi fabrikasi suatu alat mesin pertanian 14,63 (MJ/kg) untuk traktor

Etf = Energi total produksi alat atau mesin pertanian (MJ)

Epr = Energi perbaikan dan perawatan (MJ)

Ce = Jam kerja (Jam)

TAR = Perbaikan dan perawatan akumulasi dengan harga sebenarnya pada umur alat 74,25 % untuk traktor

0,333 = Efisiensi panas bahan bakar maksimum motor diesel koefisien perbaikan total akumulasi (%), yaitu perbandingan biaya.

Ee = Energi mesin (MJ)

Etem = Energi alsintan (MJ)

N = Umur ekonomis alsintan 12.000 Jam (Hunt, 1977)

### Lampiran 1. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}\text{Energi output tetes} &= 19.286.170 \text{ kg} \times 7,8 \text{ MJ/kg} \\ &= 150.432.126 \text{ MJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi output bagas} &= 126.739.200 \text{ kg} \times 5,4 \text{ MJ/kg} \\ &= 684.391.680 \text{ MJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi output gula} &= 31.593.350 \text{ MJ} \times 16,5 \text{ MJ/kg} \\ &= 521.290.275 \text{ MJ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi output produk} &= 150.432.126 \text{ MJ} + 684.391.680 \text{ MJ} + 521.290.275 \text{ MJ} \\ &= 1.356.114.081 \text{ MJ}\end{aligned}$$

$$\text{ES} = \frac{8.874,14 \text{ MJ/ha}}{70,39 \text{ ton/ha}}$$

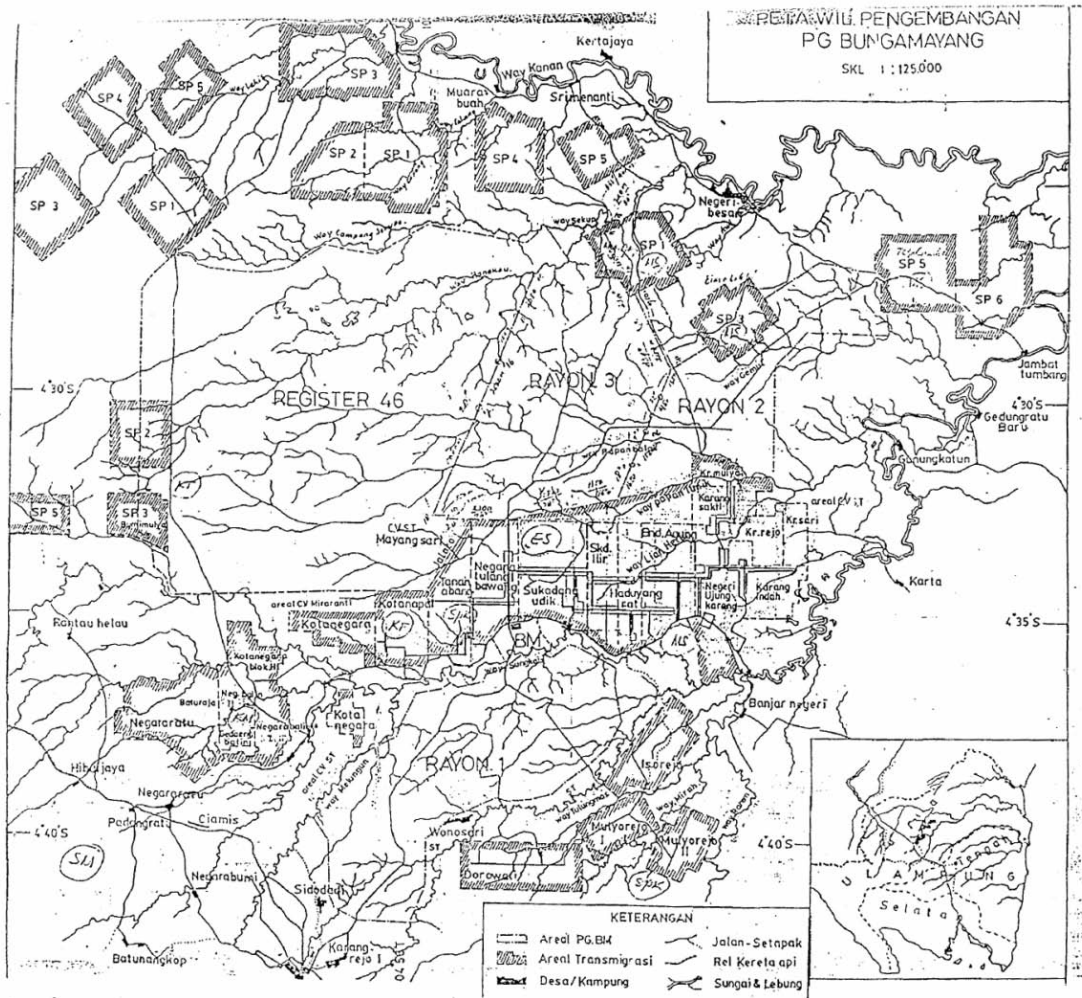
$$= 126,10 \text{ MJ/ton}$$

$$\text{PE} = \frac{70,39 \text{ ton/ha}}{8.871,14 \text{ MJ/ha}}$$

$$= 0,008 \text{ ton/MJ}$$



**Lampiran 2. Areal perkebunan Unit Usaha Bungamayang**



**Gambar 19. Peta areal Unit Usaha Bungamayang**