

# Pendekatan Energi Dalam Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit

## Studi Kasus PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Adolina

**Luthfi Parinduri, Mahrani Arfah**

Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara  
luthfip@yahoo.ao.id; mahrani.arfah@ft.uisu.ac.id

### Abstrak

*Limbah secara umum akan memberi dampak negatif terhadap mahluk hidup. Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah padat dan cair. Cangkang dan serabut yang dihasilkan pabrik kelapa sawit merupakan (by product) yang memiliki nilai ekonomis. Penelitian ini adalah upaya untuk mencari solusi yang lebih ramah lingkungan dan profitabel bagi perusahaan. Pendekatan energi merupakan salah satu solusi yang lebih menguntungkan bagi terwujudnya industri berkelanjutan. Penelitian dilakukan dengan menganalisa ketersediaan cangkang dan serabut kelapa sawit dalam sistem operasi boiler yang nantinya dapat diketahui apakah persediaan TBS olah mencukupi kebutuhan bahan bakar boiler untuk operasi pabrik. Dengan kapasitas olah TBS 30.000 kg/jam pada bulan Maret 2018 hingga Pebruari 2019 menghasilkan bahan bakar cangkang rata-rata sebanyak 814.495 kg dan serabut sebanyak 1.553.473 kg. Cangkang yang digunakan sebanyak 730.375 kg serta serabut 1.462.336 kg.. Dari pengolahan dan analisa data dapat disimpulkan bahwa bahan bakar cangkang dan srabut yang dihasilkan dari proses produksi sampingan pabrik dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler.*

*Kata Kunci : Ramah Lingkungan, Industri Berkelanjutan, Pendekatan Energi*

### I. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan yang menjadi andalan Indonesia saat ini untuk mendatangkan devisa negara. Salah satu provinsi yang menyumbang hasil perkebunan kelapa sawit terbesar yaitu Sumatera Utara dengan luas lahan mencapai 1.290.977 ha dengan jumlah produksi 3.996.465 ton (Statistik Kelapa Sawit Indonesia, 2017-2018). Sejalan dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ketahun, maka akan terjadi pula peningkatan limbahn, baik berupa limbah padat, cair dan gas. Limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang, dan serabut sedangkan limbah cairn berupa Pome.

Kebutuhan listrik pada industri merupakan hal yang sangat penting, oleh sebab itu diciptakanlah suatu alat yang disebut boiler untuk menghasilkan daya listrik dan uap air. Boiler merupakan pilihan yang menguntungkan untuk memenuhi tujuan ini. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat sementara cadangan bahan bakar yang semakin hari semakin menipis serta tuntutan keamanan yang tinggi bagi manusia dan lingkungan, maka dilakukan suatu perencanaan boiler dengan efisiensi yang tinggi. Boiler di bidang industri banyak dijumpai pemanfaatannya. Boiler menghasilkan Steam yang panasnya digunakan sebagai media pemanas, pengering, pengawet proses dan pembangkit energi.

Cangkang dan serabut kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang dimiliki oleh pabrik kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Adolina yang kemudian dimanfaatkan sebagai bahan bakar

pada stasiun boiler. Berdasarkan hal tersebut, akan dirumuskan penggunaan bahan bakar cangkang dan serabut kelapa sawit untuk mengoperasikan boiler dengan memperhatikan permasalahan berikut :

1. Berapa banyak jumlah persediaan cangkang dan serabut yang dibutuhkan untuk mengoperasikan Boiler dengan kapasitas TBS yang akan diolah sejak Maret 2016 hingga Pebruari 2019.
2. Berapa jumlah persediaan TBS untuk menghasilkan kernel sebagai bahan bakar Boiler sejak Maret 2016 hingga Februari 2019.
3. Berapa total persediaan kernel PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Adolina sejak Maret 2016 hingga Februari 2019.

Adapun tujuan penelitan ini adalah :

1. Mengetahui konsumsi cangkang dan serabut yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan Boiler
2. Mengetahui penghematan yang bisa dilakukan dengan mengurangi pemakaian bahan bakar solar sebagai pengoperasian boiler dengan menggunakan bahan bakar cangkang dan serabut.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Boiler

Boiler/ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau steam pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk

mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga sistem boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

Boiler sering juga di sebut orang ketel uap. Di dalam pabrik kelapa sawit boiler bisa dikatakan peringkat utama sebagai sumber tenaga suatu pabrik. Uap yang di hasilkan oleh boiler di gunakan sebagai:

1. Penggerak pesawat uap (*sistem engine*) yang di sebut *turbin*.
2. Pemanasan .
3. Rebusan (*Sterilizer*).
4. Pengadukan (*Digester*).
5. Tangki-tangkiminyak yang ada di pabrik.
6. Kernel *storage*.
7. Serta tenaga listrik dalam pabrik

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan steam yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (low pressure/LP), dan tekanan-temperatur tinggi (high pressure/HP), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (commercial and industrial boilers), atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (*powerboilers*).

Namun, ada juga yang menggabungkan kedua sistem boiler tersebut, yang memanfaatkan tekanan-temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa steam dari turbin dengan keadaan tekanan-temperatur rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai boiler terlebih dahulu harus memenuhi beberapa hal antara lain sebagai berikut :

1. Pressure atau tekanan adalah tekanan kerja yang dihasilkan oleh steam boiler
2. Temperatur atau suhu adalah panas yang dihasilkan steam boiler.
3. Kapasitas adalah kemampuan boiler untuk menghasilkan uap dalam setiap ton/jam. Untuk mencari kapasitas boiler rumus yang digunakan adalah :

$$Q = \frac{n \times GBB \times N.K}{\Delta Entalphy}$$

Keterangan

- Q = Kapasitas kg/hari  
 $\eta$  = Efisiensi Boiler 73%  
 Gbb = Berat Bahan Bakar kg/hari  
 N.k = Nilai Kalor kcal/kg  
 $\Delta Entalphy$  = Perbedaan Entalphy Uap Dan Entalphy Air Masuk kcal/kg

4. Efisiensi adalah suatu ukuran berapa banyak steam yang dihasilkan setiap ton bahan bakar yang terbakar di dalam ruang dapur. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan efisiensi adalah

$$\eta = \frac{Q \Delta Entalphy}{Gbb \times N.K}$$

Keterangan

- Q = Kapasitas kg/hari  
 $\eta$  = Efisiensi Boiler 73 %  
 Gbb = Berat Bahan Bakar kg/hari  
 N.k = Nilai Kalor kcal/kg

## 2.2. Pengaruh Bahan Bakar Terhadap Jumlah Uap Dan Listrik Yang Dihasilkan

Dalam proses pengolahan kelapa sawit uap diperlukan untuk pembangkit tenaga listrik dan sumber panas pada proses pengolahan kelapa sawit. Sehingga, jika kapasitas produksi uap menurun maka akan terjadi gangguan terhadap turbin yang menyebabkan penurunan produksi tenaga listrik dan penurunan efisiensi pengolahan, hal ini bisa dilihat dari kapasitas produksi TBS.

Penurunan kapasitas produksi uap dapat disebabkan oleh kurangnya bahan bakar boiler. Boiler yang dioperasikan di PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Adolina melakukan pengisian bahan bakar dengan kapasitas dan tekanan kerja yang sesuai dengan kebutuhan turbin sehingga meningkatkan stabilitas turbin. Karena kontinuitas pengisian bahan bakar untuk boiler didasarkan pada tekanan boiler, apabila tekanan uap boiler rendah maka akan dilakukan pengisian bahan bakar dengan cepat dan sesuai agar tidak menyebabkan tekanan tidak turun secara tiba-tiba.

Cara ini dapat mengatasi penurunan tekanan uap, akan tetapi sering terjadi perubahan keseimbangan bahan bakar dengan udara yakni jumlah bahan bakar yang dimasukkan terlalu banyak dan volume udara yang menurun akibatnya ruang bakar menjadi sempit dan mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna.

## 2.3. Jenis – Jenis Bahan Bakar Boiler

Bahan bakar yang digunakan didalam Boiler pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut:

### a. Bahan bakar padat

Jenis Boiler ini menggunakan bahan padat seperti batu bara, kayu, cangkang, dengan karakteristik seperti harga bahan bakar relatif lebih murah dan lebih efisiensi bila dibandingkan dengan boiler listrik.

Prinsip Kerja : Pemanasan bersumber dari pembakaran bahan bakar padat atau bisa juga campuran dari beberapa bahan bakar padat ( batu bara, kayu, kernel) yang dibantu dengan oksigen. Kelebihan : Bahan bakar ,mudah untuk didapatkan dan lebih murah serta sebagai pemanfatan limbah pada yaitu kernel.

Kekurangan : Sisa pembakaran sulit untuk dibersihkan.

b. Bahan bakar cair

Jenis ini memiliki bahan bakar dari Fraksi minyak bumi dengan karakteristik yaitu memiliki bahan baku pembakaran yang lebih mahal, tetapi memiliki nilai efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan yang lainnya.

Prinsip Kerja : Pemanasan yang bersumber dari hasil pembakaran antara campuran bahan bakar cair (kerosen, solar, residu) dengan oksigen dan sumber panas.

Kelebihan : Memiliki sisa pembakaran yang sedikit sehingga mudah dibersihkan dan bahan baku yang mudah didapatkan

Kekurangan : Harga bahan baku yang relatif mahal.

c. Bahan bakar gas

Memiliki jenis bahan bakar gas dengan karakteristik bahan baku yang lebih murah dan nilai efisiensi lebih baik jika dibandingkan dengan jenis tipe bahan bakar lain.

Prinsip Kerja : Pembakaran yang terjadi akibat campuran dari bahan bakar gas (LNG) dengan oksigen serta sumber panas.

Kelebihan : Memiliki bahan bakar yang paling murah dan nilai efisiensi yang lebih baik.

Kekurangan : Kontruksi yang mahal dan sumber bahan bakar yang sulit di dapat.

Pada umumnya Boiler pada pabrik kelapa sawit menggunakan bahan bakar padat buatan yang mudah diperoleh, dan ekonomis yaitu sebagai serabut dan cangkang kelapa sawit, bila dibandingkan dengan bahan bakar lainnya.

**2.4. Kandungan Energi Pembakaran Cangkang Dan Serabut**

Bahan bakar yang digunakan untuk mesin boiler adalah cangkang dan serabut kelapa sawit limbah padat pabrik sendiri. Dengan manajemen yang benar maka operasional pabrik kelapa sawit tidak perlu dibantu dengan genset, kecuali pada awal dan akhir masing-masing selama satu jam.

Nilai kalor untuk masing-masing komponen bahan bakar telah ditentukan oleh “Blommedal” yaitu sebagai berikut :

Bahan Bakar Cangkang :

- Zat Padat : 4700 kcal/kg Kernel
- Minyak : 8800 kcal/kg
- Panas yang diperlukan untuk penguapan air adalah 600 kcal/kg air

Bahan Bakar Serabut

- Zat Padat : 3850 kcal/kg Serabut
- Minyak : 8800 kcal/kg
- Panas yang diperlukan untuk penguapan air adalah 600 kcal/kg air

Bila hasil analisa Kempa diperoleh komposisi kandungan bahan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Kandungan Bahan Bakar**

Komposisi	Cangkang (%)	Serabut (%)
Kadar Zat Padat	82,85	56.14
Kadar Minyak	1,06	4.38
Kadar Air	16,09	39.48

Sumber : PKS Kebun Adolina

**2.5 Menghitung Nilai Kalor Cangkang Dan Serabut**

Nilai kalor merupakan energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Nilai kalor pada bahan bakar dapat dibagi menjadi dua menurut yaitu :

1. Nilai Kalor Bahan Bakar Tertinggi (HHV)  
 Nilai kalor bahan bakar tertinggi atau high heating value (HHV), uap air yang terbentuk dari hasil pembakaran dicairkan terlebih dahulu sehingga panas pengembunannya akan turut dihitung sebagai panas pembakaran yang terbentuk. (Djokosetyardjo, 1999).
2. Nilai Kalor Bahan Bakar Terendah (LHV)  
 Nilai kalor bahan bakar terendah atau lowest heating value (LHV), uap air yang terbentuk dari hasil pembakaran tidak perlu dicairkan terlebih dahulu, sehingga panas pengembunannya tidak ikut serta dihitung dengan panas pembakaran bahan bakar tersebut ( Djoko setyardjo, 1999).

Cangkang sawit sebagai alternatif bahan bakar mesin boiler, cangkang pada buah sawit merupakan bagian terkeras pada komponen yang terdapat pada TBS. Sehingga memiliki banyak kegunaan serta manfaat bagi industri, usaha maupun rumah tangga. Beberapa diantaranya adalah produk bernilai ekonomis tinggi seperti karbon aktif, asap cair, fenol, beriket arang, dan tepung tempurung. Secara garis besar, cangkang sawit yang sering dimanfaatkan memiliki kegunaan sebagai berikut :

- a. Sebagai bahan baku arang atau charcoal dan juga briket
- b. Sebagai bahan bakar mesin boiler
- c. Cangkang sawit juga sering dipakai sebagai pengeras halaman khususnya di area sekitaran pabrik

Kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran dalam satuan derajat panas. Untuk menghitung kadar kalori yang dihasilkan dari sebuah zat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = m.c (t_2-t_1)$$

Keterangan :

Q = Kalor yang dibutuhkan (j)

m = Massa benda (kg)

c = Kalor jenis (j/kg)

(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>) = Perubahan suhu (c)

**Tabel 2. Data Hasil Pengujian Nilai Kalor**

No	Bahan	Kadar (Air) %	Kadar Abu %	Kadar Volatil %	Kadar Karbon Terlihat%	Nilai Kalor(kal/gr)
1	Batu Bara	4,77	8,76	41,91	44,54	5619,16
2	Arang Batu Bara	1,39	13,32	29,25	56,12	6543,50
3	Serabut Kelapa Sawit	25,32	4,83	52,01	17,82	3809,30
4	Arang Serabut Kelapa Sawit	1,56	11,97	15,98	70,47	6231,22
5	Cangkang Kelapa Sawit	21,77	3,51	53,36	21,34	5112,56
6	Arang Cangkang Kelapa Sawit	0,994	6,87	15,53	76,37	6877,32
7	Solar	-	-	-	-	10935,3

Sumber : *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Priode III*

**Tabel 3. Besar Biomassa PKS**

No	Biomassa	Bentuk	Jumlah (%)	Calori (Kcal)
1	Serabut	Padat	22-23	4492
2	Cangkang	Padat	12-14	2637-4554

Sumber : *Journal Of Electrical Technology vol. 1,no 2, juni 2016*

Menurut Dr. Ir Takal Barus, energi terbarukan PKS 30 TBS /Jam bila diolah 300.000 ton TBS /tahun dan randemen cangkang sebanyak 7% dari 300.000 ton hasilnya 21.000 ton cangkang dengan nilai bahan bakar 3000 k.kal hingga 6000 k. Kal /kg.

Untuk menghitung bahan bakar yang tersedia pada *Palm Oil Mill* (P.O.M) ton TBS /Jam.

Serabut = 7 % x Kapasitas ton

#### Untuk menghitung Nilai Kalor Kernel (N.K)

Dengan Komposisi :

Kadar Air (*Water*) = 23,5 % x Cangkang kg  
 Kadar Zat Padat (NOS) = 75,9 % x Cangkang kg  
 Kadar Minyak (OIL) = 0,6 % x Cangkang kg

Heating Value

Kadar Zat Padat = 4700 Kcal/kg  
 Kadar Minyak (OIL) = 8800 Kcal/kg

Untuk mencari N.K. Cangkang dapat digunakan rumus :

$$\frac{(NOS \text{ Shell} \times HV \text{ Nos Shell}) + (OIL \text{ Shell} \times HV \text{ OIL}) - (H \text{ E Water} \times Water)}{\text{Cangkang (kg)}}$$

#### Untuk Menghitung Nilai Kalor Serabut

Dengan Komposisi :

Kadar Air (*Water*) = 39,8 % x Serabut kg  
 Kadar Zat Padat (NOS) = 55,6 % x Serabut kg  
 Kadar Minyak (OIL) = 4,65 % x Serabut kg

Heating Value

Kadar Zat Padat = 3850 Kcal/kg  
 Kadar Minyak (OIL) = 8800 Kcal/kg

Untuk mencari N.K. Serabut dapat digunakan rumus:

$$\frac{(NOS \text{ Fiber} \times HV \text{ Nos}) + (OIL \times HV \text{ OIL}) - (H \text{ E Water} \times Water)}{\text{Serabut (kg)}}$$

Kcal/kg

Keterangan

NOS : Kadar Zat Padat

HV : *Heating Value* (Nilai Panas)

HE : *Hat Evaporation*(Penguapan panas)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Merupakan penelitian lapangan, melakukan pengolahan data berdasarkan data yang diperoleh dari pabrik dan referensi kepustakaan. Setelah melakukan studi kepustakaan dan studi pendahuluan, membuat Perumusan Masalah, pengambilan dan pengolahan data. Data yang diperlukan adalah kapasitas serta peroduksi pabrik sejak Maret 2016 hingga Februari 2019. Banyak nya limbah cangkang dan serabut. Menganalisa besarnya potensi energi (nilai kalor) yang terkandung pada cangkang dan serabut. Menelaah spesifikasi dan kapasitas boiler dan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan pabrik kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Adolina.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat melakukan perhitungan persediaan kebutuhan bahan bakar boiler ada beberapa syarat yang harus diketahui yaitu :

1. Jenis buah yang diolah di PKS Kebun Adolina
2. Data produksi TBS per bulan
3. Data kandungan panas pada cangkang dan serabut pada TBS
4. Data kalori pada cangkang dan serabut yang terkandung.

Dari data yang diperoleh jenis buah yang diolah sebagian besar ialah jenis *tenera*. Berikut adalah data jenis-jenis dan kandungan yang terdapat di dalamnya.

**Tabel 4. Jenis-Jenis Buah Sawit**

Varietas	Cangkang (mm)	Pericarp(%)	Cangkang (%buah)	Mesocarp (%buah)	Inti(%buah)
<i>Dura</i>	2,5-6	2-6	25-50	20-65	3-20
<i>Psifera</i>	-	5-10	-	92-97	3-8
<i>Tenera</i>	1-2,5	3-10	3-20	60-90	3-15

Penggunaan solar sebagai bahan bakar boiler masih tetap dilakukan PTVN IV Kebun Adolina, hal ini dilakukan untuk proses menghidupkan mesin boiler pagi hari hingga beberapa jam sampai boiler dapat berfungsi normal.

**Tabel 5. Perhitungan Rata – Rata Pemakaian Bahan Bakar Solar/Liter**

Tahun	Rata-Rata Operasi Boiler
Maret 2016 – Februari 2017	541
Maret 2017 – Februari 2018	558
Maret 2018 – Februari 2019	572
<b>Jumlah</b>	<b>1.671</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>557</b>

Dari data pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa kebutuhan bahan bakar boiler dengan menggunakan solar rata-rata dari bulan maret 2016 – Februari 2019 berjumlah 557 liter/bulan, jika dikalikan dengan harga solar yang mencapai Rp. 9.800/liter maka PKS Kebun Adolina akan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 5.458.600.

Data produksi TBS yang diambil sebagai acuan ialah data produksi dalam kurun waktu satu tahun yang lalu yang dimulai sejak maret 2016 – februari 2019. Berikut adalah data produksi TBS PKS PTVN IV Kebun Adolina. Untuk mengetahui jam operasi boiler dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Jam Operasi Boiler} = \frac{\text{TBS Olah KG}}{\text{Kapasitas Pabrik Kg/Jam}}$$

Jam operasi boiler pada bulan januari 2016

$$\text{Jam Operasi Boiler} = \frac{14.857.930 \text{ Kg}}{30.000 \text{ Kg/Jam}} = 495 \text{ Jam.}$$

**Tabel 6. Pemakaian Daya Per Stasiun Di PTPN IV Kebun Adolina**

Stasiun	Tenaga Terpasang (A)	Tenaga Terpakai (A)
Thresher,Loading	102	53,6
Ram,Capstand		
Press	135	71,20
Deferycarper	54	26,86
Ripple Mill	74	37,81
Kernel	54	26,86
Klarifikasi	123	64,63
Boiler No 1	174	92,54
Boiler No 2	158	83,79
Water Pump	94	37,81
Penerangan		
Pondok	68	34,53
Panel Penerangan		
Pondok	55	27,41
<b>Jumlah</b>	<b>1,091</b>	<b>557,04</b>

Adapaun data-data mengenai spesifikasi peralatan yang ada di dalam pabrik PKS Kebun Adolina terutama Boiler ialah :

**Boiler No. 1 dan boiler No. 2**

Merk	: Pepcock
Type	: Water Tube Boiler
Tahun Pembuatan	: 1986
Jenis Ketel Uap	: K. Uap Darat Tetap
Kapasitas	: 18 – 20 ton/jam
Suhu Air Umpan	: 90 <sup>0</sup> c
Temperatur Uap	: 280 <sup>0</sup> c
Tekanan Kerja Max (Kg/cm <sup>2</sup> )	: 24
Suhu Uap Lanjut	: 260 <sup>0</sup> c
Temperatur Gas Buang	: 370 <sup>0</sup> c
Luas Pemanas	: 634 m <sup>2</sup>
Luas Panggang	: 12/m <sup>2</sup>
Bahan Bakar	: Cangkang Dan Serabut

Berdasarkan data diatas waktu rata-rata operasi boiler/hari selama 17,70 jam. Dan jika nilai tersebut dikalikan dengan kapasitas uap 15.600 kg uap/jam maka diperoleh nilai 284.388 kg uap/hari. Untuk mengetahui kapasitas uap yang dibutuhkan selama satu bulan maka nilai uap yang dibutuhkan per/hari dikalikan dengan jam kerja pabrik selama satu bulan (25 hari kerja). Dan diperoleh hasil 7.109.700 kg/bulan.

Untuk mengetahui jumlah cangkang yang dibutuhkan perbulan maka dapat dihitung dengan perhitungan jumlah TBS rata-rata yang diolah sebagai berikut.

$$\text{Serabut} = 14\% \times 12.580.138 \text{ kg} = 1.751.219 \text{ kg}$$

$$\text{Cangkang} = 7\% \times 12.580.138 \text{ kg} = 880.609,66 \text{ kg}$$

Nilai Kalor Serabut (N.K)

Komposisi Air	= 39,8% x 1.751.219 kg
	= 700.919,16 kg
Kadar Zat Padat	= 55,6% x 1.751.219 kg
	= 976.237 kg
Kadar Minyak	= 4,65% x 1.751.219 kg
	= 81.896 kg
<i>Heating Value</i>	
NOS	= 3.850 kcal/kg
OIL	= 8.800 kcal/kg
<i>Heat Ovaporation</i>	
Water	= 600 kcal/kg
N.K Serabut	= $\frac{(976.382,73 \times 3.850) + (81.896,65 \times 8.800) - (600 \times 700.919,16)}{1.761.219}$
	= 2.304 kcal/kg

Nilai Kalor Cangkang (N.K)

Dengan cara yang sama diperoleh  
N.K Cangkang = 3.479 kcal/kg

**Produksi Uap Yang Dihasilkan Boiler**

Produksi uap dari seluruh bahan bakar serabut =  
1.751.219 kg

$$\eta = \frac{Q(\Delta Entalphy)}{Gbb \times NK}$$

$$0,73 = \frac{Q(710,9 - 90,3)}{1.751.219 \times 2.304}$$

$$Q = \frac{(1.751.219 \times 2.304) \times 0,73}{620,6}$$

$$Q = 4.773.170,25 \text{ kg uap/bulan}$$

Bahan bakar cangkang yang diperlukan untuk  
mencukupi 7.109.700 kg uap/bulan

$$\eta = \frac{Q(\Delta Entalphy)}{Gbb \times NK}$$

$$0,73 = \frac{Q(710,9 - 90,3)}{Gbb \times 3.479}$$

$$Gbb = \frac{(7.109.700 - 4.733,25) \times 620,6}{0,73 \times 3.479}$$

$$Gbb = \frac{1.450.050.362,85}{2.540}$$

$$= 570.885,96 \text{ kg/bulan}$$

$$\text{Sisa Cangkang} = 880.609,66 - 570.885,96 = 303.723 \text{ kg}$$

Kalori Yang Terkandung dari 570.885,66 x 3.479  
kcal = 1.986.112 kcal/bulan

Dari data rata-rata TBS yang diolah perbulan  
pada tahun 2019 didapatkan hasil penggunaan  
cangkang perbulan mencapai 570.885,96 kg/bulan.  
Kebutuhan cangkang tersebut masih dapat dipenuhi  
dengan persediaan yang ada pada TBS yang diolah  
oleh PKS Kebun Adolina. Sisa bahan bakar  
cangkang sebanyak 303.723 kg.

Untuk mengetahui penggunaan bahan bakar  
cangkang dan serabut yang terpakai pada PKS  
Kebun Adolina dengan kapasitas 30 ton perjam.  
Maka dilakukan pengolahan data yang diambil dari  
data yang terkecil dari jumlah TBS olah pada tahun  
Maret 2018 – Februari 2019, adapun data terpilih  
terdapat pada bulan Februari dengan TBS diolah  
sebanyak 5.679.890 kg.

Serabut = 14% x 5.679.890 kg = 795.184 kg/bulan  
Cangkang = 7% x 5.679.890 kg = 397.592 kg/bulan

Nilai Kalor Serabut (N.K)

$$\text{Komposisi Air} = 39,8\% \times 795.184 \text{ kg}$$

$$= 316.483 \text{ kg}$$

$$\text{Kadar Zat Padat (N.O.S)} = 55,6\% \times 795.184 \text{ kg}$$

$$= 444.122 \text{ kg}$$

$$\text{Kadar Minyak} = 4,65\% \times 795.184 \text{ kg}$$

$$= 36.976 \text{ kg}$$

$$\text{Heating Value NOS} = 3.850 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{OIL} = 8.800 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Heat Evaporation Water} = 600 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{N.K Serabut} = \frac{(442.122 \times 3.850) + (36.976 \times 8.800) - (600 \times 316.483)}{795.184}$$

$$= 2.310 \text{ kcal/kg}$$

Nilai Kalor Cangkang (N.K)

Dengan cara yang sama akan diperoleh  
N.K cangkang = 3.479 kcal/kg  
Produksi uap dari seluruh bahan bakar serabut =  
795.184 kg

$$\eta = \frac{Q(\Delta Entalphy)}{Gbb \times NK}$$

$$0,73 = \frac{Q(710,9 - 90,3)}{795.184 \times 2.310}$$

$$Q = \frac{(795.184 \times 2.130) \times 0,73}{620,6}$$

$$Q = 2.160.681,24 \text{ kg uap/bulan}$$

Bahan bakar cangkang yang diperlukan untuk  
mencukupi 7.109.700 kg uap perbulan

$$\eta = \frac{Q(\Delta Entalphy)}{Gbb \times NK}$$

$$0,73 = \frac{Q(710,9 - 90,3)}{Gbb \times 3.479}$$

$$Gbb = \frac{(7.109.700 - 2.160.681) \times 620,6}{0,73 \times 3.479}$$

$$Gbb = \frac{(3.071.361)}{2.540}$$

$$Gbb = 1.209,19 \text{ kg/bulan}$$

$$\text{Sisa Cangkang} = 397.592 - 1.209,19 = 396.382,81 \text{ kg}$$

Dari pengolahan data diatas untuk pengolahan  
5.679.890 kg TBS dibulan Januari. Dengan memakai  
uap 7.109.700 kg/bulan. Kebutuhan cangkang  
tersebut masih dapat terpenuhi dengan persediaan  
yang ada pada TBS yang diolah oleh PKS Kebun  
Adolina. Sisa bahan bakar cangkang sebanyak  
396.382,81 kg. Hal ini terjadi karena perhitungan  
menggunakan bilangan uap rata – rata perbulan.  
Namun jika bilangan TBS diolah dibagikan dengan  
kapasitas pabrik (30 ton/jam) maka diperoleh jam  
operasi boiler selama 7 jam 57 menit. Perhitunganya  
sebagai berikut :

TBS olah bulan februari 2019: 5.679.890 kg

Kapasitas olah Pabrik : 30.000 kg/jam

Hari Kerja Perbulan : 25 Hari

Jam Operasi Perbulan : TBS Olah/Kapasitas PKS

$$: 5.679.890 / 30.000 = 189,32$$

Jam Operasi Boiler Perhari :

(Jam Operasi/Bulan) / Hari Kerja

$$: 189,32 / 25 = 7,57 \text{ jam}$$

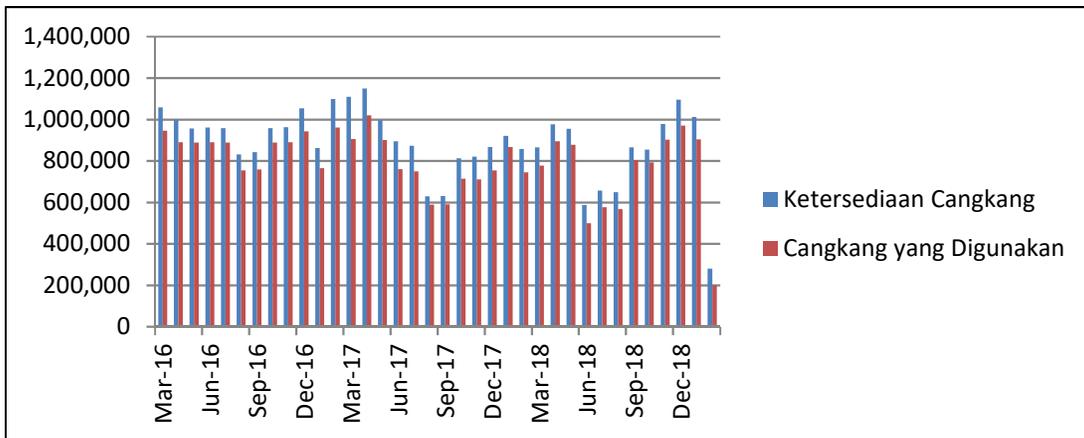
Maka kebutuhan uap keseluruhan pada bulan Januari  
2019 ialah :

$$= 15.600 \text{ kg uap/jam} \times 189 \text{ jam}$$

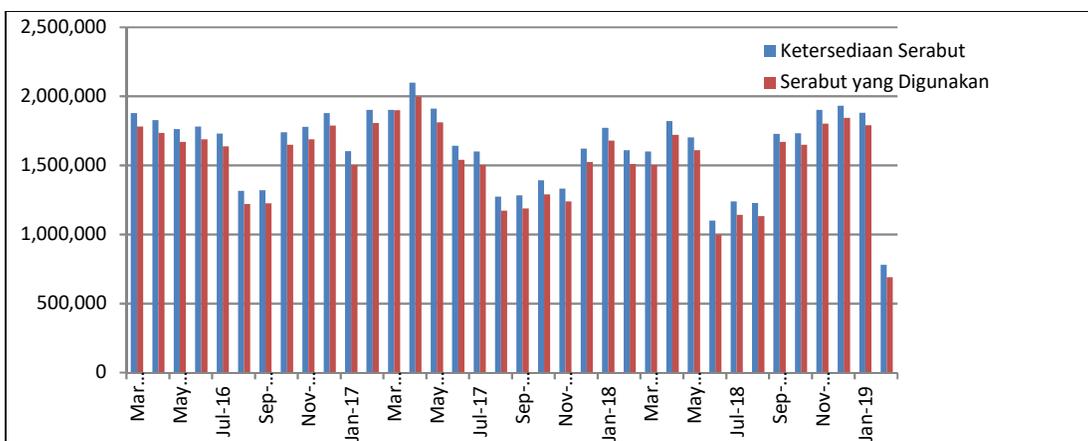
$$= 2.948.400 \text{ kg uap/bulan}$$

**Analisa Persediaan Cangkang dan Serabut**

Untuk menjamin kontinuitas operasi boiler maka  
persediaan sumber energi yang berasal dari  
cangkang dan serabut harus selalu terjaga dan tetap  
tersedia. Kebutuhan cangkang dan serabut selama 3  
tahun terakhir sejak Maret 2016 sampai dengan  
Februari 2019 dapat terpenuhi dari limbah pabrik  
kelapa sawit ini. Kondisi tersebut dapat dilihat  
melalui grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Cangkang



Gambar 2. Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Serabut

Dari grafik terlihat ada kelebihan cangkang dan serabut selama 3 tahun berturut turut. Limbah berupa cangkang dan serabut dapat dikonversi menjadi energi melalui uap yang dihasilkan sebanyak 15.600 kg uap/jam untuk dipasok kepembangkit listrik pabrik. Cangkang dan serabut yang terpakai selama Maret 2016 – Februari 2019 sebanyak 9.773.950 kg dan 18.641.681 kg.

Sebagai pembandingan jika menggunakan solar untuk boiler selama Maret 2016 hingga Februari 2019 rata-rata sebanyak 557 liter/bulan. Jika harga solar Rp. 9.800/liter maka pabrik akan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 5.458.600,- setiap bulannya.

Dengan demikian memanfaatkan limbah cangkang dan serabut menjadi energi di PKS PTPN IV Kebun Adolina dapat memenuhi kebutuhan listrik secara mandiri, sekaligus akan berdampak pada penghematan dan peningkatan efisiensi perusahaan. .

V. KESIMPULAN

Upaya pengolahan limbah melalui recycle cangkang dan serabut menjadi sumber energi di PKS PTPN IV Kebun Adolina berdasarkan data produksi selama Maret 2016 – Februari 2019 merupakan solusi untuk industri berkelanjutan. Pendekatan ini memberi benefit bagi lingkungan dan akan berpengaruh terhadap profitabilitas pabrik kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Affan, Chairil, 2016, *Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Pabrik Kelapa Sawit PTPN IV (PERSERO) Kebun Dolok Sinumbah*, Skripsi Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan.

[2] Djokoseyarjo, M. J., 2006, *Ketel Uap*, Pradya Pramita, Jakarta.

[3] Parinduri Luthfi, 2016, *Analisa Pemanfaatan Biomassa Pabrik Kelapa Sawit Untuk Sumber Pembangkit Tenaga Listrik*, Journal Of Electrical Tecnology, Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara, Medan.

- [4] Rahayu Ade Sri, dkk., 2015, *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas Pengembangan Proyek di Indonesia*, USAID & Winrock International, Jakarta Selatan
- [5] Syafrudin, Hanesya Rio, 2012, *Perbandingan Penggunaan Alternatif Bahan Bakar Serabut (Fiber) dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Bahan Bakar Batu Bara Dan Solar Pada Pembangkit Listrik*, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST) Periode 3, Fakultas Industri, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.
- [6] Susanto, Joko Prayitno, 2017), *Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit untuk Sumber Energi Terbaharukan dengan Metode LCA*, *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 18, No 2, Juli 2017, 165-172, diakses tanggal 11 Juli 2019 dari <https://www.researchgate.net/publication/321634225>.
- [7] Takal Barus, 2017. *Energi Terbarukan PKS 30 TON*. Dalam *Harian Waspada* 27 Agustus, Medan.
- [8] Utama Indra, dkk (2017) “Analisis Strategi Manajemen Pengelolaan Limbah Padat Di Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit Pt Perkebunan Nusantara Vii Unit Talo Pino Kecamatan Pring Baru Kabupaten Seluma” *Jurnal Agroindustri*, Vol. 7 No. 1 Mei, Universitas Bengkulu, Bengkulu
- [9] ..... (2006) “Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa sawit” Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengelolaan Hasil Partanian DITJEN PPHP Departemen Pertanian, Jakarta.
- [10] ..... (2018) “Dokumen Intern PTPN IV Kebun Adolina - Pengantar Proses Quality Control, Quality Control Tools For Processing improvement In Palm Oil” PKS Kebun Adolina.