

# Analisis Perhitungan Ekonomi dan Potensi Penghematan Energi Listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Kelapa Sawit PT. X

VALDO SIHOMBING<sup>1</sup>, NASRUN HARYANTO<sup>1</sup>, SITI SAODAH<sup>2</sup>

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
2. Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung

Email : valdo.sihombing@gmail.com

## ABSTRAK

Energi fosil (minyak bumi, batu bara dan gas) persediaannya semakin lama semakin berkurang dan untuk perbaharuannya dibutuhkan waktu yang sangat lama. Penghematan energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi yang berlebihan atau yang terbuang. Penghematan energi merupakan unsur yang penting dari sebuah kebijakan energi, semakin meningkatnya penggunaan energi sejalan dengan berkembangnya perekonomian dan industri, jika terjadi krisis energi akan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan perekonomian negara serta dampak lain bagi industri seperti diberlakukannya tarif listrik dua kali lipat. Maka dari itu pembangkitan listrik pada PKS diperlukan penghematan energi listrik dan keekonomian.

Metoda dalam penghematan energi listrik dan keekonomian, terlebih dahulu melakukan pengukuran tegangan, arus, daya dan faktor daya pada generator, boiler dan digester.

Pada Penelitian Tugas akhir ini akan dianalisa penghematan energi untuk Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. X. Dari Hasil penelitian menunjukkan bahwa Faktor Kebutuhan oleh generator 1800 kW sebesar 57,3 %, Penghematan pada rugi-rugi boiler dengan menggunakan Economizer dapat menghasilkan penghematan sebesar Rp.116.000.000 pertahunnya dengan payback period 1.7 tahun.

**Kata kunci:** Penghematan Energi, Faktor Kebutuhan, Faktor Daya, Boiler, Payback Period.

## ABSTRACT

*Fossil energy (oil, coal and gas) is increasingly and to takes a very long time. Saving energy is the act of reducing the amount of energy use excessive or wasted. Saving energy is an important element of an energy policy, increasing energy use in line with the development of interconnected economy and industry, in the event of an energy crisis will greatly affect the continuity of the country's economy as well as other effects such as the imposition of tariffs for industrial electricity doubled. Thus the generation of electricity at the PKS required electrical energy savings and frugality.*

*Method in electrical energy savings and frugality, first perform the measurement voltage, current, power and power factor at the generator, boilers and digesters.*

*In this thesis research will analyze the energy savings for palm oil mill (PKS) PT. X. From the results showed that the factors need by 1800 kW generator of 57.3%, savings in loss-boiler with economizer use can result in a savings of Rp.116.000.000 per year with payback period of 1.7 years.*

**Keywords:** *Energy Saving, Factor Supplies, Power Factor, Boiler, Payback Perriod*

## **1. PENDAHULUAN**

Dengan semakin meningkatnya penggunaan energi sejalan dengan berkembangnya perekonomian dan industri, maka disadari pula pentingnya penghematan energi pada sisi pemakai. Hal ini tertuang dalam Instruksi Presiden (Inpres) No. 9 tahun 1982 tertanggal 7 April 1982, yang dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia, tentang Konservasi Energi. Inpres ini terutama ditujukan terhadap pencahayaan gedung, AC, peralatan dan perlengkapan kantor yang menggunakan listrik, dan kendaraan dinas (Kementerian Lingkungan Hidup, 1996).

Sementara pada saat yang bersamaan, kemampuan penyediaan listrik oleh negara melalui PT. PLN (Persero) masih terbatas, bahkan terdapat indikasi bahwa kemampuan tersebut mulai menurun. Salah satu penyebab penurunan kemampuan pemasokan tersebut adalah karena sebagian besar pembangkit tenaga listrik yang dimiliki oleh PT PLN (Persero) menggunakan bahan bakar fosil, yaitu minyak atau batubara, sebagai sumber energi penggerakannya, sementara ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis (Materi presentasi BPP Teknologi, 2011).

Inpres No. 10 tahun 2005 dikeluarkan sebagai langkah Pemerintah untuk menjamin ketahanan dan kecukupan pasokan energi di dalam negeri, dalam rangka memelihara kelangsungan perekonomian nasional, yang diikuti dengan Peraturan Menteri No. 31 tahun 2005, tentang tata cara pelaksanaan penghematan energi, yang mengatur konservasi energi pada instansi pemerintah dan masyarakat pada umumnya (Newnan, 1998).

Untuk mengimplementasikan penghematan energi sesuai dengan Kepres No. 10 tahun 2005, sebaiknya keberhasilan negara lain seperti Jepang dan Thailand dalam melakukan penghematan energi dengan pemberian insentif melalui bantuan audit energi pada sektor industri, patut ditiru. Audit energi pada industri di Indonesia sudah sangat perlu dilakukan untuk mengidentifikasi peluang konservasi dan efisiensi dalam pemakaian energi di sektor industri (Igwe, 2011).

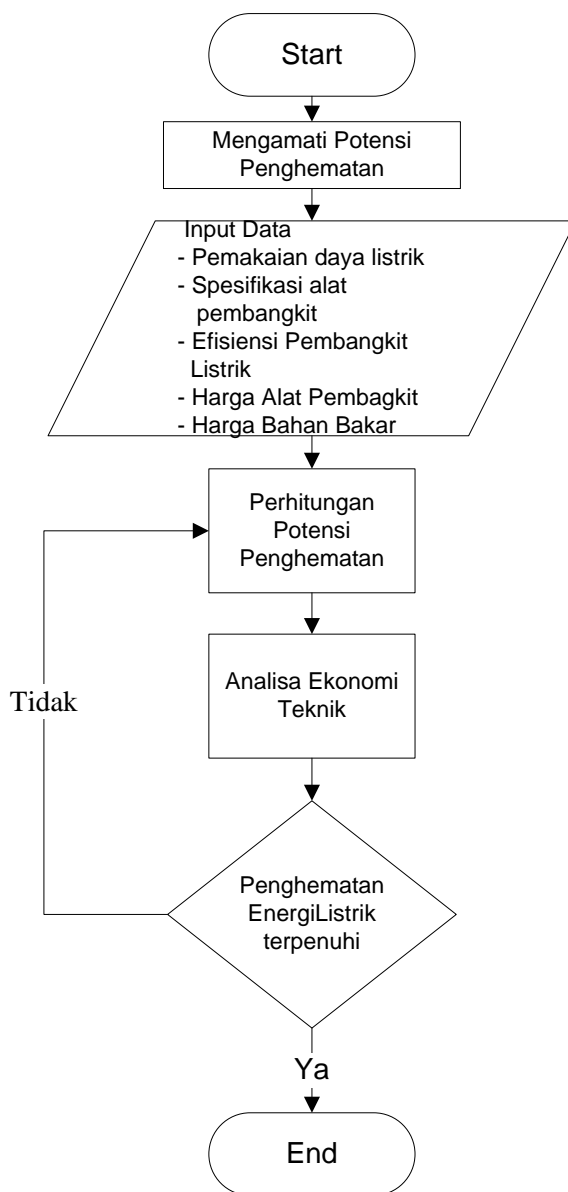
Sejalan dengan hal di atas, Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. X sebagai salah satu industri Pengolahan Kelapa Sawit yang telah melakukan komitmen dengan Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Asam jawa, 2010).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Langkah Penelitian

Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan analisa perhitungan ekonomi dan potensi penghematan energi listrik pada pembangkit listrik tenaga uap di PT. X ditunjukkan oleh Gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut mengamati potensi penghematan adalah hal yang paling utama kemudian mengumpulkan data pengukuran pemakaian daya listrik, spesifikasi alat pembangkit, data efisiensi pembangkit listrik, harga alat pembangkit dan harga bahan bakar.

Setelah data tersebut terpenuhi maka selanjutnya adalah menghitung potensi penghematan yang bias didapatkan dari data yang didapatkan, apabila potensi penghematan bias didapatkan, maka selanjutnya melakukan analisa ekonomi untuk menghitung kelayakan apakah layak untuk diinvestasikan.



**Gambar 1** *Flow Chart* Langkah Penelitian

## 2.2 Data Penelitian

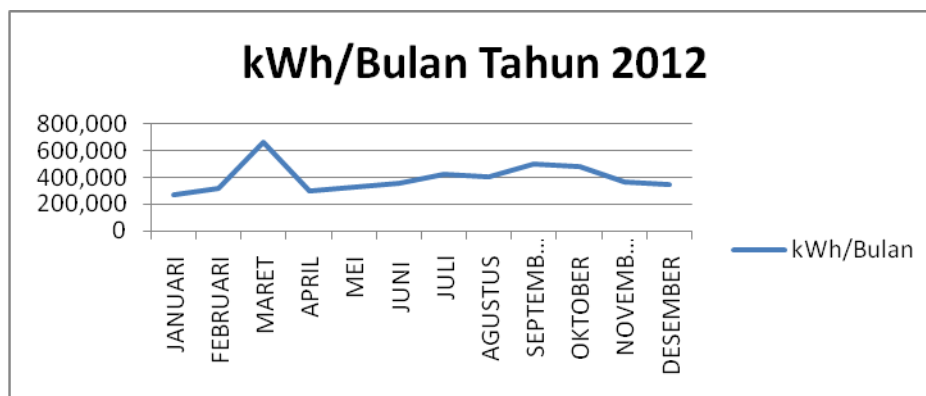
### 2.2.1 Data Konsumsi Daya Listrik Per Bulan

Konsumsi listrik per bulan ditampilkan pada Tabel 1 dan grafiknya di tampilkan pada Gambar 2. Rata-rata konsumsi energi perbulan pada tahun 2012 305.096 kWh, dan konsumsi energi pertahunnya adalah 4.784.918 kWh.

**Tabel 1 Profil penggunaan listrik bulanan tahun 2012**

Tahun 2012	Konsumsi Energi	
	Listrik	
Bulan	kWh/Bulan	Harga (Rp/Bulan)
JANUARI	272,168	704
FEBRUARI	320,034	478
MARET	667,419	285
APRIL	300,709	616
MEI	333,128	552
JUNI	360,892	523
JULI	424,574	440
AGUSTUS	406,494	574
SEPTEMBER	503,858	439
OKTOBER	482,988	673
NOVEMBER	365,005	492
DESEMBER	347,649	2596
<b>TOTAL</b>	<b>4,784,918</b>	<b>8372</b>

Konsumsi listrik per bulan ditampilkan pada Gambar 2, gambar grafik menunjukkan rata-rata konsumsi energi perbulan pada tahun 2012 305.096 kWh, dan konsumsi energi pertahunnya adalah 4.784.918 kWh.



**Gambar 2 Grafik profil penggunaan listrik bulanan tahun 2012**

### 2.2.2 Spesifikasi Alat Pembangkit

- Boiler I,II,III
  - Kapasitas : 25 ton/jam
  - Tekanan kerja : 21 kg/cm<sup>2</sup>
  - Temperatur : 270 ° C
  - Enthalphi, HV : 2950,93 kJ/kg = 705 kCal/kg

Properties Air Umpan Boiler (Boiler Feed Water)

Tekanan : 21 kg/cm<sup>2</sup>  
 Temperatur: 70° C  
 Boiler Efficiency (n) : 75 % (vendor data)

2. Turbin I,II,III

Type : CF. 4 GSS  
 Daya : 800 kW  
 Putaran : 1500 Rpm  
 Tekanan uap yang masuk : 20 kg/Cm<sup>2</sup>  
 Tekanan uap keluar : 3,0–3,2 Kg/Cm<sup>2</sup>

3 Generator I,II,III

Type : DKBH 4405/04  
 Si : 1000 kVA  
 Pf : 0.8  
 Putaran : 1500 rpm

**2.2.3 Nilai Efisiensi Boiler**

Tabel 2 menunjukkan data nilai efisiensi boiler yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di PT. X.

**Tabel 2 Nilai Efisiensi Boiler**

No	Deskripsi	Satuan	Jumlah
1	Produksi Uap	Ton/jam	14.4
2	Suhu Uap	C	250.0
3	Tekanan Uap	kg/cm <sup>2</sup>	20.0
4	Entalphi Uap	kcal/jam	41,213.4
5	Jam operasi	jam	480.9
6	Nilai Kalori Fiber	kcal/jam	2,340.0
7	Nilai Kalori Cangkang	kcal/jam	3,600.0
8	Suhu Feed Water	C	60.0
9	Jumlah Fiber	kg/jam	5,692.0
10	Jumlah Cangkang	kg/jam	843.2
EFISIENSI BOILER		%	14.80

**2.2.4 Harga Alat Pembangkit Yang Diinvestasikan**

Tabel 3 Menunjukkan harga alat pembangkit listrik yang diinvestasikan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di PT. X.

**Tabel 3 Harga Alat Pembangkit**

No.	Nama Alat	Harga (Rp)
1	Boiler 1	4.500.000.000
2	Boiler 2	4.500.000.000
3	Boiler 3	4.500.000.000
4	Turbin 1	950.000.000
5	Turbin 2	950.000.000
6	Turbin 3	950.000.000
7	Generator 1	750.000.000
8	Generator 2	750.000.000
9	Generator 3	750.000.000
10	Pemasangan	1.200.000.000
<b>Total</b>		<b>19.800.000.000</b>

### 2.2.5 Harga Bahan Bakar Yang Digunakan Pada Pembangkit Listrik

Tabel 4 merupakan data harga dari bahan bakar yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di PT. X.

**Tabel 4 Harga Bahan Bakar Berdasarkan Nilai Kalorinya**

No	Bahan Bakar	Nilai kalori (kCal)	Harga/kg (Rp)
1	Cangkang + Fibre	2655	275
2	Batubara	6800	3800

## 3. ANALISIS DAN PERHITUNGAN

### 3.1 Analisis Konsumsi Bahan Bakar

#### 3.1.1 Analisis Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Pembangkitan Tenaga Listrik

User ( pemakai ) utama bahan bakar : Steam Boiler

Properties steam :

- Quality : Superheated Steam
- Quantity, M : 25.000 kg / jam ( Kapasitas Boiler)
- Tekanan, P : 21 kg/cm<sup>2</sup>G ( Project specification)
- Temperature : 270 C
- Enthalpi, H<sub>v</sub> : 2950,93 kJ/kg = 705 kCal/kg.

Properties Air Umpan Boiler ( Boiler Feed Water)

- Tekanan : 21 kg/cm<sup>2</sup>G ( Project specification)
- Temperature : 70 C
- Enthalpi, H<sub>l</sub> : 294,7 kJ/kg = 70 kCal/kg.

Boiler efficiency ( n ) : 75 % ( vendor data )

Total kebutuhan panas Boiler( Q konsumsi ) :

Q Konsumsi :

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Bahan Bakar} &= \frac{(M \times (H_v - H_l))}{n} \\ &= \frac{25.000 \times (705 - 70)}{0.75} \\ &= 21.166.666 \text{ kCal/jam} \end{aligned}$$

Perbandingan Kebutuhan Bahan Bakar Terhadap Pembangkitan Listrik:

- Total kebutuhan panas Boiler( Q consumption ) : 21.166.666 kCal/jam
- Nilai kalori bakar cangkang & fiber : 2655 kCal/kg
- Nilai Kalori Batubara : 6800 kCal/kg

Total Konsumsi bahan Bakar:

$$Q \text{ bahan bakar} = \frac{Q \text{ konsumsi}}{\text{kCal Bahan bakar}}$$

Untuk bahan bakar Cangkang & Fiber :

$$\begin{aligned} &= \frac{21.166.666 \text{ kCal/jam}}{2655 \text{ kcal/kg}} \\ &= 7972.37 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya untuk pembangkitan} &= (\text{Total konsumsi bahan bakar}) \times (\text{Harga bahan bakar}) \\ &= (7972.37 \text{ kg/jam}) \times (\text{Rp.275}) \\ &= \text{Rp.2.027.402} \end{aligned}$$

Untuk bahan bakar Batu bara:

$$\begin{aligned} &= \frac{21.166.666 \text{ kCal/jam}}{6800 \text{ kcal/kg}} \\ &= 3112.745 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya untuk pembangkitan} &= (\text{Total konsumsi bahan bakar}) \times (\text{Harga bahan bakar}) \\ &= (3112.745 \text{ kg/jam}) \times (\text{Rp.3800}) \\ &= \text{Rp. 11.828.431} \end{aligned}$$

### 3.1.2 Perhitungan Biaya Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Daya

- Nilai Kalori cangkang: 3600 kkal/kg
- Nilai kalori fibre: 2340 kkal/kg
- Sehingga campuran cangkang fibre 25:75 mempunyai nilai kalori bakar: 2655 kkal/kg
- 1 kWh : 860 kkal
- Konsumsi daya pada tahun 2012: 4784918 kWh/tahun
- Total kalori yang digunakan tahun 2012 : 4115029480 kCal /tahun

Total Konsumsi bahan Bakar:

$$\begin{aligned} Q \text{ Bahan bakar} &= \frac{Q \text{ konsumsi}}{\text{kCal Bahan bakar}} \\ &= \frac{4115029480 \text{ kCal /tahun}}{2655 \text{ kcal/kg}} \\ &= 1549916 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

- Harga cangkang Rp.500/kg
  - harga fibre Rp.200/kg
- karena perbandingannya 25: maka harga campuran keduanya : Rp. 275

Maka total biaya yang harus dikeluarkan untuk bahan bakar cangkang dan fibre untuk tahun 2012 = Rp. 426.226.900

### 3.1.3 Analisa Sistem Termal

#### a. Boiler

Potensi Penghematan Kalor : (Eff Desain Boiler – Eff pengukuran)x(Energi Masuk)

Prosentase penghematan : 20 % - 14,80%  
 : 5,21  
 Potensi Penghematan Kalor : 5,21% x Kalor masuk(32,709,940 kkal/jam)  
 : 1,704,188. kkal/jam,

Boiler beroperasi selama 480,9 Jam dalam sebulan, maka penghematan sebesar 818,010,240 kkal/bulan. Kebutuhan cangkang dan fiber per bulan adalah 72,000kg dan 240,000 kg. Jika harga cangkang sawit Rp. 500/kg dan harga fiber sawit Rp.200/kg maka didapatkan keuntungan sebesar Rp. 84.000.000,- /bulan.

**b. Economizer**

Biro Efisiensi Energi (2004) menyatakan bahwa sebuah *economizer* dapat dipakai untuk memanfaatkan panas gas buang untuk pemanasan awal air umpan *boiler*. Setiap penurunan 22 °C suhu gas buang melalui *economizer* atau pemanas awal terdapat 1% penghematan bahan bakar dalam *boiler*. Setiap kenaikan 60 °C suhu air umpan melalui *economizer* atau kenaikan 20 °C suhu udara pembakaran melalui pemanas awal udara, terdapat 1% penghematan bahan bakar dalam *boiler*.

**3.2 Perhitungan Ekonomi**

**1.Perhitungan Ekonomi Pembangkit**

• Biaya Tetap

Tabel 5 menunjukkan biaya tetap investasi pembangkit listrik tenaga uap di PT. X.

**Tabel 5 Harga investasi Pembangkit**

No.	Investasi	Harga (Rp)
1	Boiler 1	4.500.000.000
2	Boiler 2	4.500.000.000
3	Boiler 3	4.500.000.000
4	Turbin 1	950.000.000
5	Turbin 2	950.000.000
6	Turbin 3	950.000.000
7	Generator 1	750.000.000
8	Generator 2	750.000.000
9	Generator 3	750.000.000
10	Pemasangan	1.200.000.000
<b>Total</b>		<b>19.800.000.000</b>

• Biaya Variabel

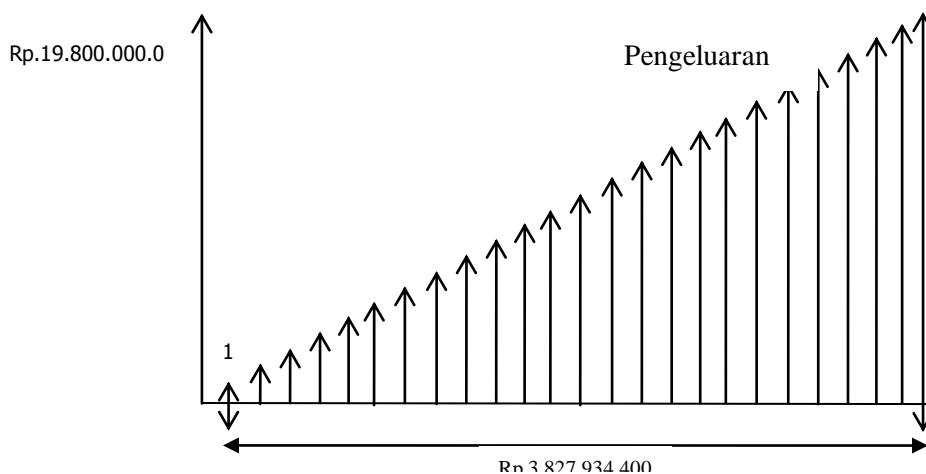
Tabel 6 menunjukkan biaya variabel investasi pembangkit listrik tenaga uap di PT. X.

**Tabel 6 Biaya variabel investasi pembangkit**

No.	Biaya Tahunan	Harga (Rp)
1	Bahan operasional	100.000.000
2	Pemeliharaan rutin	150.000.000
3	Suku Cadang	250.000.000
<b>Total</b>		<b>500.000.000</b>



Gambar 3 menunjukkan kurva annual cost investasi pembangkit listrik tenaga uap di PT. X



**Gambar 3 Kurva Annual Cost Investasi Pembangkit**

Tabel 7 menunjukkan pengeluaran awal 200jt, untuk mempertahankan keuntungan maka tiap tahun biaya pengeluaran bertambah 25 % dari biaya pengeluaran pada periode tahun pertama dan asumsi umur pembangkit 25 tahun.

**Tabel 7 Biaya pengeluaran**

No	Dalam juta
1	200,00
2	210,00
3	220,50
4	231,53
5	243,10
6	255,26
7	268,02
8	281,42
9	295,49
10	310,27
11	325,78
12	342,07
13	359,17
14	377,13
15	395,99
16	415,79
17	436,57
18	458,40
19	481,32
20	505,39
21	530,66
22	557,19
23	585,05
24	614,30
25	645,02

- **Metode Net Present Value(NPV)**

Rumus Dasar NPV = Present Value Benefit – Present Value Cost

MARR: 12%

Cat : IRR > 12 % = LAYAK

: IRR < 12 % = Tidak LAYAK

NPW = 0

NPV =  $P_w$  Benefit –  $P_w$  Cost

= [ 4.306.426.200 (  $P/A$ , IRR, 25)]

– [ 19.800.000.000 + 200.000.000(  $P/A$ , IRR, 25)] + 50.000.000 (P/G,12%,25)]

= [ 33.775.300.690] – [24.023.850.000]

= 9.751.450.690

Percobaan i = 20 %

= [ 4.306.426.200 (3,985)] – [19.800.000.000 + 50 Juta(23,428)]

= 6.865.338.957

Percobaan i = 35 %

= [ 4.306.426.200 (2,856)] – [19.800.000.000 + 50 Juta(8,119)]

= -7.906.796.773

IRR = 26,97 % IRR > MARR

= Harga yang dihasilkan termasuk LAYAK

- Payback Period = 
$$\frac{\text{Cost}}{\text{Uniform Annual Benefit}}$$

$$= \frac{24.023.850.000}{4.306.426.200}$$

$$= 5,57 \text{ tahun}$$

- Analisa Keuntungan

**Tabel 8 IRR dan Payback Period**

Profitability Analysis	Hasil
IRR on Investment	26,97 %
Payback Period on Equity	5,57 Tahun
NPW	0

Karena nilai NPW 0 dan Payback period on Equity 5,57 Tahun maka investasi untuk pembelian economizer layak untuk di implementasikan, data tersebut ditunjukkan pada Tabel 8 di atas.

## 2. Economizer

Berdasarkan hasil survey harga Economizer di [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com) kira-kira Rp.100.000.000,- (Seratus juta rupiah), karena pembelian economizer sejumlah 2 unit maka total investasi sebesar Rp. 200.000.000,- .Bila menggunakan Economizer pada gas buang maka didapat kenaikan efisiensi sebesar 0,6% . Sehingga didapat penghematan biaya bahan bakar sebesar :

$$= (0.6/5.21) \times \text{Rp. } 84.000.000,-/\text{Bulan}$$

$$= \text{Rp. } 9.674.000,- \text{ dan } 116.000.000,-/\text{Tahun}$$

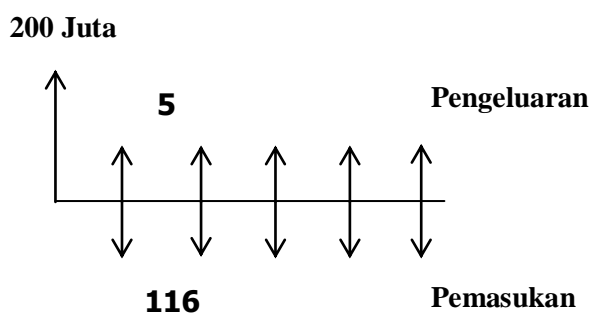
- Pembelian economizer

Tabel 9 menunjukkan biaya pemasangan economizer meliputi suku bunga, biaya operasional, penghematan dan asumsi umur barang.

**Tabel 9 Pemasangan Economizer**

Program	Pemasangan Economizer	
Investasi	200.000.000	
Suku Bunga	12%	
Biaya Operasional	5.000.000	Per Tahun
Penghematan	116.000.000	Per Tahun
Asumsi umur barang	5	Tahun

Gambar 4 menunjukkan Kurva annual cost investasi dari economizer meliputi biaya pemasangan dan pengeluaran.



**Gambar 4 Kurva Annual Cost Investasi Economizer**

- **Metode Net Present Value (NPV)**

Rumus Dasar NPV = Present Worth Benefit – Present Worth Cost  
MARR: 12%

Cat : IRR > 12 % = LAYAK  
: IRR < 12 % = Tidak LAYAK

$$\text{NPW} = 0$$

$$\text{NPV} = P_w \text{ Benefit} - P_w \text{ Cost}$$

$$= [116 \text{Juta} (P/A, \text{IRR}, 5)] - [200 \text{Juta} + 5 \text{Juta} (P/A, \text{IRR}, 5)]$$

$$\begin{aligned} \text{Percobaan i} &= 12 \% \\ &= [116 \text{Juta}(3.605)] - [200 \text{Juta} + 5 \text{Juta}(3.605)] \\ &= 200.155 \text{Juta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Percobaan i} &= 50 \% \\ &= [116 \text{Juta}(1.737)] - [200 \text{Juta} + 5 \text{Juta}(1.757)] \\ &= - 7.193 \text{Juta} \end{aligned}$$

IRR = 48.682 %, IRR > i  
 = Harga yang dihasilkan termasuk LAYAK

- Payback Period 
$$= \frac{\text{Cost}}{\text{Uniform Annual Benefit}}$$

$$= \frac{200.000.000}{116.000.000}$$

$$= 1.7 \text{ tahun}$$
- Analisa Keuntungan

**Tabel 10 IRR Dan Payback Period**

<b>Profitability Analysis</b>	<b>Hasil</b>
IRR on Investment	48.682 %
Payback Period	1,7 Tahun
NPW	0

Karena nilai NPW 0, IRR 48,682 dan Payback period on Equity 1,7 Tahun maka investasi untuk pembelian economizer layak untuk di implementasikan, ini dapat dilihat pada Tabel 10 di atas.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir ini, penulis dapat menarik kesimpulan bahwa:

1. Nilai kalori bakar cangkang & fiber 2655 kCal/kg sedangkan Nilai Kalori Batubara 6800 kCal/kg, namun walaupun dari nilai kalori bakar cangkang dan fiber lebih rendah bahan bakar ini lebih layak digunakan dari segi keekonomian, ini dibuktikan dari perhitungan jika menggunakan bahan bakar cangkang + fiber membutuhkan biaya sebesar Rp. 2.027.402 sedangkan menggunakan batubara membutuhkan biaya Rp.11.828.431 dan kelebihan lainnya menggunakan bahan bakar cangkang + fiber dapat memanfaatkan hasil limbah produksi lebih efisien.
2. Perhitungan analisa ekonomi Pembangkit listrik layak di implementasikan karena dapat terlihat dari hasil perhitungan NPV sebesar Rp. 9.751.450.690 dan IRR 26,97 % dan payback period 5,57 tahun dengan asumsi umur pembangkit 25 tahun dari total investasi Rp. 19.800.000.000.
3. Perhitungan perbaikan rugi-rugi pada boiler sekitar 5.21 % dari efisiensi akan mendapatkan keuntungan sebesar Rp. 84.000.000/bulan.
4. Penggunaan economizer layak di implementasikan, karena secara perhitungan ekonomi mendapatkan payback period di 1.7 tahun dan IRR 48,682 dengan perkiraan umur alat tersebut 5 tahun dan net present value pertahunnya Rp. 116.000.000.

## DAFTAR RUJUKAN

- Newnan, Donald G 1988, *Engineering Economic Analysis*, third edition, California.
- Kementrian Lingkungan Hidup, Keputusan Menteri Kementerian Lingkungan Hidup No. 15/1996. Tentang : Program Langit Biru.
- Materi Presentasi BPP Teknologi pada Forum Diskusi, PT.ASAM JAWA Biomass Feasibility Study, Hotel Sahid Jaya, Jakarta, 28 February 2011.
- PT. ASAM JAWA Sumatera Utara, Informasi tertulis dari Bagian Teknis PKS ASAM JAWA, SUMUT, 2010.
- J.C. Igwe and C.C., Onyegbado, *A Review of Palm Oil Effluent (Pome) Water Treatment*, *Global Journal of Environmental Research*, 1(2):54-62, 2007 *Kajian Teknis & Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Biomasa Sawit; Kasus: Di Pabrik Kelapa Sawit Pinang Tinggi, Sei Bahar, Jambi (Irhan Febijanto) JMEV 02 (2011) 11-22 22*