

## **STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG**

### **KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA**

**MUARO JAMBI**

Ir.S. Umar Djufri,MT

#### **Abstrak**

Limbah padat dari perkebunan kelapa sawit dan pabrik kelapa sawit berupa tandan kosong (Cangkang kosong) atau tandan kosong kelapa sawit ( TKKS ) dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. Tandan Kosong kelapa sawit memiliki energi sebesar 4.492,2 kkal/kg setara dengan 1,163 WH ( 1kkal = 4.187 Joule) dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga Biomassa yang digunakan untuk memanaskan air di dalam boiler, sehingga menghasilkan suhu uap dan tekanan uap yang memutar turbin uap . Turbin uap berfungsi sebagai prime mover untuk memutar generator , sehingga menghasilkan output berupa daya listrik . Dengan menjelaskan secara teknis dan keekonomisan pemanfaatan limbah padat tandan kosong di pabrik kelapa sawit PT. BAM di Kabupaten Muaro Jambi , Provinsi Jambi , untuk pembangkit listrik dan listrik dapat dijual ke PT. PLN ( Persero).

Hasil Penelitian dari analisis perhitungan biaya produksi listrik yang didapat berdasarkan suku bunga 6 %, 9 % dan 12 % adalah Rp. 572,67 /kWh , Rp. 680,67/ kWh dan Rp. 814,32 /kWh , sedangkan rata- rata tarif dasar listrik adalah Rp. 1.500/ kWh . Dengan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan PKS PT .BAM ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah dan merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah dan merupakan diversifikasi bisnis hilir dari pabrik kelapa sawit dapat menghasilkan sekitar 18.867,84 MWh per tahun dengan investasi sekitar 2,67 (Million USD) dapat menarik para investor. Berdasarkan tarif tenaga listrik kelapa sawit PT. BAM , maka mendapat hasil penjualan tenaga listrik ke PT. PLN Persero adalah sebesar 1.572,31 MWh perbulan atau Rp. 1,45 Milyar ( 6 % ), Rp. 1,29 Milyar ( 9%) dan Rp. 1,08 Milyar ( 12 % ) perbulan .

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

### **Abstract**

Solid waste from oil palm plantations and palm oil mills in the form of empty fruit bunches (shell is empty) or oil palm empty fruit bunches (EFB) can be used as an alternative energy source to the Biomass Power Plant. Empty fruit bunches of oil palm have an energy of 4492.2 kcal / kg is equivalent to 1,163 WH (1kkal = 4187 Joule) and used as fuel in power plants Biomass is used to heat water in the boiler, resulting in steam temperature and pressure steam rotate the steam turbine. The steam turbine serves as a prime mover to rotate the generator, resulting in the output of electrical power. By explaining the technical and solid waste recycling economy in the empty fruit bunches of oil palm factory PT. BAM in Muaro Jambi, Jambi Province, for electricity generation and electricity can be sold to PT. PLN (Persero). Results of the analysis of the calculation of production cost of electricity obtained by the rate of 6%, 9% and 12% is Rp. 572.67 / kWh, Rp. 680.67 / kWh and USD. 814.32 / kWh, while the average basic electricity tariff is Rp. 1.500 / kWh. With the utilization of oil palm empty fruit bunches produced PKS PT. BAM is one of the efforts to reduce waste and is an effort to reduce waste and the downstream business diversification from oil palm mills can produce approximately 18867.84 MWh per year with an investment of around 2.67 (Million USD) to attract investors. Based on the electricity tariff palm PT. BAM, then got the proceeds from the sale of electricity to PT. PLN Persero amounted to 1572.31 MWh per month or Rp. 1.45 billion (6%), Rp. 1.29 billion (9%) and Rp. 1.08 billion (12%) per month

**Kata Kunci : PLT Biomassa 1,2 MW.Tandan kosong kelapa sawit, EBT**

## Pendahuluan

Sektor energi di Indonesia mengalami masalah serius, karena laju permintaan energi di dalam negeri melebihi pertumbuhan pasokan energi. Minyak mentah dan BBM sudah diimpor sehingga memaksa bangsa Indonesia mencari sumber energi lain guna mengatasi permintaan energi yang melonjak dari tahun ke tahun. Energi baru dan terbarukan (EBT) bukan sekedar sebagai energi alternatif dari bahan bakar fosil, tetapi harus menjadi penyangga pasokan energi nasional dengan porsi EBT 17% pada tahun 2025 (Perpres no 5. Tahun 2006) tentang kebijakan energi nasional. Pada bulan Januari 2012, Sekjen PBB mendorong pemanfaatan energi terbarukan (ET) dunia dua kali lipat (dari 15% menjadi 30%) hingga tahun 2030, apalagi Negara berkembang saat ini menguasai setidaknya 50 % kapasitas global EBT. (fathurrahman, 2016).

Untuk mempercepat dan mendorong keberhasilan pembangunan ketenaga listrikan pada awal Mei tahun 2015, Presiden Joko Widodo meluncurkan program 35.000 MW di Yokyakarta . Hal ini untuk mengatasi atau mengalami defisit listrik yang dapat mencapai rasio elektrifikasi sebesar 97,35 % pada akhir tahun 2019. Setelah melewati rentang waktu 70 tahun, menjelang akhir tahun 2015, rasio elektrifikasi Indonesia mencapai 88,30 % dan dalam 5 tahun kedepan, kebutuhan listrik akan tumbuh sebesar rata – rata 8,7 persen pertahun ( ESDM DJK, Mei 2016).

Pada bulan September tahun 2015, daya terpasang mencapai 51.858 MW (Termasuk independent power producer / IPP). Dengan penambahan kapasitas listrik sebesar 35.000 MW memiliki multiplier efek yang besar bagi pertumbuhan ekonomi. Sehingga dengan adanya pemanfaatan pembangkit listrik tenaga energi baru dan terbarukan kelapa sawit membantu mempercepat program pembangunan pemerintah pembangkit 35.000 MW.

Propinsi Jambi sampai saat sekarang ini masih mengalami krisis energi listrik, penderitaan warga kota Jambi semakin lengkap lagi dengan adanya kabut asap dan kekeringan , kini warga kota Jambi dihadapkan lagi pada masalah seringnya terjadi pemadaman listrik, sehingga pemadaman dilakukan secara bergilir dengan periode lampu mati paling lama 2,5 jam dalam sehari. (www.Metro.com,16 nov 2015). Beban puncak yang dibutuhkan PLN area Jambi sebesar 160 MW ,sedangkan pada malam hari kekurangan daya sebesar 36 MW dan pada siang harinya kekurangan daya sebesar 19 MW.(www.suarocom, 2 November 2015) .

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat harus diimbangi dengan ketersediaan tenaga listrik karena meningkatnya permintaan tenaga listrik. Namun rasio elektrifikasi di Provinsi Jambi tahun 2014 masih jauh di bawah 100 persen yaitu sebesar 39,59 persen lebih rendah dari rata-rata nasional sebesar 81,70 persenditunjukkan pada Tabel 1.1 rasio elektrifikasi di Provinsi Jambi. Ada beberapa kabupaten dan kota yang jumlah daerah desa tidak teraliri listrik PLN kurang dari 50 persen. Rasio elektrifikasi merupakan perbandingan jumlah rumah tangga yang berlistrik dan jumlah keseluruhan rumah tangga (RUPTL PLN 2015-2024).

**Tabel 1** Rasio Elektrifikasi Wilayah Sumatera Tahun 2014

No	Provinsi	Penduduk (x1000)	Rumah Tangga (x1000)	Pelanggan Rumah Tangga	Rasio Elektrifikasi *) (%)
1	Aceh	4.906,8	1.174,9	1.067.703	90,87
2	Sumatera Utara	13.766,9	3.184,8	2.863.592	89,91
3	Sumatera Barat	5.131,9	1.219,9	1.039.075	85,18
4	Riau	6.188,4	1.534,8	992.413	64,66
5	Sumatera Selatan	7.941,5	1.958,6	1.630.885	83,27
<b>6</b>	<b>Jambi</b>	<b>3.344,4</b>	<b>855,7</b>	<b>338.763</b>	<b>39,59</b>
7	Bengkulu	1.844,8	464,2	381.459	82,17
8	Lampung	8.026,2	2.039,6	1.564.817	76,72

\*) Tidak termasuk pelanggan non PLN

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

.Sumber : Statistik PLN 2015

Propinsi Jambi memiliki 2 kotamadya dan 10 kabupaten , dimana Kabupaten Muaro Jambi yang letaknya sangat strategis mengelilingi kotamadya Jambi dan memiliki luas lahan sawit terluas dibandingkan dengan kabupaten lain, yaitu 147.496 hektar dan memiliki produktivitas 2.685 kg/ hektar .Pasokan listrik di Kabupaten Muaro Jambi diperkirakan 70% dari jaringan listrik dan 30% dari generator diesel. Penduduk yang hidup dengan generator diesel membayar lebih banyak untuk listrik, secara negatif berdampak pada pemasukan bulanan rumah tangga.Kapasitas pembangkit listrik yang ada di Provinsi Jambi pada tahun 2015 adalah sekitar 359,5 MW seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2 (PLN,2015).

**Tabel 1**Pembangkit Listrik yang Beroperasi di Jambi pada Tahun 2015

No	Nama Pembangkit	Jenis	Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas (MW)
1	PLTD Payo Selincah #1 s/d #7	PLTD	HSD	PLN	36.4
2	PLTG Batanghari #1 dan #2	PLTG	Gas Alam	PLN	60
3	PLTG Batanghari #3	PLTG	Gas Alam	Sewa	18
4	PLTG BOT Payo Selincah #1 dan #2	PLTG	Gas Alam	PLN	100
5	PLTG Sungai Gelam (CNG)	PLTG	Gas Alam	PLN	90
6	PLTMG SEWA #1	PLTG	Gas Alam	PLN	30
7	IPP/ Lain –Lain				25
Jumlah					<b>359.5</b>

(Sumber : PLN,2015)

Pada Tabel 2 menjelaskan mengenai proyeksi kebutuhan energi listrik hingga tahun 2024, prakiraan beban puncak pada tahun 2016 sebesar 365 MW. Jika dibandingkan dengan daya yang dapat dihasilkan dari pembangkit yang ada di Jambi sebesar 359.5 MW (Berdasarkan Tabel 1), hal ini dapat mengakibat defisit listrik di Jambi pada saat beban puncak sekitar 5.5 MW. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya tambahan energi listrik di daerah Jambi.

#### **STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

**Tabel 2**Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik di Jambi

Tahun	Pertumbuhan Ekonomi (%)	Sales (Gwh)	Produksi (Gwh)	Beban Puncak (MW)	Pelanggan
2015	8.3	1.666	1.836	328	653.016
2016	8.7	1.859	2.047	365	703.768
2017	9.3	2.081	2.288	407	755.870
2018	9.5	2.329	2.559	454	782.963
2019	9.7	2.605	2.858	506	810.973
2020	9.4	2.899	3.178	561	839.489
2021	9.4	3.220	3.528	621	856.908
2022	9.4	3.571	4.007	666	874.494
2023	9.4	3.955	4.436	758	892.371
2024	9.4	4.375	4.904	835	910.445
<b>Pertumbuhan</b>	<b>9.3</b>	<b>11.3 %</b>	<b>11.5 %</b>	<b>11.0 %</b>	<b>3.8 %</b>

(Sumber : PLN,2015)

Banyak pabrik – pabrik di Provinsi Jambi yang belum memanfaatkan limbah sawitnya terutama limbah padat khususnya tandan kosong kelapa sawit di kabupaten Muaro jambi . Selain itu banyak ditemukan di masyarakat- masyarakat yang berprofesi sebagai pedagang kelapa sawit dari rakyat ke pabrik yang membiarkan saja tandan – tandan kosong kelapa sawit mereka di tepi – tepi jalan dan di gudang sehingga menimbulkan bau yang tak sedap. Hal ini merupakan permasalahan yang cukup memprihatinkan karena Propinsi Jambi merupakan propinsi ketujuh penghasil sawit terbesar di Indonesia dengan luas areal perkebunan sawit mencapai 662.846 hektar dan produksi sebanyak 1.571.535 ton serta produktivitas 3.024 kg/ hektar di tahun 2014.

Pada bulan Juli 2013 , berdiri pabrik kelapa sawit bernama PT Biccon Agro Makmur ( BAM ) di desa petaling kecamatan sungai gelam Kabupaten Muaro Jambi ,namun sebagai pabrik yang baru berdiri , Aroma limbah Pabrik PT BAM tersebut dikeluhkan oleh warga- warga di sekitar pabrik sebab limbah – limbah tersebut mengeluarkan bau tak sedap atau aroma kotoran . ([www.radarjambi.co.id](http://www.radarjambi.co.id) , tgl 16 sept 2015).

Bau tak sedap limbah sawit banyak berasal dari tandan kosong kelapa sawit yang banyak menumpuk dari tahun 2013. Oleh karena itu awal tahun 2015, PT BAM membangun pembangkit listrik tenaga energi baru dan terbarukan kelapa sawit yaitu pembangkit listrik tenaga biomassa tandan kosong kelapa sawit berkapasitas 1,2 MW.

Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit menjadi energi dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Potensi biomassa ini sebagai pengembangan pembangkit listrik berbasis bio energi dengan PLT biomassatandan kosong kelapa sawit, siap beroperasi secara stabil selama 24 jam, tidak terpengaruh faktor cuaca, ramah lingkungan, serta listrik yang dihasilkan relatif murah dibandingkan dengan pembangkit listrik berbasis BBM ( genset diesel atau PLTD ).

Terdapat biomassa dari tandan kosong kelapa sawit, yang seperti diketahui TKKS merupakan biaya product dari pabrik kelapa sawit. Umumnya biomassa sendiri diolah dari limbah padat .Namun, biomassajuga dapat diolah dari TKKS atau tandan kosong kelapa sawit menggunakan metode bernama “Dry Fermentation“. Pemakaian tandan kosong sebagai energi pengganti bahan bakar fosil dalam penerapannya membutuhkan biaya yang relatif besar di awal investasinya sehingga terkesan mahal namun dalam jangka panjang akan menghemat banyak dana. Pemakaian tandan kosong sebagai sumber energi listrik bernilai ekonomis karena harga jual listrik yang dihasilkan bisa lebih murah dibanding listrik dari PLN . (Nizar, 2013)

Pemanfaatan limbah tandan kosong sebagai bahan bakar pembangkit listrik merupakan salah satu pilihan Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dalam usaha penanggulangan limbah tandan kosong. Limbah tandan kosong saat ini belum banyak dimanfaatkan karena beberapa pilihan untuk pemanfaatan seperti penggunaan untuk bahan baku pupuk dan kompos sudah dilaksanakan akan tetapi hasilnya tidak efektif, terutama dalam pengolahan tandan kosong dalam jumlah

#### **STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

besar. Jumlah Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Limbah Biomassa Sawit yang menggunakan bahan bakar tandan kosong tidak banyak di Indonesia.

Menurut hasil Penelitian febijanto (2011) secara teknis dan keekonomian pemanfaatan limbah tandan kosong di PKS Pinang Tinggi, Sei Bahar, Propinsi Jambi, untuk pembangkit listrik. Kelayakan keekonomian sangat rendah jika pendapatan tambahan dari penjualan remnant oil, abu sisa pembakaran dan penjualan kredit karbon tidak dimasukkan sebagai pendapatan. Ketiga pendapatan tambahan dapat meningkatkan IRR proyek dari 2,03% menjadi 15,12%. Besarnya nilai investasi dan harga jual listrik sangat menentukan sensitivitas keekonomian proyek. Meskipun pemakaian tandan kosong sebagai sumber energi listrik sangat potensial namun berbagai tantangan masih harus diatasi. Tantangan tersebut antara lain persoalan teknis , institusional, dan tantangan keuangan.

Kabupaten Muaro Jambi adalah satu dari empat kabupaten awal yang terpilih di proyek Kemakmuran Hijau berdasarkan potensi untuk mencapai penurunan kemiskinan yang signifikan berdasarkan peluang pengembangan perekonomian, potensi energi terbarukan, dan faktor lingkungan hidup seperti penurunan lahan gambut. Meskipun baru satu tahun beroperasi secara penuh PT. BAM adalah pabrik yang pertama kali ditunjuk sebagai pabrik yang pertama terpilih sebagai proyek kemakmuran Hijau oleh MCA Indonesia di Provinsi jambi.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik mengambil penelitian mengenai Studi Keekonomian Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit pada pembangkit listrik Biomassa Muaro Jambi. Adapun tujuan dari penelitian ini dilakukan agar dapat diperoleh :

1. Perhitungan daya listrik dan efisiensi PLT Biomassa PT BAM.
2. Gambaran / estimasi perihal tingkat kelayakan teknis, nilai ekonomi dan financial untuk pembangunan pembangkit listrik biomassa tandan kosong kelapa sawit.

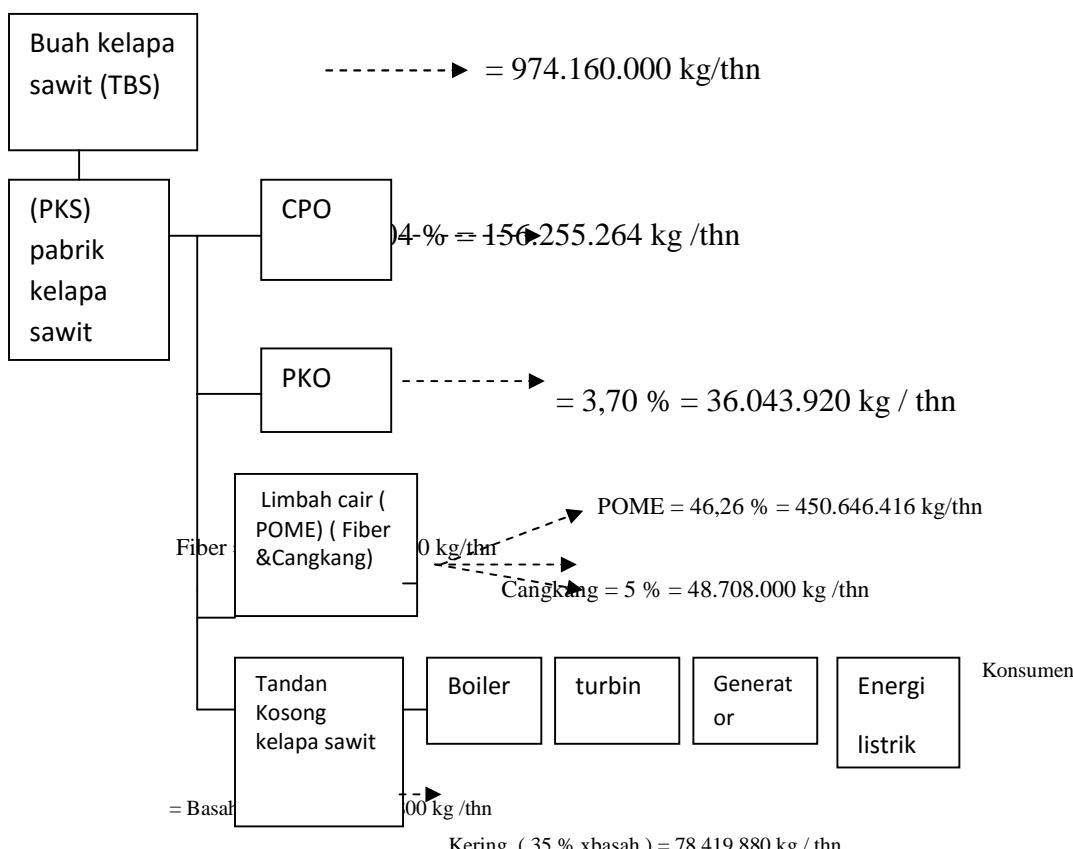
**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

3. Peningkatan rasio elektrifikasi di sekitar pedesaan pabrik kelapa sawit dan dapat mengatasi permasalahan kekurangan tenaga listrik. Serta mendorong pemanfaatan kelebihan potensi biomassa pada pabrik kelapa sawit .

## B. Metoda Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan melihat data –data yang terdapat pada pabrik kelapa sawit PT. Biccon Agro Makmur yang berupa data dalam bentuk teknik data , drawing , kalkulasi enginering , produksi dan operasional. Data engenai pembangkit tenaga listrik Biomassa dan mendapatkan hasil perhitungan dari pemanfaatan limbah sawit dengan daya listrik sebesar –besarnya. Prosedur penelitian dimulai pada proses terjadinya bahan bakar PLT Biomassa 1,2 MW.

Prosedur penelitian dimulai pada proses terjadinya bahan bakar PLT Biomassa 1,2 MW.



**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

### **Analisa Data Pembangkit Listrik Tenaga BioMassa**

Buah kelapa sawit dari perkebunan yang berupa tandan buah segar dibawa menggunakan truk menuju ke pabrik kelapa sawit untuk di proses. Proses awal yang dilakukan pada pabrik kelapa sawit adalah perebusan tandan buah segar dengan menggunakan *sterilizer* yang bertujuan untuk memisahkan brondolan dari Tandan kosong kelapa sawit. Pada proses perebusan tidak semua brondolan terpisah dari tandan kosong sehingga dilakukan pemisahan lagi menggunakan *thresher*. *Tandan* kosong yang telah terpisah dari brondolan dikirim ke penampungan melalui *konveyor* yang dapat dimanfaatkan dan ada juga dipress menggunakan *press manumancer* sehingga menjadi serabut. Sedangkan brondolan dimasukkan kedalam digester yang bertujuan untuk menghasilkan minyak kelapa sawit yang berupa *Crude Palm Oil* (CPO), kulit dari brondolan yang keluar dari *digester* menjadi serabut – serabut halus atau disebut fibre. Fibre yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit ini yang digunakan sebagai bahan bakar pada PLT Biomassa 1,2 MW .

Bahan baku utama dalam proses produksi pembangkit listrik tenaga Biomassa adalah air. Sumber air yang digunakan untuk proses pada PLT Biomassa 1,2 MW berasal dari anak sungai Bertam yang jaraknya dekat dari lokasi PLT Biomassa. Air dari sumber diproses melalui *water treatment* sehingga menghasilkan air yang dapat digunakan pada PLT Biomassa 1,2 MW dengan kadar pH air sebesar 7 – 8. Air dari proses *water treatment* dipanaskan terlebih dahulu melalui *feed tank* sehingga mencapai suhu 90<sup>0</sup> C, kemudian dipanaskan lagi didalam *deaerator* mencapai suhu 110<sup>0</sup> C. dari *deaerator* air dipompa menuju ke *economizer* dan dipanaskan lagi sehingga mencapai suhu 200<sup>0</sup> C – 220<sup>0</sup> C. Air dari *economizer* dipompa menuju kedalam boiler dan dipanaskan lagi dengan menggunakan bahan bakar tandan kosong kelapa sawit yang berupa serabut sehingga menghasilkan uap. Uap dari pemanasan air didalam boiler dikeringkan dengan menggunakan *superheater* sehingga menghasilkan temperatur uap sebesar 320<sup>0</sup> C – 350<sup>0</sup> C dan tekanan uap sebesar 22 bar -27 bar. Uap tersebut digunakan untuk memutar *prime mover* yang berupa turbin uap dengan putaran rata – rata

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

sebesar 5400 rpm. Poros dari turbin uap terhubung dengan rotor generator pada PLT Biomassa 1,2 MW sehingga rotor generator berputar dan menghasilkan output berupa energi listrik. Dengan input yang berupa bahan bakar tandan kosong berupa serabut, maka output yang dihasilkan PLT Biomassa 1,2 MW berbeda pula.

### C. Hasil dan pembahasan

#### Perhitungan Daya Yang Dihasilkan

Untuk bahan bakar pembangkit tenaga Biomassa limbah yang digunakan berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang sudah kering dengan kadar airmaksimum 6,6%. Adapun kalori yang terkandung pada limbah tandan kelapa sawit, hasil uji laboratorium yang sudah terlebih dahulu diolah yaitu: mengandung kalori sebesar 4.492,7436 kkal/kg. Dimana satu kkal = 4.187 Joule = 1,163 WH. Dari literature kebutuhan bahan bakar boiler dapat dihitung menggunakan formula (Li dan Paul, 1985 dikutip oleh sunarwan dan juhana, 2013) sebagai berikut:

$$W_f = \frac{[m_s(h_2-h_1) + m_b(h_s-h_1)]}{HHV \times b}$$

Dimana:

$W_f$  : massa bahan bakar (kg/jam)

$b$  : efisiensi boiler (%)

HHV: high heating value (kJ/kg)

$m_b$  : boiler blodown (kg/jam)

$m_s$  : laju airan steam (kg/jam)

$h_2$  : entalpi superheated steam pada keluaran boiler (kJ/kg)

$h_1$  : entalpi air umpan boiler (kJ/kg)

$h_s$  : entalpi air saturated pada tekanan boiler (kJ/kg)

Dari hasil analisa limbah kelapa sawit berupatandan buah kosong harusmempunyai kandungan air sebesar 6,6%, yang nilaibakar (high heating value),

$$HHV = 13.170 \text{ kJ/kg.}$$

Data-data pendukung:

$h_b$  : 80%

HHV: Nilai Kalor Limbah Diatas

$m_b$  : 10% dari laju alir steam

$m_s$  : laju airan steam (kg/jam)

$h_2$  : 2.851,75 kJ/kg (P = 25 bar, T = 350°C)

$h_1$  : 419,1 kJ/kg (P = 1 atm, T = 30°C)

$h_s$  : 1839,7 kJ/kg (P = 18 bar, T = 270°C)

limbah tandan kosongkelapa sawit (TKKS) yang dihasilkan oleh PabrikKelapa Sawit PT. Biccon Agro Makmur yaitu sebanyak:

- TKKS basah :224.056.800kg/tahun

Setelah dikeringkan selama waktu diatas (12 jam) makadihasilkan sebanyak:

- TKKS kering sebanyak 35 %

Dengan menggunakan ketentuan pustaka dan hasilpercobaan di atas maka limbah sawit PT. Biccon Agro makmur akanmenghasilkan limbah kering:

- TKKS kering : 78.419.880 kg/tahun

Dari hasil uji bom - kalor di laboratorium diLab. PT BAM, sampel limbah kelapa sawit hasilpercobaan pengeringan diatas yang diambil dari pabrikkelapa PT. BAM menghasilkannilai kalor/high heating value (HHV) sebesar:

- TKKS : 18.719,46 kJ/kg

untuk membangkitkansteam untuk masing-masing limbah sebesar: massa bahan bakar yang dihasilkan oleh tandan kosong kelapa sawit akan diperoleh sebesar :

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

- Pertahun = 78.419.880kg/tahun
- Perbulan = 6.534.990kg
- Perhari = 247.381,20 kg
- Perjam = 10.307,55kg

Maka Jumlah laju alir steam / jumlah steam ( $m_s$ ) yang dihasilkan sebesar :

$$10307,55 \text{ kg/jam} = \frac{1}{18.719,46 \text{ kj/kg} \times 0,8} (m_s (2.851,75 \text{ kj/kg} - 419,1 \text{ kj/kg}) + (0,1 m_s (1839,7 \text{ kj/kg} - 419,1 \text{ kj/kg}))$$

$$10.307,55 \text{ kg/jam} = m_s 0,1719$$

$$m_s = 10.307,55 \text{ kg/jam} / 0,1719 = 59.962,48 \text{ kg/jam}$$

Sedangkan membangkitkan steam untuk masing – masing limbah sebesar : masa bahan bakar yang dihasilkan oleh cangkang kelapa sawit akan diperoleh sebesar :

- Pertahun = 48.708.000kg/tahun
- Perbulan = 4.059.000 kg
- Perhari = 153.653 kg
- Perjam = 6.402,21 kg

Maka Jumlah laju alir steam / jumlah steam ( $m_s$ ) yang dihasilkan sebesar :

$$6.402,21 \text{ kg/jam} = \frac{1}{18.719,46 \text{ kj/kg} \times 0,8} (m_s (2.851,75 \text{ kj/kg} - 419,1 \text{ kj/kg}) + (0,1 m_s (1839,7 \text{ kj/kg} - 419,1 \text{ kj/kg}))$$

$$6.402,21 \text{ kg/jam} = m_s 0,1719$$

$$m_s = 37.243,81 \text{ kg/jam}$$

Diketahui dari pustaka spesifikasi turbin untuk membangkitkan 1,2 MW dibutuhkan jumlah steam/laju aliran steam sebanyak 29.000 kg/jam ([www.Lohrmann.com](http://www.Lohrmann.com) ). Sehingga dengan mengetahui jumlah steam yang dibangkitkan oleh tandan kosong kelapa sawit, maka dapat dihitung daya pembangkit yang dibutuhkan untuk tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan oleh PT BAM adalah sebagai berikut :

Untuk TKKS daya yang dapat dibangkitkan sebesar :

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

$$= 59.962,48 \text{ kg/jam} \times 1,2 \text{ MW}$$

$$\underline{29.000 \text{ kg/jam}}$$

$$= 2,48 \text{ MW}$$

Sedangkan untuk cangkang sawit daya yang dapat dibangkitkan sebesar :

$$= 37.243,81 \text{ kg/jam} \times 1,2 \text{ MW}$$

$$\underline{29.000 \text{ kg/jam}}$$

$$= 1,54 \text{ MW}$$

Sehingga dapat dibandingkan jumlah laju alir steam/ jumlah steam (  $m_s$  ) dihasilkan TKKS dan cangkang sawit dapat dibuat tabel sebagai berikut :

**Tabel 6.**Perbandingan Daya PLT Biomassa TKKS dan PLT Biomassa Cangkang

Uraian	PLT Biomassa	
Jenis Bahan Bakar	TKKS	Cangkang
Jumlah laju alir steam	59.962,48 kg/jam	37.243,81 kg/jam
Daya yg dibangkitkan (MW)	2,48	1,54

Sumber : Data diolah

Pada PT BAM dan kebanyakan pabrik pengolahan sawit di Propinsi Jambi dimana pada saat sekarang lebih banyak menjual limbah sawit berupa cangkang yang mempunyai nilai jual Rp. 600/ kg . Hal ini menyebabkan PKS – PKS cenderung tidak mengolah cangkang dan serabut menjadi energi sumber energi untuk pembangkit biomassa.Selain itu cangkang dan serabut harus sesuai komposisinya sebab bila tidak sesuai komposisi pembakaran tidak akan sempurna yang akan menyebabkan kerak pada grate boiler dan menyebabkan rusaknya grate.

Aspek fisik lokasi, aspek kelistrikan , aspek jalan masuk , aspek bahan bakar dan air serta aspek lingkungan dan biaya harus dipertimbangkan sehingga didapatkan lokasi pembangkit yang paling layak dan menguntungkan. Namun

#### **STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

karena lokasi PLTBiomassa berada di dalam area PKS maka aspek fisik, aspek jalan masuk dan aspek lingkungan tidak menjadi pertimbangan yang penting. Aspek kelistrikan, aspek sumber bahan bakar dan air, dan aspek biaya merupakan tiga faktor yang menjadi inti dari pokok pembahasan dalam laporan studi ini. Setelah penentuan lokasi, maka dilakukan analisa data sesuai dengan konsep dasar pembangunan PLTBiomassa, meliputi penentuan konfigurasi fasilitas peralatan PLTBiomassa disesuaikan dengan keberlanjutan suplai dari bahan bakar tandan kosong kelapa sawit.

### **Analisis Pembangunan Pembangkit Ditinjau Dari Aspek Ekonomi**

Untuk mengetahui biaya produksi listrik per kwh , pendapatan dan investasi pada pembangkit listrik biomassa pada PT Biccon Agro Makmur, maka perlu dilakukan analisis terhadap aspek ekonomi dan pembiayaannya.

a. Perhitungan capital Recovery Factor ( CRF ) untuk :

- Suku bunga I = 12 % dan umur pembangkit ( life time ) n = 25 tahun

$$\begin{aligned} \text{CRF} &= \frac{i}{1 + i}^n \\ &= \frac{0,12}{1 + 0,12}^2 = 0,127 \\ &\quad (1 + 0,12)^{25} - 1 \end{aligned}$$

- Suku bunga I = 9 % dan umur pembangkit ( life time ) n = 25 tahun

$$\begin{aligned} \text{CRF} &= \frac{i}{1 + i}^n \\ &= \frac{0,09}{1 + 0,09}^2 = 0,10 \\ &\quad (1 + 0,09)^{25} - 1 \end{aligned}$$

- Suku bunga I = 6 % dan umur pembangkit ( life time ) n = 25 tahun

$$\begin{aligned} \text{CRF} &= \frac{i}{1 + i}^n \\ &= \frac{0,06}{1 + 0,06}^2 = 0,078 \\ &\quad (1 + 0,06)^{25} - 1 \end{aligned}$$

### **Perhitungan Biaya pembangunan**

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

Dari data kita lihat bahwa *Capital Investment Cost* atau biaya pembangunan adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pembangunan} &= \text{Capital Investment Cost} = 2.677.575,23 \text{ USD} \\ \text{Installed capacity} &\quad 1.2 \times 10^3 \text{ KW} \\ &= 2231,31 \text{ US\$ / kW}\end{aligned}$$

### **Perhitungan jumlah pembangkitan tenaga listrik(kwh / tahun )**

Dengan daya terpasang 1.2 MW dan faktorkapasitas 80 % maka Jumlah

Pembangkitan TenagaListrik (kWh/tahun)

$$= \text{Daya Terpasang} \times \text{Faktor Kapasitas} \times 7608$$

$$= 1.2 \text{ MW} \times 0,80 \times 7608$$

$$= 7304,68 \text{ MW/ th}$$

$$= 7.303.680 \text{ kWh/th}$$

Jadi biaya modal / *Capital Cost (CC)* adalah sebagai berikut:

$$\text{Capital Cost} = \text{Biaya pembangunan} \times \text{kapasitas Pembangkit} \times \text{CRF}$$

Jumlah pembangkitan Neto Tenaga Listrik

Untuk suku bunga  $i = 12 \%$

$$CC = \frac{2231,31 \times 1200 \times 0,127}{7.303.680} = 0,04655 \text{ USD / kWh} = 4,65 \text{ cent / kWh}$$

$$7.303.680$$

Untuk suku bunga  $i = 9 \%$

$$CC = \frac{2231,31 \times 1200 \times 0,10}{7.303.680} = 0,036661 \text{ USD / kWh} = 3,66 \text{ cent / kWh}$$

$$7.303.680$$

Untuk suku bunga  $i = 6 \%$

$$CC = \frac{2231,31 \times 1200 \times 0,078}{7.303.680} = 0,02859 \text{ USD / kWh} = 2,86 \text{ cent / kWh}$$

$$7.303.680$$

### **Perhitungan biaya bahan bakar**

Pembangkit ini menggunakan bahan bakar tan dan kosong kelapa sawit yang merupakan hasil limbah produksi pabrik kelapa sawit kira-kira sebanyak 90  
**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

ton/hari. Karena bahan bakar yangdigunakan pada pembangkit ini adalah limbah dari produksi minyak kelapa sawit, maka biaya bahanbakar pembangkit ini bukan untuk membeli tandan kosong, tetapi untuk biaya transportasi dariperkebunan kelapa sawit sampai ke tempatpembangkit.

Biaya transportasi dari perkebunan sampai ketempat pembangkit diasumsikan bahwa jaraktempuh antara pabrik dan perkebunan 8 km, sehingga Biaya transportasi dari perkebunan sampai ke tempat pembangkit diasumsikan US\$ 0.048 perton (Kusuma, 2011). Dengan asumsi 1 USD senilai Rp. 13.500 maka dapat dihitung :

a. Harga = 0.048 USD/ton

$$= 0,000048 \text{ USD/kg}$$

$$= 0.0048 \text{ cent/kg}$$

b. Konsumsi Bahan Bakar = 90 ton/jam

c. Konsumsi Bahan bakar per tahun

$$= (90 \times 7608) \text{ ton/MW-tahun}$$

$$= 684.720 \text{ ton/MW-tahun}$$

d. Fuel Cost (FC) = 90 ton/MWh · 0.048 USD/ton

$$= 4,32 \text{ USD/MWh}$$

$$= 0,00432 \text{ USD/kWh}$$

$$= 0.432 \text{ cent/kWh}$$

### Perhitungan biaya operasi dan perawatan

Biaya operasi dan perawatan adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengoperasian pembangkit dan perawatan berkala. Rincian biayanya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 7** Data Biaya Operasi dan Perawatan PLT Biomassa Limbah Kelapa Sawit

Keterangan	1 MW	2 MW	3 MW	4 MW	5 MW
O & M cost ( Milion USD/Year)	0,1	0,2625	0,425	0,5875	0,75
O & M cost ( USD/kwh)	0,0095	0,0249	0,0404	0,0558	0,0713
O & M cost ( cent/kwh)	0,95	2,49	4,04	5,58	7,13

(Sumber: Center for Research on Material and Energy-ITB, data diolah kembali)

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

Sehingga dari data diatas biaya operasi dan perawatan untuk PLTU Biomassa limbah kelapa sawit yang berkapasitas 1.2 MW dengan faktor kapasitas sebesar 80% digunakan Biaya Operasi dan Perawatan 1,2MW . Dari Tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa biaya operasi dan perawatan PLTU limbah kelapa sawit 1.2 MW ini adalah 0.95 cent/kWh.

### **Perhitungan Biaya Pembangkitan Total**

Berdasarkan beberapa biaya diatas, maka persamaan biaya pembangkitan total dalam pembangkitan tahunan dapat dinyatakan sebagai berikut:

TC = Biaya Total

CC = Biaya Modal

FC = Biaya Bahan Bakar

O&MC = Biaya Operasi dan Perawatan

**$TC = CC + FC + OM$**

Untuk suku bunga  $i = 12\%$  maka:

$$\begin{aligned} TC &= 4.65 \text{ cent / kWh} + 0.432 \text{ cent / kWh} + 0.95 \text{ cent / kWh} \\ &= 6.032 \text{ cent / kWh} \\ &= 0,06032 \text{ US$/kWh} \\ &= 814,32 \text{ Rp/kWh} \end{aligned}$$

Untuk suku bunga  $i = 9\%$  maka :

$$\begin{aligned} TC &= 3.66 \text{ cent / kWh} + 0.432 \text{ cent / kWh} + 0.95 \text{ cent / kWh} \\ &= 5,042 \text{ cent / kWh} \\ &= 0,05042 \text{ US$/kWh} \\ &= 680,67 \text{ Rp/kWh} \end{aligned}$$

Untuk suku bunga  $i = 6\%$  maka :

$$\begin{aligned} TC &= 2.86 \text{ cent / kWh} + 0.432 \text{ cent / kWh} + 0.95 \text{ cent / kWh} \\ &= 4.242 \text{ cent / kWh} \\ &= 0,04242 \text{ US$/kWh} \\ &= 572,67 \text{ Rp/kWh.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan-perhitungan diatas jika kitabelkan, maka akan tampak biaya pembangkitan energi listrik berbahan bakar limbah kelapa sawit,dari tabel dapat dianalisa keekonomisan dari PLTU berbahan bakar limbah kelapa sawit seperti tabel 8 dibawah ini :

**Tabel 8.** Biaya pembangkitan

Perhitungan	Suku bunga		
	12 %	9 %	6 %
Biaya Pembangunan	2231,31	2231,31	2231,31
Umur Operasi	25	25	25
Kapasitas ( MW )	1,2 MW	1,2 MW	1,2 MW
Biaya Bahan bakar ( USS/kwh)	0,00432	0,00432	0,00432
B.O & M (USS/kwh)	0,0095	0,0095	0,0095
Biaya Modal ( USS/kwh)	0,04655	0,0366	0,0285
Biaya Pembangkitan ( USS/kwh)	0,06032	0,05042	0,0424
Investasi (million USS )	2,67	2,67	2,67

Biaya pembangkitan energi listrik PLT biomassa tandan kosong

**Tabel. 9** Perbandingan Biaya PLTU Batubara dan PLT Biomassa – Limbah TKKS

Uraian		PLT Biomassa	PLTU Batubara	PLT panas Bumi
Jenis bahan bakar	Tandan Kosong		Batubara	Panas Bumi
Life time	25	25	25	
Biaya Modal	US\$/KWH	0.0285	0.00553	0.0093
Biaya bahan bakar	US\$/KWH	0.00432	0.0565	0.07746
Biaya O &M	US\$/KWH	0.0095	0.0106	0.0137
Biaya pembangkitan rata- rata	US\$/KWH	0.0424	0.07263	0.10046

Sumber : PLN Statistik 2014

Dari tabel 9 diatas dapat dilihat bahwa untuk jenis konversi energi pembangkit listrik dengan menggunakan biomassa tandan kosong, mempunyai biaya pembangkitan yang sedikit relative lebih murah dibanding dengan PLTU batubara dan PLTP, karena PLT biomassa tandan kosong menggunakan bahan bakar tandan kosong kelapa sawit, sehingga biayanya sangat murah. Selain

memiliki harga pembangkitan yang relative murah, biaya bahan bakar biomassa tandan kosong merupakan energi renewable, sehingga tidak dapat habis.

### Analisis Keekonomian

berdasarkan data-data yang didapatkan pada sub-bab sebelumnya, dapat diketahui beberapa parameter :

- Kapasitas Biomass Engine = 1200 kW
- Waktu Operasi = 7608 jam/tahun
- Awal Produksi = 70%
- Penggunaan sendiri GEG = 2864 kw
- Penggunaan Boiler = 559 kW
- Tarif dasar Listrik = IDR 1207,5 ; IDR 1500 ; IDR 1610,0

Pada perhitungan akan digunakan beberapa asumsi, dengan asumsi sebagai berikut :

- Umur Proyek = 25 tahun
- Suku Bunga = 12 %
- Awal Produksi = 70%
- Peningkatan produksi per tahun = 15%
- Maksimum Produksi = 90%
- Pajak Pendapatan = 10%
- Nilai tukar rupiah 13.500 IDR/USD

#### a. Tarif dasar Listrik IDR 1207,5

**Tabel 10.** Payback Period PLTBiomass PT .BAM

Tahun	Produksi (MWh/year)	Pendapatan Bersih (USD)	Annual Cash Flow
1	6391	406692	-2270884
2	7760	523059	-1747825
3	8217	525173	-1222652
4	8217	516400	-706252
5	8217	516400	-189852
6	8217	516400	326548
7	8217	516400	842948
8	8217	516400	1359349
9	8217	516400	1875749

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

10	8217	516400	2392149
11	8217	516400	2908549
12	8217	516400	3424949
13	8217	516400	3941349
14	8217	516400	4457749
15	8217	516400	4974149
16	8217	516400	5490550
17	8217	516400	6006950
18	8217	516400	6523350
19	8217	516400	7039750
20	8217	516400	7556150
21	8217	516400	8072550
22	8217	516400	8588950
23	8217	516400	9105350
24	8217	516400	9621751
25	8217	516400	10138151

Berdasarkan Tabel 10 , dapat dilihat bahwa *Payback Period* terjadi pada tahun ke 6 .Dengan IRR sebesar 19 % dan NPV USD 1.256.719

### b. Tarif dasar Listrik IDR 1500

**Tabel 11** Payback Period PLTBiomass PT . BAM

Tahun	Produksi (MWh/year)	Pendapatan Bersih (USD)	Annual Cash Flow
1	6391	526118	-2151458
2	7760	652742	-1498715
3	8217	657716	-840999
4	8217	657716	-183283
5	8217	657716	474434
6	8217	657716	1132150
7	8217	657716	1789866
8	8217	657716	2447583
9	8217	657716	3105299
10	8217	657716	3763015
11	8217	657716	4420732
12	8217	657716	5078448
13	8217	657716	5736164
14	8217	657716	6393881
15	8217	657716	7051597
16	8217	657716	7709313

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

17	8217	657716	8367030
18	8217	657716	9024746
19	8217	657716	9682462
20	8217	657716	10340179
21	8217	657716	10997895
22	8217	657716	11655611
23	8217	657716	12313327
24	8217	657716	12971044
25	8217	657716	13628760

Berdasarkan Tabel 11 , dapat dilihat bahwa *Payback Period* terjadi pada tahun ke-5 .Dengan IRR sebesar 23,5 % dan NPV USD 2.106.715

### c. Tarif dasar Listrik IDR 1610,0

**Tabel 12.** Payback Period PLT Biomass

Tahun	Produksi (MWh/year)	Pendapatan Bersih (USD)	Annual Cash Flow
1	6391	572031	-2106545
2	7760	698213	-1408332
3	8217	710861	-697471
4	8217	710861	13391
5	8217	710861	724252
6	8217	710861	1435113
7	8217	710861	2145975
8	8217	710861	2856836
9	8217	710861	3567697
10	8217	710861	4278559
11	8217	710861	4989420
12	8217	710861	5700281
13	8217	710861	6411143
14	8217	710861	7122004
15	8217	710861	7832865
16	8217	710861	8543727
17	8217	710861	9254588
18	8217	710861	9965449
19	8217	710861	10676311
20	8217	710861	11387172
21	8217	710861	12098033

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

22	8217	710861	12808895
23	8217	710861	13519756
24	8217	710861	14230617
25	8217	710861	14941479

Berdasarkan Tabel 12 , dapat dilihat bahwa *Payback Period* terjadi pada tahun ke-4 .Dengan IRR sebesar 25,3 % dan NPV USD 2.466.854

#### **D. Kesimpulan**

Dari hasil analisis perhitungan , dapat dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Biaya produksi listrik yang didapat dari perhitungan berdasarkan suku bunga 6 %, 9 % dan 12 % adalah Rp. 572,67 Rp/ kwh, Rp. 680,67 Rp/ kwh dan 814,32 Rp/ kwh.
2. Pemanfaatan TKKS yang dihasilkan PKS PT.BAM ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah dan merupakan salah satu usaha diversifikasi bisnis industri hilir dari PKS. Dari segi kelayakan keekonomian PLT Biomass PT BAM ditunjang dari harga jual listrik sesuai Permen ESDM no 27 tahun 2014 yang sudah mencukupi kelayakan keekonomian suatu proyek. Jika harga jual tarif listrik diwilayah sumatera lebih dari 1.500 IDR, dengan IRR sebesar 23,5% dan NPV sebesar USD 2.106.715. dan payback period sekitar 5 tahun dengan suku bunga 12 % hal ini akan menguntungkan perusahaan dan investor.Selain itu PT BAM tidak mengolah cangkang dan serabut menjadi sumber energi PLT Biomassa karena cangkang sawit mempunyai nilai harga jual Rp. 600/ kg . Sehingga perusahaan tersebut lebih memilih menjual hasil limbah cangkang dan serabut daripada mengolahnya menjadi sumber energi.
3. Dengan tersedianya bahan baku untuk energy alternative, tandan kosong kelapa sawit ( TKKS ) diharapkan dapat mengurangi kekurangan pasokan listrik yang manfaatnya untuk peningkatan pembangunan kesejahteraan

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**

masyarakat kabupaten Muaro Jambi Provinsi Jambi danberdasarkan penelitian dapat dilihat bahwa pemanfaatan limbah yang tidak ekonomis menjadi usaha yang ekonomis yang berwawasan lingkungan dapat menghasilkan sekitar 18.867,84 MWh per tahunnya dengan investasi sekitar 2,67(Million USD) dapat menarik para investordan terutama dapat membantu meningkatkan rasio elektrifikasi di sekitar pedesaan pabrik kelapa sawit .

#### **E. Saran**

1. Pemilihan teknologi pemanfaatan limbah akan mampu mendukung kebutuhan energi kelistrikan masyarakat khususnya kontinuitas pasokan listrik
2. Diperlukan kepastian ketersediaan bahan baku utama , tandan kosong kelapa sawit , agar kelangsungan dan konsistensi operasional pabrik dapat memenuhi kelayakan ekonomis.
3. Pengelolaan limbah dan pengendalian lingkungan secara berkelanjutan menggunakan teknologi tepat guna agar dampak lingkungan yang ditimbulkan seminimal mungkin.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Ansory ,( 2015) . Warga Petaling Keluhkan Aroma Limbah PT BAM, ( www. Radar jambi.co.id tanggal 16 september 2015 )

BPS.(2015).*JAMBI DALAM ANGKA 2014*. Jambi:BPS Provinsi Jambi

Febijanto, Irhan,(2011).Kajian Teknis dan Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Biomasa Sawit : Kasus : Di Pabrik kelapa sawit, Pinang Tinggi, Sei bahar Jambi. Journal of Mechatronic, Electrical Power and vehicular, technology. Vol 02 , Jakarta.

Peraturan Menteri ESDM No. 27/2014, Tentang Pembelian Tenaga Listrik Dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Oleh PT Perusahaan Listrik Negara Persero

PLN.(2015).*Statistik PLN 2014*.Jakarta:Sekretariat Perusahaan PT.PLN Persero.

Sunarwan , bambang &Rihadi Juhana .(2013). Pemanfaatan Limbah sawit untuk bahan bakar energi baru dan terbarukan ( EBT). Studi kasusv: limbah sawit produksi sawit daerah kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua . JurnalTekno Insentif volume 7 nomor 2,Oktober 2013.Kopertis Wilayah IV.

www.Metro.com,16 nov 2015

**STUDI KEEKONOMIAN PEMANFAATAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK BIOMASSA MUARO JAMBI**