

# Studi Pemanfaatan Limbah Padat dari Perkebunan Kelapa Sawit pada PLTU 6 MW di Bangka Belitung

Harris, Sjamsjul Anam, dan Syarifuddin Mahmudsyah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* [anam@ee.its.ac.id](mailto:anam@ee.its.ac.id), [syarifuddin.mahmudsyah@gmail.com](mailto:syarifuddin.mahmudsyah@gmail.com)

**Abstrak**—Limbah padat dari perkebunan kelapa sawit berupa cangkang dan fibre dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pada PLTU. Cangkang memiliki kandungan energi sebesar 4115 kkal/kg dan fibre sebesar 3500 kkal/kg. Cangkang dan fibre dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada PLTU 6 MW, yang digunakan untuk memanaskan air didalam boiler sehingga menghasilkan temperatur uap dan tekanan uap yang mampu memutar turbin uap. Turbin uap berfungsi sebagai prime mover untuk memutar generator sehingga menghasilkan output berupa daya listrik. Pada saat menggunakan bahan bakar cangkang PLTU 6 MW menghasilkan output rata – rata sebesar 4.8 MW/hr dan dalam 1 MW output membutuhkan 1.02 ton cangkang dan pada saat menggunakan bahan bakar fibre PLTU 6 MW menghasilkan output rata – rata 2.3 MW/hr dan dalam 1 MW output membutuhkan 1.83 ton fibre. Karena lebih optimal dalam pengoperasian serta maksimalnya output yang dihasilkan dari bahan bakar cangkang, maka efisiensinya pun lebih baik. Efisiensi PLTU 6 MW pada saat menggunakan bahan bakar cangkang sebesar 20.5 % dan efisiensi PLTU 6 MW dari bahan bakar fibre 13 %. Oleh karena itu bahan bakar cangkang merupakan bahan bakar utama yang digunakan pada PLTU 6 MW.

**Kata Kunci**—Cangkang, Fibre, Efisiensi, PLTU 6 MW

## I. PENDAHULUAN

Krisis persediaan energi listrik berjalan seiring dengan krisis bahan bakar fosil dan Bahan Bakar Minyak (BBM). Relevansi krisis energi listrik dengan krisis bahan bakar fosil dan minyak terjadi karena banyak pembangkit tenaga listrik menggunakan bahan bakar fosil dan minyak sebagai bahan bakar utamanya. Di Indonesia, khususnya Bangka Belitung pemenuhan kebutuhan tenaga listrik mayoritas disuplai dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang jumlahnya mencapai 86 unit dengan kapasitas terpasang 157 MW pada tahun 2010. Karena kurangnya diversifikasi energi di Bangka Belitung, sehingga berdampak pada rasio elektrifikasi yang rendah, prosentase rasio elektrifikasi Bangka Belitung hingga tahun 2010 baru mencapai 48.3 %. Rendahnya angka rasio elektrifikasi menggambarkan masih banyaknya masyarakat Bangka Belitung yang belum mendapatkan listrik [1].

Solusi kekurangan energi listrik serta untuk meningkatkan diversifikasi energi di Bangka Belitung, salah satunya dengan mengembangkan sumber energi alternative yang bersifat *renewable energy*. Salah satu potensi sumber energi alternatif di Bangka Belitung yang dapat diperbarui adalah energi biomassa limbah padat dari perkebunan kelapa sawit. Sisa pengolahan kelapa sawit berupa limbah padat memiliki kandungan energi yang cukup tinggi. Bila dikelola dengan baik, limbah padat kelapa sawit dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil dan minyak yang biasa digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Bangka Belitung sebagai daerah penghasil kelapa sawit di Indonesia, berpotensi mengembangkan PLTU berbasis energi biomassa. Pada tahun 2010 luas perkebunan kelapa sawit mencapai 141.897 Ha [2]. Untuk setiap pengolahan buah kelapa sawit menghasilkan 7 % limbah padat berupa cangkang dengan kandungan kalori sebesar 4000 - 4500 kkal/kg. Limbah kelapa sawit berupa serabut (*fibre*) juga dapat diolah menjadi sumber energi karena setiap pengolahan kelapa sawit menghasilkan 13 % fibre dengan kandungan kalori sebesar 3000 - 3600 kkal/kg [3].

Berdasarkan potensi perkebunan kelapa sawit setiap tahun yang terus meningkat, maka PLTU berbahan bakar cangkang dan fibre sangat potensial terus dikembangkan dengan kemampuan output yang lebih besar. Sehingga dapat mewujudkan program diversifikasi energi dalam rangka meningkatkan rasio elektrifikasi di Bangka Belitung.

## II. TEORI PENUNJANG

### A. Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman yang memiliki nilai jual tinggi di masyarakat[4]. Hasil dari tanaman kelapa sawit bisa dimanfaatkan diantaranya sebagai penghasil minyak dan juga sebagai bahan bakar biomassa. Tanaman kelapa sawit memiliki dua bagian antara lain:

- a. Bagian generatif  
Bagian generatif merupakan bagian dari kelapa sawit yang meliputi akar, batang dan daun.
- b. Bagian vegetatif  
Bagian vegetatif meliputi bunga dan buah. Cangkang, *fibre* dan janjang kosong berasal dari buah kelapa sawit.

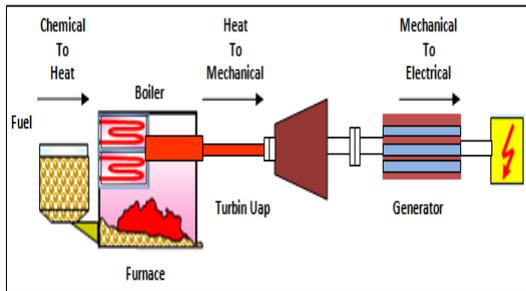
Tabel 1  
Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia Tahun 2010

| No | Nama Daerah        | Luas Lahan ( Ha ) |
|----|--------------------|-------------------|
| 1  | Bangka-Belitung    | 141.897           |
| 2  | Banten             | 15.023            |
| 3  | Bengkulu           | 224.651           |
| 4  | Jambi              | 489.384           |
| 5  | Jawa Barat         | 10.580            |
| 6  | Kalimantan Barat   | 499.542           |
| 7  | Kalimantan Barat   | 530.575           |
| 8  | Kalimantan Selatan | 312.719           |
| 9  | Kalimantan Tengah  | 1.270.980         |
| 10 | Kalimantan Timur   | 409.466           |
| 11 | Kepulauan Riau     | 2.645             |
| 12 | Lampung            | 153.160           |
| 13 | Papua              | 26.256            |
| 14 | Papua Barat        | 57.398            |
| 15 | Riau               | 1.781.900         |
| 16 | Sulawesi Barat     | 107.249           |
| 17 | Sulawesi Selatan   | 19.762            |
| 18 | Sulawesi Tengah    | 46.655            |
| 19 | Sulawesi Tenggara  | 21.669            |
| 20 | Sumatera Barat     | 344.352           |
| 21 | Sumatera Selatan   | 690.729           |
| 22 | Sumatera Utara     | 1.017.570         |
|    | Total              | 8.174.162         |

Sumber : BKPM Indonesian Investment Coordinating Board 2010

**B. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)**

Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor) [5]. Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari boiler PLTU. Energi panas dipindahkan ke dalam air yang ada dalam pipa boiler untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan didalam drum dari boiler. Uap dari drum boiler dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi uap dikonversikan menjadi energi mekanis untuk memutar generator, dan energi mekanis yang berasal dari generator dikonversikan menjadi energi listrik.



Gambar 1. Proses Perpindahan Energi pada PLTU

**C. Pehitungan Kalor pada Bahan Bakar PLTU**

Nilai kalor yang menjadi acuan dalam perhitungan untuk menentukan kandungan kalor dalam bahan bakar terdiri dari dua jenis antara lain [1]: *High Heating Value* (HHV) yaitu nilai kalor yang terjadi jika semua uap air yang terbentuk telah terkondensasi, sehingga dalam hal ini termasuk kalor setelah terjadi penguapan uap air.

$$HHV = [ 8.080 + 34.500 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2.220 S ] \quad (1)$$

$$LHV = HHV - 588,76 \times W \quad (2)$$

Keterangan:

- C = Carbon (%)
- H = Hidrogen (%)
- O = Oksigen (%)
- S = Sulfur (%)
- W = Uap air (kg<sub>BB</sub>)

Panas yang dihasilkan dalam kcal/hr dari bahan bakar didalam dapur boiler sebesar:

$$Q_{BB} = HHV \times BB \quad (3)$$

Nilai BB adalah jumlah bahan bakar yang dibakar di *furnace* dalam kg/hr. Kebutuhan udara yang dibutuhkan pada saat proses pembakaran adalah sebagai berikut:

$$U_{og} = 11,5C + 34,5 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 4,32 S \quad (4)$$

$$U_{ov} = \frac{U_{og}}{1,29} \quad (5)$$

Keterangan:

- $U_{og}$  = kebutuhan udara teoritis (kg<sub>udara</sub>/kg<sub>BB</sub>)
- $U_{ov}$  = kebutuhan udara teoritis (m<sup>3</sup><sub>udara</sub>/kg<sub>BB</sub>)

Faktor udara lebih dihitung menggunakan persamaan:

$$m = 21/(21 - O_2) \quad (6)$$

Keterangan:

- m = excess air
- O<sub>2</sub> = kadar oksigen dalam gas buang (%)

Kebutuhan udara sebenarnya adalah:

$$U = m \cdot U_o \quad (7)$$

Keterangan :

- U = kebutuhan udara aktual (kg<sub>udara</sub>/ kg<sub>BB</sub>) atau (m<sup>3</sup><sub>udara</sub>/ kg<sub>BB</sub>)

$U_o$  = kebutuhan udara teoritis (kg<sub>udara</sub>/ kg<sub>BB</sub>) atau (m<sup>3</sup><sub>udara</sub>/ kg<sub>BB</sub>)

Dari pembakaran tersebut dihasilkan gas yang terbuang ke atmosfer melalui cerobong. Untuk menghitung laju aliran dari gas buang digunakan persamaan:

$$G_{og} = U_{og} + (1 - A) \quad (8)$$

$$G_g = m \cdot U_{og} + (1 - A) \quad (9)$$

$$G_{ov} = U_{ov} + 5,6 \left( H + \frac{O}{8} \right) + 1,24 W + 0,8 N \quad (10)$$

$$G_v = (m - 1) U_{ov} + G_{ov} \quad (11)$$

Keterangan :

$G_{og}$  = berat gas asap teoritis (kg<sub>gas asap</sub>/ kg<sub>BB</sub>)

$G_g$  = berat gas asap aktual (kg<sub>gas asap</sub>/ kg<sub>BB</sub>)

A,W,N = fraksi asap, uap air, nitrogen dalam tiap kg<sub>BB</sub> (%)

$G_{ov}$  = volume gas asap teoritis (m<sup>3</sup><sub>gas asap</sub>/ kg<sub>BB</sub>)

$G_v$  = volume gas asap aktual (m<sup>3</sup><sub>gas asap</sub>/ kg<sub>BB</sub>)

Laju aliran udara atau gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dalam kg/hr adalah sebagaiberikut:

$$\dot{m} = U \cdot BB \quad (12)$$

Sedangkan debit aliran fluida dalam m<sup>3</sup>/hr adalah:

$$Q = \dot{m} / \rho \quad (13)$$

Dimana  $\rho$  adalah berat jenis fluida.

**D. Perhitungan Efisiensi Boiler pada PLTU**

Penyerapan panas dalam kJ/hr terhadap masing – masing peralatan pada boiler dihitung dengan menggunakan persamaan [6]:

$$Q = \dot{m} (h_{out} - h_{in}) \quad (14)$$

Keterangan:

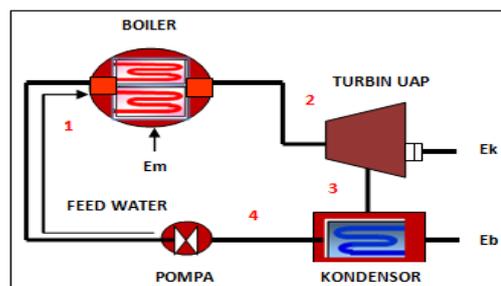
- $\dot{m}$  = laju aliran air atau uap (kg/hr)
- $h_{out}$  = entalpi air atau uap keluar (kJ/kg)
- $h_{in}$  = entalpi air atau uap masuk (kJ/kg)

Efisiensi dari boiler adalah rasio antara panas yang diserap oleh boiler dengan panas dari bahan bakar.

$$\eta_{boiler} = \frac{Q_{boiler}}{Q_{BB}} \quad (15)$$

**E. Perhitungan Kerja Aktual Turbin Uap PLTU**

Pada PLTU yang berskala kecil hanya menggunakan satu buah turbin tekanan tinggi (*high pressure turbin*) dan merupakan siklus tertutup tetapi efisiensi yang dihasilkan relatif rendah [7]. Berikut merupakan instalasi *high pressure turbin* dengan pengoperasian siklus tertutup.



Gambar 2. Ilustrasi Turbin Siklus Tertutup [7]

Apabila uap air didalam turbin ada yang dikeluarkan sebagai uap bocoran turbin (*extraction steam*)

untuk memanasi air pengisi boiler didalam *feedwater heater* seperti terlihat pada gambar dengan  $m$  adalah laju aliran air uap dan  $h$  adalah entalpi pada titik – titik tertentu maka persamaan untuk menghitung kerja aktual turbin dalam kJ/hr dari gambar tersebut dapat menggunakan rumus:

$$W_T = m_1 \times (h_1 - h_2) + (m_1 - m_2) \times (h_2 - h_3) \quad (16)$$

Keterangan :

- $m_1$  = laju aliran air masuk ke turbin tekanan tinggi (kg/hr)
- $m_2$  = laju aliran uap masuk ke turbin tekanan tinggi (kg/hr)
- $h_1$  = entalpi air masuk ke turbin tekanan tinggi (kJ/kg)
- $h_2$  = entalpi economizer masuk ke turbin tekanan tinggi (kJ/kg)
- $h_3$  = entalpi superheater masuk ke turbin tekanan tinggi (kJ/kg)

Sedangkan daya terbangkit pada generator (kW) adalah:

$$P_{gen} = W_T \times \eta_{gen} \quad (17)$$

Dimana  $\eta_{gen}$  adalah efisiensi generator dalam %.

Setelah mengetahui efisiensi dari pembangkit, dapat dihitung input yang dibutuhkan untuk membangkitkan tiap kWh output pada pembangkit [1].

$$1. \text{ Kalor (Heat Rate) : } \frac{Q_{BB}}{P_{gen}} \quad (18)$$

$$2. \text{ Bahan Bakar : } \frac{BB}{P_{gen}} \quad (19)$$

$$3. \text{ Udara : } \frac{Q_{udara}}{P_{gen}} \quad (20)$$

$$4. \text{ Uap : } \frac{m_{uap}}{P_{gen}} \quad (21)$$

$$5. \text{ Air pengisi boiler : } \frac{Q_{air}}{P_{gen}} \quad (22)$$

$$6. \text{ Gas buang : } \frac{Q_{gas}}{P_{gen}} \quad (23)$$

### III. PROSES PRODUKSI PADA (PLTU) 6 MW

#### A. Proses Terjadinya Bahan Bakar PLTU 6 MW

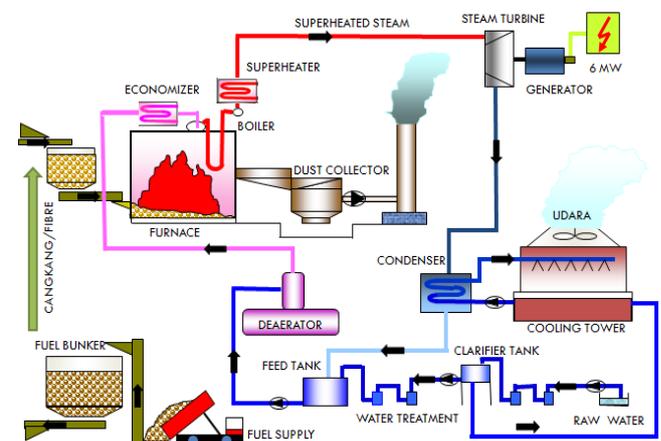


Gambar 3. Skema Proses Terjadinya Bahan Bakar PLTU 6 MW

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 janjang kosong. Pada proses perebusan tidak semua brondolan terpisah dari

janjang kosong sehingga dilakukan pemisahan lagi menggunakan *thresher*. Janjang kosong yang telah terpisah dari brondolan dikirim ke penampungan melalui *konveyor* yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman dan ada juga yang dipress menggunakan *press manumancer* sehingga menjadi fibre. Sedangkan brondolan dimasukkan kedalam *digester* yang bertujuan untuk menghasilkan minyak kelapa sawit yang berupa *Crued Palm Oil (CPO)*, kulit dari brondolan yang keluar dari *digester* menjadi serabut – serabut halus atau disebut fibre. Fibre yang berasal dari janjang kosong dan kulit brondolan ini yang digunakan sebagai bahan bakar pada PLTU 6 MW. Dan *nut* yang keluar dari *digester* diproses lagi didalam *polishing drum* yang bertujuan untuk memisahkan fibre yang masih menempel pada nut. Kemudian *nut* dipecah menggunakan *ripple mill* sehingga menghasilkan cangkang dan kernel. Kernel diproses lagi pada pabrik kelapa sawit sehingga menghasilkan minyak kelapa sawit berupa *Crued Palm Kernel Oil (CPKO)*. Sedangkan cangkang digunakan sebagai bahan bakar pada PLTU 6 MW.

#### B. Proses Produksi PLTU 6 MW



Gambar 4. Skema Siklus PLTU 6 MW [8]

Bahan baku utama dalam proses produksi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah air. Sumber air yang digunakan untuk proses pada PLTU 6 MW berasal dari danau bekas penambangan timah yang jaraknya tidak terlalu jauh dari lokasi PLTU 6 MW. Air dari sumber diproses melalui *water treatment* sehingga menghasilkan air yang dapat digunakan pada PLTU 6 MW dengan kadar pH air sebesar 6,5 – 7,5. Air dari proses *water treatment* dipanaskan terlebih dahulu melalui *feed tank* sehingga mencapai suhu 90° C, kemudian dipanaskna lagi didalam *deaerator* mencapai suhu 110 ° C. dari *deaerator* air dipompa menuju ke *economizer* dan dipanaskna lagi sehingga mencapai suhu 200° C - 220° C. Air dari *economizer* dipompa menuju kedalam boiler dan dipanaskan lagi dengan menggunakan bahan bakar cangkang atau fibre sehingga menghasilkan uap. Uap dari pemanasan air didalam boiler dikeringkan dengan menggunakan *superheater* sehingga menghasilkan temperatur uap sebesar 320° C - 350° C dan tekanan uap sebesar 22 bar -27 bar. Uap tersebut digunakan untuk memutar *prime mover* yang berupa turbin uap dengan putaran rata – rata sebesar 3000 rpm. Poros dari turbin uap terhubung dengan rotor generator pada PLTU 6 MW sehingga rotor generator berputar dan menghasilkan output berupa energi listrik. Dengan input yang berupa bahan

bakar cangkang dan fibre, maka output yang dihasilkan pada PLTU 6 MW berbeda pula.

|              |      |      |        |      |     |                |
|--------------|------|------|--------|------|-----|----------------|
| Desember     | 0,98 | 49,9 | 3394,1 | 19,8 | 100 | 1977,3         |
| <b>Total</b> |      |      |        |      |     | <b>24746,2</b> |

Berikut merupakan data rekapitulasi operasional yang terjadi sepanjang tahun 2010 pada PLTU 6 MW antara lain:

Tabel 2.  
Rekapitulasi Pemakaian Bahan Bakar pada PLTU 6 MW

| Bulan        | Waktu (Jam)  | Cangkang (Ton) | Fibre (Ton)   |
|--------------|--------------|----------------|---------------|
| Januari      | 575          | 2044,8         | 295,4         |
| Februari     | 460          | 1792,8         | 608,6         |
| Maret        | 404          | 1803,7         | 458,1         |
| April        | 529          | 2160,1         | 431,6         |
| Mei          | 607          | 2241,2         | 411,5         |
| Juni         | 666          | 2792,9         | 367,2         |
| Juli         | 695          | 701,6          | 1452,5        |
| Agustus      | 419          | 1156,7         | 905,9         |
| September    | 501          | 2085,8         | 615,2         |
| Oktober      | 597          | 2075,5         | 370,0         |
| November     | 420          | 1611,1         | 445,8         |
| Desember     | 468          | 1499,8         | 357,6         |
| <b>Total</b> | <b>6.341</b> | <b>21566,4</b> | <b>6889,5</b> |

Tabel 3.  
Rekapitulasi Data Operasional Boiler PLTU 6 MW

| Bulan     | Feed Water (kg/hr) | Aliran Uap (kg/hr) | Gas Buang (°C) | Furnace (°C) |
|-----------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Januari   | 26771              | 16900              | 67,4           | 796,8        |
| Februari  | 27257              | 15690              | 65,5           | 870,7        |
| Maret     | 29650              | 15080              | 66,6           | 803,8        |
| April     | 29247              | 17700              | 68,7           | 824,8        |
| Mei       | 28765              | 16570              | 68,9           | 792,3        |
| Juni      | 23340              | 13800              | 63,6           | 687,1        |
| Juli      | 21068              | 13600              | 62,6           | 691,5        |
| Agustus   | 23006              | 14200              | 67,7           | 826,6        |
| September | 25540              | 14510              | 69,0           | 866,2        |
| Oktober   | 28800              | 15900              | 60,0           | 850,4        |
| November  | 30400              | 17100              | 64,4           | 865,9        |
| Desember  | 28760              | 16700              | 61,8           | 751,3        |

Tabel 4.  
Rekapitulasi Data Operasional Turbin Uap PLTU 6 MW

| Bulan     | Tekanan Uap (Bar) | Temperatur Uap (°C) | Putaran (rpm) |
|-----------|-------------------|---------------------|---------------|
| Januari   | 26,79             | 387,50              | 3003,6        |
| Februari  | 27,35             | 363,98              | 3001,6        |
| Maret     | 26,66             | 380,17              | 3000,8        |
| April     | 26,48             | 384,32              | 3000,7        |
| Mei       | 25,33             | 375,27              | 3002,4        |
| Juni      | 24,83             | 346,11              | 2999,9        |
| Juli      | 23,60             | 330,22              | 2996,3        |
| Agustus   | 26,83             | 365,86              | 2997,8        |
| September | 27,47             | 361,96              | 2993,3        |
| Oktober   | 27,04             | 358,95              | 2995,7        |
| November  | 26,94             | 354,52              | 3001,1        |
| Desember  | 27,59             | 351,64              | 3001,5        |

Tabel 5.  
Rekapitulasi Data Operasional Generator PLTU 6 MW

| Bulan     | Cos φ | Frekuensi (Hz) | Daya (kW) | V (kV) | I (A) | Total Daya (MWh) |
|-----------|-------|----------------|-----------|--------|-------|------------------|
| Januari   | 0,98  | 49,9           | 3780,9    | 19,9   | 113   | 2180,0           |
| Februari  | 0,96  | 49,8           | 3575,7    | 19,9   | 109   | 2053,2           |
| Maret     | 0,98  | 49,8           | 3765,2    | 19,9   | 112   | 1846,6           |
| April     | 0,96  | 49,9           | 3445,8    | 19,9   | 108   | 1997,1           |
| Mei       | 0,98  | 49,9           | 4200,7    | 19,9   | 125   | 2493,4           |
| Juni      | 0,95  | 49,9           | 3213,8    | 19,9   | 99    | 2288,8           |
| Juli      | 0,94  | 49,9           | 3033,6    | 19,9   | 95    | 1494,9           |
| Agustus   | 0,96  | 49,8           | 3305,2    | 19,9   | 101   | 2110,5           |
| September | 0,98  | 49,9           | 4009,3    | 19,9   | 120   | 2287,4           |
| Oktober   | 0,98  | 49,9           | 3827,2    | 19,9   | 114   | 2130,2           |
| November  | 0,98  | 49,9           | 3919,3    | 19,9   | 120   | 1886,8           |

IV. HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS

A. Perhitungan Unjuk Kerja PLTU 6 MW

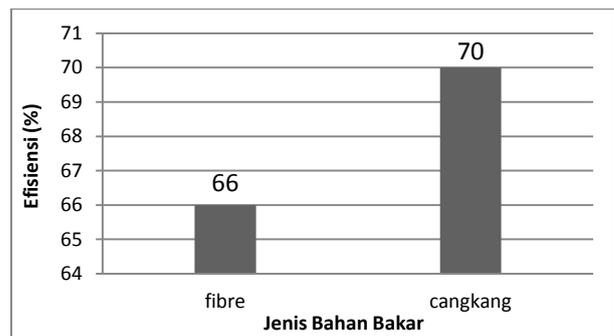
Tabel 6.  
Perbandingan Parameter Operasional PLTU 6 MW

| Parameter – Parameter           | Cangkang | Fibre |
|---------------------------------|----------|-------|
| Efisiensi Boiler (%)            | 70,0     | 66,0  |
| Efisiensi Total (%)             | 20,5     | 13,0  |
| Kalor (kJ/kWh)                  | 17,6     | 27,7  |
| Bahan Bakar (kg/kWh)            | 1,02     | 1,83  |
| Udara (m <sup>3</sup> /kWh)     | 4,70     | 7,40  |
| Uap (kg/kWh)                    | 3,10     | 3,66  |
| Feed Water (Liter/kWh)          | 5,30     | 7,00  |
| Gas Buang (m <sup>3</sup> /kWh) | 5,45     | 6,17  |
| Output (MW)                     | 5,89     | 3,28  |

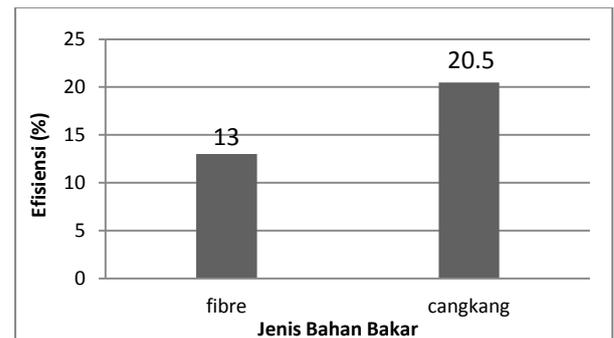
Dari tabel 6 menunjukkan, proses operasional pada PLTU 6 MW lebih efisien dan optimal pada saat PLTU 6 MW menggunakan bahan bakar cangkang dengan output maksimal 5,89 MW dan efisiensi 20,5 %.

B. Unjuk Kerja pada PLTU 6 MW

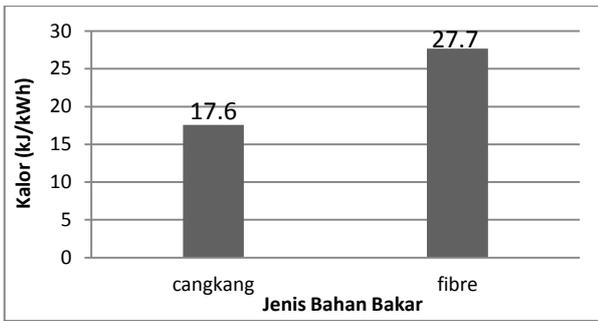
Untuk mengetahui unjuk kerja PLTU 6 MW menggunakan perhitungan yang berdasarkan prinsip termodinamika yang berdasarkan energi yang terkandung pada bahan bakar cangkang dan fibre. Karena kandungan energi yang terkandung pada bahan bakar cangkang dan fibre berbeda maka unjuk kerja dari PLTU 6 MW pun berbeda. Berikut merupakan perbandingan unjuk kerja pada saat operasional PLTU 6 MW menggunakan bahan bakar cangkang dan fibre.



Gambar 5. Efisiensi Boiler pada PLTU 6 MW

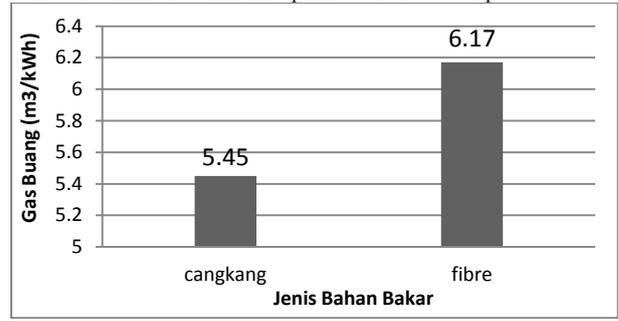


Gambar 6. Efisiensi Total pada PLTU 6 MW

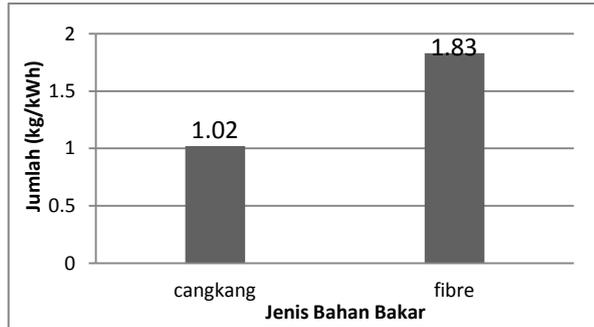


Gambar 7. Kebutuhan Kalor pada PLTU 6 MW Tiap kWh

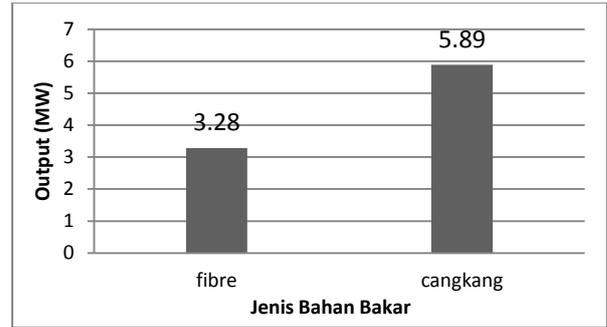
Gambar 11. Kebutuhan Feedwater pada PLTU 6 MW Tiap kWh



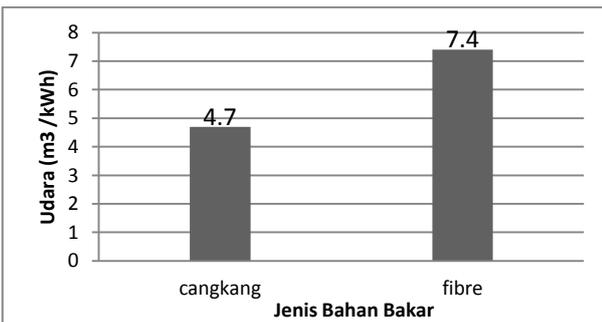
Gambar 12. Gas yang Terbuang pada PLTU 6 MW Tiap kWh



Gambar 8. Kebutuhan Bahan Bakar PLTU 6 MW Tiap kWh



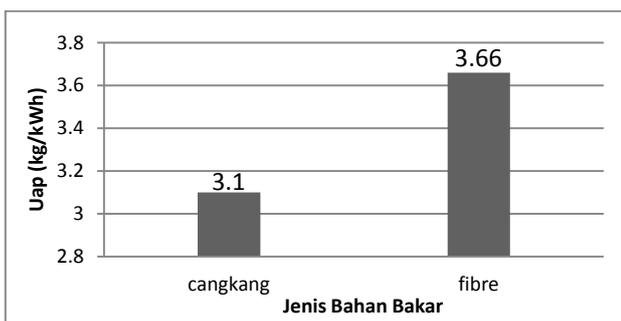
Gambar 13. Output Maksimum pada PLTU 6 MW



Gambar 9. Kebutuhan Udara pada PLTU 6 MW Tiap kWh

C. Karakteristik Input - Output pada PLTU 6 MW

Karakteristik input - output pada pembangkit termal merupakan kemampuan dari inputnya yang berupa bahan bakar untuk menghasilkan output yang berupa daya listrik. Semakin tinggi kandungan kalor dari bahan bakar pada suatu pembangkit semakin tinggi pula daya listrik yang dapat dihasilkannya. Kalor yang terkandung didalam bahan bakar cangkang sebesar 17233,44 kJ/kg, sedangkan Kalor yang terkandung didalam bahan bakar fibre sebesar 15136,84 kJ/kg. Berikut merupakan perbandingan karakteristik input - output dari bahan bakar cangkang dan fibre pada PLTU 6 MW.

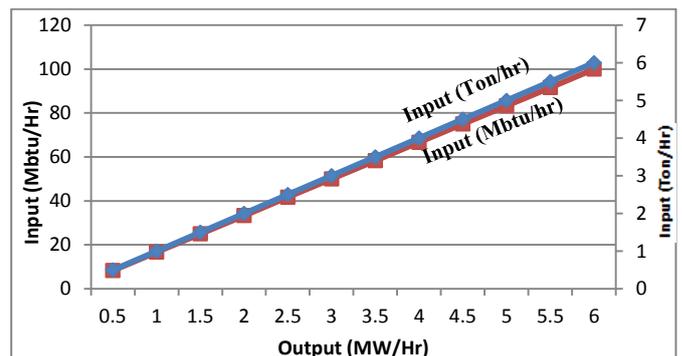
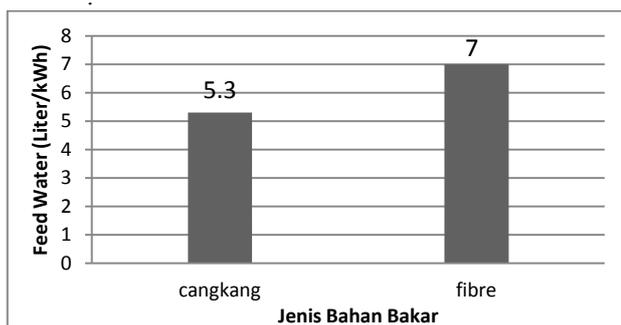


Gambar 10. Kebutuhan Uap pada PLTU 6 MW Tiap kWh

Tabel 7.

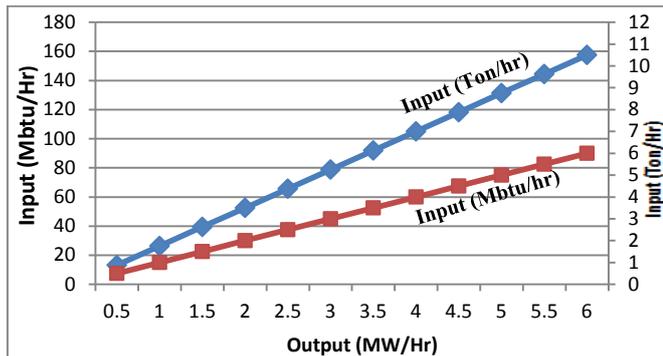
Karakteristik Input - Output Bahan Bakar Cangkang

| Input (Ton/hr) | Input (Mbtu/hr) | Output (MW/hr) |
|----------------|-----------------|----------------|
| 0.51           | 8.3             | 0.5            |
| 1.02           | 16.7            | 1.0            |
| 1.53           | 25.0            | 1.5            |
| 2.04           | 33.3            | 2.0            |
| 2.55           | 41.6            | 2.5            |
| 3.06           | 50.0            | 3.0            |
| 3.57           | 58.3            | 3.5            |
| 4.08           | 66.6            | 4.0            |
| 4.59           | 75.0            | 4.5            |
| 5.10           | 83.3            | 5.0            |
| 5.61           | 91.6            | 5.5            |
| 6.12           | 100.0           | 6.0            |



Gambar 14. Karakteristik Input - Output Bahan Bakar Cangkang  
Tabel 8.

| Karakteristik Input - Output Bahan Bakar Fibre |                 |                |
|--|-----------------|----------------|
| Input (Ton/hr)                                 | Input (Mbtu/hr) | Output (MW/hr) |
| 0.92   | 13.1            | 0.5            |
| 1.83   | 26.2            | 1.0            |
| 2.75   | 39,4            | 1.5            |
| 3.66   | 52,5            | 2.0            |
| 4.56   | 65,6            | 2.5            |
| 5.49   | 78,8            | 3.0            |
| 6.41   | 91,9            | 3.5            |
| 7.32   | 105,0           | 4.0            |
| 8.24   | 118,2           | 4.5            |
| 9.15   | 131,3           | 5.0            |
| 10.07  | 144,4           | 5.5            |
| 10.98  | 157,5           | 6.0            |



Gambar 15. Karakteristik Input - Output Pada Bahan Bakar Fibre

Gambar 14 menunjukkan, untuk membangkitkan output pada PLTU 6 MW sebesar 1 MW/hr membutuhkan bahan bakar cangkang 1.02 ton/hr atau membutuhkan panas sebesar 16,7 Mbtu/hr. Dengan kapasitas output rata – rata yang dihasilkan PLTU 6 MW pada saat menggunakan bahan bakar cangkang sebesar 4,5 MW/hr atau membutuhkan panas sebesar 75 Mbtu/hr. Sedangkan Gambar 15 menunjukkan, untuk membangkitkan output sebesar 1 MW/hr membutuhkan rata – rata bahan bakar fibre 1.83 ton/hr atau membutuhkan panas sebesar 26,26 Mbtu/hr. Dengan kapasitas output rata – rata yang dihasilkan PLTU 6 MW pada saat menggunakan bahan bakar fibre sebesar 2,3 MW/hr atau membutuhkan panas 60,5 Mbtu/hr.

### V. KESIMPULAN

Setelah melakukan studi lapangan dan melakukan analisa dari data yang diperoleh pada PLTU 6 MW maka dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

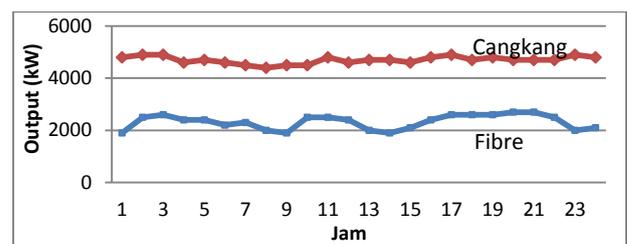
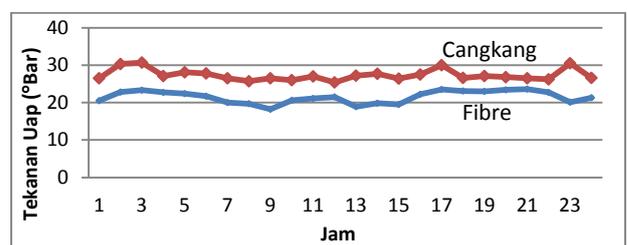
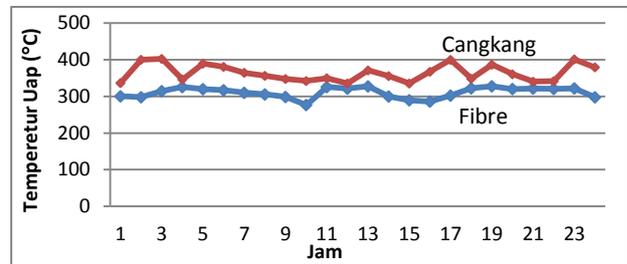
1. Dengan input yang sama 6000 kg/hr, pada saat PLTU 6 MW menggunakan bahan bakar cangkang mampu menghasilkan output maksimal 5,89 MW dan pada saat PLTU 6 MW menggunakan bahan bakar fibre output maksimal yang dicapai adalah 3,28 MW.
2. Untuk membangkitkan 1 MW/hr pada PLTU 6 MW membutuhkan 1,02 ton/hr cangkang atau membutuhkan panas 16,7 Mbtu/hr, sedangkan untuk membangkitkan 1 MW/hr pada PLTU 6 MW membutuhkan 1,83 ton fibre atau membutuhkan panas 26,2 Mbtu/hr.
3. Pada saat PLTU 6 MW menggunakan bahan bakar cangkang menghasilkan output rata – rata sebesar 4,5 MW/hr atau membutuhkan cangkang 4,59 ton/hr sedangkan pada saat PLTU 6 MW menggunakan

bahan bakar fibre menghasilkan output rata – rata 2,3 MW/hr atau membutuhkan fibre 4,2 ton/hr.

4. Efisiensi total PLTU 6 MW pada saat menggunakan bahan bakar cangkang sebesar 20,5 % dan pada saat menggunakan bahan bakar fibre sebesar 13% .

### LAMPIRAN - LAMPIRAN

Berikut merupakan contoh grafik operasional harian PLTU 6 MW:



### DAFTAR PUSTAKA

- [1] aSudarto Yudi, "Kajian teoritik perhitungan efisiensi PLTU unit I kapasitas 400 MW di Paiton", Penerbit Petra, 1999, <[http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.y=0&qual=high&fname=/jiunkpe/s1/mesn/1999/jiunkpe-ns-s1-1999-24494034-13517-kajian\\_teoritik-chapter2.pdf](http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.y=0&qual=high&fname=/jiunkpe/s1/mesn/1999/jiunkpe-ns-s1-1999-24494034-13517-kajian_teoritik-chapter2.pdf)>
- [2] bDiskominfo, "Rasio Desa Berlistrik Tahun 2010 Sekitar 87,78 Persen", Sept 2010 <<http://www.babelprov.go.id/content/rasio-desa-berlistrik-tahun-2010-sekitar-8778-persen>> diunduh tanggal 1 Agustus 2012
- [3] cSyarif, S.M., "Pengenalan PLTU", November 2010, <<http://www.scribd.com/doc/41971014/PENGENALAN-PLTU>> diunduh 1 Agustus 2012
- [4] dNalbaho, Ponten M. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 1998
- [5] eIndriyani, Y., "Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)" Maret 2011 <<http://www.scribd.com/doc/50710922/PEMBANGKIT-LISTRIK-TENAGA-UAP>> diunduh 1 juni 2012
- [6] fEastop, T. D. and D.R. Croft. *Energy Efficiency*. Harlow: Longman, 1990
- [7] gReynolds, W.C and Henry C. Perkin. *Engineering Thermodynamics*. Translated by filling Harahap. Jakarta: Erlangga, 1977
- [8] hManual Book dan Data Operasional PLTU 6 MW, 2010