

## Analisa Sistem Manajemen Pengoperasian Bahan Bakar Boiler

**Arfita Yuana Dewi<sup>1</sup>, Asnal Effendi<sup>2</sup>, Egi Alfian<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

<sup>2</sup> Program Studi Teknologi Listrik, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Padang

Jl. Gajah Mada, Kandis Nanggalo, Telp. 0751-7055202, Padang, 25143

e-mail: arfitarachman.itp@gmail.com

**Abstrak**— Manajemen pengoperasian bahan bakar boiler bertujuan untuk mengelola bahan bakar dengan baik dan teratur serta dapat mengoptimalkan pembiayaan bahan bakar dan mengefisienkan penanganan bahan bakar pada tahap proses produksi bahan bakar boiler. Manajemen pengoperasian bahan bakar boiler dilakukan pada PT. Bakrie Pasaman Plantations merujuk pada data-data manajemen dan data produksi operasional bahan bakar di area boiler. Selanjutnya data produksi pengoperasian bahan bakar yang diawali dengan menentukan jumlah penggunaan bahan bakar TBS (ton)/ hari, total operasi boiler dan daya yang dikeluarkan selama pemakaian/bulan. Dari hasil pengolahan dan analisa, dilihat segi ekonomis penggunaan cangkang sawit lebih murah dibandingkan bahan bakar serabut sawit, dimana harga satuan yang digunakan pada PLTU tersebut adalah Rp. 500,- per kg, akan tetapi pasokan bahan bakar serabut lebih banyak ketimbang bahan bakar cangkang sawit 70 % berbanding 30%. Dari segi efisiensinya cangkang sawit mempunyai tingkat keefisienan bahan bakar kisaran 25 % - 34 % sedangkan serabut sawit 36 % - 50 % yang membuat serabut sawit lebih unggul dan pembakaran bahan bakarnya lebih maksimal dari pada cangkang sawit. Serta dalam menghasilkan 1 kW energi listrik penggunaan cangkang sawit 0,34 kg, sedangkan serabut sawit diperlukan 0,5 kg, sehingga dapat diketahui bahwa serabut sawit lebih efisien dibandingkan cangkang sawit.

**Kata kunci** : Manajemen, Operasi, Boiler, Sawit, Cangkang

***Abstract**— Boiler fuel operation management aims to manage fuel properly and regularly and to optimize fuel financing and efficient fuel handling at the stage of the boiler fuel production process. Boiler fuel operation management is carried out at PT. Bakrie Pasaman Plantations refers to management data and fuel operational production data in the boiler area. Furthermore, the production data for fuel operations begins with determining the amount of fuel usage (tonnes)/day, the total boiler operation and the power expended during usage/month. From the results of processing and analysis, from an economical point of view, the use of palm shells is cheaper than palm fiber fuel, where the unit price used for the PLTU is Rp. 500,- per kg, but the supply of fiber fuel is more than oil palm shell fuel 70% compared to 30%. In terms of efficiency, palm kernel shells have a fuel efficiency level of 25% - 34% while palm fiber is 36% - 50% which makes palm fiber superior and the fuel burning is more optimal than palm shells. And in producing 1 kW of electrical energy the use of palm shells is 0.34 kg, while palm fiber is required 0.5 kg, so it can be seen that palm fibers are more efficient than palm shells.*

**Keywords** : Management, Operation, Boiler, Fibers, Shells

### I. PENDAHULUAN

Besarnya energi yang digunakan dan biaya yang harus dikeluarkan dalam pengoperasian peralatan perusahaan menjadi perhatian dalam manajemen energi. Energi, biasanya dinyatakan dalam satuan Joule (J), atau Kilowatt (kW), atau Kilowatt-jam (kWh). Selain itu manajemen sangat banyak digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam pengoperasian bahan bakar sehingga mampu menghemat anggaran penggunaan bahan bakar dan mampu meningkatkan pendapatan perusahaan [1].

Tingginya penggunaan energi listrik didalam industri atau perusahaan sangat mempengaruhi produktivitas bahan bakar yang digunakan

dalam perusahaan tersebut. Dan mempunyai masalah tersendiri bagi sistem pembangkit tenaga listrik, dari segi perubahan pembebanan tenaga listrik yang membutuhkan efisiensi pembakaran bahan bakar yang tinggi atau maksimal. Selain itu, dalam pengoperasian bahan bakar juga memerlukan keaktifan para operator agar kebutuhan bahan bakar tetap terjaga dan tidak kekurangan apalagi kehabisan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan efisiensi pembakaran yang tinggi dan maksimum maka diperlukannya suatu manajemen dalam pengoperasian bahan bakar [2].

Sistem manajemen pada Pengoperasian bahan bakar bertujuan untuk dapat mengelola bahan bakar dengan baik dan teratur, baik itu dalam bidang

penggunaan waktu pembakaran maupun dalam bidang menyelaraskan kebutuhan beban dengan bahan bakar yang dibutuhkan (efisiensi). Didalam manajemen pembakaran membutuhkan pelaksanaan, pengelolaan, dan peroganisasian dengan jelas. Pengorganisasian yang jelas akan menjadi tali penuntun bagi setiap orang sehingga bisa melakukan pekerjaan atau tanggung jawab mereka dengan sebaik-baiknya [1] [3].

Oleh karena itu, perlu diketahui dalam pengoperasian bahan bakar memerlukan keefisienan pembakaran yang tinggi dan keaktifan para operator agar kebutuhan bahan bakar tetap terjaga dan tidak kekurangan apalagi kehabisan. Karena kekurangan bahan bakar menyebabkan pembakaran kurang sempurna mengakibatkan api pembakaran menjadi kurang panas serta menurunnya produksi uap yang ada di boiler dan tentu saja sangat merugikan perusahaan.[4]

Maka dari itu, penelitian ini bertujuan bagaimana memanejemen pengoperasian bahan bakar agar tercapainya efesiensi energi pembakaran yang maksimal pada bahan bakar boiler. Berdasarkan uraian tersebut serta menyelaraskan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka penulis tertarik untuk mengkaji sistem manajemen yang ada di area boiler PT. Bakrie Pasaman Plantations agar mendapatkan keefesienan yang maksimal.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Manajemen Pengoperasian Bahan Bakar

Manajemen pengoperasian bahan bakar didefinisikan sebuah manajemen pengoperasian sebagai kajian pengambilan keputusan dari suatu fungsi operasi, atau sebuah proses dalam mengelola pemakaian konsumsi bahan bakar dengan mengatur setiap bahan bakar yang digunakan dalam boiler serta memberikan kebijakan terkait dengan pemanfaatan penggunaan bahan bakar sehingga penggunaan bahan bakar memperoleh hasil yang maksimal dan sesuai kebutuhan yang diperlukan.[3],[5] Adapun tujuan manajemen operasional adalah : [6], [7]

#### 1. Efisiensi

Salah satu tujuan efisiensi di dalam manajemen yaitu untuk meningkatkan keefisienan dalam pengoperasian barang produksi didalam sebuah perusahaan. Kefisienan produksi sangat berpengaruh didalam manajemen pengoperasian karena dapat menjadi nilai mutu yang baik pada perusahaan tersebut.

#### 2. Produktivitas

Didalam sebuah perusahaan produktifitas juga sangat mempengaruhi nilai dari perusahaan tersebut karena didalam sebuah produk yang dikeluarkan perusahaan sangat bergantung pada permintaan konsumen. Maka dari itu

sebuah perusahaan atau bisnis besar atau kecil ketika mengeluarkan suatu barang atau jasa yang berkualitas sebaiknya melihat apa yang konsumen butuhkan pada saat ini.

#### 3. Ekonomi

Ekonomi merupakan suatu tujuan manajemen operasi dan produksi dalam perusahaan karena didalam manajemen perekonomian dalam sebuah produksi yang dijalankan dengan baik dan sangat benar sangat bermanfaat untuk menghemat biaya produksi yang ada pada perusahaan tersebut.

#### 4. Kualitas

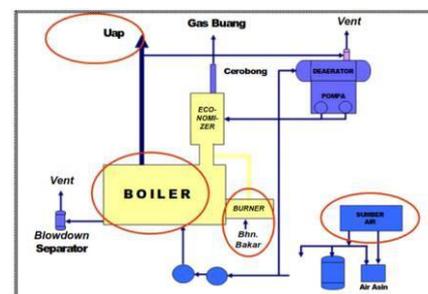
Kualitas juga merupakan bagian didalam manajemen operasional sebuah perusahaan. Kualitas yang baik dan tepat didalam sebuah perusahaan dapat meningkatkan pendapatan dan kepercayaan konsumen terhadap perusahaan tersebut. Dan kualitas dapat menjadi nilai saing antara perusahaan kita dan perusahaan lainnya

#### 5. Mengurangi Waktu Pemrosesan

Dan yang terakhir yaitu mengurangi waktu pemrosesan. Didalam manajemen operasional dalam sebuah perusahaan mengurangi waktu pemrosesan merupakan salah satu tujuan dasar dalam sebuah bisnis atau produksi karena dapat menghemat waktu yang digunakan dalam menghasilkan sebuah barang atau produk.

### B. Boiler

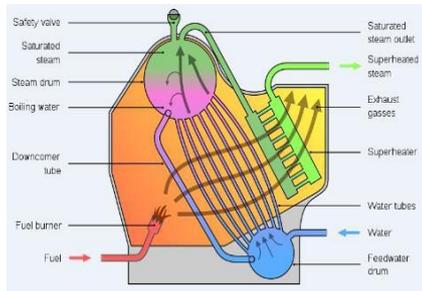
Boiler (katel Uap) merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan uap air yang digunakan untuk tenaga gerak. Bahan bakar boiler itu sendiri bermacam-macam dari yang biasa dipakai yaitu batu bara dan minyak bakar, hingga bahan bakar listrik, biomassa, gas, nuklir dan lainnya.



Gambar 1. Skema Bentuk Boiler

Boiler atau biasa disebut ketel uap adalah sebuah perangkat mesin yang memiliki fungsi untuk mengubah air menjadi uap sehingga dapat menjadi energi gerak. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.

Uap yang dihasilkan boiler adalah uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan water tube boiler [6].



Gambar 2. Water Tube Boiler

Boiler memerlukan bahan bakar yang diperoleh dari material yang biasa dipakai yaitu batu bara dan minyak bakar, hingga bahan bakar listrik, biomassa, gas, nuklir dan lainnya. Berikut penjelasan beberapa bahan bakar yang dimanfaatkan untuk menghasilkan *steam* pada boiler [8].

Bahan bakar yang digunakan pada PT. Bakrie Pasaman Plantations yaitu baha bakar biomasa, dimana. Biomassa merupakan bahan bakar yang bersumber dari makhluk hidup, seperti tanaman dan hewan. Biomassa yang digunakan pada bahan bakar PT. Bakrie Pasaman Planstations yaitu *fiber* (serabut) dan *shell* (cangkang). *Fiber* (serabut) merupakan limbah yang dihasilkan sawit dari hasil pengolahan buah sawit. *Fiber* atau serabut berbentuk seperti benang dan pendek dan memiliki warna kuning kecoklatan [6].



Gambar 3. Fiber (serabut)

Selain fiber ada juga *Shell* (cangkang) yang merupakan bahan bakar limbah sawit yang dihasilkan dari pengolahan inti kelapa sawit. *Shell* (cangkang) itu sendiri berbentuk tempurung kelapa namun memiliki ukuran yang kecil. Selain berbentuk tempurung, cangkang juga memilih warna hitam berbentuk batok kelapa dan terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut sawit [9].

### C. Efisiensi Pembakaran Boiler

Efisiensi adalah tingkatan kemampuan kerja dari suatu alat. Sedangkan efisiensi pembakaran pada boiler adalah tingkat kemampuan kerja boiler atau ketel uap yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan ke atau diserap oleh fluida kerja didalam ketel dengan masukan energi kimia dari bahan bakar. Untuk tingkat efisiensi pada boiler atau ketel uap tingkat efisiensinya berkisar antara 70% hingga 90% [4].

Efisiensi PLTU banyak dipengaruhi oleh ukuran PLTU, karena Ukuran PLTU menentukan ekonomis tidaknya penggunaan pemanas ulang dan pemanas awal. Efisiensi pembakaran boiler diberikan dengan persamaan sebagai berikut: [5] [10] [11]

$$\text{Efisiensi Pembakaran Boiler} = (Q_x(h_g - h_f)) / GCV_x q$$

Keterangan :

- $h_g$  = Entalpi steam jenuh dalam kkal/kg steam
- $h_f$  = Entalpi air umpan dalam kkal/kg air
- $Q_c$  = Jumlah steam yang di hasilkan cangkang perjam dalam kg/jam
- $Q_s$  = Jumlah steam yang di hasilkan serabut perjam serabut dalam kg/jam
- $q_c$  = Jumlah bahan bakar (cangkang) yang digunakan perjam dalam kg/jam
- $q_s$  = Jumlah bahan bakar (serabut) yang digunakan perjam dalam kg/jam
- $GCV_c$  = Nilai panas bahan bakar (cangkang) dalam kkal/kg
- $GCV_s$  = Nilai panas bahan bakar (serabut) dalam kkal/kg

$$\text{Jumlah uap yang dibutuhkan/kW} =$$

$$(\text{Jumlah uap yang dihasilkan}) / (\text{Jumlah daya yang dihasilkan})$$

Kapasitas Uap cangkang ( $Q_c$ ) :

$$Q_c = \frac{nxq_c x GCV_c}{(h_g - h_f)} \text{ kg/jam}$$

Kapasitas Uap serabut ( $Q_s$ ) :

$$Q_s = \frac{nxq_s x GCV_s}{(h_g - h_f)} \text{ kg/jam}$$

Dimana :

- $\eta$  = efesiensi
- $GCV_c$  = nilai kalori cangkang Kkal/kg
- $GCV_s$  = nilai kalori serabut Kkal/kg
- $h_g$  = entalphi uap Kkal/kg
- $h_f$  = entalphi air Kkal/kg

Total kapasitas uap ( $Q_{total}$ )

$$Q_{total} = Q_c + Q_s$$

Jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya / kW

$$= \frac{(\text{jumlah air yang digunakan/jam})}{(\text{jumlah daya yang dihasilkan/jam})}$$

Daya yang dihasilkan adalah :

$$P = Q \times \text{jumlah uap yang dibutuhkan/kW}$$

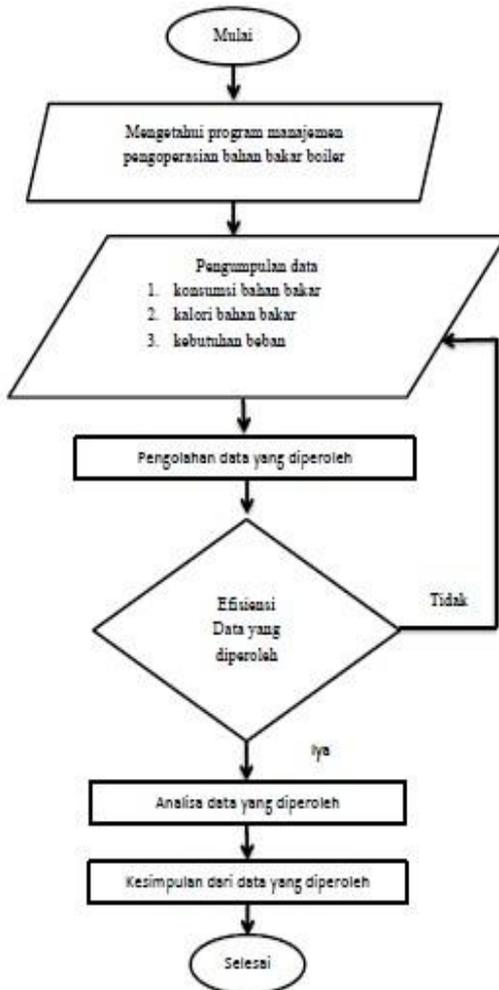
Keterangan :

Q = kapasitas uap / jam (kg uap)

P = daya yang dihasilkan per jam (kW)

### III. METODE

Metode Penelitian dilakukan berdasarkan alur penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Alur Penelitian

Pada penelitian ini penulis mengambil data dengan beberapa metode yang diantaranya yaitu metode observasi, wawancara atau diskusi, dan metode studi literatur yang dimana metode ini menerapkan sumber-sumber tertentu seperti mempelajari teori, dan standar-standar teknis. Dan nantinya dilakukan analisis data dan beberapa perhitungan untuk mencapai efisiensi pembakaran.

#### A. Data Manajemen Pengoperasian Bahan Bakar

Adapun data yang diambil dari manajemen bahan bakar yaitu bagaimana sistem kerja pengoperasian di

PT. Bakrie Pasaman Plantations sehingga dapat mencapai keefesienan bahan bakar yang diinginkan. Seperti data shift kerja karyawan, data pemeliharaan, dan data konsumsi bahan bakar yang digunakan. Shift Kerja Karyawan di Area Boiler pada waktu kerja dijam tertentu secara bergantian. Berikut shift kerja karyawan pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Shift kerja karyawan di Area Boiler PT. Bakrie Pasaman Planstations

Shift Kerja Karyawan	Mulai	Selesai
Shift A	07.00 WIB	15.00 WIB
Shift B	15.00 WIB	23.00 WIB
Shift C	23.00 WIB	07.00 WIB

Dari data tabel diatas shift kerja karyawan diarea boiler berjumlah 3 shift, shift A, shift B, dan shift C, dimana total dari setiap shift berjumlah 8 jam. Shift kerja sangat berguna bagi karyawan yang bekerja diarea boiler PT. Bakrie Pasaman Planstations karena dapat menghindari gangguan kesehatan yang serius bagi pekerja. Pada shift kerja karyawan PT. Bakrie Pasaman plantations dapat dilihat pada tabel diatas memiliki jam-jam yang berbeda-beda dan oleh karna itu ada beberapa shift yang dapat menimbulkan gangguan pada kesehatan, contohnya pada shift C yang bekerja pada malam hari sehingga dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan.

#### B. Data Produksi PLTU PT. Bakrie Pasaman Plantations

Tabel 2. Produksi PLTU

Tandan buah segar (TBS)	444.600 kg/hari
cangkang sawit = 6% TBS	26.676 kg/hari
Serabut sawit = 13% TBS	57.798 kg/hari
Daya yang dihasilkan	8.040 KW/jam
Efisiensi ( $\eta$ )	73% = 0,73
Nilai kalori fiber (GCVs)	2.650 kkal/kg
Nilai kalori cangkang (GCVc)	3.850 kkal/kg
$\Delta$ Entalpi uap dan air ( $\Delta h$ )	568,2 kkal/kg

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh maka dilakukan analisa perhitungan sebagai berikut :

#### A. Analisa kebutuhan bahan bakar untuk menghasilkan daya listrik 1 kW

Kebutuhan pembangkit akan cangkang sawit (qc) per-jam adalah :

$$= \frac{\text{Jumlah cangkang/hari}}{\text{total operasi boiler}} = \frac{26.676}{24} = 1.111 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan pembangkit akan serabut sawit (qs) per-jam adalah :

$$= \frac{\text{Jumlah serabut/hari}}{\text{total operasi boiler}} = \frac{26.57.798676}{24} = 2.408,25 \text{ kg/jam}$$

Kapasitas uap cangkang (Qc) :

$$Q_c = \frac{n \times q_c \times GCV_c}{(\Delta h)} = \frac{0,73 \times 1,111 \times 3.850}{(568,2)} = 5.497,83 \text{ kg/jam}$$

Kapasitas uap serabut (Qs) :

$$Q_s = \frac{n \times q_s \times GCV_s}{(\Delta h)} = \frac{0,73 \times 2,408,25 \times 3.650,50}{(568,2)} = 8.199,15 \text{ kg/jam}$$

Total kapasitas uap (Qtotal) = Qc + Qs

$$= 5.497,83 + 8.199,15$$

$$= 13.696,98 \text{ kg/ jam}$$

$$\text{Jumlah uap/kW} = \frac{Q}{P} = \frac{13.696,98}{8.040} = 1,7036 \text{ kg/kW}$$

Daya yang dihasilkan cangkang (Pc) perjam adalah :

$$= (Q_c / (\text{jumlah uap yang dibutuhkan/kW}))$$

$$= (5.497,83 / 1,7036 = 3.227,18 \text{ kW/jam})$$

Daya yang dihasilkan serabut (Ps) perjam adalah :

$$= (Q_s / (\text{jumlah uap yang dibutuhkan/kW}))$$

$$= (8.199,15 / 1,7036 = 4.812,83 \text{ kW/jam})$$

Jumlah daya yang dihasilkan (Ptot) :

$$= P_c + P_s$$

$$= 3.227,18 + 4.812,83$$

$$= 8.040,01 \text{ kW/jam}$$

Maka cangkang yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya 1 kW adalah :

$$= \frac{\text{cangkang yang digunakan/jam}}{\text{daya yang dihasilkan cangkang/jam}}$$

$$= 1.111,5 / 3.227,18 = 0,34 \text{ kg}$$

Serabut yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya 1 kW adalah :

$$= \frac{\text{serabut yang digunakan / jam}}{\text{daya yang dihasilkan / jam}}$$

$$= 2.408,25 / 4.812,83$$

$$= 0,5 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan daya 1 kW jika menggunakan cangkang sawit maka dibutuhkan cangkang sawit sebanyak 0,34 kg, jika menggunakan serabut sawit maka dibutuhkan sebanyak 0,5 kg serabut sawit. Setelah didapatkan jumlah dan serabut yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kW energi listrik, maka selanjutnya dapat dihitung efisiensi bahan bakar cangkang dan serabut sawit.

#### B. Analisa Efisiensi Boiler menggunakan Bahan Bakar Cangkang Sawit dan Serabut Sawit

Analisa Efisiensi Boiler menggunakan Bahan Bakar Cangkang Sawit dan Serabut Sawit berdasarkan data pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Efisiensi Boiler

Tandan buah segar (TBS)	444.600 kg/hari
cangkang sawit = 6% TBS	26.676 kg/hari
Serabut sawit = 13% TBS	57.798 kg/hari
Daya yang dihasilkan	8.040 KW/jam
Efisiensi (η)	73% = 0,73
Nilai kalori fiber (GCVs)	2.650 kkal/kg
Nilai kalori cangkang (GCVc)	3.850 kkal/kg
Δ Entalpi uap dan air (Δh)	568,2 kkal/kg
Cangkang sawit/KW	0,34 kg
Serabut sawit/KW	0,5 kg

Cangkang sawit/jam = jumlah cangkang sawit/KW x daya yang dihasilkan

$$= 0,34 \times 8.040$$

$$= 2.733,6 \text{ kg/jam} \times 24$$

$$= 65.606,4 \text{ kg/hari}$$

Efisiensi boiler (η) menggunakan cangkang sawit adalah :

$$= \frac{Q \times (\Delta h)}{GCV_c \times q_c} = \frac{5.497,83 \times 568,2}{3.850 \times 2.733,6} = 29,68 \%$$

Serabut sawit/jam = jumlah serabut sawit/KW x daya yang dihasilkan

$$= 0,5 \times 8.040$$

$$= 4.020 \text{ kg/jam} \times 24$$

$$= 96.480 \text{ kg/hari}$$

Efisiensi boiler (η) menggunakan serabut sawit adalah :

$$\eta = \frac{Q \times (\Delta h)}{GCV_s \times q_s} = \frac{8.199,15 \times 568,2}{2.650 \times 4.020} = 43,73 \%$$

#### C. Pembahasan

Dari analisa didapatkan nilai efisiensi boiler (η) menggunakan serabut sawit lebih baik dibandingkan Efisiensi boiler (η) menggunakan cangkang sawit. Sebagai optimalisasi waktu kerja dari segi karyawan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 pada bagian operasional boiler agar antara shift A, shift B, dan shift C dapat berganti-gantian karyawannya sehingga tidak menimbulkan gangguan pada kesehatan.

Dan dari segi Pemeliharaan atau perawatan boiler harus ada tahapan pemeliharaan dan perawatan tertentu, akan tetapi di area boiler PT. Bakrie Pasaman Planstations jarang sekali dilakukan pemeliharaan sehingga memungkinkan sering terjadinya kerusakan diarea boiler tersebut. Cara mengatasi hal tersebut maka seharusnya dilakukan yaitu :

1. Menentukan jadwal pemeliharaan, Didalam pemeliharaan boiler seharusnya dapat dijadwalkan secara rutin kapan sebaiknya dilakukan pemeliharaan yang baik, seperti 1 x

seminggu sehingga meminimalisir kemungkinan terjadinya peluang kerusakan.

2. Cepat mengatasi atau memperbaiki kerusakan yang terjadi di area boiler sehingga boiler dapat kembali bekerja dengan baik.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Sistem manajemen pengoperasian bahan bakar boiler dengan efisiensi pembakaran yang baik antara bahan bakar cangkang sawit yang efisiensi kisaran 25-34 % dan serabut sawit yang efisiensi kisaran 36-50%. Dan menentukan pembiayaan bahan bakar yang paling murah antara bahan bakar cangkang sawit yaitu Rp.1.065.369.600 per bulan dan pembiayaan bahan bakar serabut sawit yaitu Rp.1.487.599.200 per bulan supaya dapat menurunkan pembiayaan bahan bakar.
2. Efisiensi bakar serabut sawit lebih efektif kurang lebih 10 % dari pada bahan bakar serabut sawit, karena efisiensi serabut mempunyai pembakaran yang optimal untuk menghasilkan daya per kW, dimana daya yang dihasilkan serabut sawit untuk menghasilkan daya 1 kW yaitu 0,5 kg sedangkan cangkang sawit untuk menghasilkan daya 1 kW membutuhkan 0,34 kg cangkang. Sehingga diketahui bahan bakar serabut lebih efisien dari pada cangkang sawit.
3. Dari data real PT. Bakrie Pasaman Plantations dan data perhitungan manual memiliki selisih perbedaan angka yang tidak begitu jauh, contohnya pada data perhitungan daya, dimana selisih yang dihasilkan antara data real dengan menggunakan perhitungan manual yaitu 0,01 KW sehingga dapat diketahui data perhitungan manual tidak jauh beda dengan data real sehingga dapat digunakan untuk menghitung efisiensi selanjutnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nur R. Iskandar (2015), *Audit Energi di Industri, Tangerang selatan: Balai besar teknologi industri, BPPT, 2015.*
- [2] O. Hikmawan *et al.* (2020), “Pemanfaatan cangkang dan serat kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler utilization of palm kernel shell and fiber as boiler fuel,” *J. Tek. dan Teknol.*, pp. 18–26.
- [3] I. Utama, H. B. Daulay, and T. Tutuarima (2017), “Analisis Strategi Manajemen Pengolahan Limbah Padat di Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Talo Pino Kecamatan Pring Baru Kabupaten Seluma,” *J. Agro Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 20–26.
- [4] Agus Sugiharto, (2016) " Tinjauan Teknis Pengoperasian dan Pemeliharaan Boiler," Vol.06, no. 2.
- [5] O. : Sonden and W. Abstrak, “Penghematan Energi Pada Sistem Boiler”.
- [6] Parinduri1, L., Arfah1, M., & Sahputra1, J. (2019). *JSTI Jurnal Sistem Teknik Industri Analisa Persediaan Limbah Kering Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik PTPN IV Kebun Adolina. Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)*, 21(2), 1–21.
- [7] Ainul Ghurri, Ph.D. (2016). *Konsep Manajemen Energi, Jurusan teknik mesin - Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362, 2016.*
- [8] BPPT-B2TE. (2015). *Prosedur Standar dan Teknik Audit Energi Industri (Issue ISBN 978-602-1124-88-8).*
- [9] Siswanto, J. E. (2020). Analisis Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Boiler dengan Menggunakan Variasi Campuran Antara Fiber dan Cangkang Buah Sawit. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 3(1), 22.
- [10] S., & Noveri, E. (2013). Studi Peramalan (Forecasting) Kurva Beban Harian Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(1), 65–73.
- [11] Bimawan, D. (2019). Yang Perlu Kamu Ketahui Tentang Pembangkit Tenaga Uap. <http://www.sepulsa.com/blog/pembangkit-listrik-tenaga-uap>.