

ANALISA BAHAN BAKAR SERABUT DAN CANGKANG PADA KATER UAP KAPASITAS 20 TON/JAM DI PT. BEURATA SUBUR PERSADA

Mirza Fazillah Ma¹, Al Munawir^{*2}, Joli Supardi³, Muzakir⁴

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

⁴ Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Teuku Umar

Corresponding Author. Email : almunawir@utu.ac.id

ABSTRAK

Perseroan Terbatas (PT) Beurata Subur Persada merupakan perusahaan besar yang bergerak dibidang pengolahan kelapa sawit dengan luas lokasi kegiatan kurang lebih 23 Ha. Dalam pengolahannya terdapat alat kerja kater uap/*boiler*. Mesin katel uap ini sering digunakan sebagai mesin produksi dalam perusahaan industri. Ketel uap atau *boiler* merupakan wadah yang sangat tertutup secara rapat dalam panas pembakaran mengalir hingga terbentuknya uap panas. Analisis menggunakan aplikasi pengolahan data selanjutnya perhitungan dan pengambilan data dimulai sejak tanggal 11 maret s/d 13 agustus 2021. Hasil penelitian menyatakan komponen ketel uap pada kapasitas 20 Ton/Jam yang paling utama, yaitu Pembakar, pipa *evaporator*, ruang bakar, tempat menampung air dari *economizer*, pemanas lanjut, uap pemanas dan alat pengumpul abu atau abu hasil dari pembakaran. Perhitungan pada nilai kalor tinggi (HHV) sebesar 5.691,17 Kkal/Kg dan nilai kalor rendah (LHV) sebesar 4.608.96 Kkal/Kg digunakan bahan bakar cangkang dan serabut dengan perbandingan 3:1 persentase cangkang 25% dan serabut 75%.

Kata Kunci : Ketel uap (*Boiler*), Nilai Kalor, PT. Beurata Subur Persada

ABSTRACT

Limited Liability Company (PT) Beurata Subur Persada is a large company engaged in palm oil processing with an area of approximately 23 hectares of activity. In the processing there is a steam catter/boiler working tool. This steam boiler engine is often used as a production engine in industrial companies. Steam boiler or boiler is a container that is very tightly closed in which the heat of combustion flows until hot steam is formed. The analysis uses a data processing application, then the calculation and data retrieval starts from march 11 to August 13 2021. The results of the study state that the components of the steam boiler at a capacity of 20 Tons/hour are the most important, namely the burner, evaporator pipe, combustion chamber, water reservoir. from economizers, superheaters, steam heaters and ash or ash collection devices from combustion. Calculations at a high calorific value (HHV) of 5,691.17 Kcal/Kg and a low calorific value (LHV) of 4,608.96 Kcal/Kg used shell and fiber fuel with a ratio of 3:1 with a percentage of 25% shell and 75% fiber.

Keywords: Steam Boiler, Heat Value, PT. Beurata Subur Persada

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan BPPT (Badan Pengkajian Penerapan Teknologi) (2016) [1], Indonesia memproyeksikan ketersediaan minyak pada periode 2014-2050 menyebutkan permintaan minyak mentah perkiraan tiga kali lipat, rata-rata kenaikannya mencapai 3,3% pertahun, dari 300 juta barel pada tahun 2015 dan akan meningkat secara drastis menjadi 967 juta barel pada tahun 2050. Sementara itu, akan mengalami penurunan pada produksi minyak dengan rata-rata 5% per tahun dari 288 juta barel pada tahun 2014 hal ini akan mengakibatkan penurunan secara terus menerus menjadi 52 juta barel pada tahun 2050. Seiring dengan meningkatnya permintaan minyak demikian juga dengan impor. Dengan demikian sangat diperlukannya Indonesia dalam mencari sumber energi terbarukan yang peranannya dapat menggantikan bahan bakar dari fosil. Dalam hal ini, daerah yang memiliki potensi yang sangat besar dalam produksi pertanian kelapa sawit yang merupakan bahan unggulan daerah sebagai energi terbarukan dari energi terbarukan adalah Provinsi Aceh. [1].

Kelapa sawit merupakan komoditas utama di Provinsi Aceh dengan sebagian besar 178.928 keluarga bermata pencaharian sebagai petani mencapai 894.640 jiwa atau sekitar 28% dari 3,2 juta penduduk yang terlibat. Berdasarkan data yang diperoleh luas lahan kelapa sawit di Provinsi Aceh pada tahun 2014 mencapai 116.642 ha, terdiri dari TBM (Tanaman Belum Menghasilkan) sekitar 10.407 ha atau setara dengan 8,9% dari total keseluruhan lahan, dan TM (Tanaman Menghasilkan) sekitar 99.420 ha atau sekitar 85,2% dengan capaian produksi sebesar 74.743 ton. Produksinya mencakup Bireun, Aceh Besar, Pidie, Aceh Utara, Aceh Selatan, dan Aceh Utara yang berada di wilayah pesisir [7]. [15]. Sampai saat ini, sumber energi terbarukan di Provinsi Aceh tersebar dominan pada Barat Selatan Aceh seperti Aceh Barat, Nagan Raya dan Aceh Singkil. Sektor pertambangan dan minyak merupakan sektor terpenting di Provinsi Aceh mengingat peran sektor tersebut dalam pembentukan PDRB yang mencapai 30,95%. [10]. [11].

Kemajuan teknologi dan industri proses produksi disusul dengan perkembangan zaman saat ini, produktifitas perusahaan dari berbagai faktor yang ada harus mengikuti perkembangan saat ini. Katel uap hampir sekitar 80 % perusahaan-perusahaan yang bergerak dibidang sektor pertambangan dan perminyakan tetap dominan menggunakannya dikarenakan tidak jarang dipergunakan dalam mesin untuk memproduksi bahan industri langsung maupun tidak langsung. Ketel uap sendiri merupakan wadah terkunci sangat rapat dimana kalor dari hasil pembakaran dialirkan ke air hingga terbentuknya suatu uap panas (*steam*). [7] [9].

Oleh karenanya banyak hal bermanfaat yang dapat dihasilkan dari katel uap pada perusahaan, seperti halnya energi pada listrik melalui penyebaran energi uap langsung ke turbin, serta dapat dijadikan sistem pengolahan pada industri kelapa sawit [4]. Dengan demikian penelitian ini perludilakukan dengan mengetahui banyak mengenai hal-hal yang berkaitan mengenai proses pembentukan uap dengan menggunakan analisa bahan bakar serabut dan cangkang pada kate uap kapasistas 20 Ton/Jam di PT. Beurata Subur Persada. Pada proses akhir penelitian, diharapkan mengetahui analisa bahan bakar serabut dan cangkang pada kate uap pada perusahaan PT. Beurata Subur Persada. [2] [11].

2. METODE PENELITIAN

Objek Penelitian ini adalah mengenai analisa Bahan Bakar Serabut dan Cangkang Pada Kater Uap Kapasitas 20 Ton/Jam di PT. Beurata Subur Persada serta mengetahui komponen dari katel uap serta bahan bakar serabut dan cangkang. Penelitian dilakukan dari tanggal 11 maret s/d 13 agustus 2021. Pengolahan data penelitian pada kater uap dilakukan dengan menggunakan aplikasi *microsoft excel* dalam bentuk tabel dan direpresentasikan dalam bentuk hasil pengolahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Identifikasi Masalah

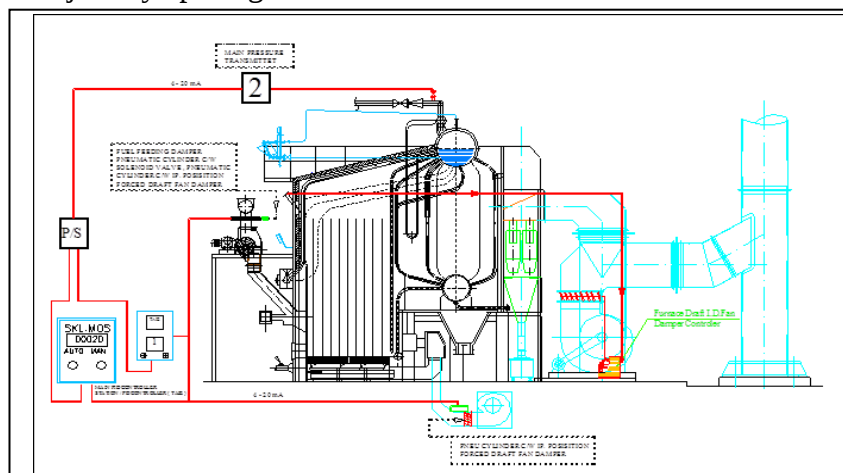
Dalam kegiatan penanganan masalah pada analisa katel uap bahan bakar serabut dan cangkang pada kater uap kapasitas 20 ton / jam saat beroperasi di PT. Beurata Subur persada dengan penggunaan bahan bakar pada cangkang 25% dan bahan bakar pada serabut 75% serta pada komposisinya dalam unsur kimia. Untuk lebih jelasnya pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Unsur bahan kimia yang terdapat pada serabut dan cangkang

Komposisi	Cangkang Kelapa Sawit (%)	Serabut Kelapa Sawit (%)
Carbon (C)	51,1 %	48,22%
Hidrogen (H ₂)	3,36%	6,20%
Oksigen (O ₂)	43,30%	42,94%
Nitrogen (N ₂)	1,65%	1,57%
Sulfur (S)	0%	0,13%
Kadar Abu (ash)	0,5%	4,3%

Sumber: Hasibuan, 2013 [3]

Kater uap merupakan suatu wadah yang sangat besar berisi air tertutup dengan sangat rapat dengan penggunaan bahan bakar seperti padatan, cairan, maupun gas [4]. Untuk lebih jelasnya pada gambar 1 berikut:



Sumber : Profil PT Beurata Subur Persada, 2021 [6]

Gambar. 1 Komponen Katel Uap *Full Control* (Kater Uap)

HHV (Nilai Kalor Tinggi)

Penentuan nilai HHV dihitung dari hasil pembakaran akan membentuk uap air yang panas dalam prosesnya terbentuk suatu pengembunan sebagai bahan perhitungan pada nilai kalor tinggi. Penentuan energi panas bahan bakar yang dihasilkan melalui proses perhitungan komposisi kimia dengan metode analisis Dulong. Untuk lebih jelasnya melalui rumus berikut :

$$\text{HHV} = 33950C + 144200 (H_2 - O_2/8) + 9400S [\text{Kj/Kg}]$$

Sumber Rosmiati, 2019 [8]

Keterangan :

HHV = Nilai kalor tinggi / dalam bahan bakar [kJ/kg]

C = Karbon dalam persen [%]

H = Hidrogen dalam persen [%]

O₂ = Oksigen dalam persen [%]

S = Sulfur dalam persen [%]

LHV (Nilai Kalor Rendah)

Perhitungan nilai kalor pada bahan bakar rendah (LHV) Penentuan besar nilainya LHV, dilakukan dengan cara hasil pembakaran tidak perlu dicairkan mulanya dari uap air yang terbentuk, dengan begitu panas pengembun tidak serta ikut dalam perhitungan panas pembakaran bahan bakar tersebut. Untuk lebih jelasnya melalui rumus berikut :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2411 (M + 9H_2) [\text{Kj/Kg}]$$

Sumber : Rosmiati, 2019 [8]

Keterangan :

HHV = Nilai pada kalor tinggi [kJ/kg]

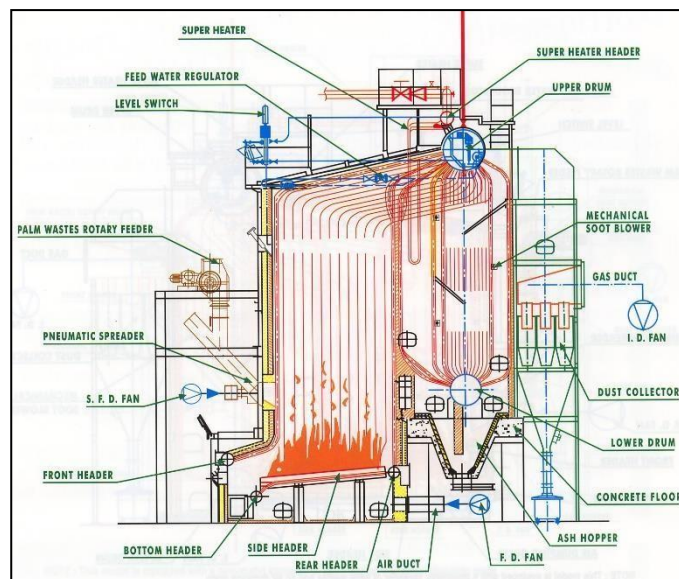
LHV = Nilai pada kalor rendah [kJ/kg]

M = Kandungan air pada bahan bakar (*moisture*) [%]

H = F raksi massa hidrogen bahan bakar [%]

Analisa Bahan Bakar Serabut dan Cangkang Pada Kater Uap Kapasitas 20 Ton/Jam

Dari hasil analisa perhitungan yang dilakukan terkait bahan bakar pada saat penelitian bahwa Pabrik Kelapa Sawit PT. Beurata Subur Persada memiliki 20 ton/jam kapasitas pengolahan kelapa sawit. Cangkang, serabut dan tandan merupakan bahan bakar limbah padatan yang dihasilkan dari kelapa sawit. Pemanfaatan bahan bakar limbah untuk bahan bakar kater uap di PT. Beurata Subur Persada hanya cangkang dan serabut. Pada spesifikasi kater uap/*boiler* yang di gunakan pada PT. Beurata Subur Persada adalah jenis *vertical execution*. Untuk lebih jelasnya salahsatu bentuk spesifikasi kater uap dapat dilihat gambar sebagai berikut:



Sumber : Profil PT Beurata Subur Persada, 2021 [6]
Gambar. 2 Komponen Katel Uap (Boiler)

Data spesifik katel uap sebagai berikut :

Merk	: Boilermech SDN. BHD. (58098-U)
Jenis	: VTO / BMWT-20-25
Maksimal Tekanan	: 2 Bar
Tekanan Saat Kerja	: 1,5 Bar
Kecepatan Kater Uap	: 20.000 Kg/jam
Effisiensi	: 85 %
Suhu Kater Uap	: 250 °C
Thermal Fluid	: Hot/MieralOil
Penggunaan Bahan Bakar	
-Cangkang	: 25 %
-Serabut	: 75%
Serial No.	1078
Year Built	1999

Berdasarkan hasil penelitian di Pabrik Kelapa Sawit PT. Beurata subur persada kapasitas pengolahan pabriknya sebesar 20 ton/jam. Hasil dari bahan bakar berupa cangkang dan serabut yang terdapat di PT. Beurata Subur Persada. Untuk mengetahui jumlah banyaknya bahan bakar limbah padatan kelapa sawit PT. Beurata Subur Persada menjadi bahan bakar *boiler* diuraikan dalam perhitungan berikut: Produksi ketersediaan cangkang = $20.000 \text{ kg/jam} \times 25\% \text{ (cangkang)} = 2.822,95 \text{ kg/jam}$. Untuk keseluruhan maka produksi ketersediaan cangkang sebagai bahan bakar menjadi 11.291,800 kg/jam. Hasil hitung diperoleh produksi ketersediaan bahan bakar serabut mencapai = $20.000 \text{ kg/jam} \times 75\% \text{ (serabut)} = 15.055,73 \text{ kg/jam}$. Dengan demikian produksi ketersediaan bahan bakar keseluruhan serabut menjadi 11.291,800 kg/jam. Total keseluruhan produksi ketersediaan bahan bakar cangkang dan serabut PT. Beurata Subur Persada sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Biomasa} &= \text{cangkang} + \text{serabut} \\ &= 2.822,95 \text{ kg/jam} + 15.055,73 \text{ kg/jam} \\ &= 17.878,68 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukan bahwa ketersediaan produksi pada limbah padatan kelapa sawit PT. Beurata Subur Persada dengan olah bahan bakar sebesar 20 ton (20.000 kg/jam) dapat dihasilkan cangkang sebesar 2.822,95 kg/jam dan serabut sebesar 15.055.73 kg/ jam, Dengan total keseluruhan produksi ketersediaan bahan bakar cangkang dan serabut adalah 17.878,68 kg/jam.

Kapasitas Olah 20 Ton/Jam .

Bahan Bakar yang tersedia :

- Fiber	= 14% x 30 ton= 4,2 ton.
- Shell	= 6% x 30 ton= 1,8 ton.
- Empty Bunch	= 21% x 30 ton= 6,3 ton.
- Nilai Kalor Fiber	= 2340 Kcal / kg .
- Nilai Kalor Shell	= 3480 Kcal / kg .
- Nilai Kalor E.F. Bunch	= 1440 Kcal / kg .

Pemakaian Power Dan Uap.

- Kebutuhan Power pada PKS
20 Ton/H = 17 Kw/Ton TBS x 30 = 510Kw.

- Kebutuhan Uap
0,55 ton Uap/Ton TBS x 30 = 16,5 ton Uap/H.

Pemakaian Boiler di PT. Beurata Subur Persada Kapasitas Olah 20 Ton/Jam

Untuk proses PKS tersebut dipilih Boiler Takuma dengan Spesifikasi sebagai berikut :

- Kapasitas Uap (G)	= 20 ton Uap/H.
- Temperatur Uap (tu)	= 280°C S.H.
- Tekanan Kerja (P)	= 20 Kg/Cm ² .
- Temperatur Air Umpan (ta)	= 90°C.
- η ket	= 73 %.

Bahan Bakar yang dipakai Untuk Pengolahan PT. Beurata Subur Persada.

Bahan Bakar (BB) *Fiber*

Bahan Bakar(BB) *Fiber*

$$\eta_{ket} = \frac{G (\Delta \text{Entalphy})}{G_{bb} \times N.O} \rightarrow P = 20 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\begin{aligned}tu &= 280^\circ\text{C}. \quad i_u = 710,9 \text{ Kcal/kg} \\ ta &= 90^\circ\text{C} \rightarrow ia = 90,03 \text{ Kcal/kg}.\end{aligned}$$

$$0,73 = \frac{G (710,9 - 90,03)}{4200 \times 2340}$$

$$G = \frac{(1800 \times 1440)}{620,87} \times 0,73 = 11377 \text{ Kg Uap/Jam.}$$

Uap yang dihasilkan dari keseluruhan bahan bakar .

Fiber yang tersedia = 11377 Kg Uap/Jam.

Untuk mencukupi bahan bakar diperlukan bahan bakar Shell.

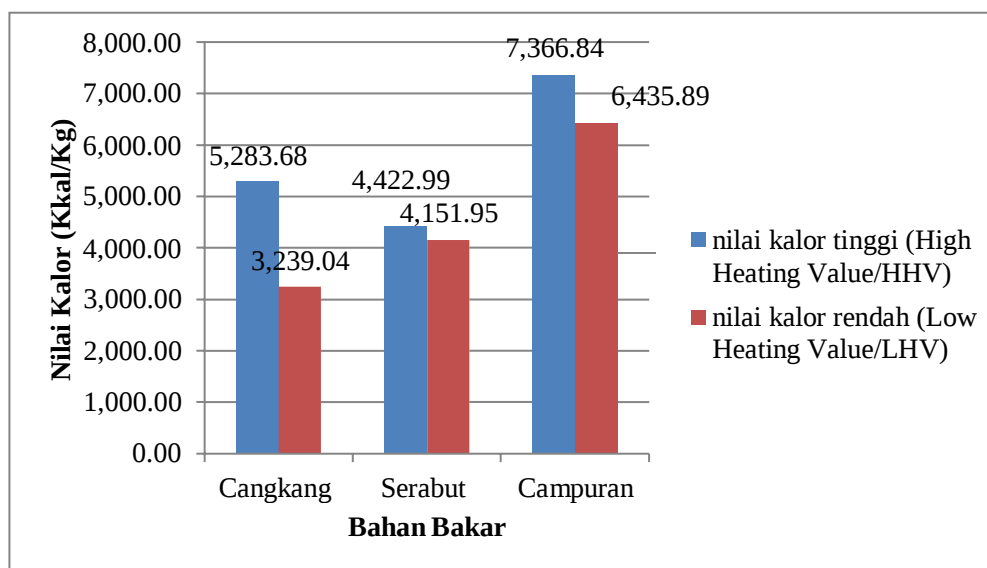
Kebutuhan Uap = 16500 Kg Uap/Jam.

Tabel 2. Perhitungan Nilai Kalor Bahan Bakar Kater Uap

No.	Perhitungan Nilai Kalor (Kkal/Kg)	Bahan Bakar			Rata- Rata	TOTAL
		Cangkang	Serabut	Campuran		
1.	Nilai kalor tinggi (<i>High Heating Value/HHV</i>)	5.283,68	4.422,99	7.366,84	5.691,17	17.073,50
2.	Nilai kalor rendah (<i>Low Heating Value/LHV</i>)	3.239,04	4.151,95	6.435,89	4.608,96	13.826,88

Sumber : (Data Primer Penelitian, 2021)

Berdasarkan tabel perhitungan diatas menyebutkan bahwa perhitungan nilai kalor pada kater uap pada cangkang kelapa sawit dengan nilai kalor atas atau tinggi (HHV) yaitu 5.283,68 Kkal/Kg dan Nilai kalor rendah atau bawah (LHV) yaitu 3.239,04 Kkal/Kg. Sedangkan pada perhitungan kalor dengan bahan bakar serabut pada kater uap yaitu 4.422,99 Kkal/Kg dengan Nilai kalor tinggi dan Nilai kalor rendah yaitu 4.151,95 Kkal/Kg. Dengan nilai rata-rata pada HHV yaitu 5.691,17 Kkal/Kg dan 4.608,96 Kkal/kg pada nilai LHV. Dapat disajikan pada gambar grafik 3 berikut :



Sumber : Data Primer Penelitian, 2021

Gambar. 3 Perhitungan Nilai Kalor Pada Kater Uap (*Boiler*)

Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar PT. Beurata Subur Persada Berdasarkan Rumus Effisiensi Kater Uap/*Boiler* Secara Langsung

$$\begin{aligned}
 n &= (Q \text{ Terpakai}) / (Q \text{ BB}) \times 100 \% \\
 85\% &= (30.900,39 \text{ Kkal/Jam}) / (\text{Massa BB} \times \text{LHV}) \times 100 \% \\
 0,85 \text{ Q BB} &= (30.900,39 \text{ Kkal/Jam}) / (\text{Massa BB} \times 643,89 \text{ Kkal/kg}) \times 100 \% \\
 Q \text{ BB} &= (30.900,39 \text{ Kkal/Jam}) / (0,85 \times 643,89 \text{ Kkal/kg}) \times 100 \% \\
 Q \text{ BB} &= (30.900,39 \text{ Kkal/Jam}) / (547,3065 \text{ Kkal/kg}) \times 100 \% \\
 Q \text{ BB} &= 56,459 \times 100 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{BB} &= 564,590 \text{ Kkl/Jam} \times 20.000 \text{ Kg/Jam} \\ Q_{BB} &= \mathbf{11.291,800 \text{ Kg/Jam}} \end{aligned}$$

Pada Cangkang kelapa sawit dibutuhkan 25%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Cangkang} &= 25\% \times 11.291,800 \text{ Kg/Jam} \\ \text{Kebutuhan Cangkang} &= \mathbf{2.822,95 \text{ Kg/Jam}} \end{aligned}$$

Pada Serabut kelapa sawit dibutuhkan 75%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Serabut} &= 75\% \times 11.291,800 \text{ Kg/Jam} \\ \text{Kebutuhan Serabut} &= \mathbf{15.055,73 \text{ Kg/Jam}} \end{aligned}$$

Berdasarkan pada perhitungan kebutuhan bahan bakar katel uap di PT. Beurata Subur Persada dapat dinyatakan bahwa potensi ketersediaan yang dibutuhkan bahan bakar pada katel uap dengan kapasitas 20 Ton/jam pada bahan bakar cangkang beserta serabut yaitu dengan perbandingan bahan bakar keduanya yang digunakan untuk cangkang dan serabut sebesar 3:1, yaitu cangkang kelapa sawit 25% dan serabut 75%. Pada cangkang kelapa sawit dibutuhkan 2.822,95 Kg/jam sedangkan pada serabut kelapa sawit dibutuhkan bahan bakar 15.055,73 Kg/jam dengan total bahan bakar sekitar 11.291,800 Kg/Jam.

4. KESIMPULAN

Hasil laporan akhir penelitian yang dilaksanakan pada PT. Beurata Subur dapat ditarik kesimpulan bahwa. Komponen ketel uap pada kapasitas 20 Ton/Jam yang paling utama, yaitu Pembakaran (*burner*), Pipa evaporator, Ruang bakar (*furnace*), Drum atau tempat menampung air dari *economizer*, Pemanas lanjut (*superheater*), Pemanas udara (*air heater*) dan *dust collector* atau alat pengumpul abu atau penangkap abu hasil pembakaran. Berdasarkan perhitungan HHV sebesar 5.691,17 Kkal/Kg dan nilai kalor rendah sebesar 4.608.96 Kkal/Kg dengan perbandingan bahan bakar 1:3 perhitungan presentase cangkang 25% serta serabut 75%. Kebutuhan bahan bakar pada katel uap di Pabrik Kelapa Sawit PT. Beurata subur dengan rincian cangkang kelapa sawit dibutuhkan yaitu 2.822,95 Kg/jam sedangkan pada serabut kelapa sawit dibutuhkan bahan bakar yaitu 15.055,73 Kg/jam dengan total bahan bakar sekitar 11.291,800 Kg/Jam.

5. SARAN

Pemeliharaan alat kerja serta perawatan yang efektif serta efisien sangat perlu dilakukan secara berkala terhadap ketel uap/*boiler* di Pabrik Kelapa Sawit PT. Beurata Subur Persada serta dilakukan secara bertahap dan terjadwal guna memberikan ketahanan umur pakai serta fungsi kerja dari ketel uap tersebut supaya alat kerja dapat bekerja secara baik serta optimal diakrenakan masa alat kerja pada katel uap/*boiler* pemakaian sudah cukup lama. Kemudian untuk memungkinkan ketel uap beroperasi lebih lama secara efektif dan efisien, maka perlu diperhatikan saat pengoperasian alat kerja tersebut sesuai spesifikasi yang ada sesuai dengan yang ditetapkan selanjutnya lebih teliti dlam hal tata cara pengoperasiannya. Serta lebih meningkatkan efisiensi dan efektifitas dari ketel uap seperti halnya kandungan air pada alat kerja yang terlalu berlebihan pada bahan bakar maka harus sering diperhatikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan banyak terima kasih diberikan kepada PT. Beurata Subur Persada yang telah memberikan izin lokasi penelitian mengenai analisa bahan bakar serabut dan cangkang pada kater uap kapasitas 20 ton/jam PT. Beurata Subur Persada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [PT. Beurata Subur Persada, 2021]. Industry | Update, Profil PT. Beurata Subur Persada, Nagan Raya, July 2021, ACEH
- [2] Erfinawati, E. (2019). *Tema dan amanat Cerita Rakyat Tripa Makmur Kabupaten Nagan Raya*. Serambi Konstruktivis, 1(3). Provinsi Nagan Raya, ACEH.
- [3] Hasibuan, Harry Christian dan Napitupulu, Farel H. 2013. *Analisa Pemakaian Bahan Bakar Dengan Melakukan Pengujian Nilai Kalor Terhadap Performansi Ketel Uap Tipe Pipa Air Dengan Kapasitas Uap 60 Ton/Jam*. Medan: Universitas Sumatera Utara
- [4] Nasution, A., M., & Rizal, P. (2020). Analisa Bahan Bakar Ketel Uap Dengan Kapasitas 30 Ton/Jam Pada Pks Ptpn Iv Kebun Adolina. *Piston (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU)*, 4(2), 86-88.
- [5] Perpres 22 Tahun 2017, “*Rencana Umum Energi Nasional*”. Jakarta
- [6] PT. Beurata Subur Persada, 2021. Industry | Update, Profil PT. Beurata Subur Persada, Nagan Raya, July 2021, ACEH
- [7] Qamaruddin, Q., & Sikki, M. I. (2016). Analisis Kebutuhan Bahan Bakar Terhadap Perubahan Tekanan Uap. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma* 45" Bekasi, 4(2), 98457.
- [8] Rosmiati, R., Donda, D., Barus, A., & Fachrydzi, M. (2019). *Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Cangkang Sawit Dan Tongkol Jagung Pada Unit Thermal Oil Heater Di PT Shamrock Manufacturing Corpora*. Ready Star, 2(1), 201-206.
- [9] Saputra, A. J., 2007. *Analisis Kebisingan Peralatan Pabrik dalam Upaya Peningkatan Petaatan Peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja PT. PUPUK KALTIM*. [Tesis]. Universitas Diponegoro.
- [10] Sugiyono, Agus. 2016. “*Outlook Energi Indonesia 2016*”. Jakarta: Pusat Teknologi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia BPPT.

- [11] Suhardi, B., 2008. *Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
 - [12] Sukania, I. W., 2013., Kajian Ergonomi Terminal Bus di Jakarta. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 1(1),33 - 40.
 - [13] Wang, Y., Wang, Y., Hosono, E., Wang, K., & Zhou, H. (2008). The design of a LiFePO₄/carbon nanocomposite with a core-shell structure and its synthesis by an in situ polymerization restriction method. *Angewandte Chemie International Edition*, 47(39), 7461-7465.
 - [14] World Coal Institute, 2005. Sumber Daya Batu Bara, Tinjauan Lengkap Mengenai Batu Bara. www.worldcoal.org.
 - [15] Zakiah, Z., Safrida, S., & Santri, L. (2015). Pemetaan Komoditas Unggulan Sub Sektor Perkebunan Di Kabupaten Aceh Selatan. *Jurnal Agrisep*, 16(1), 35-52.
 - [16] Zulfikri, S., & Hasriyanti, N. (2020). Kajian Pemilihan Bahan Lokal Terhadap Durabilitas Untuk Rumah di Pinggir Sungai. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*.
-