

ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR (FIBER & SHELL) DAN AIR PADA BOILER ADVANCE 30 TON PT. CITRA SAWIT LESTARI

Fitriani¹, Alda Juliyanti²,

¹ Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

² PT Citra Sawit Lestari, Bulungan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹fitrianiubt22@gmail.com, fitriani@borneo.ac.id

²aldajuliyanti08@gmail.com

Abstract— PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir has a power plant that uses an Advance 30 Ton Boiler. The main function of the boiler is to produce steam that is used in generating electricity for the needs of the plant. If steam production decreases, there is a disruption to the turbine generator which causes a decrease in electric power production and a decrease in the processing process. This study aims to determine the comparison between the feedwater system and the boiler fuel system to be able to generate electrical energy used by palm oil mills. After reviewing with observations of data analysis in the field, calculations were then carried out, the results of the comparison with the average use of fuel (fiber & shell) and water per hour were 5,100 kg of fuel (composition of 3,640 kg of fibers and 1,460 kg of shells, with a percentage of 71%: 29%) and 15,500 kg of feed water. With an average fuel specific consumption value per 1 kWh of 6.21 kg (composition of 4.44 kg of fibers and 1.77 kg of shells) and an average of 823 kW of generated electrical power.

Keywords— Water, Fuel, Boiler, Fuel Specific Consumption, Electricity

Intisari—PT. Citra Sawit Lestari memiliki PLTU yang menggunakan Boiler Advance 30 Ton. Fungsi utama boiler adalah untuk memproduksi uap yang digunakan dalam membangkitkan listrik untuk kebutuhan pabrik. Jika produksi uap menurun maka terjadi gangguan terhadap generator turbin yang menyebabkan penurunan produksi tenaga listrik dan penurunan proses pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara sistem air umpan dan sistem bahan bakar boiler untuk bisa membangkitkan energi listrik yang digunakan oleh pabrik kelapa sawit. Setelah mengkaji dengan pengamatan analisa data di lapangan kemudian dilakukan perhitungan maka didapatkan hasil perbandingan dengan rata-rata penggunaan bahan bakar (fiber & shell) dan air per jam adalah 5.100 kg bahan bakar (komposisi 3.640 kg serabut dan 1.460 kg cangkang, dengan persentase 71%:29%) dan 15.500 kg air umpan. Dengan rata-rata nilai konsumsi spesifik bahan bakar per 1 kWh sebesar 6,21 kg (komposisi 4,44 kg serabut dan 1,77 kg cangkang) dan rata-rata daya listrik yang dibangkitkan sebesar 823 kW.

Kata Kunci— Air, Bahan Bakar, Boiler, Konsumsi Spesifik Bahan Bakar, Listrik

I. PENDAHULUAN

PT. Citra Sawit Lestari merupakan perusahaan swasta yang bergerak dibidang perkebunan dan pengolahan

kelapa sawit. Perusahaan ini memiliki cabang yang terletak di Tepurau, RT.007 Kelurahan Tanjung Palas Hilir Kecamatan Tanjung Palas Kabupaten Bulungan Kalimantan Utara. PT. Citra Sawit Lestari menggunakan generator pembangkit yang berkapasitas sebesar 1,2 MW. Untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan, PT. Citra Sawit Lestari memiliki sistem pembangkit tenaga listrik sendiri. Perusahaan ini memiliki pembangkit listrik tenaga uap, yang mana uap yang digunakan berasal dari boiler.

Boiler (ketel uap) adalah suatu alat untuk mengkonversi air menjadi uap yang memiliki tekanan dan temperatur tertentu yang selanjutnya akan digunakan untuk proses pemanasan atau untuk di konversi menjadi tenaga. Sistem pada boiler terdiri dari sistem bahan bakar, sistem air umpan, dan sistem steam. sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang berperan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada proses pembakaran didalam dapur boiler. Sistem air umpan berperan untuk menyediakan air umpan untuk boiler sesuai dengan kebutuhan produksi uap. Sistem steam ini berperan untuk mengumpulkan dan mengontrol produksi uap pada boiler. [1].

Fungsi utama boiler adalah untuk memproduksi uap untuk digunakan dalam membangkitkan listrik untuk kebutuhan pabrik. Jika pembuatan uap menurun yang terjadi adalah gangguan terhadap generator turbin yang menyebabkan penurunan produksi tenaga listrik dan penurunan proses pengolahan. Untuk mengatasi hal tersebut maka perbandingan antara sistem air umpan dan sistem bahan bakar boiler perlu diperhatikan. Berdasarkan permasalahan yang diuraikan maka skripsi ini mengangkat judul “Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar (Fiber & Shell) Dan Air Pada Boiler Advance 30 Ton PT. Citra Sawit Lestari”.

II. LANDASAN TEORI

A. Boiler

Boiler/ketel uap adalah bejana tertutup yang mana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk steam berupa energi kerja. Air adalah sarana yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu sistem. Steam dengan tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang dimanfaatkan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu sistem. Ketika air dididihkan hingga

menjadi steam, maka volumenya meningkat sebesar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyamai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga sistem *boiler* adalah peralatan yang harus diatur dan dijaga dengan sangat baik.

Sistem pada *boiler* terdiri dari sistem bahan bakar, sistem air umpan, dan sistem steam. sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang berperan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada proses pembakaran didalam dapur *boiler*. Sistem air umpan berperan untuk menyediakan air umpan untuk *boiler* sesuai dengan kebutuhan produksi uap. Sistem steam ini berperan untuk mengumpulkan dan mengontrol produksi uap pada *boiler* [1].

B. Air Umpan Boiler

Sistem air umpan *boiler* (*Boiler Feed Water*) harus memenuhi standar yang telah ditetapkan agar tidak menyebabkan kendala-kendala pada pengoperasian *boiler*. Air umpan harus bebas dari mineral-mineral yang tidak diperlukan serta padatan lainnya yang dapat menurunkan efisiensi kerja *boiler*. Air yang disuplai ke *boiler* untuk dirubah menjadi *steam* disebut air umpan [2].

Tabel I

Baku Mutu *Boiler Feed Water* ChemtreatInc.

Parameter	Satuan	Ukuran
pH	Unit	10,5 – 11,5
Conductivity	µmhos/cm	5000, max
TDS	Ppm	3500, max
P-Alkalinity	Ppm	-
M-Alkalinity	Ppm	800, max
O-Alkalinity	Ppm	2,5 x SiO ₂ , min
T Hardness	Ppm	-
Silika	Ppm	150, max
Besi	Ppm	2, max
Phospat residual	Ppm	
Sulfite residual	Ppm	20 – 50
pH condensate	Unit	8,0 – 9,0

Sumber: Altret Performance Chemicals Gujarat Pvt.Ltd

C. Bahan Bakar Boiler

Bahan bakar adalah segala material yang dapat dibakar, materi apapun yang dapat diubah menjadi energi panas. Kebanyakan bahan bakar digunakan melalui melalui proses pembakaran (reaksi redoks), bahan bakar melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen. Proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar boiler (furnace) berfungsi untuk memperoleh kalor yang dapat

merubah air menjadi uap [3].

Boiler pada pabrik kelapa sawit memakai bahan bakar padat yang mudah diperoleh, dan ekonomis yaitu sebagai serabut dan kelapa sawit, bila dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Penggunaan bahan bakar serabut dan cangkang kelapa sawit memiliki persentase untuk masing-masing komposisinya, nilai persentase dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [1].

$$P = \frac{F}{n} \times 100\% \quad (1)$$

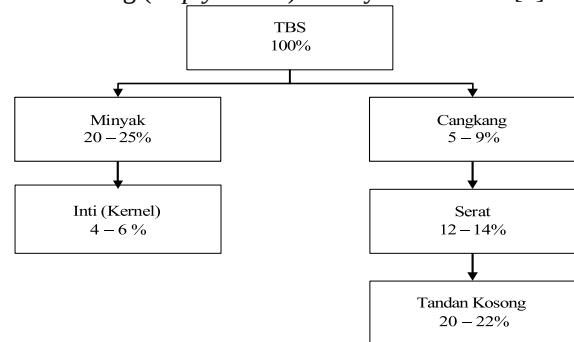
Dengan:

P = Besaran persentase

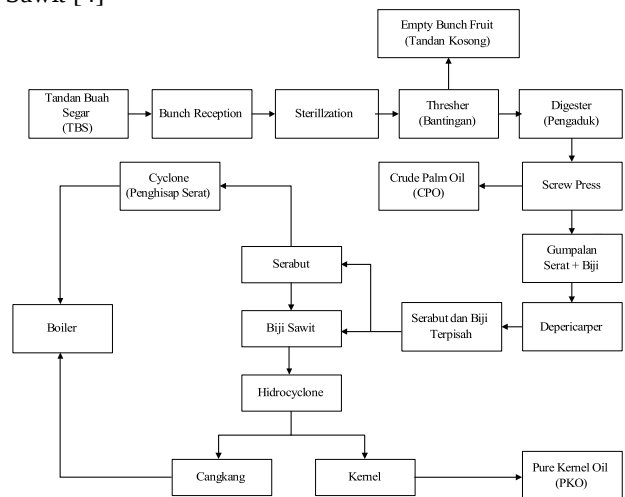
F = Jumlah bagian

n = Jumlah total

Dalam pengolahan TBS dengan mutu yang baik, dari 100% TBS, produk utama yang dihasilkan adalah berupa minyak sebanyak 20-25%, inti (*kernel*) sebanyak 4-6 %, dan produk lainnya berupa limbah yaitu serat (*fiber*) sebanyak 12-14 %, cangkang (*shell*) sebanyak 5-9%, dan tandan kosong (*empty bunch*) sebanyak 20-22 %. [4].



Gambar 1. Produk Pengolahan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit [4]



Gambar 2. Pengolahan TBS Kelapa Sawit [5]

Potensi pemanfaatan limbah kelapa sawit (serabut dan cangkang) sangat besar yaitu digunakan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Potensi daya yang dihasilkan dari serabut dan cangkang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [6].

Potensi daya yang dihasilkan serabut sawit

$$= \frac{\text{Jumlah serabut sawit dari TBS}}{\text{Jumlah serabut sawit yang dibutuhkan / kw}} \quad (2)$$

Potensi daya yang dihasilkan cangkang sawit

$$= \frac{\text{Jumlah cangkang sawit dari TBS}}{\text{Jumlah cangkang sawit yang dibutuhkan / kw}} \quad (3)$$

Potensi daya yang dapat digunakan

$$= \text{Daya yang dihasilkan serabut} + \text{daya yang dihasilkan cangkang} \quad (4)$$

D. Konsumsi Spesifik Bahan Bakar

Konsumsi Spesifik Bahan Bakar atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) merupakan parameter yang biasa digunakan pada motor pembakaran dalam untuk menggambarkan pemakaian bahan bakar. Konsumsi spesifik bahan bakar didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran *massa* bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan (*output*). Satuan dalam Sistem Internasional (SI) adalah kg/kWh [7].

Konsumsi spesifik bahan bakar merupakan daya listrik yang dapat di bangkitkan oleh banyak nya bahan bakar dalam menghasilkan listrik per kwh. Konsumsi spesifik bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [4].

$$SFC = \frac{Q_f}{Kw} \quad (5)$$

Dengan:

- SFC = Konsumsi spesifik bahan bakar (kg/kwh)
 Q_f = Jumlah bahan bakar yang dipakai (kg/jam)
 Kw = Daya listrik yang dibangkitkan (kw)

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Citra Sawit Lestari Kelurahan Tanjung Palas Hilir Kecamatan Tanjung Palas Kabupaten Bulungan Kalimantan Utara dan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan.

B. Alat dan bahan yang digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan peralatan sebuah laptop dan data-data PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir serta jurnal-jurnal sebagai referensi pendukung pada penelitian ini.

C. Metode Pengambilan Data

Adapun metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Melakukan pencarian bahan untuk pendalaman materi dalam menyelesaikan masalah yang dirumuskan, seperti pencarian studi literatur yang mana dapat digunakan sebagai acuan dan panduan informasi untuk mendukung keperluan dalam pelaksanaan penelitian.

2. Pengambilan Data Lapangan

Melakukan pengamatan data yang diberikan dan ditinjau dari jumlah penggunaan bahan bakar (*fiber & shell*), penggunaan air boiler, dan listrik yang dihasilkan pada PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir.

a. Wawancara

Melakukan komunikasi langsung terhadap pihak perusahaan yang berwenang untuk memberikan informasi dan data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian.

b. Riset/Pengumpulan Data Tertulis

Melakukan pengambilan data yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan dan manfaat penelitian ini.

3. Konsultasi

Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing, dosen penguji, dan mentor dari instansi yang bersangkutan serta pihak-pihak yang berkaitan dengan penelitian ini.

4. Analisis dan Kesimpulan

Melakukan analisis dari semua data yang diperoleh dan mengambil kesimpulan akhir keseluruhan proses yang telah dilakukan.

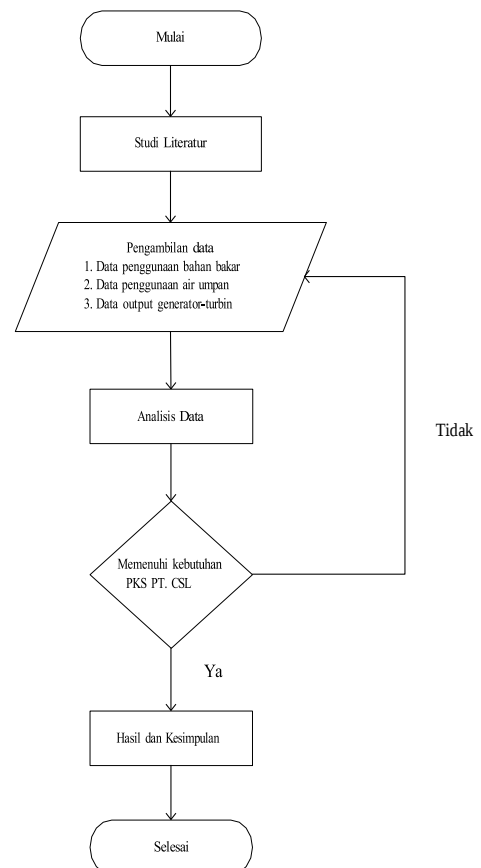
D. Data Penelitian

Data yang dianalisis adalah terdiri data primer dan sekunder. Yang mana data primer dan sekunder berupa data penggunaan bahan bakar *boiler*, data penggunaan air umpan *boiler*, dan data output generator turbin pada PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir. Selain itu, data sekunder lainnya berupa literatur dan jurnal elektronik.

E. Flowchart Penelitian

Flowchart atau diagram alir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menerangkan aliran algoritma atau proses yang menunjukkan langkah-langkah yang disimbolkan dalam bentuk kotak, beserta urutannya dengan menghubungkan masing-masing langkah tersebut menggunakan tanda panah. Flowchart membantu analisis untuk memecahkan masalah kedalam segmen-segmen yang lebih kecil dan membantu dalam menganalisis alternatif-alternatif lain dalam pengoperasian.

Flowchart biasanya mempermudah penyelesaian suatu masalah khususnya masalah yang perlu dipelajari dan dievaluasi lebih lanjut.



Gambar 3. Diagram alir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Boiler

PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir mempunyai kapasitas pengolahan pabrik sebesar 30 ton TBS/jam. Untuk mendukung pengolahan tersebut, PT. Citra Sawit Lestari memiliki PLTU yang mempunyai kapasitas 1200 kW dan *boiler advance* 30 ton. *Boiler advance* 30 ton merupakan jenis *boiler water tube*. Berikut data *boiler*

yang digunakan di PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir.

Tabel II
Data *Boiler* PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir

Jenis	Water Tube Boiler	
Steam Evaporation	30.000 kg/hr	
Steam Design Pressure	34 barg	
Steam Normal Working Pressure	30 barg	
Steam Condition at Boiler Outlet	Superheated steam to 285 °C	
Water Inlet Temperature	105 °C	
Fuel	Fibre 70%, Shell 30%	
Boiler Efficiency	75%	
High heating value	Fiber	2.700 kcal/kg
	Shell	4.000 kcal/kg



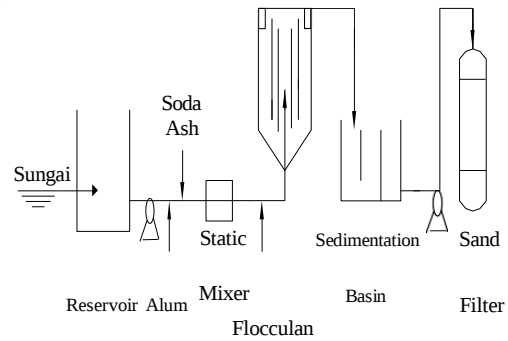
Gambar 4. *Boiler* PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir

B. Air Umpan Boiler

PT. Citra Sawit Lestari, air umpan untuk *boiler* akan diolah atau *ditreatment* atau dijernihkan dari TSS (*Total Suspended Solid*) dan TDS (*Total Disolved Solid*).

a. Penjernihan Air dari TSS (*Total Suspended Solid*)

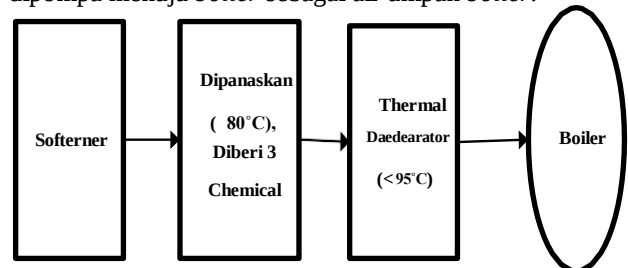
Air yang digunakan berasal dari sungai yang kemudian di tampung di *reservoir* (waduk). pH yang berada di waduk adalah 4,5-5,5. Setelah itu, air dipompa dan diinjeksi dengan soda ash untuk menaikkan PH sebesar 6,5-7,5. Setelah itu, air diinjeksi dengan alum yang bertujuan untuk membentuk TSS menjadi fluk. Setelah itu, air mengalir menuju *static mixer* yang bertujuan agar air tercampur dengan chemical. Kemudian, air diinjeksi dengan *fluccolant* yang bertujuan agar TSS dapat saling terikat. Setelah itu, air dipompa menuju *clarifier* yang mana di *clarifier* fluk-fluk TSS akan saling mengikat sehingga tidak ada TSS di air. Kemudian, air dipompa menuju *water basin* untuk ditampung sementara. Lalu air dipompa menuju *sand filter* untuk di saring TSS yang masih tersisa. Setelah itu air dipompa menuju *overhead tank* sebagai penampungan akhir.



Gambar 5. Skematik Penjernihan Air dari TSS (*Total Suspended Solid*)

b. Penjernihan Air dari TDS (*Total Disolved Solid*)

Air dari *over head tank* akan dipompa menuju *softener*, yang mana bertujuan untuk mengikat *hardness* berupa unsur CaCO_3 (*Calcium Carbonate*) dengan memberikan *chemical resin*. Setelah itu, air dipompa menuju *feed water tank* untuk dipanaskan dengan suhu $\pm 85^\circ\text{C}$. Hal ini bertujuan agar proses pembentukan steam lebih cepat. Kemudian, air dipompa menuju daederator yang mana air akan dipanaskan kembali dengan suhu $\pm 90^\circ\text{C}$. Hal ini bertujuan untuk mengurangi unsur O_2 (oksigen) dalam air. Setelah itu, air diberikan chemical yang meliputi injeksi alkaline yang bertujuan untuk menaikkan PH menjadi 10,5-11,5. Kemudian diberikan *chemical fosfat* dan *sulfit* yang bertujuan untuk membantu *hardness* agar mudah terlarut dan untuk mengikat O_2 (oksigen) yang masih tersisa di air. Dan akhirnya, air akan dipompa menuju *boiler* sebagai air umpan *boiler*.



Gambar 6. Skematik Penjernihan Air dari TDS (*Total Disolved Solid*)

Adapun parameter kontrol yang harus diperhatikan sebagai air umpan *boiler* adalah sebagai berikut.

Tabel III
Parameter Kontrol

PARAMETER		BOILER KONTROL
PH		10.5 – 11.5
TDS, ppm	, ppm	2.000 max
O-Alkalinity, ppm CaCO_3	, ppm CaCO_3	$2.5 \times \text{ppm SiO}_2$, min
Ortho- PO_4 residual	, ppm PO_4	30 – 70
Sulfite residual	, ppm SO_3	30 – 50
Silica	, ppm SiO_2	90, max
Total Iron	, ppm Fe	2, max
Total Hardness	, ppm CaCO_3	-
M-Alkalinity	, ppm CaCO_3	700, max

Sumber: PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir

C. Bahan Bakar Boiler

PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir mempunyai kapasitas pengolahan pabrik sebesar 30 ton TBS/jam. Untuk mendukung pengolahan tersebut, PT. Citra Sawit Lestari memiliki PLTU yang mempunyai kapasitas 1200 kW dan boiler advance 30 ton. Boiler advance 30 ton merupakan jenis boiler water tube. Berikut data boiler yang digunakan di PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir.



Gambar 7. Serabut (*Fibre*) Kelapa Sawit



Gambar 8. Cangkang (*Shell*) Kelapa Sawit

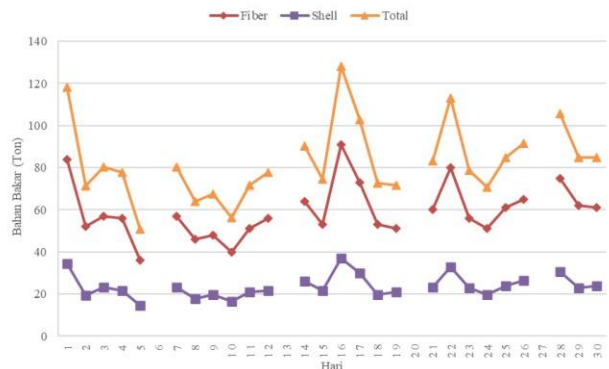
D. Hasil Pengukuran

1. Data Penggunaan Bahan Bakar

Tabel IV
Data Penggunaan Bahan Bakar Periode 1-30 September 2020

TGL	HM Boiler (Hour)	Pemakaian Fibre		Pemakaian Shell		Pemakaian Total	
		Ton	T/H	Ton	T/H	Ton	T/H
1	22	84	3,82	34	1,56	118	5,38
2	14	52	3,71	19	1,37	71	5,09
3	15	57	3,80	23	1,55	80	5,35
4	15	56	3,73	22	1,45	78	5,19
5	11	36	3,27	15	1,34	51	4,61
6	0						
7	15	57	3,80	23	1,55	80	5,35
8	13	46	3,54	18	1,38	64	4,91
9	13	48	3,69	20	1,51	68	5,20
10	12	40	3,33	16	1,36	56	4,69
11	14	51	3,64	21	1,49	72	5,13
12	15	56	3,73	22	1,45	78	5,19
13	0						

TGL	HM Boiler (Hour)	Pemakaian Fibre		Pemakaian Shell		Pemakaian Total	
		Ton	T/H	Ton			Ton
14	18	64	3,56	26	1,45	90	5,01
15	14	53	3,79	22	1,55	75	5,33
16	23	91	3,96	37	1,62	128	5,57
17	21	73	3,48	30	1,42	103	4,90
18	14	53	3,79	20	1,40	73	5,19
19	14	51	3,64	21	1,49	72	5,13
20	0						
21	17	60	3,53	23	1,37	83	4,90
22	22	80	3,64	33	1,50	113	5,14
23	15	56	3,73	23	1,52	79	5,26
24	14	51	3,64	20	1,42	71	5,06
25	17	61	3,59	24	1,40	85	4,98
26	19	65	3,42	27	1,40	92	4,82
27	0						
28	21	75	3,57	31	1,46	106	5,03
29	17	62	3,65	23	1,35	85	5,00
30	17	61	3,59	24	1,40	85	4,98
Total	422	1.539	94,64	615	38	2.154	132
Rata-Rata	16	59	3,64	24	1,45	83	5,10



Gambar 9. Grafik Penggunaan Bahan Bakar Selama 1 Bulan

Penggunaan bahan bakar selama 1 bulan periode 1-30 September 2020 jumlah keseluruhan penggunaan bahan bakar sebesar 2.154 ton dengan komposisi 1.539 ton *fiber* dan 615 ton *shell* selama 422 jam yang setiap hari Minggu tidak beroperasi (*off duty*). Penggunaan bahan bakar paling kecil terjadi pada tanggal 5 September 2020 sebesar 36 ton *fiber* dan 15 ton *shell* dengan total keseluruhan sebesar 51 ton selama 11 jam. Penggunaan bahan bakar paling besar terjadi pada tanggal 16 September 2020 sebesar 91 ton *fiber* dan 37 ton *shell* dengan total keseluruhan sebesar 128 ton selama 23 jam. Yang berarti laju penggunaan bahan bakar terkecil adalah 3,27 ton/jam *fiber* dan 1,34 ton/jam

shell dengan total laju keseluruhan sebesar 4,61 ton/jam. Dan laju penggunaan bahan bakar terbesar adalah 3,96 ton/jam *fiber* dan 1,62 ton/jam *shell* dengan total laju keseluruhan sebesar 5,57 ton/jam. Rata-rata penggunaan bahan bakar selama 1 bulan adalah 83 ton dengan 59 ton *fiber* dan 24 ton *shell* selama 16 jam sehingga rata-rata laju penggunaan bahan bakar adalah 5,10 ton/jam dengan 3,64 ton/jam *fiber* dan 1,45 ton/jam *shell*.

Nilai persentase diperoleh dari hasil pengukuran penggunaan bahan bakar *fiber* dan *shell* menggunakan persamaan (1)

$$\begin{aligned}\text{Persentase Serabut} &= \frac{f}{N} \times 100\% \\ &= \frac{3.640 \text{ ton/jam}}{(3.640+1.450) \text{ ton/jam}} \times 100\% \\ &= 71\% \\ \text{Persentase Cangkang} &= \frac{f}{N} \times 100\% \\ &= \frac{1.450 \text{ ton/jam}}{(3.640 + 1.450) \text{ ton/jam}} \times 100\% \\ &= 29\%\end{aligned}$$

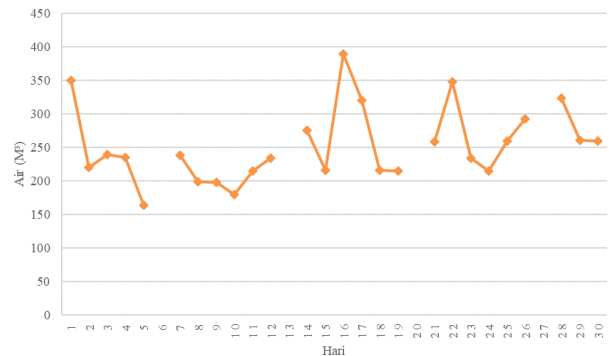
Nilai persentase penggunaan bahan bakar pada boiler PT. Citra Sawit Lesatari adalah 71% serabut (*fiber*) dan 29% cangkang (*shell*), maka perbandingan antara serabut (*fiber*) dan cangkang (*shell*) adalah 71%:29%.

2. Data Penggunaan Air Umpan

Tabel V
Data Penggunaan Air Umpan Periode 1-30 September 2020

TGL	HM Boiler (Hour)	Pemakaian Air (m ³)	Water Flow (T/H)
1	22	350	15,91
2	14	220	15,71
3	15	239	15,93
4	15	235	15,67
5	11	164	14,91
6	0		
7	15	238	15,87
8	13	199	15,31
9	13	198	15,23
10	12	180	15,00
11	14	215	15,36
12	15	234	15,60
13	0		
14	18	275	15,28
15	14	216	15,43
16	23	389	16,91
17	21	320	15,24
18	14	216	15,43
19	14	215	15,36
20	0		
21	17	258	15,18
22	22	348	15,82
23	15	234	15,60
24	14	215	15,36

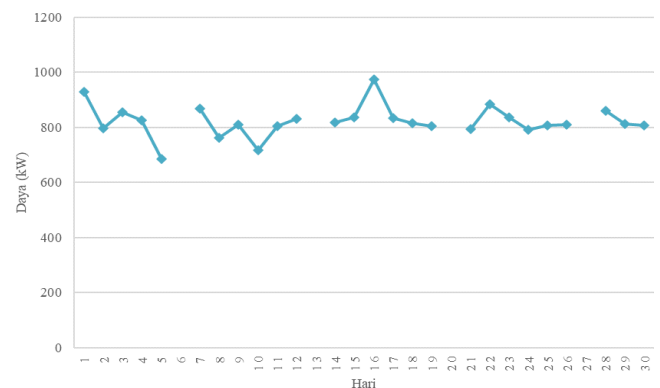
TGL	HM Boiler (Hour)	Pemakaian Air (m ³)	Water Flow (T/H)
25	17	260	15,29
26	19	292	15,37
27	0		
28	21	323	15,38
29	17	261	15,35
30	17	260	15,29
Total	422	6.554	403
Rata - Rata	16	252	15,50



Gambar 10. Grafik Penggunaan Air Umpan Selama 1 Bulan

Penggunaan air umpan selama 1 bulan periode 1-30 September 2020 jumlah keseluruhan penggunaan air umpan sebesar 6.554 m³ selama 422 jam yang setiap hari Minggu tidak beroperasi (*off duty*). Penggunaan air umpan paling kecil terjadi pada tanggal 5 September 2020 sebesar 164 m³ selama 11 jam. Penggunaan air umpan paling besar terjadi pada tanggal 16 September 2020 sebesar 389 m³ selama 23 jam. Yang berarti laju penggunaan air umpan terkecil adalah 14,91 ton/jam. Dan laju penggunaan air umpan terbesar adalah 16,91 ton/jam. Rata-rata penggunaan air umpan selama 1 bulan adalah 252 m³ selama 16 jam sehingga rata-rata laju penggunaan air umpan adalah 15,50 ton/jam.

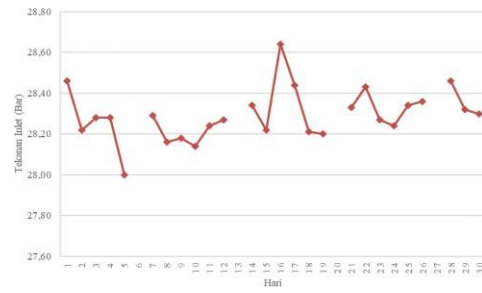
3. Data Output Generator-Turbin



Gambar 11. Grafik Daya yang Dibangkitkan Selama 1 Bulan



Gambar 12. Grafik Rotor Speed Selama 1 Bulan



Gambar 13. Grafik Tekanan Inlet Selama 1 Bulan



Gambar 14. Grafik Load Limit Selama 1 Bulan

Tabel VI
Data Output Generator Turbin

TGL	Ampere			Frekuensi (Hz)	Faktor Daya (Cosphi)	Daya (Kw)	Tegangan (Volt)	Rotor Speed	Load Limit	Tekanan Inlet (Bar)
	R	S	T							
1	1313	1294	1334	50	0,9	929	380	1487	46%	28,46
2	1164	1145	1184	50	0,9	796	380	1471	40%	28,22
3	1233	1254	1274	50	0,9	856	380	1474	41%	28,28
4	1205	1188	1228	50	0,9	826	380	1474	41%	28,28
5	1020	1011	1015	50	0,9	686	380	1468	37%	28,00
6										
7	1266	1246	1292	50	0,9	869	380	1474	41%	28,29
8	1107	1087	1133	50	0,9	762	380	1470	38%	28,16
9	1157	1177	1203	50	0,9	809	380	1470	39%	28,18
10	1042	1022	1068	50	0,9	718	380	1469	38%	28,14
11	1176	1196	1156	50	0,9	804	380	1471	40%	28,24
12	1214	1238	1198	49	0,9	832	380	1473	41%	28,27
13										
14	1194	1177	1217	50	0,9	818	380	1478	42%	28,34
15	1222	1205	1245	50	0,9	837	380	1472	40%	28,22
16	1340	1363	1383	50	0,9	974	380	1488	47%	28,64
17	1218	1201	1241	49	0,9	834	380	1484	45%	28,44
18	1170	1191	1211	50	0,9	814	380	1472	40%	28,21
19	1173	1156	1196	50	0,9	804	380	1471	40%	28,20
20										
21	1180	1160	1140	50	0,9	793	380	1475	42%	28,33
22	1276	1296	1317	50	0,9	886	380	1486	45%	28,43
23	1204	1224	1245	49	0,9	837	380	1474	41%	28,27
24	1138	1157	1178	50	0,9	792	380	1471	40%	28,24
25	1160	1180	1201	50	0,9	808	380	1476	42%	28,34
26	1163	1184	1204	49	0,9	810	380	1482	43%	28,36
27										
28	1259	1239	1279	50	0,9	860	380	1485	46%	28,46
29	1188	1168	1208	50	0,9	812	380	1476	42%	28,32
30	1181	1161	1201	50	0,9	808	380	1476	42%	28,30
Rata-Rata	1191	1189	1214	50	0,9	823	380	1476	41%	28,29

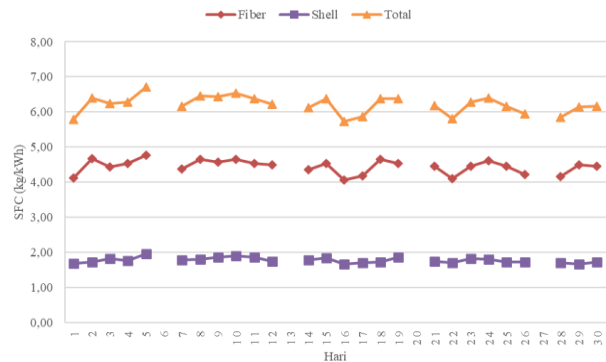
Output generator-turbin selama 1 bulan periode 1-30 September 2020 dengan setiap hari Minggu libur (*off duty*), output generator-turbin paling kecil terjadi pada tanggal 5 September 2020 dengan daya yang dibangkitkan sebesar 686 kW, tegangan 380 volt, arus 1.020 ampere, frekuensi 50 Hz dan cos phi 0,9. Tekanan inlet yang masuk sebesar 28 bar dengan rotor speed sebesar 1468 rpm dan load limit sebesar 37%. Output generator-turbin paling besar terjadi pada tanggal 16 September 2020 dengan daya yang dibangkitkan sebesar 974 kW, tegangan 380 volt, arus 1.383 ampere, frekuensi 50 Hz dan cos phi 0,9. Tekanan inlet yang masuk sebesar 28,64 bar dengan rotor speed sebesar 1488 rpm dan load limit sebesar 46%. Rata-rata output generator-turbin selama 1 bulan adalah daya yang dibangkitkan sebesar 823 kW, tegangan 380 volt, arus 1.218 ampere, frekuensi 50 Hz dan cos phi 0,9. Tekanan inlet yang masuk sebesar 28,29 bar dengan rotor speed sebesar 1476 rpm dan load limit sebesar 41%.

E. Perhitungan *Specific Fuel Consumption* (SFC)

Nilai *specific fuel consumption* (SFC) diperoleh dari hasil perhitungan nilai laju penggunaan bahan bakar dan nilai daya yang dibangkitkan menggunakan persamaan 5 halaman 3.

Tabel VII
Data Hasil Perhitungan *Specific Fuel Consumption* (SFC)

TGL	SFC (kg/kWh)		
	<i>Fiber</i>	<i>Shell</i>	Total
1	4,11	1,68	5,79
2	4,66	1,73	6,39
3	4,44	1,81	6,25
4	4,52	1,76	6,28
5	4,77	1,95	6,72
7	4,37	1,79	6,16
8	4,64	1,81	6,45
9	4,57	1,86	6,43
10	4,64	1,90	6,54
11	4,53	1,85	6,38
12	4,49	1,74	6,23
14	4,35	1,77	6,12
15	4,52	1,85	6,37
16	4,06	1,66	5,72
17	4,17	1,70	5,87
18	4,65	1,72	6,37
19	4,53	1,85	6,38
21	4,45	1,73	6,18
22	4,11	1,69	5,80
23	4,46	1,82	6,28
24	4,60	1,79	6,39
25	4,44	1,73	6,17
26	4,22	1,73	5,95
28	4,15	1,70	5,85
29	4,49	1,66	6,15
30	4,44	1,73	6,17
Rata-Rata	4,44	1,77	6,21



Gambar 15. Grafik *Specific Fuel Consumption* (SFC) Selama 1 Bulan

Perhitungan SFC selama 1 bulan periode 1-30 September 2020 dengan setiap hari Minggu libur (*off dut*), nilai SFC paling kecil terjadi pada tanggal 16 September 2020 sebesar 5,72 kg/kWh dengan 4,06 kg/kWh untuk *fiber* dan 1,66 kg/kWh untuk *shell*. Nilai SFC paling besar terjadi pada tanggal 5 September 2020 sebesar 6,72 kg/kWh dengan 4,77 kg/kWh untuk *fiber* dan 1,95 kg/kWh untuk *shell*. Rata-rata nilai SFC selama 1 bulan adalah sebesar 6,21 kg/kWh dengan 4,44 kg/kWh untuk *fiber* dan 1,77 kg/kWh untuk *shell*. Hasil ini berbanding terbalik dengan nilai penggunaan bahan bakar, air umpan, dan output generator-turbin yang mana nilai paling besar terjadi pada tanggal 16 September 2020 dan nilai terkecil terjadi pada tanggal 5 September 2020. Hal ini berarti semakin besar penggunaan bahan bakar, air umpan dan output generator-turbin maka nilai SFC semakin kecil.

Dari data di atas didapatkan hubungan ketika ketersediaan produksi kelapa sawit meningkat maka boiler beroperasi semakin lama sehingga penggunaan bahan bakar dan air umpan semakin meningkat yang menghasilkan tekanan inlet yang besar untuk meningkatkan putaran rotor maka daya yang dihasilkan semakin besar, namun konsumsi spesifik bahan bakar semakin menurun yang berarti pembakaran sudah baik dan sesuai dengan kebutuhan sehingga tidak mengalami pemborosan bahan bakar. Namun jika ketersediaan produksi kelapa sawit menurun maka yang terjadi adalah sebaliknya.

F. Perhitungan *Potensi Daya yang Dihasilkan Serabut dan Cangkang Sawit*

Potensi daya yang dihasilkan cangkang dan serabut sawit diperoleh dari hasil perhitungan jumlah serabut dan cangkang sawit dari TBS dengan jumlah serabut dan cangkang sawit yang dibutuhkan untuk membangkitkan 1 kW menggunakan persamaan (2) – (4).

Tabel VIII
Data Produksi Kelapa Sawit PT. Citra Sawit Lestari

Tanggal	Produksi Kelapa Sawit per Hari (Ton)
1-Sep-20	660
2-Sep-20	420
3-Sep-20	450
4-Sep-20	450
5-Sep-20	330

Tanggal	Produksi Kelapa Sawit per Hari (Ton)
6-Sep-20	0
7-Sep-20	450
8-Sep-20	390
9-Sep-20	390
10-Sep-20	360
11-Sep-20	420
12-Sep-20	450
13-Sep-20	0
14-Sep-20	540
15-Sep-20	420
16-Sep-20	690
17-Sep-20	630
18-Sep-20	420
19-Sep-20	420
20-Sep-20	0
21-Sep-20	510
22-Sep-20	660
23-Sep-20	450
24-Sep-20	420
25-Sep-20	510
26-Sep-20	570
27-Sep-20	0
28-Sep-20	630
29-Sep-20	510
30-Sep-20	510
Total	12.660

Dari Tabel VIII jumlah produksi kelapa sawit pada periode 1-30 September 2020 sebesar 12.660 ton/bulan atau 12.660.000 kg/bulan. PT. Citra Sawit Lestari menggunakan persentase TBS terhadap bahan bakar sebesar 14% serabut (*fiber*) dan 6% cangkang (*shell*), maka didapatkan jumlah serabut dan cangkang selama sebulan sebagai berikut.

Hasil serabut = $14\% \times 12.660.000 \text{ kg/bulan}$
 selama sebulan = 1.772.400 kg/bulan

Hasil cangkang = $6\% \times 12.660.000 \text{ kg/bulan}$
 selama sebulan = 759.600 kg/bulan

Dari Tabel VII perhitungan SFC, rata-rata nilai SFC selama 1 bulan adalah sebesar 6,21 kg/kWh dengan 4,44 kg/kWh untuk *fiber* dan 1,77 kg/kWh untuk *shell*. Yang berarti untuk menghasilkan daya 1 kW jika menggunakan serabut maka dibutuhkan serabut sebanyak 4,44 kg dan jika menggunakan cangkang dibutuhkan sebanyak 1,77 kg cangkang. Maka besar potensi daya yang dihasilkan selama sebulan adalah sebagai berikut.

Potensi daya yang dihasilkan serabut selama sebulan = $\frac{\text{Jumlah serabut sawit dari TBS}}{\text{Jumlahserabut sawit yang dibutuhkan/kw}}$
 $= \frac{1.772.400}{4,44}$
 $= 399.189,19 \text{ kW/bulan}$
 $= 399,19 \text{ MW/bulan}$
 Potensi daya yang dihasilkan cangkang selama sebulan = $\frac{\text{Jumlah cangkang sawit dari TBS}}{\text{Jumlahserabut sawit yang dibutuhkan/kw}}$
 $= \frac{759.600}{1,77}$
 $= 429.152,54 \text{ kW/bulan}$

$$= 429,15 \text{ MW/bulan}$$

Potensi daya yang dihasilkan serabut dan cangkang sawit per jam adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Potensi daya yang dihasilkan serabut selama sejam} &= \frac{399,19}{720} \\ &= 0,554 \text{ MW/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potensi daya yang dihasilkan cangkang selama sejam} &= \frac{429,15}{720} \\ &= 0,596 \text{ MW/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total daya yang dihasilkan} &= \text{dayayangdihasilkanserabut+cangkang} \\ &= 0,554 + 0,596 \\ &= 1,15 \text{ MW/jam} \end{aligned}$$

Potensi daya yang bisa digunakan PT. Citra Sawit Lestari untuk memenuhi kebutuhan listrik PKS perjam adalah 1,15 MW.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dengan melakukan pengumpulan data yang kemudian melakukan analisa dan perhitungan maka rata-rata bahan bakar yang digunakan pada *boiler advance* 30 Ton PT. Citra Sawit Lestari Tanjung Palas Hilir per jamnya adalah 5.100 kg dengan komposisi 71% (3.640 kg) serabut (*fiber*) dan 29% (1.460 kg) cangkang (*shell*), rata-rata air umpan yang digunakan per jamnya adalah 15.500 kg, rata-rata daya listrik yang dibangkitkan adalah 823 kW dan nilai konsumsi spesifik bahan bakar untuk membangkitkan 1 kWh adalah 6,21 kg dengan komposisi 4,44 kg kg serabut (*fiber*) dan 1,77 kg cangkang (*shell*). Potensi daya yang dihasilkan *fiber* dan *shell* untuk memenuhi kebutuhan listrik PKS PT. Citra Sawit Lestari perjam adalah 1,15 MW.

REFERENSI

- [1] Rahardja, B., dkk, (2022). *Water Tube Boiler Pabrik KelapaSawit Kapasitas 45 Ton/Jam*, Bekasi: Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi.
- [2] Fatimura, M. (2015). Tinjauan Teoritis Permasalahan *Boiler Feed Water* Pada Pengoperasian *Boiler* Yang Dipergunakan Dalam Industri. *JURNAL MEDIA TEKNIK*, Volume 12.
- [3] Hartono, L. B. dkk. (2020). Analisa Teknis dan Biaya Penggunaan Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit dan Batu Bara pada Boiler DZL4 di PT. Lautan Luas Tbk. *Jurnal Teknik Mesin*, Volume 4.
- [4] Ginanjar, T., J., Suryani Lubis, . G. & M. Simanjuntak, Y., (2019). *Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Dengan Melakukan Uji Kalori Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Sentosa Prima Agro*. Pontianak: Universitas Tanjungpura Pontianak.
- [5] Yatno. (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap Guna Memenuhi Kebutuhan Energi Listrik Pada Proses Pengolahan Kelapa Sawit Di (PKS) PTPN IV Unit Usaha Adolina*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [6] Azahrah, F. R. dkk. (2021). Keterlaksanaan Pembelajaran Bola Voli Secara Daring Pada SMA Kelas X Se-Kecamatan Majalaya. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Volume7.
- [7] Monasari, R. dkk. (2021). *Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Campuran Bahan Bakar Bensin-*

- Bioethanol Terhadap Specific Fuel Consumption*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [8] Erhaneli & Syawal, W. A., (2017). Pemanfaatan Cangkang Dan Serabut Sawit Sebagai Bahan Bakar Pada PLTU Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Masyarakat Kabupaten Bungo. *Jurnal Momentum*, Volume 19.
 - [9] Erivianto, D. dkk. (2016). Penggunaan Limbah Padat Kelapa Sawit Untuk Menghasilkan Tenaga Listrik Pada Existing Boiler. *Sainstech*, Volume 26.
 - [10] Klistafani, Y. dkk. (2021). Rancang Bangun Sistem Pengolahan Air Umpan Boiler Untuk Pengembangan Praktikum Sistem Pembangkit II. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
 - [11] Manggala, A. dkk. (2020). *Pengaruh Level Ketinggian Air Terhadap Saturated Steam Pada Cross Section Water Tube Boiler Menggunakan Bahan Bakar Gas Dan Solar*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
 - [12] Parinduri, L. & Arfah, M., (2019). *Pendekatan Energi Dalam Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit Studi Kasus PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Adolina*. Medan: Universitas Islam Sumatera Utara.
 - [13] Sugiharto, A. (2016). *Tinjauan Teknis Pengoperasian Dan Pemeliharaan Boiler*. Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas.
 - [14] Siswanto, J. E. (2020). *Analisis Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Boiler dengan Menggunakan Variasi Campuran Antara Fiber dan Cangkang Buah Sawit*. Jambi: Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STITEKNAS).