

ANALISIS NILAI KALOR BAHAN BAKAR LIMBAH PADAT *FIBRE DAN SHELL* KELAPA SAWIT DI PT. BUANA KARYA BHAKTI KALIMANTAN SELATAN

(ANALYSIS VALUE FUEL OF SOLID WASTE SHELL AND FIBRE OF PALM IN PT. BUANA KARYA BHAKTI SOUTH KALIMANTAN)

Rachmat Subagyo¹, I Wayan Wawan Mariki¹, Rudi Siswanto²

¹Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani Km-36, Banjarbaru, 70724

²Akademi Teknik Pembangunan Nasional

Jl. Ir. PM. Noor No.10, Banjarbaru, 70724

rachmat_subagyo@ymail.com

Abstrak

Industri pengolahan kelapa sawit memerlukan sejumlah energi yang besar untuk mengolah kelapa sawit menjadi CPO (Crude Palm Oil). Energi tersebut dibangkitkan dengan ketel uap (boiler), dengan cara membakar bahan bakar untuk memanaskan air menjadi uap selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut, dengan memanfaatkan limbah padat kelapa sawit yang mempunyai potensi energi (renewable energy) sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil.

Potensi energi yang bisa dimanfaatkan dari limbah kelapa sawit berasal dari serabut (fibre) dan cangkang (shell). Penelitian ini dilakukan dengan cara memformulasikan berbagai variasi komposisi antara Fibre dan shell, dengan tujuan mengetahui nilai kalor (GCV) paling optimum. Variasi komposisi fibre dan shell diuji menggunakan alat uji yaitu Bomb Kalorimeter di laboratorium.

Sampel penelitian diperoleh dari PT. Buana Karya Bhakti Kabupaten Kotabaru Propinsi Kalimantan Selatan, dengan variasi komposisi antara fibre dan shell diperoleh hasil sebagai berikut :

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Tanpa campuran (fibre = 100 %) | nilai GCV = 4502,983 kcal/kg |
| 2. Tanpa campuran (shell = 100 %) | nilai GCV = 4710,477 kcal/kg |
| 3. Komposisi shell (20 %) dengan fibre (80 %) | nilai GCV = 4545,588 kcal/kg |
| 4. Komposisi shell (40 %) dengan fibre (60 %) | nilai GCV = 4566,864 kcal/kg |
| 5. Komposisi shell (50 %) dengan fibre (50 %) | nilai GCV = 4605,119 kcal/kg |
| 6. Komposisi shell (60 %) dengan fibre (40 %) | nilai GCV = 4627,473 kcal/kg |
| 7. Komposisi shell (80 %) dengan fibre (20 %) | nilai GCV = 4642,783 kcal/kg |

Hasil produksi limbah padat kelapa sawit yang dihasilkan oleh PT. Buana Karya Bhakti terdiri 75% berat fibre dan 25% berat shell. Sehingga penentuan nilai GCV paling optimum tidak berdasarkan nilai GCV tertinggi, akan tetapi didasarkan pada prosentasi produksi fibre dan shell yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis uji kalori dan dihubungkan dengan hasil produksi fibre dan shell, menunjukkan bahwa nilai kalor paling optimum diperoleh dari komposisi 80 % fibre dan 20 % shell, dengan nilai GCV (Gross Calorific Value) 4545,588 Kcal/kg. Dengan diperoleh komposisi optimum tersebut diharapkan penggunaan campuran bahan bakar alternatif dari fibre dan shell menjadi seimbang.

Kata Kunci : Kelapa sawit, bahan bakar alternatif, shell dan fibre, GCV, PT. Buana Karya Bhakti

1. PENDAHULUAN

Pohon kelapa sawit menghasilkan buah sawit yang terkumpul di dalam satu tandan, oleh karena itu sering disebut dengan istilah TBS (Tandan Buah Segar). Sawit yang sudah berproduksi optimal dapat menghasilkan TBS dengan berat antara 15-30 kg/tandan. Tandan-tandan inilah yang kemudian diangkut ke pabrik untuk diolah lebih lanjut menghasilkan minyak sawit. Produksi utama pabrik sawit adalah CPO (crude palm oil) dan minyak inti sawit. CPO diekstrak dari sabutnya, yaitu bagian antara

kulit dengan cangkangnya. Sedangkan dari daging buahnya akan menghasilkan minyak inti sawit. Selain CPO pengolahan ini juga menghasilkan limbah/produk samping, antara lain: limbah cair (*POME=Palm Oil Mill Effluent*), cangkang sawit (shell), sabut (fibre), dan tandan kosong kelapa sawit. Berbagai jenis limbah kelapa sawit sebagaimana gambar 1.



Gambar. 1 Jenis limbah kelapa sawit

Energi merupakan kebutuhan utama dalam industry pengolahan kelapa sawit, karena untuk menhasilkan buah kelapa sawit menjadi CPO (Crude Palm Oil), diperlukan energy (panas) dalam jumlah yang besar. PT. Buana Karya Bhakti memanfaatkan limbah padat berupa campuran Fibre dan shell digunakan sebagai bahan bakar pada boiler. Produksi limbah yang dihasilkan adalah 75 % fibre dan 25% shell.

Fibre dan shell digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk memanaskan air menjadi uap di ketel uap (boiler). Uap dari boiler dimanfaatkan untuk merebus TBS dan membangkitkan energi listrik yang diperlukan untuk pengolahan minyak sawit, mesin-mesin dan peralatan pabrik, kantor dan perumahan pegawai serta kebutuhan listrik dan penerangan lainnya dilingkungan perkebunan.

PT. Buana Karya Bhakti menggunakan boiler pipa air jenis Vikers Hoskins, terdiri 2 unit boiler dimana uap (steam) yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai berikut ; produksi uap 18 T/jam untuk PKS kapasitas 30 T/jam dan produksi uap 35 T/jam untuk PKS kapasitas 60 T/jam.

Limbah padat sawit (fibre dan shell) mempunyai potensi energi yang cukup besar. Pemanfaatan limbah padat sawit sebagai energy alternative pengganti bahan bakar fosil sangat membantu program pemerintah dalam mengatasi krisis BBM serta program konservasi dan diversifikasi energi. Limbah sawit merupakan energi biomas, yaitu energy baru dan terbarukan (renewable energy). Gambar 2.1. memperlihatkan skema pemanfaatan sabut (fibre) dan cangkang (shell) sebagai bahan bakar boiler.

Komposisi campuran antara fibre dan shell yang digunakan di PT. Buana Karya Bhakti hanya berdasarkan banyaknya produksi fibre dan shell yaitu (75% dan 25%). Sehingga belum diketahui berapa nilai GCV optimum dari komposisi campuran tersebut, untuk itu diperlukan penelitian dengan cara memformulasikan berbagai komposisi, untuk

mengetahui berapa nilai GCV paling optimum dari komposisi campuran antara fibre dan shell tersebut.

Beberapa parameter yang akan digunakan untuk menguji nilai kalor bahan bakar dapat ditentukan dengan analisa sebagai berikut :

1. Analisa Proksimat

Analisis *proximate* hanya menganalisis *fixed carbon*, bahan yang mudah menguap, kadar air, dan persen abu. Analisis *proximate* dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana.

2. Analisa Ultimate

Analisis *ultimate* menganalisis seluruh elemen komponen bahan bakar berupa Serabut (*fibre*) dan Cangkang (*shell*) yaitu komponen padat atau gas yang terdiri atas analisa untuk unsur-unsur : Karbon, Hidrogen, Oksigen, Nitrogen, dan Sulfur.

Rumus untuk menghitung kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor, kadar nitrogen, kadar sulfur adalah sebagai berikut:

a. Kadar Air

Kadar air mempengaruhi jumlah pemakaian udara primer pada bahan bakar, dengan kadar air tinggi akan membutuhkan udara primer lebih banyak guna mengeringkan bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*).

$$\text{Rumus kadar air} = \frac{B-A}{B-A} \times 100 \%$$

Dimana :

A = wadah kosong ditimbang dicatat nilai berat nya sebagai berat wadah sampel (gr).

B = berat wadah kosong ditambah sampel (gr).

C = berat sampel setelah di open furnace sebagai berat kering (gr).

b. Kadar Abu

Kadar abu akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dalam bentuk abu terbang atau abu dasar. Semakin tinggi kadar abu akan mempengaruhi tingkat pengotoran, keausan dan korosi peralatan.

$$\text{Rumus kadar abu} = \frac{C-A}{B-A} \times 100 \%$$

Dimana :

A = wadah kosong ditimbang dicatat nilai berat nya sebagai berat wadah sampel (gr).

B = berat wadah kosong ditambah sampel (gr).

C = berat sampel setelah di open furnace sebagai berat kering (gr).

c. Kadar Zat Terbang

Kandungan zat terbang sangat erat kaitannya dengan kelas bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang memiliki bahan mudah

menguap dalam bahan bakar. Kandungan bahan bakar bentuk gas yang mudah menguap didalam bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) adalah:

1. Berbanding lurus dengan peningkatan panjang nyala api, dan membantu dalam memudahkan penyalaan serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*).
2. Mempengaruhi kebutuhan udara sekunder dan aspek-aspek distribusi, mempengaruhi nilai kandungan serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*).

$$\text{Kadar zat terbang} = \left(\frac{B-C}{B-A} \times 100\% \right) - \text{Kadar air}$$

Dimana :

A = wadah kosong ditimbang dicatat nilai berat nya sebagai berat wadah sampel (gr).

B = berat wadah kosong ditambah sampel (gr).

C = berat sampel setelah di open furnace sebagai berat kering (gr).

d. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan sebagai nilai kalor air dried *gross calorific value*, nilai kalor yang dimanfaatkan adalah *nett calorific value dry basis*, dapat dihitung dengan kadar total air nilai kalor yang dimanfaatkan pada pembakaran. Nilai kalor GCV dry-basis dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Rumus GCV dry basis} = \text{GCV adb} \times \frac{100}{100 - M_{\text{air}}}$$

Dimana :

Gross calorific value (GCV) dry basis = hasil kering kalori Kcal/kg

Gross valorific value (GVC) air-dry basis = hasil basah kalori Kcal/kg

M_{air} = moisture total

(James G. Speight: 2004: 10)

e. Kadar Nitrogen

Gas nitrogen monoksida memiliki sifat tidak berwarna. Keberadaan gas nitrogen monoksida di udara disebabkan karena gas nitrogen ikut terbakar bersama dengan oksigen yang terjadi pada suhu tinggi.

$$\text{Kadar nitrogen} = \frac{(V_1 - V_2) n \times 0,04 \times 100}{W}$$

Dimana:

V_1 = ml H_2SO_4 larutan

V_2 = ml H_2SO_4 larutan untuk blanko

n = normal liter H_2SO_4

W = bobot sampel (gr)

f. Kadar Sulfur

Kadar sulfur berpengaruh terhadap tingkat korosi yang terjadi pada elemen pemanas udara. Untuk menghitung kadar sulfur tersebut dapat dgunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ S} = \frac{13,74 (m_2 - m_3) + 0,0080}{M_1}$$

Dimana :

M_1 = berat sampel (gr)

m_2 = berat Ba SO_4 (gr)

m_3 = berat + Ba SO_4 (gr)

2. METODE PENELITIAN

a. Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Cangkan dan sabut dikeringkan dengan sinar matahari sampai kering, kemudian ditumbuk sampai halus, selanjutnya diayak dengan tingkat kehalusan 60 mesh, kemudian sampel diuji di laboratorium untuk mengetahui kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar sulfur, kadar kalori, dan kadar nitrogen.

b. Bahan penelitian

Bahan untuk penelitian adalah limbah padat kelapa sawit yaitu sabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang diambil dari PT. Karya Buana Bhakti di Kotabaru Kalimantan Selatan.

c. Peralatan

Peralatan yang digunakan :

- Timbangan digital
- Ayakan (1 set)
- Open furnace
- Peralatan Uji Lab. Kandungan Air
- Peralatan Uji Lab. Kandungan abu
- Peralatan Uji Lab. Kandungan zat terbang
- Peralatan Uji Lab. Kandungan Kalori (Bomb Kalorimeter)
- Peralatan Uji Lab. Kandungan sulfur
- Peralatan Uji Lab. Kandungan nitrogen



Gambar. 2 Ayakan sampel (60 mesh)



Gambar. 3 Timbangan digital



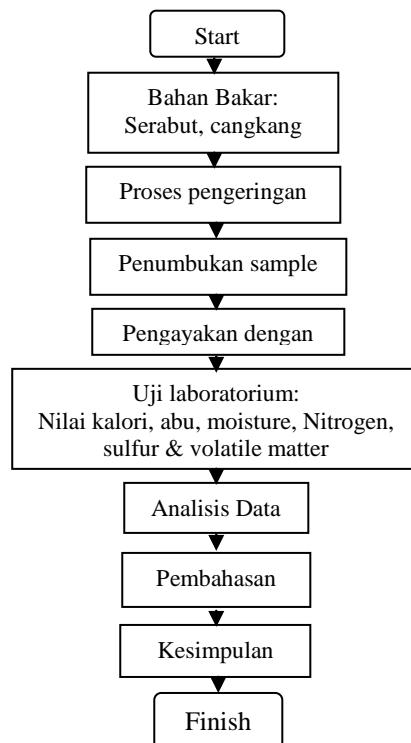
Gambar. 4 Cawan sampel



Gambar. 5 Furnace



Gambar. 6 Bomb kalorimatter

d. Diagram Alir Penelitian**e. Data Hasil Pengujian**

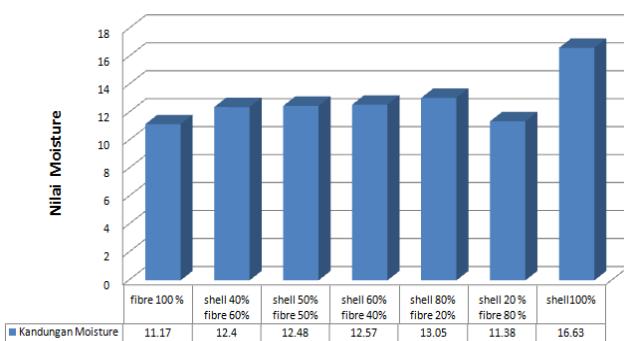
Tabel 1. Hasil pengujian

No.	Komposisi (%)	Analisa Proksimat				Ultimate		Nilai kalori GCV Kcal/gram
		Moisture %	Ash%	Volatile matter%	Fixed carbon%	N%	S%	
1.	Fibre 100%	11,17	7,49	64,87	16,47	1,06	4,77	4502,983
2.	Shell 100%	16,63	11,88	56,18	15,31	0,62	4,53	4710,477
3.	Shell 80, fibre 20	11,38	9,36	64,33	14,93	0,70	4,97	4545,588
4.	Shell 60, Fibre 40	12,40	10,40	64,30	12,90	0,79	12,22	4566,864
5.	Shell 50, Fibre 50	12,48	11,18	62,97	13,37	0,86	9,86	4605,119
6.	Shell 40, Fibre 60	12,57	11,25	62,54	13,64	0,89	11,52	4627,473
7.	Shell 20, Fibre 80	13,05	11,50	62,06	13,39	0,97	11,27	4642,783

Sumber: Hasil Penelitian

3. PEMBAHASAN

a. Analisis Kandungan Moisture

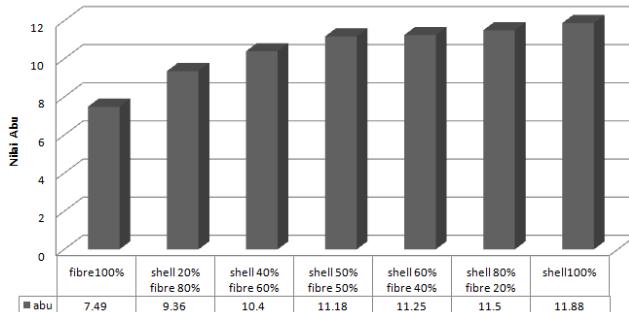


Grafik. 1 Kandungan moisture

Untuk kandungan moisture pada bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah diujikan dengan alat oven furnace dengan suhu 105 °C maka dapat hasil kandungan *fibre* 100 % = 11,17 % dan *shell* = 16,63 %, dapat disimpulkan bahwa kandungan moisture pada *fibre* lebih rendah dibandingkan dengan kandungan moisture pada *shell*. Pada grafik untuk kandungan moisture nilai tertinggi pada komposisi bahan bakar *shell* 80% dan *fibre* 20 % = 13,05 % dan untuk kandungan moisture yang rendah pada komposisi bahan bakar *shell* 20 % dan *fibre* 80 % = 11,38 %.

Antara bahan bakar *fibre* dan *shell* yang memiliki kandungan moisture lebih rendah adalah pada bahan bakar *fibre*, pada grafik dapat dibaca lebih mengarah pada *fibre*. Pada saat pengujian komposisi bahan bakar *fibre* lebih cepat kering dalam proses pengeringannya dibandingkan dengan *shell*. semakin tinggi campuran *fibre* maka kandungan moisture pada komposisi mendekati nilai *fibre* 100 % sedangkan semakin tinggi campuran *shell* maka kandungan moisture pada komposisi mendekati nilai *shell* 100 %.

b. Analisis Kandungan Abu



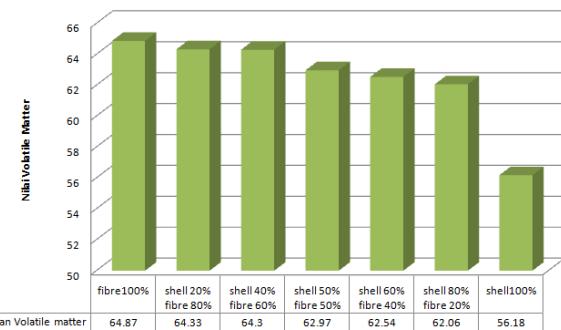
Grafik. 2 Kandungan abu

Untuk kandungan ash dari bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah diujikan dengan menggunakan alat furnace dengan suhu 750 °C maka hasil kandungan bahan bakar *fibre* 100 % = 7,49 % dan *shell* = 11,88 %, pada grafik dapat dilihat nilai kandungan abu yang tertinggi pada komposisi campuran *shell* 80% dan *fibre* 20 % = 11,50 %

sedangkan kandungan abu yang terendah pada bahan bakar komposisi *shell* 20 % dan *fibre* 80 % = 9,36 %,

Maka hasil yang telah diujikan dan pada grafik nilai kandungan abu lebih mengarah ke nilai *shell* karena *shell* lebih berat dibandingkan dengan *fibre*, pada bahan *fibre* memiliki kandungan abu yang ringan dan halus dibandingkan dengan *shell*, pada pengujian komposisi semakin tinggi komposisi *fibre* maka hasil kandungan abu pada komposisi mendekati nilai *fibre* 100 % sedangkan pengkomposisian semakin tinggi komposisi *shell* maka hasil kandungan abu pada komposisi mendekati nilai *shell* 100 %.

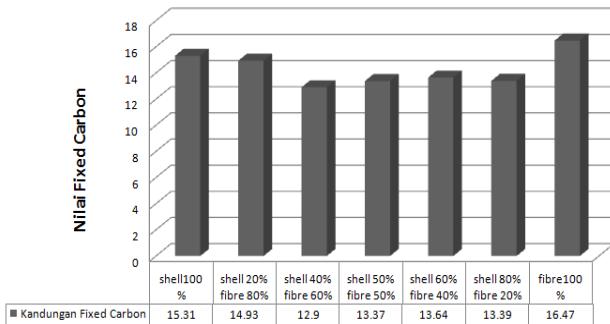
c. Analisis Kandungan Volatile Matter



Grafik . 3 Kandungan volatile matter

Untuk volatile matter dari bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah diujikan dengan menggunakan alat furnace dengan suhu 900 °C maka dapat hasil pengujian untuk kandungan *fibre* 100 % = 64,87 % dan *shell* = 56,18 %, pada grafik dapat dilihat nilai volatile matter yang tertinggi pada bahan bakar komposisi *shell* 20 % dan *fibre* 80 % = 64,33 %, dan nilai terendah pada grafik pada bahan bakar komposisi *shell* 80 % dan *fibre* 20 % = 62,06 %, maka nilai kandungan volatile matter komposisi pada grafik lebih mendekati nilai *fibre* 100 % kandungan volatile matter pada komposisi antara bahan bakar *fibre* dan *shell* yang memiliki kandungan nilai volatile matter tinggi pada bahan bakar *fibre* memiliki gas - gas yang mudah menguap yang terkandung dari *fibre* dibandingkan dengan *shell* dengan memiliki nilai volatile matter yang rendah, pada grafik dapat dibaca lebih mengarah ke nilai *fibre* untuk kandungan volatile matter semakin tinggi komposisi *fibre* maka kandungan volatile matter mendekati nilai *fibre* 100 % sedangkan bila semakin tinggi komposisi *shell* maka untuk kandungan volatile matter mengarah ke nilai *shell* 100 %.

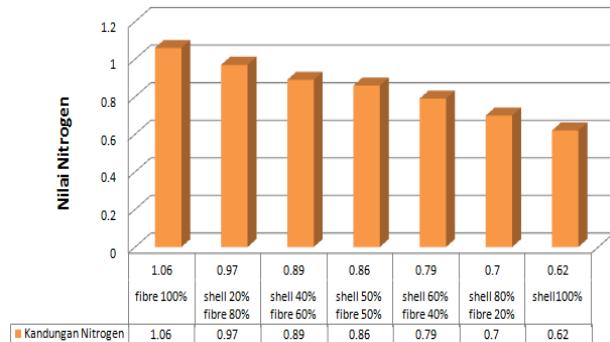
d. Analisis Kandungan Fixed Carbon



Grafik .4 Kandungan fixed carbon

Untuk fixed carbon dari bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah dilakukan perhitungan dari 100 – kadar abu % - kadar air % - zat terbang % untuk hasil karbon yang rendah dengan bahan bakar *fibre* 100 % = 16,47 % dan *shell* = 15,31 %, pada grafik untuk nilai yang tertinggi pada komposisi bahan bakar *shell* 20% dan *fibre* 80 % = 14,93 % untuk nilai yang paling rendah untuk komposisi bahan bakar *shell* 40 % dan *fibre* 60 % = 12,90 % maka bahan bakar *fibre* lebih tinggi untuk kandungan *fixed carbon* karena *fibre* dengan ukurannya yang berupa serat-serat kecil jadi pada waktu penimbangan sampel lebih banyak *fibre* dibandingkan dengan *shell*.

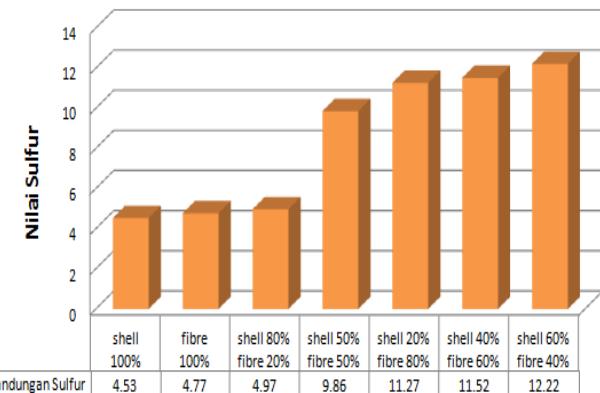
e. Analisis Kandungan Nitrogen



Grafik .5 Kandungan nitrogen

Untuk nitrogen dari bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah diujikan dengan menggunakan alat furnace dan alat distilasi maka di dapat kandungan *fibre* 100 % = 1,06 % dan *shell* = 0,62 %, pada grafik nilai yang memiliki kandungan nitrogen yang tinggi pada bahan bakar komposisi *shell* 20 % dan *fibre* 80 % = 0,97 %. Untuk kandungan nitrogen yang paling rendah pada komposisi bahan bakar *shell* 80 % dan *fibre* 20 % = 0,70 %. Pada grafik dapat terlihat lebih mengarah ke nilai *fibre* untuk nitrogen maupun yang dilakukan komposisi untuk bahan bakar *fibre* dan *shell* pada pada *fibre* memiliki gas yang lebih cepat menguap dibandingkan dengan *shell*.

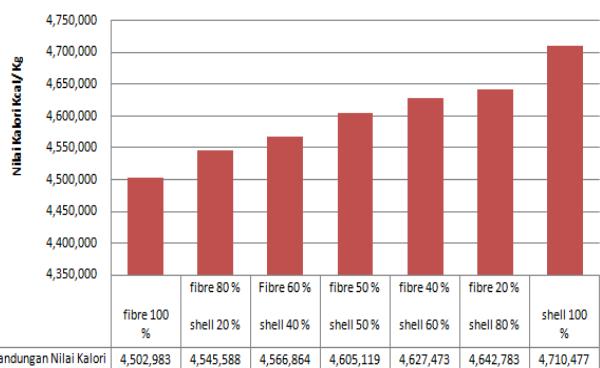
f. Analisa Kandungan Sulfur



Grafik .6 Kandungan sulfur

Untuk kandungan sulfur dari bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah diujikan dengan menggunakan alat furnace dengan suhu 800 °C, disikator, neraca analitis dan kertas saring maka hasil kandungan bahan bakar *fibre* 100 % = 4,77 % dan *shell* = 4,53 %, untuk komposisi antara bahan bakar *fibre* dan *shell* yang memiliki kandungan sulfur tinggi pada komposisi *shell* 60 % dan *fibre* 40 % = 12,22 % untuk kandungan sulfur nilai yang paling rendah pada komposisi *shell* 80 % dan *fibre* 20 % = 4,97 %, pada grafik dari pengujian yang sudah dilakukan *shell* memiliki kandungan sulfur yang tinggi dibandingkan dengan *fibre*, pada grafik dapat dilihat nilai komposisi bahan bakar *fibre* dan *shell* lebih tinggi dari pada nilai murni dari bahan bakar *fibre* dan *shell* dikarenakan adanya ketidak homogenitas pada sampel pada saat pengujian sulfur.

g. Analisis Kandungan GCV



Grafik.7 Kandungan kalor

Untuk gross calorifirk value dari bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang sudah diujikan dengan menggunakan alat bomb kalorimeter maka di dapat hasil kandungan bahan bakar *fibre* 100 % = 4502,983 Kcal/kg dan *shell* = 4710, 477 Kcal/kg pada grafik untuk nilai komposisi yang tertinggi pada komposisi bahan bakar *shell* 80 % dan *fibre* 20 % = 4642,783 Kcal/kg, untuk nilai komposisi yang rendah pada bahan bakar *shell* 20 % dan *fibre*

80 % = 4545,588 Kcal/kg. Antara bahan bakar bakar *fibre* dan *shell* yang memiliki kandungan nilai kalor tinggi pada bahan bakar cangkang (*shell*) pada grafik dapat dibaca lebih mengarah ke nilai *shell* untuk nilai kalor maupun yang dilakukan komposisi semakin rendah campuran *fibre* maka kandungan gross calorif value pada komposisi mendekati nilai *fibre* 100 % sedangkan komposisi semakin tinggi campuran cangkang (*shell*) maka kandungan gross calorif value pada komposisi mendekati nilai *shell* 100 %.

Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian mengenai analisis nilai kalor bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar stasiun boiler di PT. Buana Karya Bhakti, maka didapatkan kesimpulan bahwa masing-masing bahan bakar serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) dikomposisikan memiliki nilai kalor yang berbeda-beda sebagai berikut:

- Nilai gross calorif value (GCV) serabut (*fibre*) kelapa sawit 100 % yang dihasilkan nilai kalor 4502,983 Kcal/kg.
- Nilai gross calorif value (GCV) cangkang (*shell*) kelapa sawit 100 % yang dihasilkan nilai kalor 4710,477 Kcal/kg.
- Nilai gross calorif value (GCV) dari komposisi campuran serabut (*fibre*) dan cangkang (*shell*) yang dihasil sebagai berikut :

No.	Komposisi		GCV (Kcal/kg)
	Cangkang (<i>shell</i>)	Serabut (<i>fibre</i>)	
1.	20 %	80 %	4545,588
2.	40 %	60 %	4566,864
3.	50 %	50 %	4605,119
4.	60 %	40 %	4627,473
5.	80 %	20 %	4642,783

Dari hasil analisis untuk menjaga kalor di ruang bakar maka sebaiknya menggunakan komposisi fibre 20% dan shell 80%.

Referensi

- Archie W. Culp, Jr. Diterjemahkan oleh Ir. Darwin Sitompul M. Eng, Prinsip Prinsip Konversi Energi, Penerbit Erlangga, Jakarta, (1991).
- Brown, G.G, "Unit Operation", Modern Asia Edition John Wiley Sons, Inc, New York, (1978).
- Didik Notosudjono, msc, Prof, Ir, Pemanfaatan Limbah industri Kelapa Sawit Untuk Bahan Bakar, Bogor (2005).
- Farel H, Napitupulu, Analisis kalor bahan bakar serabut dan cangkang sebagai bahan bakar ketel uap, Medan (2006).
- Febijanto, Irhan, Kajian teknis dan keekonomian pembangkit listrik tenaga biomasa sawit kasus di pabrik kelapa sawit, Jakarta (2011).
- <http://denosan.com/engineer/mechanicalengineer/bomb-kalorimeter>
- <http://kelapa-sawit.com>
- Setyamidjaja, Djoehana, Budidaya Kelapa Sawit, Yogyakarta (1991).
- Utility division operasion departemen, Mill Operasion Training Boiler, PT. Buana Karya Bhakti, Sungai Danau, (1995).
- Wiley, John dan Sons, Handbook of coal analysis, (2004).
- Wibowo, Eko Diyan, Analisa kandungan nilai kalor pada bahan bakar limbah padat kelapa sawit (*fibre*, *shell* dan campuran keduanya), Universitas Muhammadiyah Malang, Malang(2007).