

Teknosia

Jurnal Ilmiah Bidang Sains - Teknologi
Murni Disiplin dan Antar Disiplin

ISSN No. : 1978 - 8819

Vol. I, No. 16, Tahun X, Maret 2016

- **AN APPLICATION OF SOIL BEHAVIOR METHOD IN DETERMINING THE VALUE OF SHEAR MODULUS AND ELASTIC MODULUS BASED ON CPT DATA** 1
Oleh *Lindung Zalbuin Mase¹⁾*, Teknik Sipil, UNIB
- **ANALYSIS OF FUEL HEATING VALUE OF FIBERS AND SHELL PALM OIL (*ELAEIS GUINEENSIS* JACQ) ON FIRE TUBE BOILER "TAKUMA BRANDS" (CASE STUDY FACTORY OF PALM OIL IN PT. BIO NUSANTARA TEKNOLOGI, CENTRAL BENGKULU REGENCY, BENGKULU PROVINCE)** 10
Oleh *¹Angky Puspawan, ²Nurul Iman Supardi, ³Agus Suandi*, Teknik Mesin, UNIB
- **THE EFFECT OF MIXED ADDITION OF CEMENT AND RICE HUSK ASH AGAINST LAND STABILIZATION ON ROADS BUDI UTOMO I** 19
Oleh *Mawardi¹⁾, Olandri Wijaya²⁾*, Teknik Sipil, UNIB
- **KAJIAN TINGKAT EROSI DAN SEDIMENTASI DI SUB DAS KETAHUN HULU PROVINSI BENGKULU** 28
Oleh *Khairul Amri ¹⁾, Muhammad Faiz Barchia ²⁾, Al Faridze Haitami ³⁾*, Teknik Sipil, UNIB
- **MEMBANGUN APLIKASI SISTEM PEMESANAN DAN PEMBAYARAN RENTAL MOBIL BERBASIS WEB (STUDI KASUS CV. RATU AGUNG)** 39
Oleh *Rozali Toyib¹⁾, Yogi Pratomo²⁾*, Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
- **PERHITUNGAN LAJU KOROSI TITANIUM TIPE α Ti-12Cr DALAM LARUTAN GARAM (NaCl 3%) MENGGUNAKAN METODE WEIGHT LOSS** 49
Oleh *Nurbaiti¹⁾, Gunawarman¹⁾, Jon Affi¹⁾, Hendri Van Hoten²⁾*, Teknik Mesin, UNAND
- **PERANCANGAN SISTEM KONTROL POSISI MOTOR SERVO PADA MESIN UJI TARIK** 58
Oleh *Zuliantoni, Indra Jaya*, Teknik Mesin, UNIB
- **RANCANGAN CAMPURAN ASPAL PANAS DENGAN MEMANFAATKAN ABU DARI LIMBAH CANGKANG LOKAN DAN SERBUK BATA MERAH** 67
Oleh *Samsul Bahri¹⁾*, Teknik Sipil, UNIB

Diterbitkan Oleh :

Fakultas Teknik - Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun Bengkulu 38123

Telp. : (0736) 21170, 344067 Fax. : (0736) 22105 E-mail: teknosia@yahoo.com

Teknosia



ISSN : 1978 - 8819

Vol. II, No. 15, Tahun IX, September 2015,

Jurnal Teknosia mempublikasikan karya tulis di bidang Sain – Teknologi, Murni Disiplin dan Antar Disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi. Jurnal terbit berkala enam bulanan (Maret dan September).

Pelindung

Dr. Khairul Amri, ST.,MT

Penyunting Ahli (Mitra Bestari)

DR. Eddy Hermansyah, S.Si., M.Sc (UNIB)

Dr. Ir. Syafrin Tiaif, M.Sc (UNIB)

Dr. Ir. Febrin Anas Ismail, M.Eng (UNAND)

Redaktur

Nurul Iman Supardi, ST.,M.P.

Redaktur Pelaksana

Zuliantoni, ST.MT

Dewan Redaksi

Drs. Boko Susilo., M.Kom.

Muhammad Fauzi, ST., MT

Irnanda Priyadi, ST., MT.

Drs. Asahar Johan T., M.Si

Penerbit

FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS BENGKULU

Sekretariat Redaksi

Gedung Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun Bengkulu 38123

Telp. : (0736) 21170, 344067 Fax. : (0736) 22105 E-mail: teknosia@yahoo.com

***Analysis of Fuel Heating Value of Fibers and Shell Palm Oil (Elaeis Guineensis Jacq)
on Fire Tube Boiler “Takuma Brands”
(Case Study Factory of Palm Oil in PT. Bio Nusantara Teknologi, Central Bengkulu
Regency, Bengkulu Province)***

^{1*}Angky Puspawan, ²Nurul Iman Supardi, ³Agus Suandi
^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371A
*angkypuspawan@yahoo.com, apuspawan@unib.ac.id

ABSTRACT

Indispensable steam to turn turbines and for the purposes boiling at a palm oil mill, produced by boilers. Steam quality depends on the quality of the combustion chamber. The fuel quality depending on the heating value of the fuel used. Fuel used at factory of palm oil is fibers and shell is which fibers and shell composition with the comparison, fibers 70% and shell 30%. The fuel heating value of fibers and shell calculated by using the formula of Dulong and Petit, later then the heating value from calculation compared by oil heating value and coal heating value from literature. The Highest Heating Value (HHV) and Lowest Heating Value (LHV) on the fibers and shell is small compared to the heating value of oil and coal despite having little value fibers and shell still efficient enough to fuel a boiler because availability of fuel are still pretty much in the factory of palm oil.

Keywords : Fuel Heating Value, Fiber, Shell

I. PENDAHULUAN

Boiler (ketel uap) merupakan salah satu mesin yang memegang peranan sangat penting dalam sebuah pabrik kelapa sawit dalam proses menghasilkan kualitas minyak sawit. Dalam pengoperasian boiler (ketel uap) haruslah diperhatikan jenis bahan bakar dan nilai kalor (*heating value*) dari bahan bakar tersebut. Sehingga boiler (ketel uap) dapat bekerja dengan baik, sehingga uap (*steam*) yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pabrik kelapa sawit tersebut dalam menghasilkan minyak sawit.

PT. Bio Nusantara Teknologi yang terletak di Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi Bengkulu merupakan perusahaan swasta nasional melakukan kegiatan dalam bidang penanaman dan pengolahan minyak kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah (*cruide palm oil*; CPO)

II. LANDASAN TEORI

2.1 Boiler (Ketel Uap)

Boiler adalah kombinasi antara sistem-sistem dan peralatan yang dipakai untuk mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi termal dan pemindahan energi termal yang dihasilkan ke fluida atau air digunakan pada proses bertekanan tinggi untuk membuat uap air atau *steam*. Uap (*steam*) yang dihasilkan mempunyai suhu dan tekanan tertentu sehingga dapat beroperasi seefisien mungkin. Boiler terdiri dari dua bagian yaitu satu bagian untuk membangkitkan panas melalui pembakaran bahan bakar (ruang bakar) dan bagian lain yaitu alat untuk menguapkan air melalui dinding atau permukaan pemanas boiler. Mekanisme sistem pembakaran bermacam-macam, tergantung jenis bahan bakar yang digunakan.

2.2 Persamaan yang digunakan

Untuk menghitung nilai kalor pada bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan atau rumus Dulong dan Petit :

2.2.1 HHV (Highest heating value)

$$HHV = 33.950C + 144.200 \left[H - \frac{O_2}{8} \right] + 9.400S \text{ kkal/kg} \dots\dots\dots 2.1$$

2.2.2 LHV (Lowest Heating Value)

$$LHV = HHV - 2.400(H_2O + 9H_2) \text{ kkal/kg} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana:

C= komposisi karbon dalam bahan bakar

H₂= komposisi hidrogen dalam bahan bakar

O₂= komposisi oksigen dalam bahan bakar

S= komposisi sulfur dalam bahan bakar

H₂O= komposisi uap air dalam bahan bakar

2.3 Klasifikasi Ketel Uap (Boiler)

2.3.1 Ketel-ketel Lorong Api dan Ketel-ketel Pipa Api

A. Ketel Lorong Api

Yaitu ketel api dan gas asap yang digunakan untuk memanaskan air dan uap. Dimana lorong-lorong api dikelilingi oleh air atau uap yang akan dipanaskan. Ketel lorong api ini dapat menghasilkan uap 500-5000 kg/jam, karena garis tengah silinder cukup besar, maka ketel ini hanya tahan terhadap tekanan uap paling tinggi 16 atm dan suhu 350°C. bahan bakar yang digunakan harus baik, karena kerangka api tidak dapat dibuat secara mekanis, ketel uap ini juga lebih mudah dibersihkan.

B. Ketel Dengan Pipa Api

Pada ketel pipa api, gas-gas asap panas mengalir melalui bagian dalam pipa-pipa air, sedangkan air ketel mengelilingi pipa-pipa itu

dari luar, yang termasuk dalam golongan ketel ini ialah:

1. Ketel *Schots*
2. Ketel Lokomotif
3. Ketel Lokomobil
4. Ketel *Cochran*

2.3.2 Ketel Pipa Air Biasa

Yaitu ketel-ketel air atau uap didalam pipa-pipa atau tabung-tabung yang dipanasi oleh api atau asap di bagian luarnya. Ketel-ketel pipa air pada umumnya bertekanan sedang yaitu antara 45 kg/cm² sampai dengan 140 kg/cm², dengan produksi uap mencapai 1000 ton uap setiap jamnya. Jenis-jenis ketel ini mempunyai efisiensi total yang lebih besar dari ketel-ketel pipa api. Peralatan-peralatan pada ketel ini umumnya sudah tidak lagi dilayani dengan tangan (manual).

Yang termasuk dalam golongan ketel-ketel pipa air biasa ialah:

1. Ketel Seksi (*Section Boiler*) dan beberapa variannya.
2. Ketel *Yarrow* dan Ketel-ketel Berpipa Terjal serta beberapa variannya.
3. Ketel-D (*D-Boiler*) atau Ketel dengan Dua Drum.
4. Ketel Pancaran dan beberapa variannya.

2.3.3 Ketel Pipa Air dengan Perencanaan Khusus

Ketel-ketel pipa air jenis ini dirancang dengan berbagai maksud, antara lain digunakan untuk tekanan-tekanan tinggi dan tekanan super kritis, melebihi 225 kg/cm².

2.4 Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan didalam ketel uap pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut:

Tipe ini memiliki tebal cangkang 0.5-4 mm, mempunyai cincin serabut walaupun tidak sebanyak Pisifera, sedangkanintinya kecil. Perbandingan daging buah terhadap buah 60-90 %, rendemen minyak 22-24 %



Gambar 2.2 Cangkang (Shell) Kelapa Sawit
2.7 Serabut (Fiber)

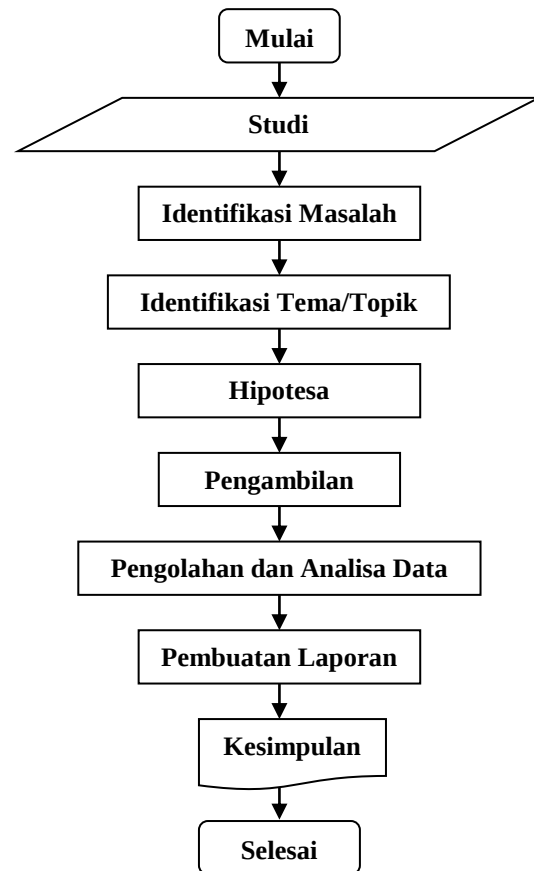
Serabut merupakan hasil dari pencacahan TKKS yang masih dapat dimanfaatkan kembali. Serabut digunakan sebagai bahan bakar boiler. Selain itu, serabut juga dapat dimanfaatkan pada industri mebel dan lain-lain. Contohnya yaitu sofa dimana isi sofa selain busa adalah serat. Hal ini membuat sofa menjadi awet dan tahan lama. Selain sofa, ada juga keset kaki dll. Sehingga limbah kelapa sawit tidak menyebabkan masalah terhadap masyarakat serta lingkungan. Akan tetapi serabut biasanya banyak digunakan untuk bahan bakar boiler. Selain dibuat sofa dan keset kaki serabut kelapa sawit juga dijadikan sebagai pupuk tanaman kelapa sawit itu sendiri.



Gambar 2.6 Serabut (Fiber) Kelapa Sawit

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengamati boiler beroperasi secara langsung di lapangan bahwa boiler dioperasikan menggunakan bahan bakar cangkang (shell) dan serat (fiber) dimana komposisi dari cangkang 30% dan serat 70%. Adapun data yang diperoleh dari komposisi kimia bahan bakar adalah

Komposisi kimia bahan bakar

a. Serabut (Fiber) (100%)

Karbon (C)=42,6% =0,426

Hidrogen (H₂)=5,2%=0,052

Oksigen (O₂)=32,1%=0,321

Sulfur (S)=0,2%=0,002

Air (H₂O)=12%=0,120

Abu (Ash) dan lain-lain =7,9%=0,079

Total=100%=1,000

b. Cangkang (*Shell*) 100%

Karbon (C)=50,4%=0,504

Hidrogen (H₂)=5,8%=0,058

Oksigen (O₂)=34,2%=0,342

Sulfur (S)=0,2%=0,002

Air (H₂O)=3,4%=0,034

Abu (Ash) dan lain-lain =6,0%=0,060

Total=100%=1,000

c. Serabut (*Fiber*) (70%) dan Cangkang (*Shell*) (30%)

Karbon (C)=44,6%=0,446

Hidrogen (H₂)=5,32%=0,0532

Oksigen (O₂)=32,52%=0,3252

Sulfur (S)=0,28%=0,0028

Air (H₂O)=10,82%=0,1082

Abu (Ash) dan lain-lain =6,48%=0,0648

Total=100%=1,000

(Sumber laboratorium PT Bio Nusantara Teknologi)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan dan Hasil

4.1.1 Perhitungan Nilai Kalor Pada Serabut (*fiber*) 100 %

Serabut (*Fiber*) (100%)

Karbon (C)=42,6%=0,426

Hidrogen (H₂)=5,2%=0,052

Oksigen (O₂)=32,1%=0,321

Sulfur (S)=0,2%=0,002

Air (H₂O)=12%=0,120

Abu (Ash) dan lain-lain =7,9%=0,079

Total=100%=1,000

HHV=Highest Heating Value (Nilai Kalor Tinggi)

$$HHV = 33.950C + 144.200 \left[H - \frac{O_2}{8} \right] + 9.400S \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} &= 33.950 (0,426) + 144.200 \left[0,052 - \frac{0,321}{8} \right] + 9.400(0,002) \text{ kJ/kg} \\ &= 14.462,7 + 144.200(0,052 - 0,04) + 18,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 14.462,7 + 1730,4 + 18,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 16.211,8 \text{ kJ/kg} = 3.872,18843 \end{aligned}$$

kkal/ kg

LHV= Lowest Heating Value (Nilai Kalor Rendah)

$$\begin{aligned} LHV &= HHV - 2.400(H_2O + 9H_2) \text{ kJ/kg} \\ &= 16.211,8 - 2.400(0,120 + 9(0,052)) \text{ kJ/kg} \\ &= 16.211,8 - 1.411,2 \text{ kJ/kg} \\ &= 14800 \text{ kJ/kg} = 3.534,98 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan nilai kalor pada Cangkang 100 %

Cangkang (*Shell*) 100%

Karbon (C)=50,4%=0,504

Hidrogen (H₂)=5,8%=0,058

Oksigen (O₂)=34,2%=0,342

Sulfur (S)=0,2%=0,002

Air (H₂O)=3,4%=0,034

Abu (Ash) dan lain-lain =6,0%=0,060

Total=100%=1,000

HHV=Highest Heating Value (Nilai Kalor Tinggi)

$$\begin{aligned} HHV &= 33.950C + 144.200 \left[H - \frac{O_2}{8} \right] + 9.400S \\ &= 33.950 (0,504) + 144.200 \left[0,058 - \frac{0,342}{8} \right] + 9.400(0,002) \text{ kJ/kg} \\ &= 16.959,6 + 144.200(0,058 - 0,04275) + 18,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 16.959,6 + 2.199,05 + 18,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 19.177,45 \text{ kJ/kg} = 4.580,533933 \end{aligned}$$

kkal/kg

LHV= Lowest Heating Value (Nilai Kalor Rendah)

$$\begin{aligned} LHV &= HHV - 2.400(H_2O + 9H_2) \text{ kJ/kg} \\ &= 19.177,45 - 2.400(0,34 + \\ &9(0,058)) \text{ kJ/kg} \\ &= 19.177,45 - 2.068,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 17.108,65 \text{ kJ/kg} = 4.086,40105 \end{aligned}$$

kkal/kg

4.1.3 Perhitungan nilai kalor pada serabut (fiber) 70% dan Cangkang 30 %

Serabut (Fiber) (70%) dan Cangkang (Shell) (30%)

Karbon (C)=44,6%=0,446

Hidrogen (H₂)=5,32%=0,0532

Oksigen (O₂)=32,52%=0,3252

Sulfur (S)=0,28%=0,0028

Air (H₂O)=10,82%=0,1082

Abu (Ash) dan lain-lain =6,48%=0,0648

Total=100%=1,000

HHV=Hightest Heating Value (Nilai Kalor Tinggi)

$$\begin{aligned} HHV &= 33.950C + 144.200 \left[H - \frac{O_2}{8} \right] + \\ &9.400S \\ &= 33.950 (0,446) + 144.200 \left[0,0532 - \right. \\ &\left. \frac{0,3252}{8} \right] + 9.400(0,0028) \text{ kJ/kg} \\ &= 15.141,7 + 144.200(0,0532- \\ &0,04065)+26,32 \text{ kJ/kg} \\ &= 15.141,7 + 1.809,71 + 26,32 \text{ kJ/kg} \\ &= 16.977,73 \text{ kJ/kg} = 4.055,13081 \end{aligned}$$

kkal/kg

LHV= Lowest Heating Value (Nilai Kalor Rendah)

$$LHV = HHV - 2.400(H_2O + 9H_2) \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} &= 16.977,73 - 2.400(0,1082 + \\ &9(0,0532)) \text{ kJ/kg} \\ &= 16.977,73 - 1408,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 15.568,93 \text{ kJ/kg} = 3.718,63893 \end{aligned}$$

kkal/kg

Cangkang (Shell) 30%

$$\begin{aligned} HHV &= 33.950C + 144.200 \left[H - \frac{O_2}{8} \right] + \\ &9.400S \\ &= 33.950 (0,446) + 144.200 \left[0,058 - \right. \\ &\left. \frac{0,3252}{8} \right] + 9.400(0,0028) \text{ kJ/kg} \\ &= 15.141,7 + 144.200(0,058-0,06565) \\ &+ 26,32 \text{ kJ/kg} \\ &= 15.141,7 - 1824,72 + 26,32 \text{ kJ/kg} \\ &= 13.344,72 \text{ kJ/kg} = 3.187,38637 \end{aligned}$$

kkal/kg

$$\begin{aligned} LHV &= HHV 30\% - 2.400(H_2O + \\ &9H_2) \text{ kJ/kg} \\ &= 13.344,72 \cdot 30\% - 2.400(0,1082 + \\ &9(0,0532)) \text{ kJ/kg} \\ &= 4003,416 - 1408,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 2.594,616 \text{ kJ/kg} = 619,72403 \end{aligned}$$

kkal/kg

Maka berdasarkan rumus dulong dan petit diperoleh nilai kalor bahan bakar sebagai berikut :

Tabel 4.1 Perbandingan Data Hasil Perhitungan HHV dan LHV

ITEM	NILAI HHV	NILAI LHV
Serabut 100%	16.211,8 kJ/kg (3.872,18843 kkal/ kg)	14.800 kJ/kg (3.534,98 kkal/kg)
Cangkang 100%	19.177,45 kJ/kg (4.580,53393 kkal/kg)	17.108,65 kJ/kg (4.086,40105 kkal/kg)

Serabut 70%	16.977,73 kJ/kg (4.055,13081 kkal/kg)	15.568,93 kJ/kg (3.718,63893 kkal/kg)
Cangkang 30%	13.344,72 kJ/kg (3.187,38637 kkal/kg)	2.594,616 kJ/kg (619,72403 kkal/kg)

4.2 Pembahasan

Dari hasil pengamatan dari bahan bakar serabut dan cangkang didapat nilai kalor bahan bakar cangkang 100% yaitu *HHV* 19.177,45 **kJ/kg** (4.580,533933 kkal/kg) dan *LHV* 17.108,65 **kJ/kg** (4.086,40105 kkal/kg) masih lebih besar dibandingkan dengan nilai kalor bahan bakar serabut 100% *HHV* 16.211,8 **kJ/kg** (3.872,18843 kkal/kg) dan *LHV* 14800 **kJ/kg** (3.534,98 Kkal/kg). Akan tetapi bila dibandingkan dengan bahan bakar minyak dan batu bara nilai kalor serabut 100% dan cangkang 100% masih lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar minyak dan batu bara. Tetapi berdasarkan pertimbangan mengingat persediaan bahan bakar serabut dan cangkang yang cukup banyak tersedia maka kedua bahan bakar ini dicampur dengan komposisi ideal yaitu 70% serabut dan 30% cangkang.

Dari hasil pengamatan nilai kalor bahan bakar serabut 70% memiliki nilai yang besar *HHV* 16.977,73 **kJ/kg** (4.055,13081 kkal/kg) dan *LHV* 15.568,93 **kJ/kg** (3.718,63893 kkal/kg) dibandingkan dengan cangkang 30% *HHV* 13.344,72 **kJ/kg** (3.18738637 kkal/kg) dan *LHV* 2.594,616 **kJ/kg** (619,72403 kkal/kg). Akan tetapi bila dibandingkan dengan bahan bakar minyak dan batu bara nilai kalor bahan bakar serabut 70% dan cangkang 30% masih cukup kecil. Walaupun

memiliki nilai kalor yang cukup kecil dibandingkan minyak dan batu bara serabut 70% dan cangkang 30 % masih dianggap cukup efisien untuk bahan bakar boiler dikarenakan jumlah persediaan bahan bakar cukup banyak sehingga cangkang dan serabut yang tidak terpakai bisa dijual dan dijadikan pupuk untuk tanaman sawit tersebut. Sehingga tidak perlu mengeluarkan biaya yang cukup besar untuk pembelian bahan bakar minyak dan batu bara.

Tabel 4.2 Nilai Kalor Minyak

Fuel	Energy Value (gross) kkal/kg	Density (kg/ltr)	Bahan Bakar (kg/jam)
R50/50	10.507,20	0,950	1.431,22
COAL TAR	9.313,20	1.050,00	1.614,71
HPO	10.335,56	0,985	1.452,17
LSO	10.554,96	0,920	1.424,74
R20/20	10.746,00	0,910	1.399,41
LO10	10.865,40	0,840	1.384,03
PARAFIN	11.094,65	0,794	1.355,43
DIESEL	10.984,65	0,880	1.368,99

Sumber : <http://www.ffsrefiners.com/combustionhandbook.pdf>.

Tabel 4.3 Nilai Kalor Batu Bara

COAL RANK	HEATING VALUE (million BTU/short ton)	HEATING VALUE (kkal/kg)	Bahan Bakar (kg/jam)
Lignite	≤16,6	4.614,8	3.258,66
Subbituminous	16,6→23,0	4.614,8→6.394	3.258,66→2.351,90
Bituminous	21,0→28,0	5.838→7.748	2.575,89→1.931,9

			2
Anthacit e	≤26,0	≥7.228	2.080,53

Sumber

:<http://courses.washington.edu/me341/hw3>

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan di dapat disimpulkan bahwa :

- Nilai kalor bahan bakar serabut dan cangkang lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar solar dan batu bara, dimana bahan bakar serabut dan cangkang memiliki nilai ekonomis tidak banyak mengeluarkan biaya.
- Walaupun memiliki nilai kalor yang kecil bahan bakar dianggap cukup efektif untuk menghemat biaya dimana serabut yang lebih banyak digunakan yaitu 70% sedangkan cangkang hanya 30% selebihnya cangkang dapat dijual kembali sehingga tidak perlu mengeluarkan biaya sedikitpun.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Cusp, Archie W.1991. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*, Cetakan ke-3, Erlangga, Jakarta.

Cengel, Yunus, Boles Michael, *Thermodynamics An Engineering Approach, Fifth Edition*, Mc Graw-Hill, New York.

Michael J. Moran & Howard N . S Shapiro, 2006. *Termodinamika Teknik* Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Michael J. Moran & Howard N . S Shapiro. 1990. *Fundamentals Of Engineering Thermodynamics*, Mc Graw-Hill, New York.