

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Desain Insinerator Menggunakan Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit****Ilmi Abdullah^{*)}, Yoko Nikodemus Manik, Barita^{**)}, Jufrizal, Supriatno, zainuddin, Eswanto**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan
Jl. Gedung Arca No 52 Medan, 20271*Email: ilmiabdullah@itm.ac.id; **barita@itm.ac.id; eswanto@itm.ac.id**ABSTRAK**

Pada desain *incinerator* cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar *incinerator* sampah pada *incinerator* secara berterusan menggunakan cangkang kelapa sawit dengan tinggi tungku biomassa 90 cm dan volume tungku biomassa 20 kg, diameter saluran blower 5 cm memvariabelkan kecepatan blower keruang bakar antara dengan kecepatan udara 0,9 m/s, 1,2 m/s, dan 1,9 m/s. Konsumsi bahan bakar antara 18kg/jam. Dari hasil pengujian ini perbedaan kecepatan udara dari blower keruang pembakaran harus di seimbangkan dengan bahan bakar yang masuk keruang bakar pembakaran, sehingga dapatlah pembakaran yang sempurna dengan pipa saluran blower 10 cm jadi dapat disimpulkan bahwa menentukan pembakaran yang optimal itu kita harus menyeimbangkan banyaknya bahanbakar yang masuk keruang pembakaran dengan volume 22 kg sehingga kita bias menentukan udara yang diperlukan dalam pembakaran tersebut. Pada penelitian ini, penulis memilih analisa suatu bahan bakar pada pembakaran cangkang kelapawit pada *incinerator* secara berterusan adalah dengan jumlah bahan bakar sebanyak 18 kg/jam dengan kecepatan udara ialah 0,9 m/s, memiliki temperature konstan dari 500°C - 100°C. Hasil pengujian ini telah menunjukkan bahwa terjadinya kenaikan dan penurunan temperature disebabkan oleh variasi udara yang berbeda, dimana semakin besar udara yang dimasukkan dalam ruang bakar dengan bahan bakar yang tetap, maka temperature ruang bakar akan semakin meningkat dan sebaliknya.

Kata kunci : Insinerator, Bahan Bakar, Cangkang Kelapa sawit***Insinerator Design Using Palm Oil Fuel*****ABSTRACT**

In the design of oil palm shell incinerator as a waste incinerator fuel at incinerators using palm oil shells continuously with a 90 cm high biomass furnace and a volume of 20 kg biomass furnace, a 5 cm blower channel diameter varies the speed of the combustion blower between air velocity of 0.9 m / s, 1.2 m / s, and 1.9 m / s. Fuel consumption between 18kg / hour. From the results of this test the difference in air velocity of the combustion chamber blower must be balanced with the fuel entering the combustion chamber, so that it can be perfectly combusted with a 10 cm blower pipe so it can be concluded that determining the optimal combustion must balance the amount of fuel entering combustion chamber with a volume of 22 kg so we can determine the air needed in the combustion. In this study, the authors chose to analyze a fuel in the burning of kelapawit shells on the incinerator on an ongoing basis with the amount of fuel as much as 18 kg / hour with air velocity of 0.9 m / s, having a constant temperature of 500 ° C - 100 ° C . The results of this test have shown that the increase and decrease in temperature is caused by different air variations, where the greater the air put in the combustion chamber with a fixed fuel, the combustion chamber temperature will increase and vice versa.

Keywords: Incinerator, Fuel, Palm Oil Shell

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di Indonesia, cangkang sawit mewakili salah satu layak biomassa bahan bakar. Termasuk di Kabupaten Simalungun tepatnya di Desa Dolok Sinumbah, Kecamatan Simalungun, seiring perkembangan zaman di era globalisasi dan disertai dengan kemajuan teknologi yang terus pesat, hal ini mengakibatkan terus penumpukan benda-benda yang tidak habis pakai (limbah) karena tak semua limbah dapat di daur ulang menjadi hal yang bermanfaat, sehingga keberadaan yang terus meningkat menjadi masalah di setiap Negara. Salah satunya adalah limbah pembakaran serat dan cangkang sawit.

Cangkang kelapa sawit adalah salah satu baha bakar biomas. Pemanfaatan cangkang kelapa sawit ini adalah salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan kita akan penggunaan bahan bakar fosil. Salah satu nya pemanfaatan cangkang kelapa sawit tersebut adalah dengan mengkonversikannya menjadi energy panas yang digunakan untuk bahan bakar incinerator. Selanjutnya, sebuah incinerator didesain dengan memanfaatkan cangkang kelapa sawit menjadi energi panas.

Tujuan Umum Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1.Mendisain/merancang incinerator dengan cangkang kelapa sawit incinerator.
- 2.Mendisain/merancang laju udara yang dibutuhkan.
- 3.Menentukan konsumsi bahan bakar cangkang kelapa sawit.
- 4.Menghitung putaran secrufeeder

TINJAUAN PUSTAKA

Incinerator

Insinerator adalah tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu, (bottom ash dan fly ash). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperatur lebih dari 800oC untuk mereduksi sampah mudah terbakar (combustible) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik (A. Sutowo Latief, 2012)Patrick (1980) dalam Arif Budiman (2001) menyatakan bahwa incinerator adalah alat yang digunakan untuk proses pembakaran sampah.

Menurut (Hadiwiyoto, 1983 dalam Arif Budiman, 2001) menyatakan baihwa untuk merancang alat pembakar sampah diperlukan beberapa pertimbangan untuk diperhatikan, yaitu jumlah udara pembakaran, sisa hasil pembakaran dan desain incinerator. alat pembakaran sampah terdapat dua jenis berdasarkan metode pembakaran yang berlangsung pada alat tersebut, yaitu alat pembakar sampah tipe kontinyu dan tipe batch. Pada alat pembakar sampah tipe kontinyu, sampah dimasukkan secara terus-menerus dengan debit tetap, sedangkan pada alat pembakaran sampah tipe batch, sampah dimasukkan sampai mencapai batas maksimum kemudian dibakar bersamaan.Pada incinerator terdapat 2 ruang bakar, yang terdiri dari Primary Chamber dan Secondary Chamber.

Primary Chamber

Berfungsi sebagai tempat pembakaran limbah. Kondisi pembakaran dirancang dengan jumlah udara untuk reaksi pembakaran kurang dari semestinya, sehingga disamping pembakaran juga

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

terjadi reaksi pirolisa. Pada reaksi pirolisa material organik terdegradasi menjadi karbon monoksida dan metana. Temperatur dalam primary chamber diatur pada rentang 600°C-800°C dan untuk mencapai temperatur tersebut, pemanasan dalam primary chamber dibantu oleh energi dari burner dan energi pembakaran yang timbul dari limbah itu sendiri.

Secondary Chamber

Gas hasil pembakaran dan pirolisa perlu dibakar lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan. Pembakaran gas-gas tersebut dapat berlangsung dengan baik jika terjadi pencampuran yang tepat antara oksigen (udara) dengan gas hasil pirolisa, serta ditunjang oleh waktu tinggal (retention time) yang cukup.

Selanjutnya gas pirolisa yang tercampur dengan udara dibakar secara sempurna oleh burner didalam secondary chamber dalam temperatur tinggi yaitu sekitar 800 -1000.

Jenis-jenis Incinerator

Jenis incinerator yang paling umum diterapkan untuk membakar limbah padat B3 ialah rotary kiln, multiple hearth, fluidized bed, open pit, single chamber, multiple chamber, aqueous waste injection, dan starved air unit. Dari semua jenis insinerator tersebut, rotary kiln mempunyai kelebihan karena alat tersebut dapat mengolah limbah padat, cair, dan gas secara simultan (Gunadi P. 2004).

Cangkang Kelapa Sawit

Industri pengolahan kelapa sawit saat ini memiliki prospek yang cerah untuk masa depan seiring dengan tantangan industry masa depan yaitu penggunaan bahan baku industry yang ramah lingkungan serta ketersediaan bahan baku dapat diperbaharui. Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80% pericarp dan 20% yang dilapisi dengan cangkang sawit.

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Dalam hasil penelitian besar kalori cangkang kelapa sawit mencapai 20.093 Kkal/Kg. Saat ini pemanfaatan cangkang kelapa sawit diberbagai industry pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal.

Arang Cangkang Kelapa Sawit

Arang Cangkang Kelapa Sawit Arang cangkang kelapa sawit adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap cangkang kelapa sawit. Sebagai bahan bakar, arang lebih menguntungkan dibanding kayu bakar. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi, dan asap yang lebih relatif sedikit (BPTP Riau, 2010).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Selanjutnya pada akhir penelitian membuat kolerasi dengan hasil penelitian sebelumnya. Adapun langkah awal dalam penelitian ini melakukan pengadaan bahan dan alat yang diperlukan untuk membuat sketsa uji. Setelah langkah awal selesai, untuk selanjutnya dilakukan perakitan instalasi alat percobaan.

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Krangka Konsep

Secara menyeluruh penelitian ini mempunyai perencanaan terintegrasi dengan tujuan mencapai/mendapat hal yang bisa dijadikan produk dalam satu kesatuan, dengan tema umum : “Pemanfaatan bahan bakar biomassa menjadi pengganti bahan bakar solar”. Oleh karena itu dapat dikelompokkan menjadi tiga (3) bagian atau judul yang berbeda, namun manfaat secara umumnya sama. Adapun bagian-bagiannya adalah:

1. Optimalisasi Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Pada Insinerator
2. Kajian Ekonomi Penggunaan Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit pada Insinerator
3. Pemanfaatan Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit Insinerator

Tempat dan Waktu

Adapun tempat yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan.

Bahan Penelitian dan Rancangan Alat Uji

Bahan Penelitian

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar.



Gambar 1. Cangkang kelapa sawit

Rancangan Alat Pengujian

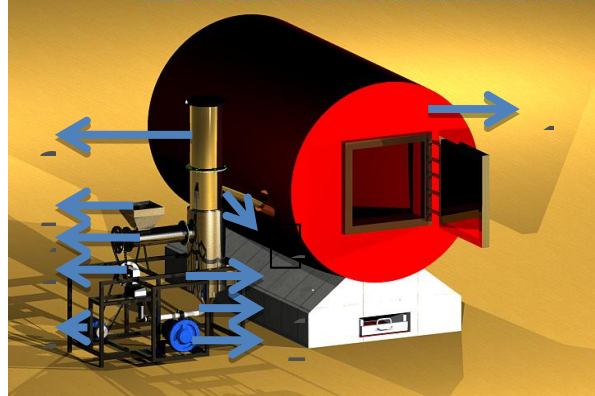
Pada penelitian ini alat yang akan dibuat terlebih dahulu didesain sesuai dengan dasar teori, dimana bahan penelitian tersedia di pasaran. Desain alat dibuat sesederhana mungkin dan ketelitian hasil pengukurannya. Alat ini didesain untuk pengujian dan pengambilan data untuk proses pembakaran yang spesifik. Adapun rancangan alat terlihat pada gambar berikut ini.

Rancangan Alat Insinerator

Pada penelitian ini alat yang akan dibuat terlebih dahulu didesain sesuai dengan dasar teori, dimana bahan penelitian tersedia di pasaran. Desain alat dibuat sesederhana mungkin dan ketelitian hasil pengukurannya. Alat ini didesain untuk pengujian dan pengambilan data untuk proses pembakaran yang spesifik.

Adapun rancangan alat terlihat pada gambar berikut ini.

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 2. Alat uji insinerator

Tabel 1 Desain Incinerator

No	Desain Insinerator	Dimensi
1	Diameter tungku bio massa (cm)	18 cm
2	Tinggi ruang bakar (cm)	90 cm
3	Diameter saluran blower (cm)	5 cm
4	Diameter pipa saluran api (cm)	10 cm
5	Motor (N)	1500 rpm
6	Gearbox (N)	80/1 rpm

Alat yang akan dianalisa

- Blower
- Motor Penggerak
- Parameter Alat

Tabel 2 Parameter alat

Pa rameter	Skala Baca
Termokopel Tipe-K	0 – 1200 ⁰ C
Display Termokopel	0 – 1200 ⁰ C
Anemometer	0 – 20 m/s

- Hot Wire Anemometer
- Kabel Thermokopel
- Display Thermokopel

*Published Maret 2019***Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Tahap Pengujian**

Setelah pemasangan alat pengujian dan bahan-bahan pengujian telah selesai dipersiapkan langkah selanjutnya proses pengujian, Adapun jenis bahanbakaryang digunakan pada pengujian tungku biomassa ini adalah menggunakan bahan bakar cangkang kelapa sawit dan suplay udara bahan bakar menggunakan blower sentrifugal.

- a. Menyediakan bahan bakar cangkang kelapa sawit yang diambil dari industry pemecahan biji kelapa sawit di industry biji kelapa sawit,.
- b. Meng-instalasi alat ukur thermo couple Tipe –K
- c. Menimbang massa bahan bakar sebanyak 0,5 kg sebagai media penyalaan api awal tungku biomassa.
- d. Setelah penyalaan api awal selesai, kemudian menimbang massa cangkang kelapa sawit sebanyak 1 kg, sebagai bahan bakar penghasil energi kalor yang akan dimanfaatkan pada lemari pengering limbah sampah insdustri melalui pipa penyalur yang telah di instalasi antara tungku dengan lemari pengering, dan kemudian dilakukan pengambilan data setiap renggang waktu 30 Menit dan seterusnya dilakukan cara yang sama hingga penelitian benar-benar selesai.
- e. Menghitung lama pembakaran bahan bakar cangkang kelapa sawit sampai menjadi Abu.
- f. Penginputan data eksperimen

Tahap Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil eksperimen yang penulis lakukan akan diolah dan diperhitungkan sesuai dengan masalah yang ada pada mesin/Tungku biomassa pengering limbah sampah industri. Dimana parameter yang akan dicari solusinya adalah nilai kalor bahan bakar cangkang kelapa sawit, pemanfaatan energi panas secara maksimal dan konsumsi bahan bakar pada pengering limbah sampah industri.

Tahap akhir

Data yang diperoleh dari hasil eksperimen yang penulis lakukan akan diolah, dikumpulkan kembali kemudian diambil kesimpulan dan dijadikan berbentuk buku tugas akhir.

ANALISA DATA**Incinerator**

Insinerator adalah tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu, (bottom ash dan fly ash). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperatur lebih dari 800°C untuk mereduksi sampah mudah terbakar (combustible) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik (A. Sutowo Latief, 2012) Patrick (1980) dalam Arif Budiman (2001) menyatakan bahwa incinerator adalah alat yang digunakan untuk proses pembakaran sampah.

Tabung adalah bangun ruang yang diatasi oleh dua sisi yang kongruen dan sejajar yang berbentuk lingkaran serta sebuah sisi lengkung.

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

$$V = A \times H$$

keterangan :

V = volume

A = luas alas

H = tinggi

Maka ;

$$A = \pi \times r^2$$

Ket :

$$\pi = 3,14$$

r = jari-jari

$$A = 3,14 \times 8,89^2$$

$$= 248,160$$

$$V = A \times H$$

$$V = 248,160 \times 90$$

$$V = 22.334,4$$

Jumlah Panas Yang Dibutuhkan Pembakaran Limbah Padat Sampah

Didapat pada saat pengujian pembakaran yaitu ditungku biomassa sebesar 500 sampai 1000⁰C maka dapatlah temperature diruang pembakaran limbah padat sampah 760⁰C

Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit

Tabel 3 Komposisi Kimia Analisa Ultimasi Cangkang Kelapa Sawit

Komposisi kimia	Kandungan (%)
Karbon (C)	53,8
Hydrogen (H ₂)	7,2
Nitrogen (N ₂)	36,3
Oksigen (O ₂)	0,5
Sulfur (S)	0,6
Jumlah	98,4

Sumber : Yang et al, (2006)

Menghitung Rpm motor listrik didapat dengan menggunakan rumus

$$N = (F \times 120) : F$$

$$N = (f \times 120) : f$$

$$N = (50\text{Hz} \times 120) : 4$$

$$N = (6000) : 4$$

$$N = 1500\text{Rpm}$$

Putaran reducer

Dari perhitungan motor maka dapat dihitung

putaran reducer: Putaran motor/reduksi putaran

$$= 1500/80$$

$$= 18,75\text{rpm}$$

Putaran secrufeeder sebanding dengan putaran reducer (secru = reducer). Dari hasil penelitian (percobaan) yang dilakukan pada alat tungku biomassa, scru dengan putaran 18,75rpm setelah ditimbang mampu mensuplai bahan bakar 3 kg/10 menit atau samadengan 18 kg/jam.

Menentukan Jumlah Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Dalam hasil penelitian besar kalori cangkang kelapa sawit mencapai 3840Kj/Kg. Harga cangkang kelapa sawit di medan pada tahun 2014 Rp 735. Maka laju pembakaran cangkang kelapa sawit dapat dihitung menggunakan rumus :

$$M_f = \frac{Q_{sampah}}{\varphi_{rb} \times LHV_{fuel}}$$

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>Maka laju pembakaran cangkang kelapa sawit: $M_f = 4,3083 \text{ Kg/h}$ **Konsumsi Udara Pembakaran**

Kebutuhan udara pada pembakaran merupakan hal utama pada syarat pembakaran, pada penelitian ini penulis melakukan beberapa eksperimen dengan cara pengambilan data kecepatan udara dengan bukaan katub dan menyesuaikannya dengan jumlah kebutuhan udara teoritis.

Energi Kalor Hasil Pembakaran

Energi kalor merupakan panas yang di hasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Jumlah energi kalor yang di hasilkan sering disebut dengan kapasitas ruang bakar, yang dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_f = W_f \times \text{LHV} \times \eta_f \text{ (kJ/jam)}$$

Dimana :

$$Q_f = \text{Jumlah energi kalor (kJ/jam)}$$

$$W_f = \text{Jumlah bahan bakar yang digunakan (3kg, 6kg, 9kg, 12kg, 15kg, 18kg)}$$

$$\text{LHV} = \text{Nilai kalor bawah bahan bakar (16.496 /kg}_{\text{bb}})$$

$$\eta_f = 0,95 \%$$

- | | |
|--|--|
| 1. Jumlah energi kalor pada 3 kg (kJ/jam)
$Q_f = 3 \times 16.496 \times 0,95 \text{ (kJ/jam)}$
$= 47.013,6 \text{ kJ/jam.}$ | 4. Jumlah energi kalor pada 12 kg (kJ/jam)
$Q_f = 12 \times 16.496 \times 0,95 \text{ (kJ/jam)}$
$= 188.054,4 \text{ kJ/jam.}$ |
| 2. Jumlah energi kalor pada 6 kg (kJ/jam)
$Q_f = 6 \times 16.496 \times 0,95 \text{ (kJ/jam)}$
$= 94.027,2 \text{ kJ/jam.}$ | 5. Jumlah energi kalor pada 15 kg (kJ/jam)
$Q_f = 15 \times 16.496 \times 0,95 \text{ (kJ/jam)}$
$= 235.068 \text{ kJ/jam.}$ |
| 3. Jumlah energi kalor pada 9 kg (kJ/jam)
$Q_f = 9 \times 16.496 \times 0,95 \text{ (kJ/jam)}$
$= 141.040,8 \text{ kJ/jam.}$ | 6. Jumlah energi kalor pada 18 kg (kJ/jam)
$Q_f = 18 \times 16.496 \times 0,95 \text{ (kJ/jam)}$
$= 282.081,6 \text{ kJ/jam.}$ |

Maka :

$$\begin{aligned} Q_{f \text{ rata-rata}} &= Q_{f1} + Q_{f2} + Q_{f3} + Q_{f4} + Q_{f5} + Q_{f6} \\ &= 47.013,6 \text{ kJ/jam} + 94.027,2 \text{ kJ/jam} + 141.040,8 \text{ kJ/jam} + \\ &\quad 188.054,4 \text{ kJ/Jam} + 235.068 \text{ kJ/jam} + 282.081,6 \text{ kJ/jam.} \\ &= 164.547,6 \text{ kJ/jam.} \end{aligned}$$

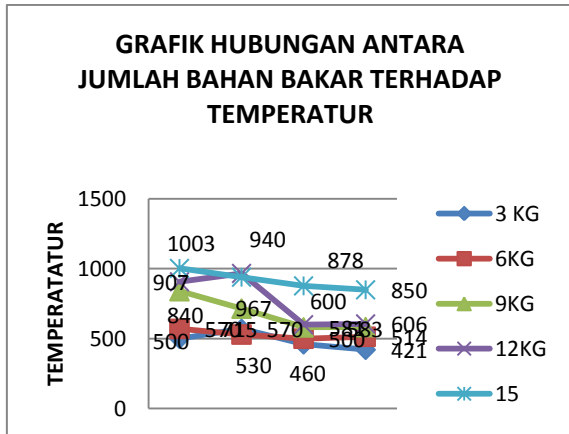
Tabel 4. Analisa Berat Bahan Bakar dengan Hasil Energi Kalor

No	Berat Bahan Bakar (Kg)	Hasil Energi Kalor
1	3k	47.013,6 kJ
2	6kg	94.027,2kJ
3	9kg	141.040,8 kJ
4	12kg	188.054,4 kJ
5	15kg	235.068kJ
6	18kg	282.081,6kJ

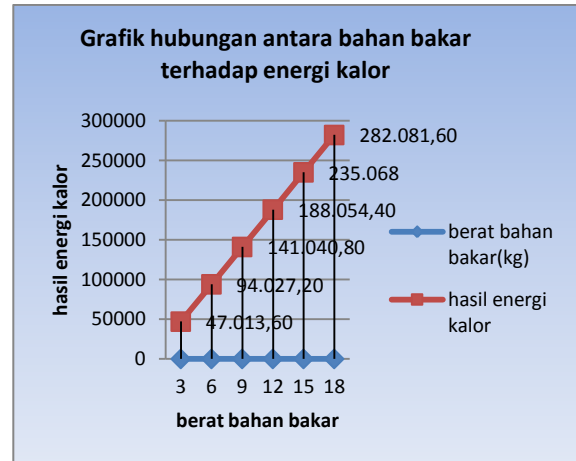
Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Dari data diatas hasil penelitian didapat dari survey tabel 4 didapat hasil berat bahan bakar 15 kg dan hasil energi kalor tertinggi 282.081,6 kJ.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Jumlah Bahan Bakar Terhadap Temperatur



Grafik 4. Grafik Hubungan Antara Jumlah Bahan Bakar Terhadap Hasil Energi Kalor

Pembahasan :

1. Dari grafik gambar 3, hubungan antara jumlah bahan bakar terhadap temoeratur dapat disimpulkan semakin banyak bahan bakar maka temperatur semakin tinggi .
2. Dari analisa grafik gambar 4 diatas sumbu x adalah hasil energi kalor dan y adalah berat bahan bakar dapat di simpulkan bahwa semakin banyak bahan bakar didalam tungku biomassa maka semakin tinggi hasil energi kalor didapat.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari analisa data dan hasil pengujian yaitu sebagai berikut :

- Mendisain atau merancang incinerator menggunakan bahan bakar cangkang kelapa sawit adalah sebagai berikut menentukan ukuran atupun dimensi dari incinerator tersebut. Didapat dari volume gas asap sama dengan 22 kg/pembakaran, maka untuk pembakaran didalam lebih besar atau sama dengan volume gas asap yang terbuang, maka volume didalam ruang bakar tersebut didapat : $V = A \times H$
- Volume gas asap lebih besar atau sama dengan volume pembakaran bahan bakar volume pembakaran bahan bakar adalah 22 kg/pembakaran maka di dapat ukuran tungku
 - Yaitu diameter tungkubiomassa : 18cm
 - Tinggiruangtungkubiomassa : 90cm
 - Diameter saluran blower : 5cm
 - Dan diameter pipasaluranapi : 10cm
- Konsumsi bahan bakar cangkang kelapa sawit didapat 3 kg /10 menit dari hasil putaran motor listrik dengan daya 1450 dikonversikan atau di perlambat putarannya dengan menggunakan gearbox maka putaran scrufeder 15 Rpm.

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Saran**

Adapun saran dari Saya adalah :

1. Bagi yang ingin melanjutkan penelitian ini, agar memperhitungkan efisiensi dari tungku biomassa.
2. Dari dimensi atau desain yang saya buat bias di buat lagi dalam skala besar sehingga menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi lagi
3. Alat pembakaran incinerator dimodifikasi lagi semaksimal mungkin
4. Mendisain cerobong asap yang lebih efektif lagi supaya tidak mencemari lingkungan ataupun merugikan yang lain

DAFTAR PUSTAKA

1. Budiman, Arif. 2001. *Modifikasi Desain dan Uji Untuk Kerja Alat Pembakar Sampah (incinerator) Tipe Batch*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456>, diakses 3 April 2014
2. Borman, G. L, 1998:29. *Nilai Kalor Bahan Bakar*
3. Chandra, (2007). *Karakteristik Limbah Padat Sampah*
4. E.Daubert, Thomas. 1985. *Chemical Engineering Thermodynamics*. Singapore : Intoduction Cataloging in Publication
5. Hadiwiyoto, 1983, dalam Arif Budiman, (2001) *Merancang Alat Pembakaran Sampah* <http://fzan721.wordpress.com/2012/09/27/insinerator-akhir-perjalanan-sampah-dan-limbah/>
6. Latief, A. Sutowo. *Manfaat dan Dampak Penggunaan Insinerator Terhadap Lingkungan*. http://www.polines.ac.id/teknis/upload/jurnal_teknis_1336471916.pdf, diakses 8 Februari 2014
7. Menurut Pari dan Hartoyo (1983) *Pengertian Energi Biomassa*
8. Mukono (2006) *Karakteristik Sampah*
9. Notosudjono (2004) *Nilai Kalor pada Cangkang Kelapa Sawit*
10. Pari dan Hartoyo. 1983. *Pengertian bahan bakar biomassa*.
<http://www.juragansolar.com/pengertian-bahan-bakar/>, diakses 30 Maret 2017
11. Parayitno dan Sukosrono. 2007. *Reduksi Limbah Padat Dengan Sistem Pembakaran Dalam Tungku Ruang Bakar*. <http://digilib.batan.go.id/ppin/katalog/index.../0216-3128-2007>, diakses 27 Febuari 2014
12. Silalahi .2000. *Pengertian Biomassa*.
<http://eprints.polsri.ac.id/3154/3/File%20III%20BAB%20II.pdf> .28 Maret 2017.
13. Sutowo Latief,(2012), Patrick (1980) dalam Arif Budiman (2001) *Pengertian Insinerator*.
14. Thomas Johann Seebeck pada Tahun (1821) *Thermo-electric* Pada Termokopel
15. Winaya, I Nyoman Suprapta dkk. 2010. *Formasi Gas Buang Pada Pembakaran*. Bali : Universitas Udayana
16. WidArdo dan Suryanta,1995. *Komponen Utama Tanaman Biomassa*