

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT UJI KARAKTERISTIK DAN EMISI GAS BUANG SKALA LABORATORIUM PEMBAKARAN BIOMASSA

Reza Setiawan¹, Nicholas Abidin², Vera Pangni Fahrani³

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. H. S. Ronggowaluyo, Teluk Jambe Telp./Fax. (0267) 641177 Ext. 305, Karawang 41361

³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. H. S. Ronggowaluyo, Teluk Jambe Telp./Fax. (0267) 641177 Ext. 305, Karawang 41361

¹reza.setiawan@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Pengujian terhadap karakteristik dan emisi gas buang bertujuan untuk mengetahui jenis kayu yang baik untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif di masa yang akan datang. Berdasarkan uraian tersebut maka dibutuhkan sebuah alat skala laboratorium yang mampu memberikan informasi mengenai karakteristik dan emisi gas buang pada biomassa yang juga dapat digunakan sebagai sarana praktikum sehingga mahasiswa mampu memahami dan mengetahui penggunaan bahan bakar biomassa yang baik. Tungku (*furnace*) menggunakan material semen tahan api untuk ruang bakar yang dilapisi bata tahan api, dan casing plat baja sebagai isolator. Ruang bakar memiliki volume 8.000 m³. Tungku dilengkapi tambahan komponen kipas pada pintu depan untuk membantu mengalirkan udara saat pembakaran langsung dan sensor *gas analyzer* untuk mendapatkan data emisi gas buang yang dipasang pada saluran keluar udara. Tungku (*furnace*) yang dibuat mampu mencapai suhu 800 °C dalam waktu 360 menit. Laju perpindahan kalor pada dinding *furnace* mencapai 6837,6 W. Sample biomassa kayu mahoni telah berhasil dilakukan. Hasil pengujian menggunakan alat yang dibuat didapatkan informasi kadar air 12,24 %, kadar zat terbang 83,5 %, kadar abu 0,57 %, dan kadar karbon terikat 15,93 %, dengan hasil emisi gas buang CO = 47,50 ppm, SO₂ = 0,11 ppm, dan NO_x = 0,76 ppm.

Kata Kunci: Alat Uji, Karakteristik, Emisi Gas Buang, Biomassa

Abstract

Testing of the characteristics and exhaust emissions aims to determine the type of wood that is good for use as an alternative fuel in the future. Based on the description, a laboratory scale tool that is able to provide information on the characteristics and exhaust emissions of biomass is needed, which can also be used as a practical tool so that students are able to understand and know the use of good biomass fuel. Furnaces use refractory cement material for combustion chambers coated with fire bricks, and steel plate casings as insulators. The combustion chamber has a volume of 8,000 m³. The furnace is equipped with additional fan components at the front door to help drain air during direct combustion and gas analyzer sensors to get exhaust gas emissions data installed in the air outlet. The furnace that is made is able to reach a temperature of 800 °C within 360 minutes. The heat transfer rate on the furnace wall reaches 6837.6 W. Mahogany biomass samples have been successfully carried out. The test results using the tools made obtained information on water content of 12.24%, the content of flying substances 83.5%, ash content of 0.57%, and carbon content bound to 15.93%, with the results of exhaust emissions CO = 47.50 ppm, SO₂ = 0.11 ppm, and NO_x = 0.76 ppm.

Keywords: Test Equipment, Characteristics, Emission of Exhaust Gas, Biomass

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi telah menjadi bagian dari kebutuhan hidup manusia sehari-hari, terutama konsumsi energi yang berbahan dasar fosil. Menurut data BPPT-OEI (2016), Indonesia memiliki beberapa potensi sumber daya energi fosil diantaranya minyak bumi, gas bumi, dan batubara. Pada tahun 2014, cadangan terbukti minyak bumi sebesar 3,6 miliar barel, gas bumi sebesar 100,3 TCF dan cadangan batubara sebesar 32,27 miliar ton. Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, berdasarkan rasio R/P (*Reserve/Production*) tahun 2014, maka minyak bumi akan habis dalam 12 tahun, gas bumi 37 tahun, dan batubara 70 tahun (Sugiono, dkk., 2018).

Emisi dari hasil pembakaran energi bahan bakar, baik itu berupa padat, cair, maupun gas dapat

menimbulkan efek negatif pada lingkungan salah satunya pemanasan global (*global warming*), sehingga perlu penggunaan bahan bakar dan teknologi pembakaran yang memiliki kualitas baik dan ramah lingkungan. Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan energi yang dapat menjadi solusi dari permasalahan ini, karena energi ini memiliki potensi pembaruan yang cepat dan emisi yang dihasilkan lebih ramah dari energi fosil yang ada. Salah satunya yaitu sumber energi biomassa, selain bersifat terbarukan (*renewable energy*), juga bersifat ramah lingkungan jika dikelola berkelanjutan, dengan kadar CO₂ yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan energi fosil serta kandungan sulfur dan *heavy metal* yang relatif rendah (Mulyasari, 2013).

Biomassa merupakan material organik berupa produk maupun limbah yang terbentuk dari tanaman,

hewan dan mikroorganisme. Biomassa tersedia dalam jumlah besar dan dapat dijumpai di hampir seluruh permukaan bumi serta dapat dimanfaatkan dengan teknologi sederhana seperti kayu bakar, sampai modern seperti bahan baku pembangkit listrik atau bahan kimia. Namun, sebelum dapat digunakan sebagai bahan bakar perlu dilakukan kajian terhadap karakteristik dan emisi gas buang dari bahan bakar biomassa tersebut (Mulyasari, 2013).

Bahan baku biomassa yang sangat mudah ditemui adalah kayu. Kajian tersebut dilakukan menggunakan analisa proksimasi untuk mengetahui kadar air (*moisture content*), zat terbang (*volatile matter*), abu (*ash*), dan karbon tetap (*fixed carbon*). Selain itu, perlu juga dilakukan analisa terhadap emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran yang berlangsung diantaranya karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen oksida (NO_x).

Pengujian terhadap karakteristik dan emisi gas buang bertujuan untuk mengetahui jenis kayu yang tepat untuk digunakan sebagai biomassa bahan bakar alternatif di masa yang akan datang. Berdasarkan uraian diatas maka dibutuhkan sebuah alat yang mampu memberikan informasi mengenai karakteristik dan emisi gas buang pada biomassa, juga dapat digunakan sebagai sarana praktikum sehingga mahasiswa mampu memahami dan mengetahui penggunaan bahan bakar biomassa yang baik.

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur karakteristik dari biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan. Karakteristik yang diukur meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat. Alat yang digunakan untuk melakukan proses karakterisasi antara lain *furnace*, dan cawan porselin. Proses karakterisasi dilakukan dengan menggunakan analisis proksimasi berdasarkan standar ASTM. Berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan:

1. Kadar Air (*Moisture*)

Prosedur pengujian kadar air pada kayu mengacu pada standar ASTM E 871. Metode ini dilakukan dengan memasukan serbuk kayu sebanyak 1 gr dalam *furnace* selama 24 jam pada suhu 105 ± 3 °C atau hingga berat keringnya konstan. Kadar air dinyatakan sebagai berat air terhadap berat kering. Contoh uji dinyatakan dalam persen.

$$K_{\text{air}}(\%) = \frac{m_{SG} - m_k}{m_{SG}} \times 100 \% \quad (1)$$

2. Kadar Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Prosedur pengujian kadar zat terbang mengacu pada standar ASTM E 872. Metode ini dilakukan dengan menimbang serbuk kayu sebanyak 1 gr dalam cawan porselin. Kemudian, cawan porselin yang berisi serbuk kayu dimasukkan kedalam *furnace* dan

dipirolisis pada suhu 800 °C selama 7 menit. Sample didinginkan dalam desikator, kemudian sampel yang telah dingin kemudian ditimbang. Kadar zat terbang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$K_{\text{zatterbang}}(\%) = \frac{m_y - h_{il}}{m_{SG}} \times 100 \% \quad (2)$$

3. Kadar Abu (*Ash*)

Kadar abu merupakan kandungan mineral dalam bahan yang merupakan sisa dari proses pembakaran sampel (Mulyasari, 2013). Prosedur pengujian kadar abu mengacu pada standar ASTM D 1102. Metode ini dilakukan dengan memasukkan serbuk kayu sebanyak 2 gr ke dalam cawan porselin dan diabukan dalam *furnace* pada suhu 600 °C selama 6 jam. Sampel didinginkan dalam desikator, kemudian sampel yang telah dingin kemudian ditimbang. Kadar abu dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$K_{\text{abu}}(\%) = \frac{m_a}{m_{SG}} \times 100 \% \quad (3)$$

4. Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Kadar karbon terikat merupakan kandungan karbon dalam sampel setelah penghilangan zat terbang dan abu. Kadar karbon terikat dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$K_{\text{karbon terikat}}(\%) = 100\% - K_{\text{zatterbang}}(\%) - K_{\text{abu}}(\%) \quad (4)$$

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa agar dapat dipelajari potensi pemanfaatan biomassa yang baik. Data yang diambil dari pengujian berupa data karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan nitrogen oksida (NO_x). Untuk melakukan pengujian emisi gas buang maka digunakan fungsi kedua dari alat uji yang telah dibuat. Pada pengujian ini sistem pembakaran tidak menggunakan pemanas elektrik untuk melakukan pembakaran pada sampel yang diuji, tetapi menggunakan pemantik api untuk membakar sampel biomassa yang diuji. Saat fungsi kedua ini digunakan, ruang bakar dibuat memiliki aliran udara dengan menggeserkan pintu geser depan dan atas. Sedangkan pengujian komposisi gas buang dilakukan dari asap pembakaran, berikut merupakan prosedur pengujian yang dilakukan:

1. Sampel biomassa yang diuji dimasukkan kedalam cawan porselin, kemudian sampel tersebut dibakar langsung oleh pemantik api. Setelah sampel terbakar maka dimasukkan kedalam ruang bakar *furnace*.
2. Biarkan sampel terbakar sampai hampir habis, kemudian hidupkan kipas yang dikontrol kecepatannya sesuai kebutuhan dan *gas analyzer*

untuk membaca hasil emisi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa

3. Data hasil emisi pembakaran biomassa akan ditampilkan pada layar LCD *gas analyzer*.

Faktor- faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain adalah sebagai berikut (Astuti, 2013).

1. Ukuran partikel

Partikel yang lebih kecil ukurannya akan lebih cepat terbakar.

2. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran biobriket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

3. Jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan zat terbang dan kandungan air.

4. Temperatur udara pembakaran

Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

Salah satu gas buang hasil pembakaran adalah gas NO. Gas NO yang mencemari udara secara pandangan sulit diamati karena gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan gas NO₂ bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya merah kecoklatan. Sifat racun (toksisitas) gas NO₂ empat kali lebih kuat dari pada toksisitas gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO₂ adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO₂ akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian (Fardiaz, 1992). Nilai ambang batas beberapa kandungan gas hasil pembakaran dijelaskan pada tabel berikut ini.

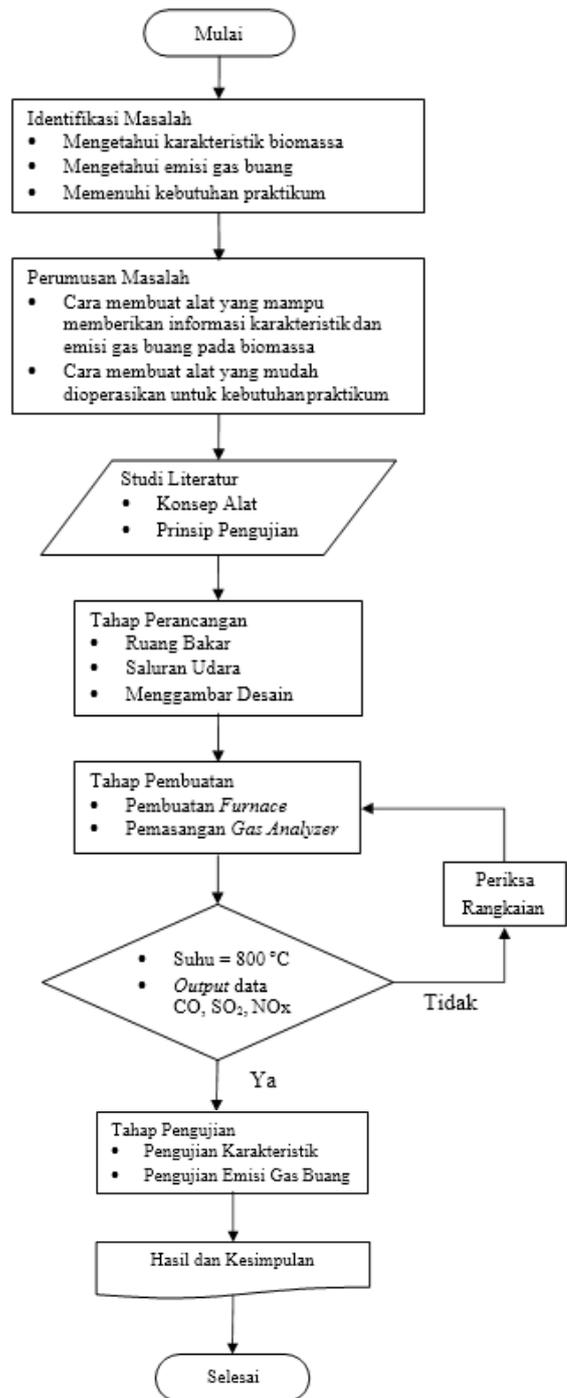
Tabel 1. Nilai Ambang Batas Zat Kimia di Udara Tempat Kerja (Badan Standarisasi Nasional, 1992)

Karbon Monoksida (CO)	50 ppm
Nitrogen Oksida (NOx)	3 ppm
Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 ppm
Karbon Monoksida (CO)	50 ppm

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap perancangan, tahap pembuatan, dan tahap pengujian. Tahap perancangan meliputi tahap pengumpulan data literatur, pencarian data material yang digunakan, dan diskusi dengan berbagai narasumber. Setelah tahap pembuatan selesai, maka tahap selanjutnya adalah tahap pengujian. Pengujian dilakukan melalui dua tahap, yaitu pengujian dengan menggunakan analisis proksimasi untuk mengetahui karakteristik dari biomassa menggunakan *furnace* dan pengujian dengan menggunakan *gas analyzer* untuk

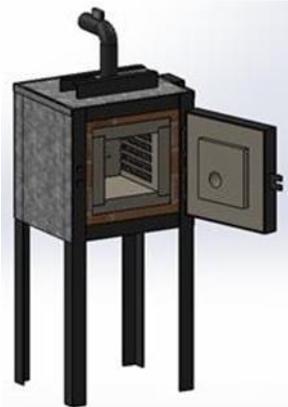
mengetahui emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran langsung. Konsep dari penelitian ini yaitu riset dan pengembangan dari model *furnace* yang ada, kemudian didesain kembali untuk menunjang fungsi tambahan pada pengujian emisi biomassa dengan menambahkan komponen kipas, saluran masuk dan keluar udara, dan *gas analyzer* agar proses pengujian karakteristik dan emisi gas buang dapat dilakukan dengan satu alat saja. Alur penelitian ini diujelaskan pada gambar 1 berikut.



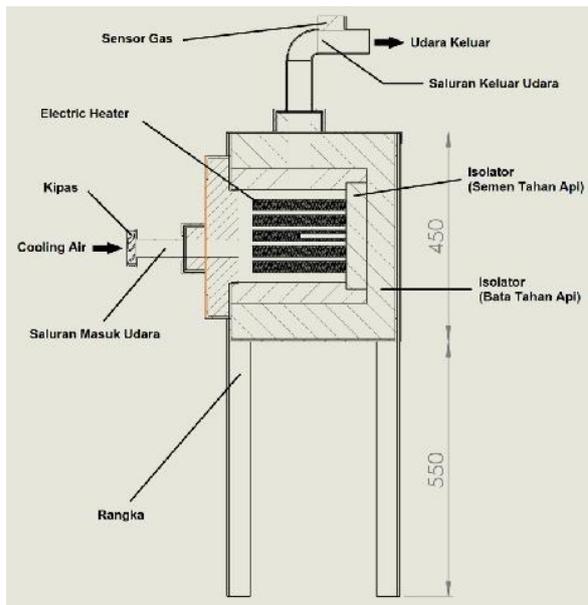
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum membuat alat, terlebih dahulu dibuat desain alat yang akan dibuat. Hasil desain alat dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Gambar 3D Desain Furnace



Gambar 3. Desain Hasil Perancangan Furnace

Desain alat pengujian dibagi menjadi tiga komponen utama yaitu: (1) ruang pembakaran; (2) cerobong gas buang; dan (3) sensor *gas analyzer*. Ruang pembakaran digunakan untuk tempat membakar sampel kayu yang akan di uji coba sehingga karakteristik dari bahan bakar tersebut dapat diketahui. Cerobong gas digunakan untuk mengalirkan asap hasil pembakaran dan mengarahkan ke arah *gas analyzer* untuk diuji coba kandungan gas buang yang dihasilkan. Sensor *gas analyzer* digunakan untuk komponen yang mampu membaca komposisi gas buang hasil bahan kayu yang diuji coba. Setelah seluruh komponen terpasang, maka alat uji karakteristik dan emisi gas buang telah selesai dibuat, berikut alat yang telah selesai terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Alat Uji Karakteristik dan Emisi Gas Buang Biomassa

Selanjutnya pengujian karakteristik dilakukan menggunakan analisis proksimasi untuk mengetahui kadar air, zat terbang, kadar abu, dan karbon terikat dengan cara mengambil sampel bahan bakar kayu mahoni yang hendak diuji coba dengan cara menimbang berat sampel awal yang digunakan.



Gambar 5. Sampel Kayu Mahoni Bekas Yang Diuji



Gambar 6. Berat Sampel Ditambah Berat Cawan Porselin

Bahan kayu yang diuji coba dimasukkan kedalam ruang pembakaran sesuai standar pengujian ASTM terhadap bahan bakar pada kondisi yang telah diatur.



Gambar 7. Pemansan Sampel untuk Analisis Proksimasi

Hasil analisis proksimasi yang telah dilakukan terhadap jenis kayu Mahoni pada alat pengujian karakteristik dan emisi gas buang sesuai prosedur adalah sebagai berikut.

Jenis sampel kayu bekas : Kayu Mahoni
 Massa air yang hilang : 0,8776 gr
 Massa zat terbang : 0,835 gr
 Massa abu : 0,0057 gr

Data-data yang telah didapatkan kemudian diubah kedalam bentuk prosentase bahan bakar. Prosentase komposisi kadar air, kadar zat terbang, kadar abu dan kadar karbon terikat dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Analisis Proksimasi

Jenis Kadar	Kandungan/gr
Kadar Air	12,24 %
Kadar Zat Terbang	83,5 %
Kadar Abu	0,57 %
Kadar Karbon Terikat	15,93 %

Berdasarkan data yang diperoleh dapat kita ketahui bahwa kadar air tertinggi terdapat pada kayu mahoni dengan kadar air 12,24 %. Kadar air memiliki peranan yang cukup penting pada nilai kalor dari tiap biomassa. Semakin besar kandungan air maka semakin rendah nilai kalornya. Namun, nilai kalor tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan air saja, melainkan kandungan karbon, hidrogen, dan oksigen yang terdapat pada tiap biomassa. Kadar zat terbang pada kayu mahoni mencapai 83,5 %. Kadar zat terbang yang tinggi, menyebabkan kayu mahoni akan lebih mudah untuk terbakar.

Untuk kadar abu pada kayu mahoni mencapai 0,57 %. Emisi abu yang sedikit akan memudahkan pembersihan sisa pembakaran, karena abu yang ditinggalkan tidak terlalu banyak. Kadar karbon terikat yang terdapat pada kayu mahoni mencapai 15,93 %. Semakin banyak kandungan karbon padat menandakan bahwa semakin banyak pula zat yang dapat bereaksi dalam reaksi pembakaran sehingga

memungkinkan reaksi pembakaran berjalan dengan lebih baik.

Hasil Pengujian Emisi GasBuang. Pada saat pembakaran langsung, sampel dibakar langsung dalam cawan porselen kemudian dimasukkan kedalam ruang bakar. Kemudian gas buang yang keluar melalui cerobong akan dibaca oleh sensor gas analyzer.



Gambar 8. Pembakaran Langsung Serbuk Kayu



Gambar 9. Hasil Pembacaan Emisi GasBuang

Display menyatakan C untuk karbon monoksida (CO), S menyatakan sulfur dioksida (SO₂) dan N menyatakan nitrogen oksida (NO_x), berikut merupakan data hasil pengujian yang terbaca pada display.

Tabel 3. Hasil Emisi Gas Buang

Jenis Emisi Gas Buang	Nilai Emisi (ppm)
Karbon Monoksida (CO)	47,50
Sulfur Dioksida (SO ₂)	0,11
Nitrogen Oksida (NO _x)	0,76
Jenis Emisi Gas Buang	Nilai Emisi (ppm)

Dari hasil pengujian gas buang menyatakan seluruh emisi gas buang yang dihasilkan masih dibawah nilai ambang batas yang dizinkan, walaupun nilai CO yang dihasilkan cukup tinggi.

4. PENUTUP

4.1 Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Percobaan pengujian yang dilakukan menyatakan bahwa alat mampu melakukan pengujian karakteristik dan emisi gas buang pada biomassa.
2. Tungku (*furnace*) yang dibuat mampu mencapai suhu 800 °C dari temperatur 32 °C dalam waktu 360 menit.
3. Laju perpindahan kalor pada dinding *furnace* mencapai 6837,6 Watt

4. Berat keseluruhan alat yang dibuat 149,32 kg.
5. *Sampel*biomassa yang dipakai untuk pengujian adalah kayu mahoni dengan kadar air 12,24 %, kadar zat terbang 83,5 %, kadar abu 0,57 %, dan kadar karbon terikat 15,93 %.
6. Untuk emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran kayu mahoni adalah karbon monoksida 47,50 %, sulfur dioksida 0,11 %, dan nitrogen oksida 0,76%.

4.2 Saran

Penelitian yang dilakukan tidak luput dari kekurangan yang masih ada, sehingga saran yang diharapkan agar dapat menjadi perbaikan dikemudian hari diantaranya:

1. *Furnace* menggunakan sistem kontrol analog sehingga untuk mendapatkan suhu yang diinginkan dibutuhkan ketelitian untuk mendapatkannya.
2. Kalor yang keluar dari isolator tungku cukup besar, sehingga dibutuhkan perbaikan isolator agar suhu yang keluar dapat lebih kecil.
3. Jenis biomassa yang diuji dapat lebih beragam lagi jenis-jenisnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Astuti, Indah Dwi. 2013. *Pengaruh Variasi Tekanan Pada Pembuatan Biobriket Dengan Bahan Baku Daun Pisang dan Tempurung Kelapa*. Palembang : e-journal Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [2.] Badan Standardisasi Indonesia. 2005. *Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja*. [Online] 2005. Diakses: 11 Februari 2017. <http://web.ipb.ac.id>. 19-0232-2005
- [3.] Fardiaz, Srikandi. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama,1992.
- [4.] Mulyasari, Tia. 2013. *Karakteristik Beberapa Jenis Kayu Sebagai Bahan Baku Energi Biomassa*. Bogor: e-journal Institut Pertanian Bogor.
- [5.] Sugiyono, Agus., Anindhita., Laode M.A. Wahid., Adiarso. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016: Pengembangan Energi untuk Mendukung Industri Hijau*. Jakarta: Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia (PTSEIK).