

PENGARUH VARIASI UKURAN CANGKANG SAWIT PADA PROSES GASIFIKASI TERHADAP PERFORMA *GASIFIER* TIPE *UPDRAFT*

Aditya Satriya Nugroho

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : adityanugroho@mhs.unesa.ac.id

Dwi Heru Sutjahjo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: dwiheru.c2h5oh@gmail.com

Abstrak

Cangkang kelapa sawit adalah salah satu bahan baku biomassa yang jumlahnya cukup melimpah di Indonesia. Salah satu alternatif yang menarik karena sifatnya yang *renewable* yang proses terbentuknya membutuhkan waktu yang lebih singkat. Penggunaan biomassa umumnya digunakan pada sektor rumah tangga khususnya di pedesaan dengan cara dibakar secara langsung. Tetapi apabila biomassa tersebut hanya dibakar secara langsung maka akan timbul permasalahan yaitu nilai bakar yang rendah dan kadar emisi polutan yang tinggi (Fisafarani,2010). Gasifikasi merupakan suatu bentuk peningkatan penggunaan energi yang terkandung di dalam bahan biomassa melalui suatu konversi dari bahan padat menjadi *syn gas* dengan menggunakan proses degradasi termal material-material organik pada temperatur tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran cangkang sawit yang dibakar di dalam *gasifier* terhadap performa *gasifier* menggunakan *gasifier* tipe *updraft*. Variasi dilakukan dengan cara memisahkan ukuran cangkang kelapa sawit menggunakan *wire mesh* dengan ukuran mesh 2 dan mesh 3. Pada proses gasifikasi *Air Fuel Ratio (AFR)* daitur sebesar 0,3 atau 1,3 m/s. Kemudian akan diamati bagaimana temperatur nyala api, tinggi nyala api, lama nyala api, serta warna api *syn gas*. Hasil penelitian ini di dapatkan rata-rata temperatur nyala api dengan *AFR 0,3* biomassa mesh 2 dan mesh 3 adalah 255°C dan 230°C. Tinggi nyala api dengan *AFR 0,3* biomassa mesh 2 dan mesh 3 didapatkan rata-rata 17,4 cm dan 16,6 cm. Lama nyala api dengan *AFR 0,3* biomassa mesh 2 dan mesh 3 masing-masing adalah 100 menit dan 80 menit. Sedangkan visualisasi api yang di dapatkan mesh 2 dengan profil api berwarna biru dan mesh 3 didapatkan profil api biru kemerahan. Hasil terbaik dari penelitian ini adalah biomassa dengan ukuran mesh 2.

Kata Kunci : Cangkang kelapa sawit, gasifikasi, biomassa, *gasifier*, *syngas*

Abstract

Palm oil shells are one of the overflow biomass ingredients in Indonesia. One interesting alternative because of its renewable nature, the process of formation requires a shorter time. The use biomass is generally used in the household sector particularly in rural areas by burning directly. But if the biomass is just directly burned problems will arise namely low fuel value and high level of pollutant emissions (Fisafarani,2010). Gasification is a form of increasing use of energy contained in biomass materials through a conversion from solid material to *syn gas* with using the thermal degradation process of organic materials at high temperatures. This research was using quantitative and qualitative descriptive methods which aims to determine the effect of variations in the size of palm shells that are burned in the *gasifier* against the performance of the *gasifier* using an *gasifier* type *updraft*. The variation is done by separating the size of palm shell using a *wire mesh* with mesh size 2 and mesh size 3. In gasification process *Air Fuel Ratio (AFR)* is measured at 0,3 or 1,3 m/s. Then it will be observed how the flame temperature, flame height, flame length, and color of *syn gas* fire. The results of this study were obtained by the average flame temperature with *AFR 0.3* biomass mesh 2 and mesh 3 were 255°C and 230°C. The flame height with *AFR 0.3* mesh 2 biomass and mesh 3 obtained an average of 17.4 cm and 16.6 cm. The duration of flame with *AFR 0.3* biomass mesh 2 and mesh 3 were 100 minutes and 80 minutes, respectively. While the visualization of the fire is obtained mesh 2 with a blue profile profile and mesh 3 obtained by a reddish-blue flame profile. The best results of this study are biomass with mesh size 2.

Keywords: Palm shells, gasification, biomass, *gasifier*, *syngas*

PENDAHULUAN

Pada jaman sekarang ini bahan bakar minyak adalah salah satu bentuk energi yang masih sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Namun sifatnya yang tidak dapat diperbarui atau *nonrenewable* yang proses terbentuknya memerlukan waktu jutaan tahun, membuat jumlahnya semakin menipis seiring berjalannya waktu dan semakin bertambahnya kebutuhan masyarakat maupun industri akan bahan bakar minyak. Salah satu alternatif yang sangat menarik adalah biomassa karena sifatnya yang dapat diperbarui atau *renewable* yang proses terbentuknya membutuhkan waktu yang lebih singkat.

Penggunaan energi biomassa pada umumnya digunakan pada sektor rumah tangga khususnya di pedesaan dengan cara pembakaran biomassa secara langsung (tanpa diolah terlebih dahulu) yang berasal dari limbah kayu, pertanian dll. Potensi dalam mengaplikasikan biomassa di Indonesia juga cukup besar. Diperkirakan bahwa produksi biomassa di Indonesia menghasilkan 146,7 juta ton biomassa per tahun, setara dengan sekitar 470 GJ per tahun. Sumber biomassa tersebut terutama berasal dari limbah residu padi yang memberikan potensi energi terbesar 150 GJ/tahun, kayu karet 120 GJ/tahun, residu tebu 78 GJ/tahun, residu kelapa sawit 67 GJ/tahun, dan sisanya lebih kecil dari 20 GJ/tahun berasal dari penebangan, kayu gergajian dan limbah pertanian (Abdullah, 2006).

Tetapi apabila biomassa tersebut hanya dibakar secara langsung maka akan timbul permasalahan yaitu nilai bakar yang rendah dan kadar emisi polutan yang tinggi (Fisafarani, 2010). Untuk mengatasi masalah tersebut dan memperoleh hasil yang optimal, biomassa tersebut harus diolah terlebih dahulu dengan memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh pada segi pembakaran.

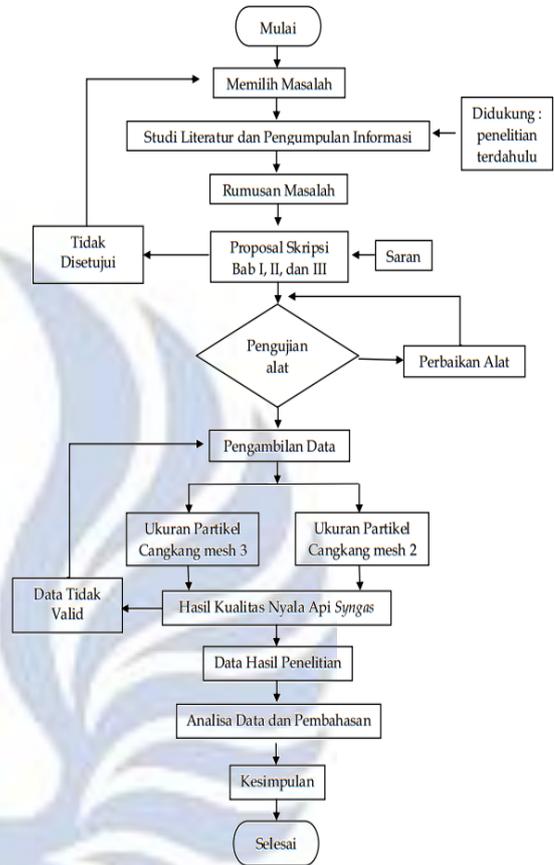
Cangkang kelapa sawit adalah salah satu bahan baku biomassa yang jumlahnya cukup melimpah di Indonesia. Data dari statistik perkebunan indonesia menunjukkan bahwa untuk kelapa sawit total luas area dari tahun 1999-2016 mencapai 6.462.147 dengan hasil produksi kebun seberat 83.980.917 Ton dengan volume ekspor 1.576.490 Ton (Statistik, 2016). Dari data hasil produksi tersebut tentu menghasilkan limbah cangkang kelapa sawit yang banyak pula.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang ada di atas, maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi ukuran cangkang kelapa sawit

pada proses gasifikasi terhadap performa *gasifier* tipe *updraft* yang ada di Lab. Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin UNESA.

METODE

Rancangan Penelitian

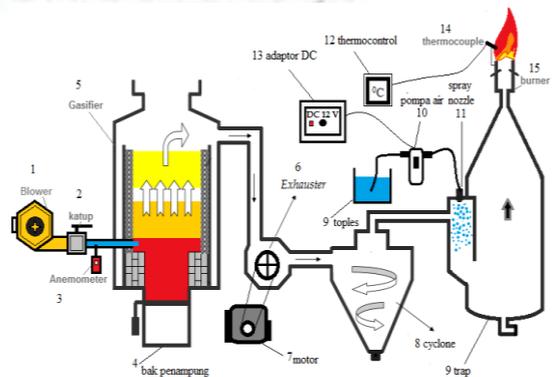


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Obyek Penelitian

Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Reaktor *Gasifier* Tipe *Updraft*
- Cangkang Kelapa Sawit



Gambar 2. Reaktor *Gasifier* Tipe *Updraft*



Gambar 3. Cangkang Kelapa Sawit

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- *Anemometer*
- *Thermocontrol*
- *Stopwatch*
- Box kaca
- Timbangan
- *Wire mesh*

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas yaitu ukuran cangkang kelapa sawit menggunakan mesh 3 dan mesh 2.

- Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat adalah tinggi nyala api, temperatur api, lamanya nyala api, serta warna api yang dihasilkan.

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variable yang dikendalikan (konstan) sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variable kontrol dalam penelitian ini yaitu:

- *AFR (Air Fuel Ratio)* menggunakan 0,3 atau kecepatan udara 1,3 m/s
- Kecepatan putaran exhasuter 1,5 m/s
- Debit air pada traping 0,333 l/menit atau 19,98 l/jam

Prosedur Penelitian

Tahap persiapan

- Memisahkan cangkang sawit sesuai dengan ukuran penelitian
- Membersihkan *gasifier* yang akan digunakan
- Menyiapkan peralatan yang akan digunakan saat pengujian
- Menyiapkan *thermometer* dan *anemometer*
- Menyiapkan dan menimbang cangkang sawit sesuai ukuran yang ditetapkan
- Membakar bara cangkang sawit sebanyak 0,5 kg yang digunakan sebagai pematik

Tahap Penelitian

- Masukkan bara cangkang sawit ke dalam *gasifier*
- Masukkan cangkang sawit dengan variasi ukuran yang telah ditentukan ke dalam *gasifier* seberat 5,5 kg
- Menyalakan *blower* I dan *exhauster* pada *gasifier*
- Mengatur kecepatan udara pada *blower* II menggunakan katup
- Mengukur kecepatan udara menggunakan *anemometer*
- Menunggu cangkang sawit pada zona pembakaran selama 20-25 menit
- Membakar *syngas* yang dihasilkan
- Mengamati warna api yang dihasilkan
- Mengamati temperatur, tinggi nyala api, lamanya nyala api
- Melakukan pengulangan pengujian menggunakan cangkang sawit ukuran mesh 3 dan mesh 2.

Akhir Pengujian

- Mematikan semua alat yang ada pada gasifikasi
- Mengambil tar dan abu
- Membersihkan alat gasifikasi
- Merapikan alat gasifikasi dan alat-alat pengujian

Teknik Analisa Data

Analisa data yang digunakan adalah dengan menggunakan metode deskriptif dimana hasil penelitian yang didapatkan akan dimasukkan dalam bentuk tabel dan grafik dari data eksperimen. Kemudian akan dijelaskan bagaimana data yang diperoleh dengan bahasa/kalimat yang mudah di pahami dan di mengerti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kandungan Biomassa

➤ Hasil Analisa Proximate

Hasil uji di dapatkan dari uji yang dilakukan di BARISTAN (Balai Riset Dan Standarisasi Industri Surabaya)

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
Kadar Air	%	5.02
Kadar Abu	%	12.66
Bulk Density	g/ml	0.53
Volatile Matter	%	53.72
Fixed Carbon	%	28.60

Gambar 4. Hasil Analisa Proximate

Kandungan air yang paling ideal untuk bahan baku gasifikasi adalah kurang dari 20%. Sehingga dapat dikatakan pada penelitian kali ini bahan baku yang digunakan sudah ideal untuk digunakan sebagai bahan bakar, karena memiliki kadar air sebesar 5.02%.

Kadar abu didapatkan sebesar 12,66%. Hal ini menunjukkan bahwa ketika cangkang sawit di bakar maka akan menghasilkan emisi abu yang cukup banyak.

Kandungan (*volatile matter*) bahan yang mudah menguap yang tinggi menandakan mudahnya penyalan bahan bakar didapatkan sebesar 53,72%. Hal ini menandakan bahwa cangkang sawit akan mudah untuk terbakar.

Kandungan *Fixed carbon* yang dikandung cangkang sawit sebesar 28,60%. *Fixed carbon* memiliki peran sebagai pembangkit panas pada saat pembakaran. Semakin banyak kandungan karbon padat menandakan bahwa semakin banyak pula zat yang mampu bereaksi dalam pembakaran sehingga memungkinkan reaksi pembakaran berjalan dengan baik.

➤ Hasil Analisa Ultimate

Analisis *Ultimate* menyajikan data kandungan komposisi unsur-unsur kimia yang ditentukan dengan menggunakan analisis *ultimate*. Analisis *ultimate* menentukan berbagai macam kandungan unsur-unsur kimia seperti karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen dan sulfur.

Komponen	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
	Carbon	%	46.03
	Hidrogen	%	5.8
	Nitrogen	%	0.35
	Sulfur	%	0.097
	Oksigen	%	-

Gambar 5. Hasil Analisa Ultimate

Pengujian analisa ultimate dilakukan di UPT Laboratorium Tepadu Universitas Diponegoro. Unsur yang terpenting dalam pembakaran adalah unsur C dan H, karena C dan H merupakan unsur utama dalam pembakaran. Unsur C yang bersifat reaktan bereaksi dengan oksigen sehingga menghasilkan CO₂. Semakin tinggi presentase nilai C pada bahan bakar maka nilai kalor juga akan semakin tinggi. Unsur H bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan H₂O setelah pembakaran. Unsur O menandakan kandungan oksigen dalam bahan bakar. Semakin tinggi kandungan oksigen dalam bahan bakar, maka bahan bakar tidak memerlukan oksigen yang terlalu banyak karena kandungan oksigen yang cukup tinggi. Namun untuk unsur N dan S merupakan unsur yang menyebabkan polusi dari pembakaran karena unsur tersebut dapat bereaksi dengan udara membentuk NO_x dan Sox. Kadar dari unsur N dan S dari pengujian sebesar 0,35% dan 0,097%. Pada eksperimen yang dilakukan oleh Hanani (2010) mengatakan bahwa polusi pembakaran bahan bakar tidak akan berbahaya apabila kadar N dan S tidak lebih dari 1%.

➤ Nilai Kalor Biomassa Cangkang Sawit

Nilai kalor biomassa dapat ditentukan menggunakan alat *bomb calorimeter*. Nilai kalor sangat dipengaruhi oleh komponen unsur kimia yang terkandung di dalam biomassa terutama kandungan karbon dan hidrogen. Pengujian dilakukan di Lab energi ITS.

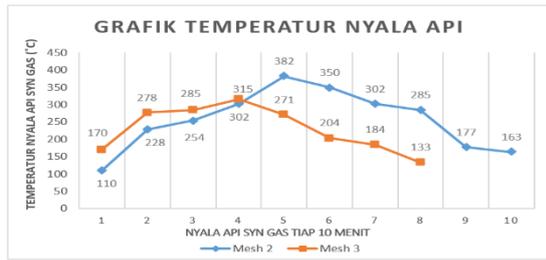
Biomassa	Nilai Kalor
Cangkang Sawit	4409 kal/g

Gambar 6. Nilai Kalor Biomassa Cangkang Sawit

Semakin tinggi kadar karbon yang terkandung di dalam biomassa maka akan semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan, karbon akan dioksidasi dengan oksigen dan menghasilkan energi pada saat reaksi pembakaran. Oleh karena itu mengapa hubungan antara nilai karbon berbanding lurus dengan nilai kalor. Nilai kalor tidak hanya dipengaruhi oleh kadar karbon tetapi oksigen, hidrogen, sulfur, dan nitrogen juga berpengaruh. Namun untuk nilai kalor kandungan kadar karbon yang lebih dominan berpengaruh.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

- Data hasil pengujian Temperatur Nyala Api *Syngas*

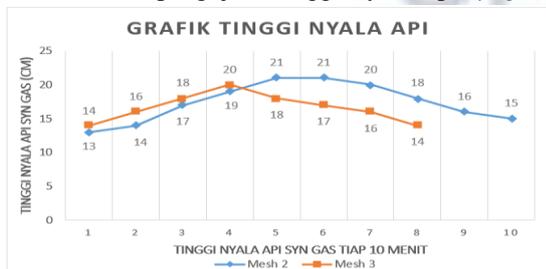


Gambar 7. Temperatur Nyala Api Mesh 2 dan Mesh 3

Berdasarkan hasil dari grafik diatas temperatur rata-rata pada masing-masing ukuran biomassa mesh 2, mesh 3 dan menggunakan *AFR* 0,3 adalah 255°C dan 230°C. Faktor yang mempengaruhi rata-rata temperatur mesh 2 lebih tinggi adalah pada saat proses pembakaran, produksi *syn gas* dan suplai udara lebih banyak dikarenakan porositas antar biomassa lebih kecil pada sela- sela biomassa sehingga kandungan *flammable gas* yang dihasilkan tinggi.

Dibandingkan dengan mesh 3 yang memiliki struktur biomassa lebih rapat sehingga porositas lebih besar yang menyebabkan produksi *syn gas* lebih banyak pada awal pembakaran. Namun pada pertengahan pembakaran produksi *syn gas* berkurang dikarenakan suplai udara tidak dapat masuk ke dalam sela- sela biomassa karena terlalu rapat yang menyebabkan porositas besar dan sisa hasil pembakaran juga menghalangi laju oksigen untuk proses pembakaran. Sehingga produksi CO, H₂ dan CH₄ lebih banyak hanya di awal saja dan berkurang setelah pertengahan pembakaran.

- Data hasil pengujian Tinggi Nyala Api *Syngas*



Gambar 8. Tinggi Nyala Api Mesh 2 dan Mesh 3

Berdasarkan data yang ada pada gambar diatas tinggi nyala api rata-rata pada ukuran biomassa cangkang sawit mesh 2 dan mesh 3 adalah 17,4 cm dan 16,6 cm dengan debit udara yang tetap yaitu *AFR* 0,3. Dari data diatas dapat dikatakan bahwa semakin biomassa terbakar sempurna maka nyala

api akan semakin tinggi, semakin sempurna pembakaran maka *syn gas* yang dihasilkan juga semakin banyak sehingga nyala api juga akan semakin tinggi.

Pada mesh 2 nyala api tertinggi adalah 21cm sedangkan pada mesh 3 nyala api tertinggi adalah 20 cm setelah nyala api pada puncaknya, kandungan gas terbakar (*combustible gas*) akan berkurang sehingga temperatur api akan berkurang dan tinggi nyala api akan semakin turun.

- Lama Nyala Api *Syngas*

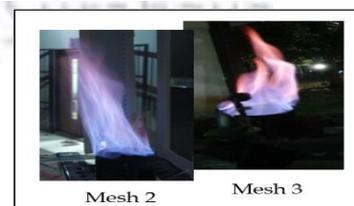
Ukuran Cangkang	Massa Cangkang Sawit	Lama Nyala (menit)
Mesh 2	5,5 Kg	100 Menit
Mesh 3	5,5 Kg	80 Menit

Gambar 9. Lama Nyala Api *Syngas*

Berdasarkan data diatas lama nyala api dengan *AFR* sebesar 0,3 menggunakan biomassa mesh 2 didapatkan 100 menit, sedangkan pada mesh 3 didapatkan 80 menit. Dari data ini dapat dilihat semakin kecil ukuran biomassa waktu nyala api akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan jika semakin kecil ukuran partikel biomassa cangkang sawit maka suhu ruangan reaktor juga semakin tinggi pada saat proses pembakaran, karena ukuran cangkang sawit yang semakin kecil akan memberikan ruang yang sedikit untuk udara karena lebih rapat. Ukuran partikel biomassa yang lebih kecil berkontribusi pada luas permukaan kontak yang lebih besar sehingga laju pembakaran jadi lebih cepat yang menyebabkan cangkang sawit cepat habis.

- Warna Nyala Api *Syngas*

Ukuran Cangkang	Massa Cangkang Sawit	Warna Api
Mesh 2	5,5 Kg	Biru
Mesh 3	5,5 Kg	Biru kemerahan



Gambar 10. Warna Nyala Api *Syngas*

Kualitas api dapat ditentukan melalui warna api yang dihasilkan. Warna api biru menunjukkan kualitas yang bagus yang menandakan kandungan *flammable gas* yang baik. Pada hasil pengamatan didapatkan nyala api *syn gas* pada biomassa ukuran mesh 2 berwarna biru yang sempurna, namun

berbeda dengan biomassa ukuran mesh 3 didapatkan warna api berwarna biru dengan ujung yang berwarna merah. Dapat dikatakan bahwa biomassa dengan ukuran mesh 2 memiliki visualisasi nyala api terbaik dengan campuran bahan bakar dan udara yang stokiometri dibandingkan dengan biomassa dengan mesh 3.

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, mengenai pengujian menggunakan gasifikasi tipe *updraft* dengan biomassa berbahan bakar cangkang sawit, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Nyala api terbaik pada proses gasifikasi tipe *updraft* di dapatkan pada ukuran mesh 2 yang juga didominasi dengan profil warna api biru, ukuran biomassa juga berperan penting karena jika ukuran biomassa terlalu kecil maka suplai oksigen kurang maksimal. Temperatur terbaik di dapatkan pada mesh 2 yaitu dengan rata-rata 255°C, tinggi nyala api terbaik di dapatkan pada mesh 2 dengan tinggi api 21 cm, karena kandungan gas terbakar (*combustible gas*) yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan mesh 3. Nyala api paling lama yaitu pada mesh 2, karena pada mesh 3 ukuran biomassa lebih kecil yang membuat luas permukaan pada saat pembakaran lebih besar yang menyebabkan cangkang sawit lebih cepat habis.

Saran

Dari penelitian yang telah di lakukan, mengenai pengujian menggunakan gasifikasi tipe *updraft* dengan biomassa berbahan bakar cangkang sawit, maka adapun beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang variasi ukuran biomassa yang lain agar dapat membandingkan ukuran mana yang terbaik
- Karena proses gasifikasi adalah proses yang membutuhkan panas maka sebaiknya pada dinding luar reaktor di berikan isolator agar tidak banyak kalor yang keluar reaktor, disisi lain saat pengujian juga berbahaya karena dapat tersentuh bagian badan yang menyebabkan luka.
- Bagian-bagian dari alat gasifikasi harus dalam kondisi rapat tanpa adanya kebocoran terutama pada tutup *gasifier* agar proses gasifikasi dan pembakaran dapat berjalan lancar.

- Diperlukan alat untuk mengukur *flowrate syngas* secara kontinu selama pengujian agar jumlah *syngas* yang diapatkan akurat
- Sebelum melakukan pengujian sebaiknya dilakukan pembersihan alat terlebih dahulu agar tidak terjadi kendala pada saat pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Kamaruddin. (2006). *Biomass Energy Potentials And Utilization In Indonesia*. Halaman 3.
- Basu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis*. Elsevier Inc.
- Fisafarani, Hanani. (2010). *Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa dan Potensi Bio-Pelet di Indonesia*.
- Goswami, Yogi. 1986. *Alternative Energy in Agriculture*, Vol. II. CRC Press. Halaman 83-102.
- Hadi, Sholehul., & Sudjud, Dasopuspito. 2013. *Pengaruh Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar Terhadap Kualitas Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Suplai Biomass Serabut Kelapa Secara Kontinyu*. Jurnal Teknik POMITS. 2 (3): B-384.
- Kalim, Nur. (2015). *Pengaruh Debit Udara Pada Gasifier Terhadap Temperatur Dan Lama Nyala Api Syn Gas Pada Gasifikasi Batok Kelapa*.
- Najib, Lailun., dan Sudjud, Darsopuspito. 2012. *Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu Dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa*. Jurnal Teknik ITS 1 (1): B-12.
- Nurmala H, Hartoyo. 1998. *Pembuatan arang aktif dari tempurung biji-bijian asal tanaman hutan dan perkebunan*.
- Rinovianto, G., (2012). *Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet*.
- Statistik, Badan Pusat. (2016). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*, 17–18. ISSN. 1978-9947
- Sudarmanta, B. & Kadarisman. (2010). *Pengaruh Suhu Reaktor dan Ukuran Partikel Terhadap Karakterisasi Gasifikasi Biomassa Tongkol Jagung Pada Reaktor Downdraft*, Proseding Seminar Nasional Pasca Sarjana ITS.