

## UJI KUALITAS SYNGAS GASIFIKASI CANGKANG SAWIT TERHADAP AFR DAN KADAR AIR PADA GASIFIER TPE UPDRAFT

**Ramly Myzhar**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : [ramlymyzhar@mhs.unesa.ac.id](mailto:ramlymyzhar@mhs.unesa.ac.id)

**Dwi Heru Sutjahjo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [Dwiheru.c2h2oh@gmail.com](mailto:Dwiheru.c2h2oh@gmail.com)

### Abstrak

Peningkatan produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, berbanding lurus dengan peningkatan volume limbah kelapa sawit. Limbah industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi, penanganan yang tidak tepat dipastikan berakibat mencemari lingkungan sekitar. Limbah kelapa sawit adalah sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama proses pengolahan kelapa sawit, baik berupa limbah padat dan cair. Limbah padat kelapa sawit antara lain tandan kosong, cangkang dan sabut (*fiber*). Pada penelitian ini menggunakan metode analisa deskriptif kualitatif dan kuantitatif, digunakan biomassa cangkang sawit sebagai bahan bakar yang berasal dari Medan. Penulis memvariasikan empat AFR yaitu 0,3; 0,5; 0,8; 1,1 dan mengkondisikan kadar air biomassa cangkang sawit sesuai kandungan air di lapangan yaitu setelah melalui proses produksi. Kadar air dan AFR mempengaruhi durasi pembentukan *syngas* hasil gasifikasi biomassa, durasi pembentukan *syngas* pada AFR 0,3; 0,5; 0,8; 1,1 secara berurutan adalah 26 menit, 22 menit, 19 menit dan 14 menit. Kualitas *syngas* bisa dilihat secara visual melalui hasil pembakaran *syngas*, pada AFR 0,3 didapatkan api biru, AFR 1,1 didapatkan nyala api jingga. Semakin kaya kandungan *flammable gas* dalam *syngas*, maka nyala api *syngas* berwarna biru dan semakin sedikit kandungan *flammable gas* dalam *syngas*, maka nyala api akan berwarna kuning kemerah-merahan/jingga. Terjadi kecenderungan penurunan presentase H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan CO pada *syngas* di AFR 0,3; 0,5; 0,8; dan 1,1 presentase H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> mengalami tren penurunan untuk senyawa CO sendiri pada *syngas* mengalami penurunan ke 4%. Penurunan CO pada masing-masing AFR terjadi karena terbentuknya CO<sub>2</sub> sebagai dampak dari reaksi pembakaran yang tinggi dengan meningkatnya AFR.

**Kata Kunci** : AFR, Gasifier, Cangkang sawit, *Syngas*, Kadar air.

### Abstract

The increase in palm oil production from year to year is directly proportional to the increase in the volume of oil palm waste. The oil palm industry waste contains high organic matter, improper handling is sure to result in polluting the surrounding environment. Oil palm waste is the residual yield of oil palm plants which are not included in the main products of palm oil processing, both in the form of solid and liquid waste. Solid palm oil waste includes empty bunches, shells and fiber. In this study using qualitative and quantitative descriptive analysis methods, palm kernel shell biomass was used as fuel originating from Medan. The author varies four AFRs which are 0.3; 0.5; 0.8; 1.1 and condition the water content of palm kernel shell biomass according to the water content in the field after going through the production process. Water content and AFR affect the duration of syngas formation of biomass gasification results, duration of syngas formation at AFR 0.3; 0.5; 0.8; 1.1 in a row are 26 minutes, 22 minutes, 19 minutes and 14 minutes. The quality of syngas can be seen visually through the combustion of syngas, in the AFR 0.3 a blue flame is obtained, the AFR 1.1 is found in an orange flame. The more rich the content of flammable gas in syngas, the syngas flame is blue and the less content of flammable gas is in syngas, the flame will be reddish / orange. There is a tendency to decrease the percentage of H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and CO in syngas at AFR 0.3; 0.5; 0.8; and 1.1 percent H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> experienced a downward trend for the CO compound itself on syngas which decreased to 4%. The decrease in CO in each AFR occurs because of the formation of CO<sub>2</sub> as a result of high combustion reactions with increasing AFR.

**Keywords**: AFR, Gasifier, Palm shell, Syngas, Moisture content.

### PENDAHULUAN

Keberadaan industri perkebunan kelapa sawit yang disertai berbagai produk turunannya, diakui masih menjadi unggulan utama produk komoditas di Indonesia. Perkebunan kelapa sawit yang

menghasilkan minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) masih menjadi salah satu komoditas ekspor unggulan Indonesia. Hingga tahun 2017, Indonesia masih tercatat sebagai eksportir terbesar di dunia untuk komoditas

tersebut berdasarkan data Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia.

Volume ekspor minyak sawit Indonesia dalam bentuk CPO, PKO, dan produk turunannya oleokimia dan biodiesel mencapai 16,6 juta ton (Herlinda, 2017). Besarnya peluang bisnis yang diperoleh dari industri kelapa sawit ini yang menarik ketertarikan berbagai pihak untuk terjun pada bisnis ini. Dari skala besar hingga kecil, para petani pun ikut serta menanam kelapa sawit walaupun dengan lahan yang terbatas. Berbanding lurus dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, akan terjadi pula peningkatan volume limbah kelapa sawit. Pada limbah industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi bila tidak ditangani secara tepat dipastikan bisa mencemari lingkungan sekitar. Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama proses pengolahan kelapa sawit, baik berupa limbah padat dan cair. Limbah padat kelapa sawit antara lain tandan kosong, cangkang dan sabut (*fiber*).

Salah satu teknologi yang saat ini berkembang untuk mengubah biomassa cangkang kelapa sawit menjadi energi adalah gasifikasi biomassa. Gasifikasi merupakan proses konversi energi dari bahan padat (biomassa) menjadi *syngas* (gas hasil sintesa) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Proses gasifikasi hampir mempunyai kesamaan dengan proses pembakaran, hanya saja udara yang dimasukkan ke sistem gasifikasi dibatasi. Banyaknya udara yang masuk dalam gasifier disuplai oleh *blower* dan memiliki pengaruh atas laju alir massa *syngas* dan kualitas dari *syngas*.

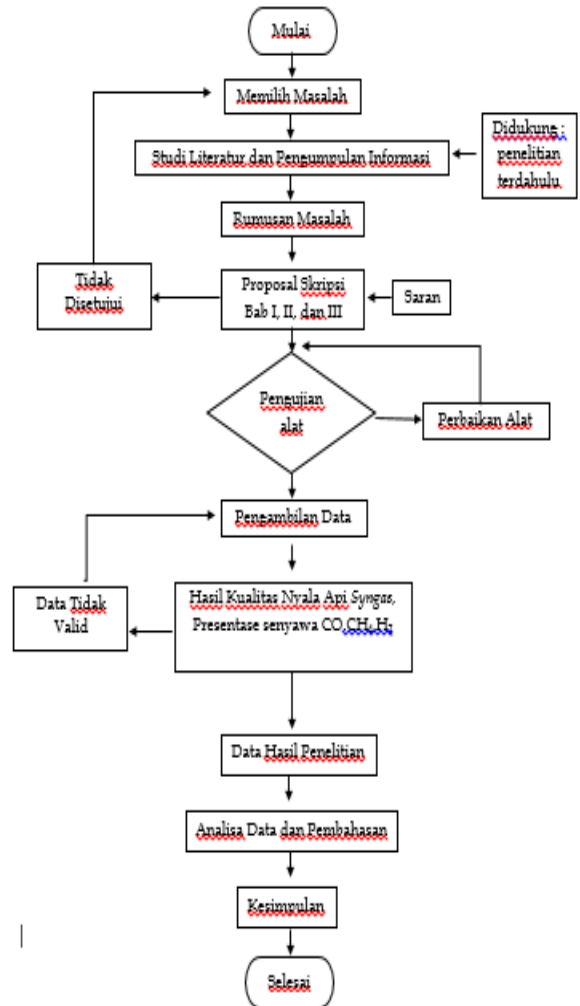
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Endang Suhendi dkk dengan gasifikasi biomassa bonggol jagung, memperlihatkan perbandingan komposisi *syngas* pada AFR yang berbeda. Pada jurnal ditunjukkan bahwa konsentrasi *syngas* paling tinggi dengan AFR 1,048, perbandingan udara-bahan bakar sangat berpengaruh besar pada komposisi *syngas*.

Berdasarkan latar belakang yang ada di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah ingin mengetahui bagaimana pengaruh AFR laju pembentukan *syngas* dan kualitas *syngas* yang dihasilkan. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah pengaruh *air fuel ratio* dan tinjauan kadar air terhadap uji kualitas *syngas* biomassa cangkang sawit menggunakan gasifier tipe *updraft*. Diharapkan penelitian ini membantu

dalam mengetahui tinjauan kadar air biomassa pada proses gasifikasi, variasi AFR pada proses gasifikasi dan laju pembentukan *syngas* dan warna nyala api yang dihasilkan dari variasi AFR.

## METODE

### Rancangan Penelitian

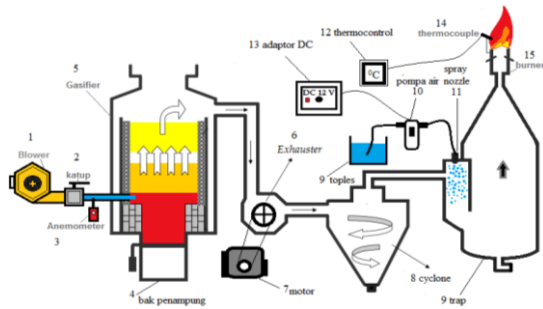


Gambar 1. Flowchart Penelitian

### 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*
- *Stopwatch*
- Box kaca
- Timbangan
- *Gas chromatography*
- *Bomb calorimeter*

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah bahan bakar yang dimasukkan ke *gasifier*, yaitu ukuran potongan biomassa kelapa sawit yakni 20 mm<sup>2</sup>-40 mm<sup>2</sup> dengan berat 5,5 kg.

- 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, presentase *syngas*, warna api yang dihasilkan.

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan (konstan) sehingga pengaruh variabel

independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variable kontrol dalam penelitian ini yaitu:

- Kadar air biomassa sebesar 5%
- Kecepatan putaran exhauster 1,5 m/s
- Debit air pada traping 0,333 l/menit atau 19,98 l/jam

### Prosedur Penelitian

Tahap persiapan

- Mengambil cangkang sawit dan menimbang sesuai ukuran berat yang ditetapkan
- Membersihkan *gasifier* yang akan digunakan
- Menyiapkan peralatan yang akan digunakan saat pengujian
- Membakar bara cangkang swit yang digunakan sebagai pemantik di dalam gasifier

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*
- Menunggu cangkang sawit pada zona pembakaran menjadi bara yaitu selama waktu 20-30 menit
- Mengukur kecepatan udara menggunakan *anemometer*
- Menunggu cangkang sawit pada zona pembakaran selama 20-30 menit
- Membakar *syngas* yang dihasilkan
- Menunggu hingga *syngas* diproduksi gasifier kemudian menampung *syngas* yang keluar
- Mengamati warna api yang dihasilkan
- Melakukan pengujian ulang pada AFR 0,3; 0,5; 0,8; 1,1 dan kadar air 5% berat biomassa perproses seperti yang telah ditetapkan.
- Memastikan plastik penampung *syngas* tidak bocor, mengisi wadah *sterofoam* dengan es untuk memperlambat pergerakan partikel *syngas* selama pengiriman untuk uji gas kromatografi.



**Teknik Analisa Data**

Analisa data yang digunakan ialah 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 dipahami dan dimengerti.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Penelitian tentang pengaruh *AFR* dan tinjauan kadar air biomassa terhadap kualitas *syngas* pada gasifikasi biomassa cangkang sawit. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah *AFR* dan kadar air biomassa yang masuk ke reaktor gasifier *updraft*. Tabel 1. merupakan data hasil uji kadar air biomassa cangkang sawit dari uji yang dilakukan oleh Baristand Surabaya.

Tabel 1. Data hasil uji *proximate* cangkang sawit sebelum mengalami proses gasifikasi.

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
<i>Moisture Content</i>	%	5,02	Gravimetri
<i>Ash Content</i>	%	12,66	Gravimetri
<i>Bulk Density</i>	g/ml	0,53	Volumetri
<i>Volatile Matter</i>	%	53,72	Gravimetri
<i>Fixed Carbon</i>	%	28,60	Stokiometri

Tabel 2. Data hasil uji *proximate* cangkang sawit setelah mengalami proses gasifikasi.

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
<i>Moisture Content</i>	%	2,6	Gravimetri
<i>Ash Content</i>	%	12,67	Gravimetri
<i>Volatile Matter</i>	%	16,33	Gravimetri
<i>Fixed Carbon</i>	%	68,40	Stokiometri

Tabel 3. Data hasil uji nilai kalor cangkang sawit.

No.	Nama Sampel	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1.	Cangkang Sawit	Kalori	4.409	Cal/gram	Bomb Kalorimeter





Tabel 4. Data hasil uji gas kromatografi biomassa.

<i>AFR</i>	<i>Moisture Content</i>	%H <sub>2</sub>	%CH <sub>4</sub>	%CO
0,332	5%	9,35	6,31	9
0,523	5%	7,54	5,77	7
0,846	5%	6,08	4,49	5
1,120	5%	4,09	3,87	4

Tabel 5. Nilai kalor masing-masing *syngas* dengan metode Perry.

<i>AFR</i>	<i>Moisture Content</i>	Nilai Kalor
0,332	5%	112,1 Btu/scf
0,523	5%	95,9 Btu/scf
0,846	5%	73,8 Btu/scf
1,120	5%	59,4 Btu/scf

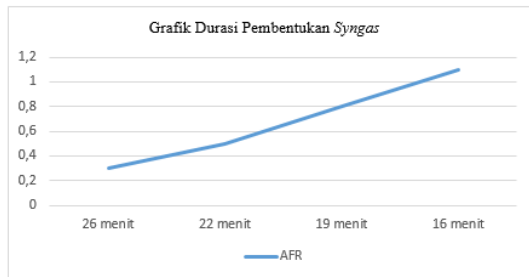
Tabel 6. Data pengambilan *syngas* dengan memperhatikan warna api, *AFR*, massa biomassa , durasi pembentukan *syngas* & *moisture content* biomassa.

<i>Moisture Content</i>	<i>AFR</i>	Massa	Durasi Pembentukan Gas	Warna Api
5%	0,332	5,5 kg	26 menit	
5%	0,523	5,5 kg	22 menit	
5%	0,846	5,5 kg	19 menit	
5%	1,120	5,5 kg	14 menit	

**Pembahasan**

- Tinjauan Kadar Air

Gambar 5. Grafik durasi pembentukan *syngas* dengan kadar air 5% dan tingkatan AFR.



Kadar air biomassa turut berperan dalam kualitas *syngas* yang diproduksi dan juga kepekatan asap sehingga biomassa dengan kadar air rendah diharapkan bisa mengkonversi karbon biomassa secara sempurna dengan mengubah struktur kimia biomassa menjadi *syngas*, pada Tabel 4.4 kadar air bersama dengan AFR berperan dalam durasi pembentukan *syngas*. Pengukuran durasi atau lama nyala pembentukan menggunakan *stopwatch* setelah biomassa dimasukkan ke dalam gasifier.

Berdasarkan gambar 4.1 durasi pembentukan *syngas* pada AFR 0,3; 0,5; 0,8; 1,1 secara berurutan adalah 26 menit, 22 menit, 19 menit dan 14 menit. Pembentukan *syngas* terlama pada AFR 0,3 dan pembentukan *syngas* tercepat pada AFR 1,1. Dari data di atas dapat dilihat bahwa seiring penambahan debit udara yang masuk dalam gasifier maka menurunkan durasi pembentukan *syngas* karena debit udara terbesar memengaruhi kecepatan proses gasifikasi pada zona pengeringan, pirolisis, dan zona pembakaran.

- Pengaruh AFR

Proses gasifikasi dan proses pembakaran merupakan dua proses termokimia yang terkait, tetapi ada perbedaan penting diantara keduanya. Proses gasifikasi mengemas energi menjadi ikatan kimia pada produk gas/*syngas*, sedangkan proses pembakaran memecah ikatan kimia untuk melepaskan energi pada mesin. Proses gasifikasi menambahkan hidrogen ke dan menghilangkan karbon dari biomassa untuk menghasilkan produk gas/*syngas* dengan nilai hidrogen yang lebih tinggi.

Pada analisa proses gasifikasi, nilai *volatile matter* adalah parameter yang sangat penting karena di sebagian gasifikasi, pengkonversian *volatile matter* menjadi gas masih cukup energi sisa yang bisa dimanfaatkan menjadi *syngas* diluar energi untuk menguapkan air dari kandungan cangkang sawit. Dari hasil uji Baristand Surabaya melalui uji *proximate* bisa diketahui nilai *volatile matter* biomassa cangkang sawit sebesar 53,72%

sebelum proses gasifikasi dan 16,33% setelah proses gasifikasi.

Dilihat dari warna nyala api yang dihasilkan melalui gasifikasi di jenis AFR yang berbeda dengan kadar air yang sama terdapat perbedaan yang signifikan jika dilihat dari warna nyala api *syngas* dengan AFR 0,3 dan kadar air 5% warna api *syngas* yang dihasilkan adalah warna biru dengan sedikit warna jingga di ujung api. AFR 0,5 dan kadar air 5% warna api *syngas* yang dihasilkan adalah warna biru di bagian bawah profil api dan didominasi warna jingga. Selanjutnya pada AFR 0,8 dan kadar air 5% warna api *syngas* yang dihasilkan diperlihatkan pada gambar 4.4. Untuk AFR 1,1 dan kadar air 5% warna api *syngas* yang dihasilkan diperlihatkan pada gambar 4.5 yaitu terdapat dominasi warna jingga.

Ditinjau dari warna nyala api *syngas* yang dihasilkan dari gasifikasi biomassa cangkang sawit, udara yang masuk ke dalam reaktor atau *gasifier* berlebih maka akan banyak terbentuk gas O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub>, sehingga berakibat produksi gas CO, H<sub>2</sub>, dan Metana berkurang. Semakin kaya kandungan *flammable gas* dalam *syngas*, maka nyala api *syngas* berwarna biru dan semakin sedikit kandungan *flammable gas* dalam *syngas*, maka nyala api akan berwarna kuning kemerah-merahan/jingga.

Dari komposisi gas mampu bakar/*syngas* yang dihasilkan sebagai parameter gasifikasi maka dapat dianalisa gambar 4.6 terjadi kecenderungan penurunan presentase H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan CO pada *syngas* di AFR 0,3; 0,5; 0,8; dan 1,1 presentase H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> mengalami tren penurunan untuk senyawa CO sendiri pada *syngas* mengalami penurunan ke 4%. Penurunan CO pada masing-masing AFR terjadi karena terbentuknya CO<sub>2</sub> sebagai dampak dari reaksi pembakaran yang tinggi dengan meningkatnya AFR.

Parameter proses gasifikasi yang paling penting adalah keberadaan gas karbon monoksida dan hidrogen pada *syngas* hasil reaksi. Nilai metana yang cenderung mengalami penurunan mempengaruhi jumlah kedua gas hidrogen dan karbon monoksida pada reaksi endotermik gas tersebut karena metana akan terpecah ikatannya bila bereaksi dengan uap air dan oksigen menghasilkan dua senyawa gas tersebut melalui proses oksidasi parsial dan reaksi *steam-reforming*. Nilai karbon monoksida tertinggi didapat pada AFR 0,3 sebesar 9% dan terendah pada AFR 1,1

sebesar 4%, mengindikasikan proses gasifikasi di dalam reaktor terjadi secara baik. Begitu juga dengan nilai hidrogen hasil proses gasifikasi tertinggi didapat pada AFR 0,3 sebesar 9,35% dan terendah pada AFR 1,1 sebesar 4,09%.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Setelah serangkaian tahapan proses penelitian yang telah dilakukan dari data dan analisa hasil pengujian proses gasifikasi dengan gasifier *updraft*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan hasil dari pengujian yaitu sebagai berikut :

- Kadar air yang dibutuhkan untuk proses gasifikasi biomassa dikondisikan tidak lebih dari 10%. Kadar air dan AFR mempengaruhi durasi pembentukan *syngas* hasil gasifikasi biomassa, durasi pembentukan *syngas* pada AFR 0,3; 0,5; 0,8; 1,1 secara berurutan adalah 26 menit, 22 menit, 19 menit dan 14 menit. Kualitas *syngas* bisa dilihat secara visual melalui hasil pembakaran *syngas*, pada AFR 0,3 didapatkan api biru, AFR 1,1 didapatkan nyala api jingga. Semakin kaya kandungan *flammable gas* dalam *syngas*, maka nyala api *syngas* berwarna biru dan semakin sedikit kandungan *flammable gas* dalam *syngas*, maka nyala api akan berwarna kuning kemerah-merahan.
- Terjadi kecenderungan penurunan presentase H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan CO pada *syngas* di AFR 0,3; 0,5; 0,8; dan 1,1. Presentase H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> mengalami tren penurunan untuk senyawa CO sendiri pada *syngas* mengalami penurunan ke 4%. Penurunan CO pada masing-masing AFR terjadi karena terbentuknya CO<sub>2</sub> sebagai dampak dari reaksi pembakaran yang tinggi dengan meningkatnya AFR.

**Saran**Berdasarkan dari hasil penelitian, pengujian dan analisa tentang gaifikasi biomassa canagkang sawit dengan gaifier *updraft*, maka dapat diberikan beberapa saran untuk kemajuan penelitian gasifikasi *updraft* sehingga didapatkan hasil penelitian yang sesuai harapan, sebagai berikut :

- Diperlukan peralatan tambahan yang dapat mengukur *flowrate* secara kontinu

selama pengujian agar diketahui jumlah *syngas* yang dihasilkan secara akurat.

- Perlu diadakan peralatan keamanan dan keselamatan seperti APAR mengingat resiko yang ditimbulkan sangat besar.
- Adanya penelitian lebih lanjut dengan biomassa yang lain dan adanya penelitian mengenai pemanfaatan produk cair gasifikasi dari proses gasifikasi cangkang sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bassu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis : Practical Design*. UK : Elsevier.
- 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.
- Higman, C ; Burgt, M. 2003. *Gasification : Gulf Profesional*. New York : Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited.
- 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.
- Rinovianto, G. 2012. *Karateristik Gasifikasi pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet*. Skripsi. UI.
- Sharma, S.P., Mohan, C., 1984. *Fuel and Combustion*. New Delhi : Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited.
- Suhendi, Endang. 2016. *Uji Kualitas Syngas Bahan Bakar Bonggol Jagung Terhadap Air Fuel Ratio dan Kadar Air dengan Gasifikasi downdraft*, Vol. 6. Halaman 95-99
- Tim Contained Energy Indonesia. *Buku Panduan Energi yang Terbarukan. PNMP Mandiri*. [www.containedenergy.com](http://www.containedenergy.com). ISBN 1-885203-29-2.