

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN REAKTOR FIXED BED GASIFIER UNTUK PRODUKSI SYNGAS DARI BIOMASSA SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR GENERATOR DIESEL

Althesa Androva<sup>1</sup>, Slamet Supriyadi<sup>2</sup>, M. Nurul Arifin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia.

Email: [Althesaandrova@upgris.ac.id](mailto:Althesaandrova@upgris.ac.id)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia.

Email: [Slametsupriyadi@upgris.ac.id](mailto:Slametsupriyadi@upgris.ac.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia.

Email: [arvinapin37@gmail.com](mailto:arvinapin37@gmail.com)

### ABSTRAK

Pemanfaatan beberapa biomassa yang berpotensi menjadi sumber energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses perancangan dan pembuatan reaktor fixed bed gasifier dan menganalisis hasil proses gasifikasi menggunakan 4 jenis biomassa yang berbeda melalui beberapa tahapan untuk produksi gas mampu bakar atau syngas. Pengujian reaktor menggunakan 4 jenis biomassa yang berbeda dengan jumlah 3 kg untuk setiap biomassa serta laju aliran udara 1,2 m/s kemudian diproses reaktor fixed bed gasifier melalui proses gasifikasi. Hasil penelitian dan pengujian menunjukkan proses gasifikasi dapat menghasilkan syngas (CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>). Metode Penelitian menggunakan metode experiment dengan proses pengujian menggunakan biomassa tempurung kelapa yang dapat menghasilkan syngas lebih efisien dibanding biomassa lain. Hal ini disebabkan karena biomassa tempurung kelapa memiliki nilai kalor yang tinggi, laju aliran gas stabil, efisiensi gasifikasi, laju aliran udara terbatas, efisiensi waktu, dan hasil nyala api stabil secara visual berwarna merah pekat. Hasil pengujian berupa gas akan didistribusikan untuk bahan bakar generator / genset sebagai pengganti bahan bakar minyak.

**Kata kunci:** reaktor fixed bed gasifier, gasifikasi, biomassa, syngas.

### ABSTRACT

*Utilization of several biomass which has the potential to become a renewable energy source. This study aims to design a fixed bed gasifier reactor and analyze the result of the gasification process using 4 different types of biomass through several stages for the production of combustible gas or syngas. This research was conducted using 4 different types of biomass with an amount of 3 kg for each biomass and an air flow rate of by 1,2 m/s then processed a fixed bed gasifier reactor through the gasification process. The research method used an experimental method with the testing process using coconut shell biomass which could produce syngas more efficiently than other biomass. This is because the coconut shell biomass has a high heating value, a stable gas flow rate, gasification efficiency, limited airflow rate, time efficiency, and the resulting visually stable flame is solid red. The test results in the form of gas will be distributed for generator / generator fuel instead of fuel oil.*

**Keywords:** fixed bed gasifier reactor, gasification, biomass, syngas

## PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan bahan bakar untuk energi minyak bumi dan gas bumi perlu dilakukan usaha untuk menghasilkan sumber energi alternatif dan terbarukan yakni melalui proses gasifikasi menggunakan biomassa organik. Gasifikasi adalah teknologi termokimia yang mengkonversikan biomassa padat menjadi *combustion gas* (CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>). (Subroto & dkk., 2017)

Produksi gas hasil proses gasifikasi disebut biogas, producer gas atau syngas yang dihasilkan dari proses pembakaran didalam reaktor untuk menghasilkan gas mampu bakar. (Vidian, 2008) Didalam proses gasifikasi terdapat 4 proses yang berpengaruh besar dalam menghasilkan *syngas* yakni :

1. Proses Drying

Proses pengeringan dimana menghilangkan kadar air dengan cara diuapkan atau dipanaskan didalam reaktor. Suhu untuk proses ini 25 – 150°C.

2. Proses Pirolisis

Pemisahan *volatile Matters* (uap air, cairan organik) dari padatan karbon bahan bakar menggunakan panas didalam reaktor. Suhu untuk proses pirolisis 150 – 600°C

3. Proses Pembakaran

Proses mengoksidasi kandungan karbon dan hidrogen dengan reaksi endotermik. Suhu untuk proses ini 600 – 1000°C

4. Proses Reduksi

Rangkaian reaksi endotermik yang panasnya diproduksi dari proses pembakaran didalam reaktor. (Suhendi & dkk., 2016)

Penelitian dan pengujian *reaktor fixed bed gasifier* bertujuan untuk menganalisa produksi gas mampu bakar atau *syngas* menggunakan 4 jenis biomassa yang berbeda yakni biomassa serbuk kayu jati, serbuk kayu sengon, sekam padi, dan tempurung kelapa. Hasil proses gasifikasi berupa *syngas*, *thar*, dan *dust* (abu atau arang) serta pengambilan data guna mengetahui suhu untuk menghasilkan *syngas*. (Suksuwan & dkk, 2018).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengujian dilakukan dengan metode ekperimental untuk menganalisa hasil proses gasifikasi serta mengetahui tingkat efisiensi penggunaan jenis biomassa untuk menghasilkan *syngas* yang *flammable* dengan suhu rendah dan udara terbatas. (Prasetya D.Y & dkk., 2015). Berikut langkah – langkah penelitian dan pengujian *fixed bed gasifier reactor* :

1. Persiapan

- a. Pengambilan Data dan Informasi

Melakukan observasi atau memahami proses kerja *reaktor fixed bed gasifier*.

b. Studi Literatur

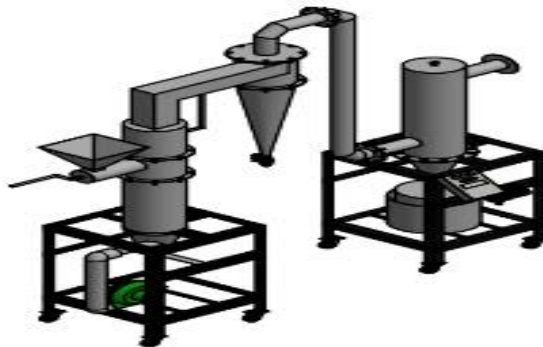
Penelitian kepustakaan itu sendiri bertujuan untuk mencari metode atau teori sebagai acuan dalam pembuatan alat.

2. Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari *reaktor fixed bed gasifier* yakni pembakaran biomassa secara langsung untuk menghasilkan gas mampu bakar atau syngas dengan cara memasukkan 3 kg biomassa secara berkala kedalam tungku pembakaran dengan laju aliran udara 1,2 m/s kemudian lanjut pada proses gasifikasi serta dilakukan pengambilan data menggunakan sensor suhu *thermocouple* yang sudah terhubung dengan LCD *microcontroller* hingga biomassa terbakar habis dan *syngas* tidak diproduksi lagi.

a. Desain

Desain adalah gambaran atau skema dari alat yang akan diproduksi dengan menggunakan aplikasi SolidWork, Auto CAD.



Gambar 1. Desain Reaktor *Fixed Bed Gasifier*

Keterangan Alat dan Bahan :

Alat :

- 1) Alat pengelasan
- 2) Sensor Suhu (*Thermocouple*)
- 3) Blower listrik
- 4) Bor & Gerinda
- 5) Kelengkapan APD dan K3
- 6) *Pessure Gauge*
- 7) *Anemometer*
- 8) *Toolbox*
- 9) *Penggaris*
- 10) Timbangan

Bahan :

- 1) Pipa Baja 8' inch @850 mm
- 2) Pipa St 40. 4' inch @350 mm
- 3) Pipa Baja 2' inch @250 mm
- 4) Biomassa (4 Jenis)
- 5) *Hopper and Screw*
- 6) Glasswool & Alumunium foil
- 7) Gasket & Plendes
- 8) Roda 3' inch @4 pcs
- 9) Elektroda RD-260, 1.5 mm

b. Biomassa

Jenis biomassa yang digunakan untuk penelitian dan pengujian reaktor fixed bed gasifier ini yakni ada 4 jenis biomassa yang berbeda dengan jumlah 3 kg setiap biomassa.

- 1) Biomassa Serbuk Kayu Jati
- 2) Biomassa Serbuk Kayu sengon
- 3) Biomassa Sekam Padi
- 4) Biomassa Tempurung Kelapa



Gambar 2. Biomassa Serbuk Kayu Jati dan Serbuk kayu Sengon

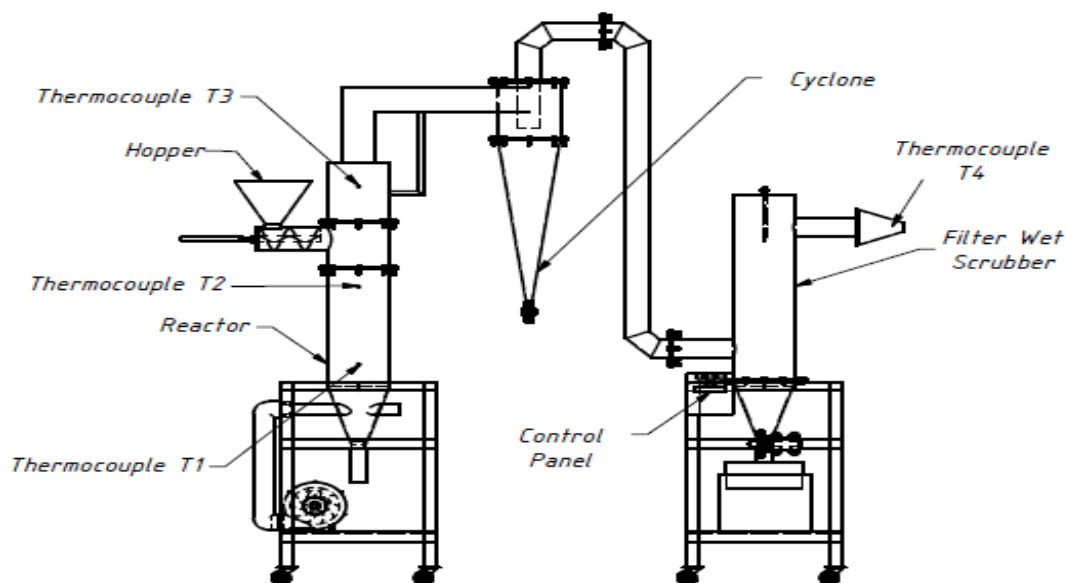


Gambar 3. Biomassa Sekam Padi dan Tempurung Kelapa

3. Pelaksanaan

a. Skema Pengujian

Penelitian dan pengujian reaktor fixed bed gasifier dilaksanakan di Lab. Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, kampus 3 Universitas PGRI Semarang.

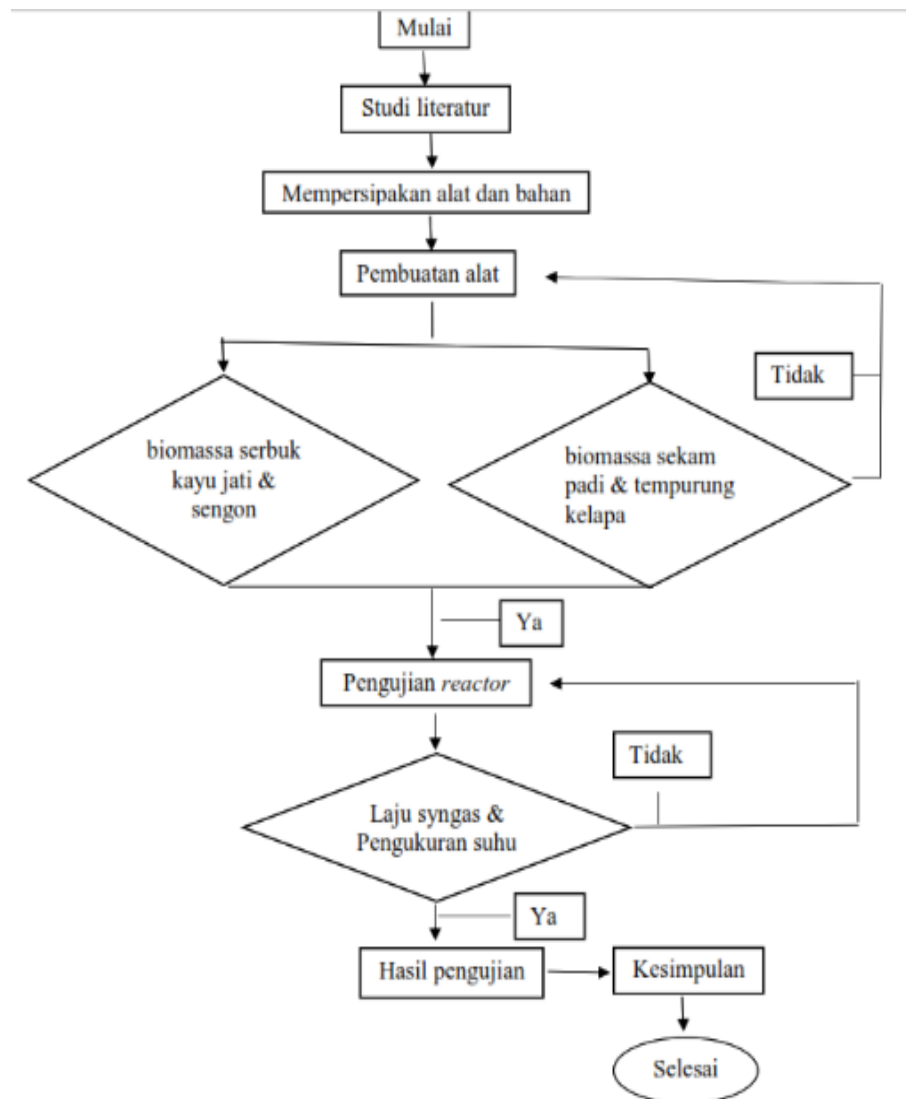


Gambar 4. Skema Pengujian Reaktor *Fixed Bed Gasifier*

b. Langkah kerja

- 1) Persiapkan alat dan bahan yang akan diuji.
- 2) Selanjutnya proses awal masukkan biomassa kedalam tungku gasifikasi melalui hopper and screw.
- 3) Kemudian panaskan biomassa yang sudah dimasukkan melalui lubang pemanik api untuk memulai pemanas awal
- 4) Setelah itu pastikan sensor suhu dan blower sudah menyala dan berfungsi dengan baik.
- 5) Mulai lakukkann pengamatan pada monitor yang sudah terhubung pada sensor suhu yang sudah diposisikan pada dinding reaktor dengan interval waktu 2 menit sekali pengujian.
- 6) Lakukan pengambilan data suhu berupa file Ms Exel yang sudah tersimpan didalam MicroSD dan visual warna nyala api setiap pengujian.

- 7) Setelah pengoperasian selesai dan mendapatkan hasil dari pengujian, lakukan pembersihan sisa pembakaran yang berupa arang, abu (dush), dan thar.
- 8) Lakukan pengujian yang sama dengan memasukkan biomassa yang berbeda sebagai pembanding dst.
- 9) Setelah mendapatkan semua data dari hasil proses gasifikasi menggunakan 4 jenis biomassa, simpulkan data yang sudah didapat berupa tabel dan grafik agar memudahkan saat melakukan analisa.
- 10) Lakukan maintenance pada reaktor fixed bed gasifier guna menghindari dari korosi dan kerusakan.

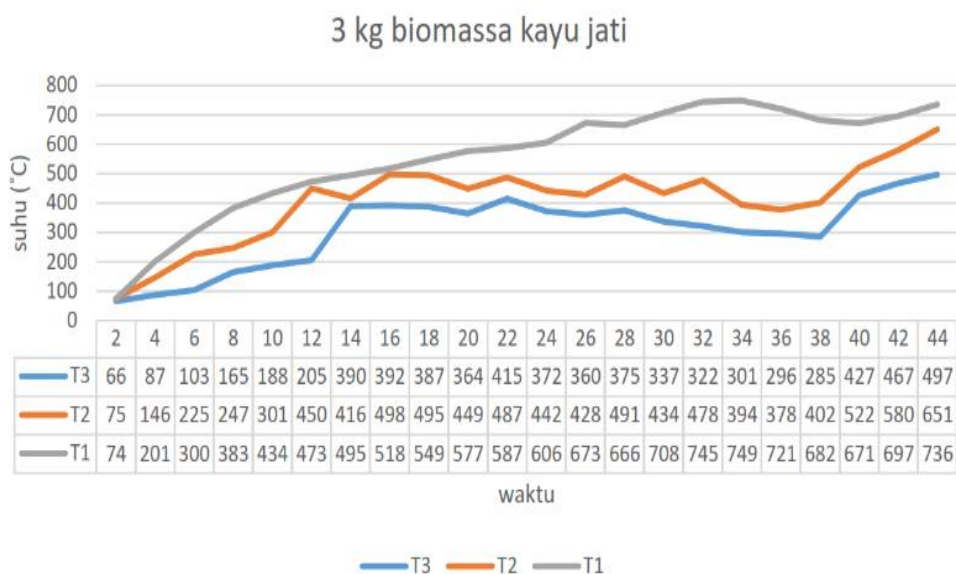


Gambar 5. Diagram Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian Biomassa Serbuk Kayu Jati

Nampak hasil yang didapat pengujian menggunakan 3kg biomassa serbuk kayu jati dengan laju aliran udara 1,2 m/s menghasilkan jumlah syngas kurang stabil hanya 78,90% yang dapat dilihat pada grafik dibawah :



Gambar 6. Grafik Pengujian Biomassa Serbuk Kayu Jati

*Note (titik sensor suhu):*

*Thermocouple (T1) = dinding tabung bagian bawah*

*Thermocouple (T2) = dinding tabung Feeding Screw*

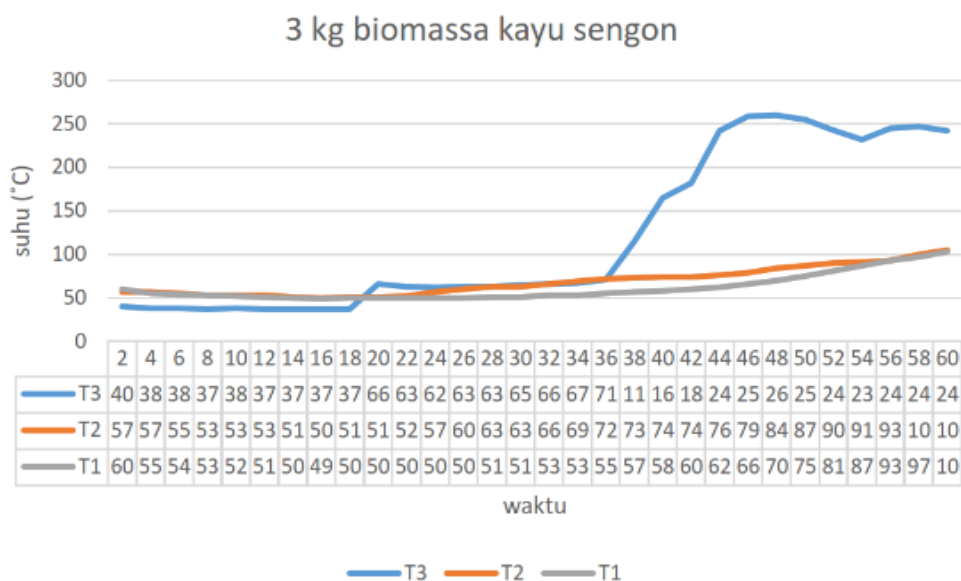
*Thermocouple (T3) = dinding tabung Output*

Terlihat pada monitor pantau menit ke 10 sensor suhu (T1) 434°C, sensor suhu (T2) 301°C, sensor suhu (T3) 188°C, syngas sudah keluar dan nyala api berwarna merah terang hanya menyala 5 menit serta tidak stabil. Penggunaan biomassa serbuk kayu tidak efisien untuk produksi syngas dan juga jumlah tar yang cukup banyak dapat mempengaruhi hasil syngas yang diproduksi.

### 2. Pengujian Biomassa Serbuk Kayu Sengon

Pengujian menggunakan 3 kg biomassa serbuk kayu sengon dengan laju udara 1,2 m/s membutuhkan waktu yang relatif lebih lama untuk menghasilkan syngas dengan suhu

tinggi. Hal ini disebabkan proses rambatan kalor biomassa serbuk kayu sengon lebih susah karena nilai kalor rendah. Dapat dilihat dari hasil pengujian dalam bentuk grafik dibawah :



Gambar 7. Grafik Pengujian Biomassa Serbuk Kayu Sengon

*Note (titik sensor suhu):*

*Thermocouple (T1) = dinding tabung bagian bawah*

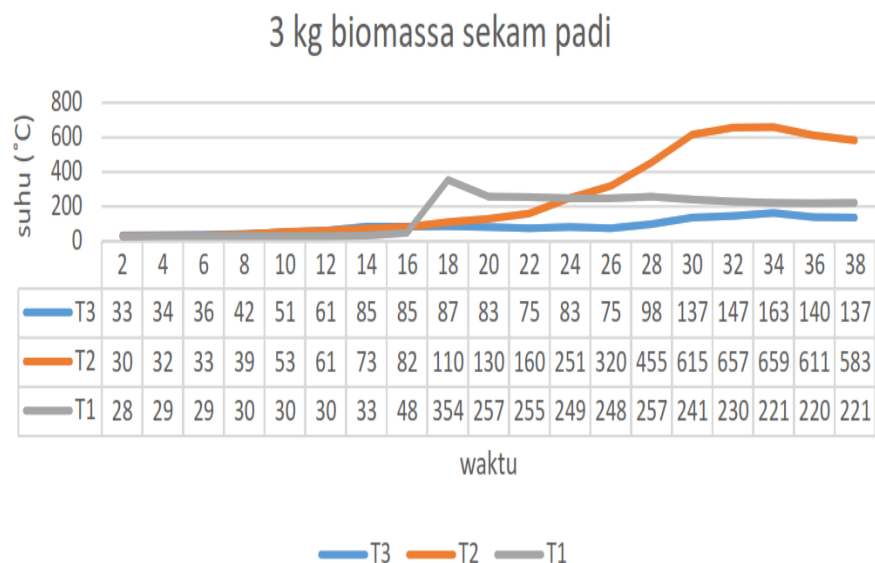
*Thermocouple (T2) = dinding tabung Feeding Screw*

*Thermocouple (T3) = dinding tabung Output*

Terlihat pengujian harus menunggu hingga menit 38 sensor suhu (T1) 57°C, sensor suhu (T2) 73°C, sensor suhu (T3) 115°C syngas sudah terlihat keluar tidak stabil namun tidak dapat menghasilkan nyala api.

### 3. Pengujian Biomassa Sekam Padi

Pengujian menggunakan 3kg biomassa sekam padi dengan laju aliran udara 1,2 m/s menghasilkan syngas hingga 80,50% dengan stabil dan nyala api berwarna merah terang hingga 5 menit lamanya. Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik dibawah :



Gambar 8. Grafik Pengujian Biomassa Sekam Padi

*Note (titik sensor suhu):*

*Thermocouple (T1) = dinding tabung bagian bawah*

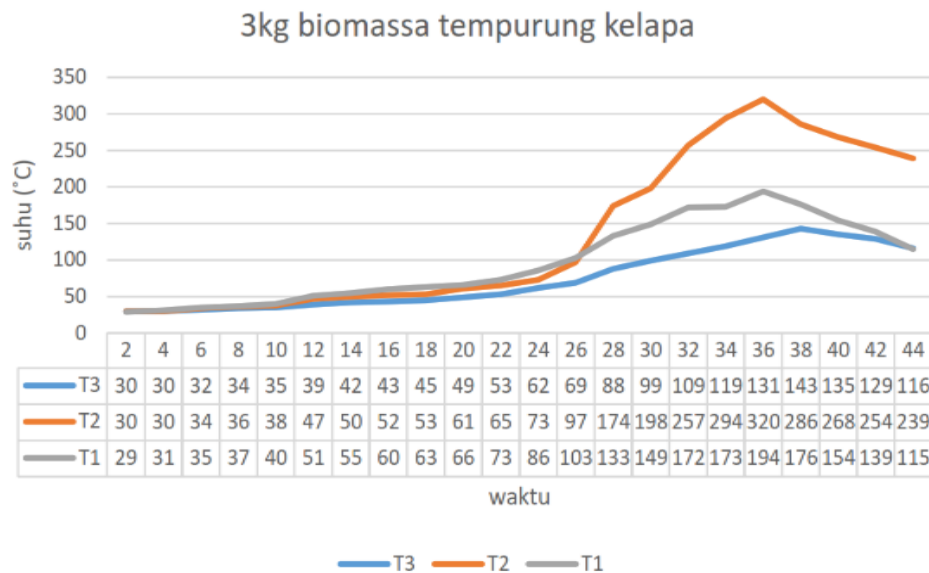
*Thermocouple (T2) = dinding tabung Feeding Screw*

*Thermocouple (T3) = dinding tabung Output*

Terlihat pada monitor sensor suhu pada menit ke 16 syngas sudah mulai keluar pada sensor suhu (T1) 108°C, sensor suhu (T2) 98°C, suhu (T3) 85°C. Proses rambatan kalor lebih mudah karena sekam padi memiliki kadar air yang rendah 5,75% dibandingkan serbuk kayu yang cukup tinggi kadar airnya, namun abu atau dush yang dihasilkan dari sisa pembakaran cukup banyak hingga 1000gr dan jumlah thar yang banyak juga hingga 500 ml.

#### 4. Pengujian Biomassa Tempurung Kelapa

Pengujian reaktor menggunakan 3 kg biomassa tempurung kelapa memiliki hasil syngas yang sangat efisien hingga 95% serta nyala api berwarna merah pekat dengan laji aliran udara terbatas 1,2 m/s. Hasil pengujian reaktor menggunakan biomassa tempurung kelapa terlihat pada grafik dibawah :



Gambar 9. Pengujian Biomassa Tempurung Kelapa

*Note (titik sensor suhu):*

*Thermocouple (T1) = dinding tabung bagian bawah*

*Thermocouple (T2) = dinding tabung Feeding Screw*

*Thermocouple (T3) = dinding tabung Output*

Terlihat pada menit ke 12 syngas sudah mulai terlihat pada suhu T1 51°C, suhu T2 47°C, suhu T3 42°C dengan nyala api sudah mulai terlihat namun belum stabil. Lanjut sampai menit ke 16 syngas masih terlihat stabil dan nyala api sudah stabil hingga 15 menit berlalu nyala api masih terlihat hingga menit ke 38 nyala api sudah mulai padam karna biomassa sudah habis terbakar dan produksi syngas sudah berkurang. Hasil proses gasifikasi yang sangat efisien menggunakan biomassa tempurung kelapa, hal ini disebabkan nilai kalor yang cukup tinggi oleh tempurung kelapa dengan suhu rendah dan laju alirann udara terbatas. Suhu tertinggi saat pengujian tempurung kelapa yakni 800°C namun syngas tidak dapat diproduksi karna semakin tinggi suhu pembakaran, maka semakin buruk hasil syngasnya serta lebh banyak arang dan thar yang dihasilkan. Dari penelitian gasifikasi tempurung kelapa dengan jenis downdraft sistem kontinyu mampu menghasilkan nyala api yang stabil. Semakin besar AFR, semakin kecil komposisi flammable gas dan LHV syngas. Ukuran tempurung kelapa lebih kecil mempunyai efisiensi gasifikasi lebih besar. (Najib & Darsopuspito, 2012).

## **KESIMPULAN**

1. Hasil perancangan dan pembuatan reaktor fixed bed gasifier untuk produksi syngas dari biomassa memiliki dimensi tinggi total 2900 mm, lebar total 510 mm dengan feeding screw sebagai saluran suplai biomassa, thermocouple sebagai alat pengukur suhu dan blower listrik dilengkapi anemometer sebagai alat pengukur laju aliran udara.
2. Hasil pengujian dan pengoperasian reaktor fixed bed gasifier menggunakan biomassa tempurung kelapa terbilang lebih efisien untuk menghasilkan syngas yang sangat baik yakni dapat dilihat dari jumlah gas methan yang dihasilkan, kandungan thar yang dihasilkan, serta arang sisa pembakaran dihasilkan dengan visual nyala api merah bata dibandingkan pengujian menggunakan biomassa sekam padi serbuk kayu jati, sengon, dan sekam padi. Hal ini disebabkan karena nilai kalor pada tempurung kelapa cukup tinggi sehingga proses gasifikasi lebih efisien untuk dapat memproduksi syngas.
3. Hasil proses penelitian *reaktor fixed bed gasifier* berupa *syngas* akan didistribusikan untuk bahan bakar generator / genset sebagai pengganti bahan bakar minyak.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Atria, M. N. (2002). Optimasi Beberapa Faktor Fisik Terhadap Laju Degradasi Sellulosa Kayu Albasia dan Karbonsimetil Sellulosa Secara Enzimetik oleh Jamur. *Journal Article*, vol. 14(2). Diambil kembali dari [http://www.wlri.ae.id/jurnal/jurnal\\_natur/vol14\(2\)/atria.pdf](http://www.wlri.ae.id/jurnal/jurnal_natur/vol14(2)/atria.pdf)
- Aziz, T., & dkk. (2011, Desember). Pemanfaatan Tempurung Kelapa dan Tempurung Sawit Untuk Pembuatan Asap Cair Sebagai Penghilang Bau Pada Lateks Dengan Metode Pirolisi. *Journal Article*, vol. 17, 8.
- Najib, L., & Darsopuspito, S. (2012). Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa. *Jorunal Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi industri, ITS*, 1. Diambil kembali dari [sudjud@me.its.ac.id](mailto:sudjud@me.its.ac.id)
- Prasetya D.Y, G. S., & dkk. (2015). Perancangan Gasifikasi Downdraft dengan Variasi Laju Aliran Oksigen sebagai Agen Gasifikasi. *Jurnal Mettek* 1, 1-8.
- Subroto, & dkk. (2017). Kinerja Tungku Gasifikasi Downdraft Continue Bahan Bakar Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 18, 24-33.
- Sudarmanta, B. (2009). Karakterisasi Gasifikasi Biomassa Sekam Padi Menggunakan. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM)* ke-8.
- Suhendi, E., & dkk. (2016). Uji Kualitas Syngas Bahan Bakar Bonggol Jangung Terhadap Air Fuel Ratio (AFR). *Jurnal Integrasi Proses*, Vol. 6, No. 2, 95 – 99.

## **Journal of Automotive Technology Vocational Education**

Vol. 02, No. 1, April 2021

<https://journal.upy.ac.id/index.php/jatve/index>

Suksuwan, W., & dkk. (2018). Development of Mini Pilot Fluidized Bed Gasifier for Industrial Approach: Preliminary Study Based on Continuous Operation. Journal Homepage ISSN: 2289-7879. Diambil kembali dari [www.akademiabaru.com/arfmts.html](http://www.akademiabaru.com/arfmts.html)

Suliono, S., & dkk. (2017, September). Study Karakteristik Reaktor Gasifikasi Type Downdraft Serbuk Kayu. Journal Teknologi Terapan, Vol. 3, No. 2.

Vidian, F. (2008). Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier Pada Beberapa VAriasi Laju Aliran Udara Pembakaran. Jurnal Article Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, 10, 88-93