

# UJI UNJUK KERJA KOMPOR GASIFIKASI BERBAHAN BAKAR LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU SENGON

Cahya Gumilar<sup>1,a</sup>, Thoharudin<sup>1,b</sup>, Muhammad Nadjib<sup>1,c</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
<sup>a</sup>[gumilarmanjink@gmail.com](mailto:gumilarmanjink@gmail.com), <sup>b</sup>[thoharudin@gmail.com](mailto:thoharudin@gmail.com), <sup>c</sup>[nadjiibar@yahoo.com](mailto:nadjiibar@yahoo.com)

## Intisari

Serbuk gergaji merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi terbarukan, dengan menggunakan teknologi gasifikasi. Teknologi gasifikasi biomassa adalah teknologi sederhana dan mudah dalam pengoperasiannya serta layak untuk terus ditingkatkan secara teknik dan ekonomi. Dengan demikian teknologi gasifikasi biomassa sangat berpotensi menjadi teknologi yang tepat untuk diterapkan di seluruh Indonesia. Proses gasifikasi dilakukan dengan cara mereaksi antara udara dan biomassa pada serbuk gergaji kering sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar. Biomassa berupa serbuk gergaji kayu sengon sebaiknya dikeringkan sebelum melakukan pengujian dengan kompor gasifikasi tipe *updraft* dengan kapasitas bahan bakar 1300 gram. Pengujian menggunakan dua variasi yaitu variasi laju kecepatan udara dan variasi campuran arang. Variasi laju kecepatan udara sendiri terbagi menjadi tiga kecepatan udara masuk ( $V$ ) sebesar 0,7 m/s, 0,9 m/s, dan 1,05 m/s. Sedangkan variasi campuran biomassa dibagi menjadi empat campuran arang yaitu 0% (tanpa campuran arang), 25%, 50%, 75%, dan 100% (tanpa serbuk gergaji). Hasil dari penelitian ini mendapatkan nilai efisiensi termal pada variasi laju kecepatan udara. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada  $V = 1,05$  m/s dengan nilai efisiensi sebesar 27,49%,  $V = 0,9$  m/s sebesar 17,42%, dan  $V = 0,7$  m/s sebesar 14,49%. Sedangkan pada variasi campuran arang didapatkan nilai efisiensi termal tertinggi pada campuran 25% arang sebesar 35,04%, pada campuran 50% arang sebesar 32,38%, pada campuran 75% arang sebesar 21,64%, dan pada campuran 100% arang sebesar 17,11%.

**Kata Kunci:** Gasifikasi, *updraft*, serbuk gergaji kayu sengon, kecepatan laju udara, campuran arang.

## 1. Pendahuluan

Energi sudah menjadi kebutuhan utama bagi manusia, diiringi dengan bertambahnya populasi manusia yang secara otomatis akan banyak membutuhkan energi untuk keperluan manusia tersebut. Seiring berjalannya waktu energi tak terbarukan ini akan semakin menghilang dari bumi. Sektor rumah tangga merupakan pengguna terbesar energi setelah sektor industri. Pemakaian energi pada sektor rumah tangga hampir 315 juta setara barel minyak (SBM) dan pada tahun 2009 dengan 75% energi yang dikonsumsi bersumber dari biomassa (Sutijastoto, 2010).

Potensi untuk memperoleh energi biomassa di Indonesia sangatlah besar yaitu sebesar 5.083 MWe, adapun faktanya masih sangat sedikit daya yang dihasilkan dari energi biomassa yang dapat dimanfaatkan. Data menunjukkan dari 30.000 Mwe energi biomassa yang ada, hanya sekitar 850 MWe yang dimanfaatkan. Dengan penanganan yang tepat tentu angka yang dapat dimanfaatkan akan bertambah signifikan. Selain itu hal ini akan membantu mengurangi limbah yang ada (Tajalli, 2015).

Bahan bakar alternatif merupakan salah satu solusi untuk mengatasi langkanya bahan bakar minyak. Banyak sumber daya alam yang bisa dimanfaatkan untuk energi alternatif ini,

salah satunya adalah limbah kayu seperti serbuk gergaji. Indonesia sendiri termasuk negara dengan penghasil kayu gergaji terbesar saat ini. Produksi total kayu gergajian saat ini mencapai 2,6 juta m<sup>3</sup>/tahun dengan perkiraan jumlah limbah sebesar 54,24% dari total produksi, sehingga akan menghasilkan limbah serbuk kayu sebesar 1,4 juta m<sup>3</sup>/tahun. Dengan data di atas bahwasannya limbah kayu seperti serbuk gergaji merupakan potensi besar sebagai energi alternatif yang dibentuk menjadi biomassa untuk menggantikan bahan bakar minyak dan gas (Malik, 2013).

Teknologi gasifikasi biomassa adalah teknologi sederhana dan mudah dalam pengoperasiannya dan layak untuk terus ditingkatkan secara teknik dan ekonomi. Dengan demikian teknologi gasifikasi biomassa sangat berpotensi menjadi teknologi yang tepat untuk diterapkan di seluruh Indonesia. Proses gasifikasi dilakukan dengan cara mengalirkan reaksi antara udara dan biomassa pada serbuk gergaji kering sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kenaikan temperatur air, peneurunan massa air, efisiensi termal dengan menggunakan reactor gasifikasi updraft. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pembangkit Daya, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,

### 2.1 Bahan Penelitian

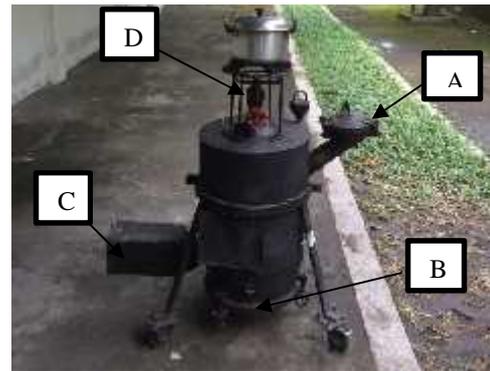
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk gergaji kayu sengon dan arang kayu.



Gambar 2.1 Serbuk Gergaji Kayu Sengon dan Arang Kayu

### 2.2 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan kompor gasifikasi *fix-bed updraft* seperti ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Kompor Gasifikasi *Fix-Bed Updraft*

Adapun bagian utama dari kompor ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, berikut bagian utama dari kompor gasifikasi :

- A. Saluran Masuk Biomassa
- B. Saluran Buang Sisa Pembakaran
- C. Saluran Masuk Udara
- D. Saluran Gas Hasil Pembakaran

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan cara mengamati kenaikan suhu dengan melihat di *thermocouple reader* dan penurunan massa dengan mengamati timbangan digital pada air yang dipanaskan. Pengamatan dilakukan

setiap 30 detik menggunakan stopwatch pada *smartphone* selama 10 menit percobaan. Nyala api dan pada saat air mendidih dilakukan dokumentasi dengan mengambil gambar menggunakan *smartphone*. Setelah 10 menit pengambilan data dan didapat data yang dibutuhkan, lalu membuka tutup bawah dari kompor gasifikasi untuk mengeluarkan arang dan abu sisa pembakaran. Diamkan sisa pembakaran sampai lebih dingin, kemudian sisa pembakaran tersebut ditimbang menggunakan timbangan digital.

### 2.3 Variasi Pengujian

Berikut adalah variasi yang digunakan pada saat melakukan pengujian proses gasifikasi serbuk gergaji kayu sengon.

Tabel 2.1 Variasi pengujian gasifikasi serbuk gergaji kayu sengon

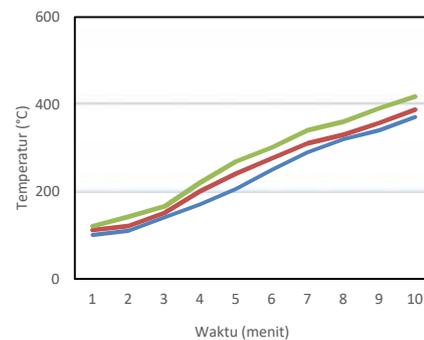
Pengujian Ke	Kecepatan Udara (m/s)	Gergaji Kayu Sengon (gram)	Arang Kayu (gram)
1	0,7	1300	0
2	0,7	1300	0
3	0,9	1300	0
4	0,9	1300	0
5	1,05	1300	0
6	1,05	1300	0
7	1,05	325	975
8	1,05	325	975
9	1,05	650	650
10	1,05	650	650
11	1,05	975	325
12	1,05	975	325
13	1,05	0	1300
14	1,05	0	1300

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah hasil penelitian gasifikasi dengan bahan bakar serbuk gergaji kayu sengon dengan variasi kecepatan udara masuk  $V = 0,7$  m/s,  $V = 0,9$  m/s,  $V = 1,05$  m/s, dan variasi campuran bahan bakar berupa arang sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%(tanpa serbuk gergaji kayu sengon)

### 3.1 Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Temperatur Reaktor Dengan Variasi Laju Kecepatan Udara

Penelitian dilakukan dengan variasi tiga kecepatan udara masuk kompor yaitu 0,7 m/s, 0,9 m/s dan 1,05 m/s pada bahan bakar 100% serbuk gergaji kayu sengon. Gambar 3.1 menunjukkan temperatur dalam kompor gasifikasi saat pembakaran. Pada variasi kecepatan udara masuk memiliki tren yang sama yaitu semakin cepat udara yang masuk maka semakin cepat pula pengaruh waktu pembakaran yang terjadi. Dapat dilihat pada kecepatan 1,05 m/s menghasilkan temperatur tertinggi dengan waktu yang cepat dibandingkan dengan variasi kecepatan laju udara yang lainnya.

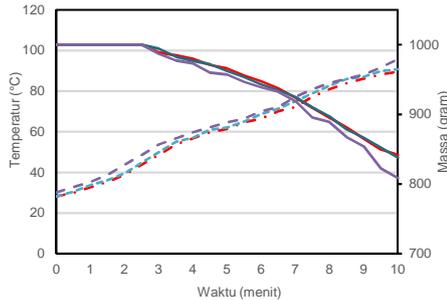


Gambar 3.1 Perbandingan Waktu Pembakaran dan temperatur reaktor

### 3.2 Pengaruh Waktu Pemanasan Air Terhadap Kenaikan Temperature Air Dan Penurunan Massa Air Dengan Variasi Laju Kecepatan Udara

Penelitian dilakukan dengan variasi tiga kecepatan udara masuk kompor yaitu 0,7 m/s, 0,9 m/s dan 1,05 m/s pada bahan bakar 100% serbuk gergaji kayu sengon. Gambar 3.2 menunjukkan perbandingan kenaikan temperatur dan penurunan massa air terhadap waktu pemanasan air dengan variasi kecepatan udara. Grafik ini menunjukkan tren yang sama yaitu semakin cepat udara yang masuk semakin cepat pula kenaikan temperatur dan penurunan massa air. Pada proses penurunan massa air untuk diawal waktu belum mengalami perubahan yang besar

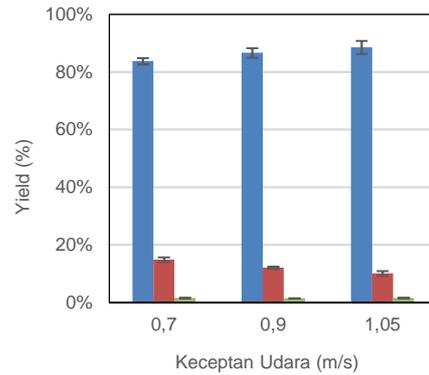
dikarenakan belum banyak kalor yang diserap oleh air tersebut. Sedangkan penguapan akan terjadi jika suhu air sudah mencapai temperatur penguapan dan hal ini yang menyebabkan penurunan massa air. Pada kecepatan udara masuk 1,05 m/s menghasilkan penurunan yang tertinggi hal ini berkaitan dengan energi, dimana udara semakin besar maka energi yang diserap pun akan besar.



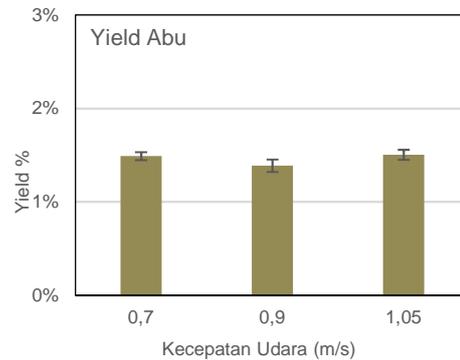
Gambar 3.2 Grafik Pengaruh kecepatan udara terhadap kenaikan temperatur air dan penurunan massa air dengan variasi kecepatan udara masuk

### 3.3 Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap Pembentukan Komponen Hasil Gasifikasi Dengan Variasi Laju Kecepatan Udara

Penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh data, diantaranya yield gas, yield arang dan yield abu. Yield gas adalah persentase banyaknya gas yang terbentuk pada saat proses gasifikasi. Gambar 3.3 menunjukkan besarnya yield gas, arang dan abu pada masing-masing variasi kecepatan udara masuk. Pada kecepatan 1,05 m/s memiliki nilai yield gas tertinggi hal ini disebabkan oleh pengaruh kecepatan udara yang masuk. Hasil yield arang pun dipengaruhi oleh kecepatan udara yang masuk, karena semakin besar udara yang masuk akan semakin mudah terbakar hasilnya akan menghasilkan arang yang sedikit dan jumlah abu yang cukup tinggi. Yield gas yang dihasilkan belum tentu memiliki efisiensi yang tinggi karena yield gas yang tinggi belum tentu termanfaatkan dengan baik.



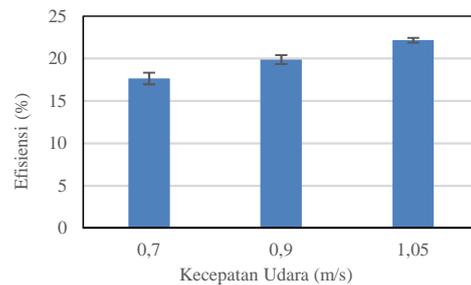
(a)



(b)

Gambar 3.3. Diagram besarnya yield gas, yield arang dan yield abu pada variasi kecepatan udara masuk 0,7 m/s, 0,9 m/s dan 1,05 m/s.

### 3.4 Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Efisiensi Kompiler Dengan Variasi Laju Kecepatan Udara



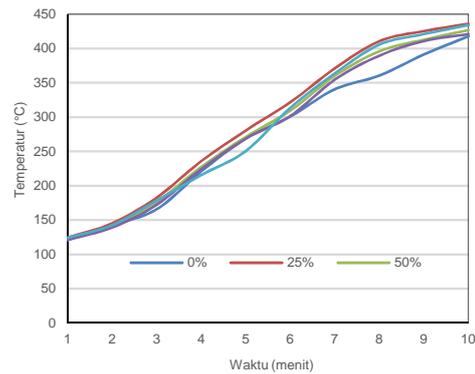
Gambar 3.4 Diagram besarnya efisiensi termal pada variasi kecepatan udara masuk 0,7 m/s, 0,9 m/s dan 1,05 m/s.

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh data Efisiensi kompor yang diperoleh pada saat pengujian dengan variasi kecepatan udara masuk 0,7 m/s, 0,9 m/s dan 1,05 m/s. Gambar 3.4 menunjukkan besarnya efisiensi termal

pada masing-masing variasi kecepatan udara masuk. Efisiensi termal tertinggi terdapat pada variasi kecepatan 105 m/s. Hal ini terjadi karena pada kecepatan 1,05 m/s banyak gas yang memanfaatkan dengan baik dalam tahap penurunan massa air. Karena semakin besar kecepatan yang masuk semakin besar pula energi yang diserap. Dengan banyaknya energi kalor yang diserap maka air akan cepat mencapai temperatur yang diperlukan untuk memulai proses penguapan

### 3.5 Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Temperatur Reaktor Dengan Variasi Campuran arang

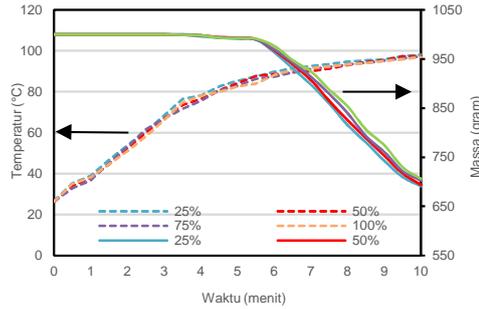
Penelitian dilakukan dengan variasi empat campuran arang, yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Gambar 3.5 menunjukkan perbandingan waktu pembakaran dan temperatur reaktor dengan variasi campuran arang. Dapat dilihat pada variasi campuran 25% arang menghasilkan waktu tercepat untuk manikan temperatur reaktor. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada campuran tersebut memiliki nilai kalor yang tinggi sedangkan semakin tinggi nilai kalor akan semakin mudah terbakar. Besarnya persentase campuran arang sangat berpengaruh pada proses pembakaran biomassa dikarenakan semakin besar campuran arang akan semakin besar kandungan *fixed carbon*. Semakin tinggi kandungan *fixed carbon* akan semakin sulit terbakar, dapat dilihat pada campuran 100% arang betapa lamanya waktu untuk mencapai temperatur tertentu dibandingkan dengan campuran lainnya. Semakin tinggi kandungan *fixed carbon* akan semakin sulit terbakar, akan tetapi jika sudah terbakar akan bertahan lama pembakaran yang terjadi sehingga temperatur akhir dapat lebih tinggi dibandingkan campuran 50% dan 70%.



Gambar 3.5 Perbandingan waktu pembakaran dan temperatur reaktor dengan variasi campuran arang

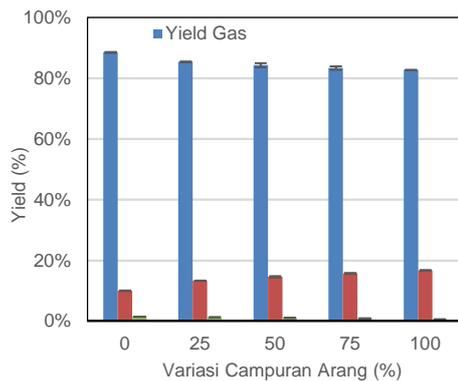
### 3.6 Pengaruh Waktu Pemanasan Air Terhadap Kenaikan Temperature Air Dan Penurunan Massa Air Dengan Variasi Campuran Arang

Penelitian dilakukan dengan variasi tiga campuran arang yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Gambar 3.6 menunjukkan perbandingan kenaikan teperatur dan penurunan massa air terhadap waktu pemanasan air dengan variasi campuran arang. Pada proses ini menggunakan kecepatan yang sama antara variasi campuran yaitu 1,05 m/s. Grafik ini menunjukkan tren yang sama yaitu semakin lama waktu semakin naik temperatur dan semakin turun massa air. Adapun perbedaannya adalah pengaruh campuran arang terhadap proses kenaikan temperatur dan penurunan massa air. Pada campuran 25% menghasilkan temperatur tertinggi dan penuruna massa air yang terbesar, hal ini disebabkan oleh adanya nilai kalor biomassa serta nilai kalor arang dan ditambah kandungan *volatile matter* yang terdapat pada arang tersebut. Dimana semakin besar nilai kalor akan semakin cepat pula proses penyalaan atau dengan kata lain akan mudah terbakar, serta *volatile matter* yang memiliki sifat mudah terbakar. Semakin besar campuran arang maka nilai *volatile matter* arang akan semakin besar tetapi akan sulit terbakar karena adanya pengaruh kandungan *fixed carbon*, dimana semakin besar kandunga *fixed carbon* akan semakin sulit untuk terbakar serta adanya pengurangan nilai kalor pada biomassa.

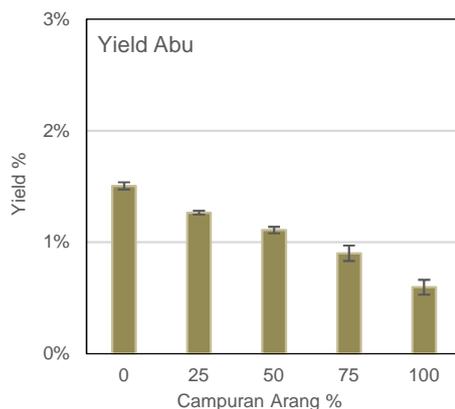


Gambar 3.6 Grafik Pengaruh kecepatan udara terhadap kenaikan temperature air dan penurunan massa air dengan variasi campuran arang.

### 3.7 Pengaruh Presentase Campuran Bahan bakar Terhadap Pembentukan Komponen-Komponen Hasil Gasifikasi Dengan Variasi Campuran Arang



(a)



(b)

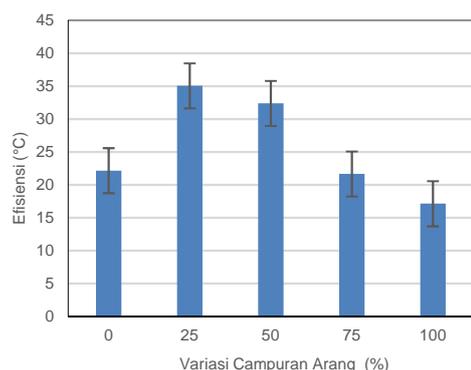
Gambar 3.7 Diagram besarnya yield variasi campuran arang kayu sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan kecepatan udara 1,05 m/s

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh data komponen-komponen yang diperoleh dalam proses gasifikasi, diantaranya yield gas, yield arang dan yield abu. Persentase komponen-komponen tersebut di tampilkan pada Gambar 3.7. Pengujian dilakukan dengan kecepatan udara masuk sebesar 1,05 m/s. Yield gas yang diperoleh menunjukkan penurunan seiring dengan banyaknya campuran persentasi arang, hal ini terjadi karena semakin banyak campuran arang akan semakin sedikit gas yang terbentuk. Akan tetapi pada campuran 25% arang merupakan campuran yang lebih baik dari yang tanpa campuran walau hasil yield yang dihasilkan lebih sedikit namun pada campuran ini gas yang termanfaatkan cukup tinggi itu dilihat dari efisiensi pada campura 25% arang. Yield arang meningkat seiring meningkatnya persentasi campuran arang, yield arang dipengaruhi oleh kandungan *fixed carbon* pada arang jika semakin tinggi kandungan *fixed carbon* pada arang maka akan semakin tinggi tingkat yield arang yang dihasilkan. Sedangkan kandungan yield abu dipengaruhi oleh banyaknya kandungan biomassa dan kandungan arang, semakin banyak arang akan semakin sulit terbakar dan sedikit menghasilkan abu.

### 3.8 Pengaruh Presentase Campuran Bahan bakar Terhadap Efisiensi Kompur Dengan Variasi Campuran Arang

Penelitian yang dilakukan memperoleh data Eefisiensi kompor yang diperoleh pada saat pengujian dengan campuran bahan bakar berupa arang kayu sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Gambar 3.8 menunjukkan besarnya efisiensi termal pada masing-masing variasi campuran arang dengan kecepatan udara masuk 1,05 m/s. Efisiensi termal tertinggi terdapat pada variasi campuran 25% arang kayu, hal ini terjadi karena adanya tambahan nilai kalor dari arang yang sebagai campuran. Nilai kalor yang semakin besar akan semakin cepat menyala atau akan mudah terbakar serta kandungan *volatile matter* yang terdapat pada arang yang memiliki sifat mudah terbakar. Oleh karena itu pada

campuran 25% arang ini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dibandingkan tanpa campuran dengan kecepatan udara yang sama. Pada campuran ini menghasilkan yield gass yang sedikit dibandingkan tanpa campuran, akan tetapi yield yang sedikit itu lebih banyak yang termafaatkan. Efisiensi akan semakin menurun jika campuran arang semakin besar hal ini disebabkan oleh adanya kandungan *fixed carbon* pada arang yang memiliki sifat sulit terbakar dimana semakin tinggi kandungan *fixed carbon* akan semakin sulit terbakar. Dapat dilihat pada variasi campuran 100% arang merupakan efisiensi yang terendah ini disebabkan banyaknya kandungan *fixed carbon*, karena memerlukan waktu yang cukup lama sampai terbakar tetapi jika sudah terbakar tingkat menyala atau terbakarnya akan semakin lama di bandingkan dengan campuran yang lainnya.



Gambar 3.8 Diagram besarnya efisiensi termal pada variasi campuran arang kayu sebesar 25%, 50%, 75% dan 100%.

#### 4. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan data. Maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan udara 1,05 m/s menghasilkan temperatur gasifier yang tertinggi, hal ini terjadi karena semakin besar kecepatan udara yang masuk pada gasifier, maka semakin cepat pula pembakaran yang terjadi. Kecepatan udara sangat berpengaruh dalam menaikkan temperatur air dan penurunan massa air, karena

semakin besar udara yang masuk pada gasifier akan semakin besar energi yang dapat diserap air. Dengan kecepatan 1,05 m/s didapatkan efisiensi tertinggi, hal ini disebabkan banyak biomassa yang dapat termafaatkan dengan laju kecepatan udara tersebut.

2. Pada campuran 25% arang menghasilkan temperatur reaktor tertinggi, yang disebabkan oleh nilai kalor biomassa dan nilai kalor arang. Semakin banyak kandungan nilai kalor akan semakin mudah terbakar. Penurunan massa air dan temperatur air tertinggi didapatkan pada campuran 25% arang hal ini disebabkan oleh adanya nilai kalor biomassa serta nilai kalor arang dan ditambah kandungan *volatile matter* yang terdapat pada arang tersebut. Dimana semakin besar nilai kalor akan semakin cepat pula proses penyalaan atau dengan kata lain akan mudah terbakar, serta *volatile matter* yang memiliki sifat mudah terbakar. Efisiensi tertinggi didapatkan pada campuran arang 25% karena semakin besar campuran arang akan semakin sulit untuk terbakar karena adanya kandungan *fixed carbon*.

#### Daftar Pustaka

Journal:

- [1] Malik. (2013). Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahna Kayu Sebagai Arang Briket. *Jurnal APTEK*, Vol.5. Riau: Universitas Negeri Riau
- [2] Riyadi, M. A. (2015). Studi Eksperimen Gasifikasi Menggunakan Fluidized Bed Gasifier Berbahan Bakar Sekam Padi, Serbuk Gergaji Kayu Jati Dan Serbuk Gergaji Kayu Sengon Penghasil Syngas . Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [3] Subroto, & Prastiyo, D. (2013). Unjuk Kerja Tungku Gasifikasi

Dengan Bahan Bakar Sekam Padi Melalui Pengaturan Kecepatan Udara Pembakaran. *Media Mesin*, 51-58.

- [4] Suliono, Sudarmanta, B., Dionisius, F., & Maolana, I. (2017). Studi Karakteristik Reaktor Gasifikasi Type Downdraft Serbuk Kayu Dengan Variasi Equivalensi Ratio. *Jurnal Teknologi Terapan*.

Textbook's:

- [5] Tajalli, A. (2015). *Paduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Indonesia*. Bandung: Penabullu Aliance.
- [6] Yokoyama, S. (2002). *The Asian Biomass Handbook*. Jepang: The Japan Institute of Energy.