

**Studi Eksperimen Gasifikasi Pada Reaktor Fluidized Bed Dengan
Bahan Bakar Ampas Tebu**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

FERI RUDIYANTO

D 200 100 047

**JURUSAN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**UDI EKSPERIMEN GASIFIKASI PADA REAKTOR
DIZED BED DENGAN BAHAN BAKAR AMPAS TEBU**

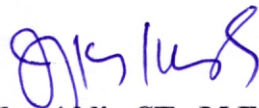
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

FERI RUDIYANTO
D 200 100 047

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Nur Aklis, ST., M.Eng

NIK: 197803012005011001

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMEN GASIFIKASI PADA REAKTOR
FLUIDIZED BED DENGAN BAHAN BAKAR AMPAS TEBU**

OLEH

FERI RUDIYANTO

D 200 100 047

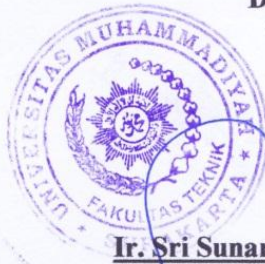
**Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Nur Akli, ST., M.Eng
(Dewan Ketua Penguji)
2. Wijianto, ST., M.Eng. Sc
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Sartono Putro, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

NIK 0630126302

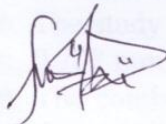
STUDI EKSPERIMEN PERNYATAAN PADA REAKTOR FLUIDIZED BED DENGAN BAHAN BAKAR AMPAS TERBUK

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6-02-2017

Penulis



FERI RUDIYANTO

D 200 100 047

STUDI EKSPERIMEN GASIFIKASI PADA REAKTOR FLUIDIZED BED DENGAN BAHAN BAKAR AMPAS TEBU

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran bahan bakar terhadap kinerja reaktor *fluidized bed*. Penelitian dilakukan pada reaktor dengan ukuran diameter 454,38 mm dan tinggi ruang bakar 908,50 mm. Pada penelitian ini menggunakan variasi bahan bakar ampas tebu dengan ukuran 1,54 mm, 1,08 mm, dan 0,708 mm. Untuk satu kali proses pembakaran menggunakan komposisi pasir silika 10 kg, 1 kg kapur, dan ampas tebu 5 kg. Data yang diambil meliputi kecepatan minimum fluidisasi, temperatur reaktor, lama reaksi, lamanya waktu untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran bahan bakar berpengaruh terhadap kecepatan minimum fluidisasi. Temperatur reaktor rata-rata tertinggi 207 (°C) Waktu tercepat untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter adalah 33 menit. Pada pengujian yang menggunakan ampas tebu ukuran 1,54 mm. Jumlah kalor terbesar yang dihasilkan yaitu 2051,765 kJ yang dilakukan pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar ampas tebu ukuran 0,708 mm. Lama reaksi tercepat yaitu 45 menit yang dilakukan pada pengujian dengan menggunakan variasi ampas tebu ukuran 1,54 mm

Kata kunci: Ampas tebu, Fluidized bed Gasifier, Ukuran Bahan Bakar

Abstract

The aims of the research is to determine the effect of fuel particle size on the performance of fluidized bed reactor. The research was performed on reactor with a diameter of 454.38 mm and 908.5 mm combustion chamber high. The study used bagasse fuel with the variation of size 1.54 mm, 1.08mm, 0.708 mm and particles bed is silica sand used with the size of 0.54 mm. The combustion process for a once use 10 kg silica sand, chalk 1 kg, and bagasse 5 kg. The data are taken contained of the minimum speed of fluidization, reactor temperature, time of reaction, the length of time to boil the water by as much as 2 liters. The examination showed that the size of the fuel affects the speed of minimum fluidization. The average reactor temperature high of 207 (°c). Fastest time to boil water as much as 2 liters is 33 minutes. on an examination by using bagasse size 1.54 mm. Greatest amount of heat is generated that is 2051.765 kJ conducted on the examination using bagasse fuel size 0.708 mm. Fastest time of reaction is 45 minute conducted on the examination by using a variation bagasse size of 1.54 mm

Keywords: Bagasse, Fluidized Bed Gasifier, The Size Of The Fuel

1. PENDAHULUAN

Tidak dapat dipungkiri bahwa minyak bumi merupakan salah satu sumber energi utama di muka bumi. Konsumsi masyarakat akan bahan bakar fosil ini semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Saat ini penggunaan bahan bakar fosil dalam bentuk cair masih mendominasi dan akan tetap mendominasi hingga lebih dari 20 tahun ke depan. Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil bukan merupakan suatu hal yang baik, karena bahan bakar fosil merupakan salah satu energi yang tidak dapat diperbarui sehingga bisa habis suatu saat nanti. Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil ini bisa menjadi berbahaya apabila pada saat bahan bakar itu habis, dan manusia belum dapat menemukan sumber energi pengganti yang dapat di andalkan sebagai sumber kehidupan umat manusia. Oleh karena itu dibutuhkan pengembangan energi yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti minyak bumi sebagai sumber energi utama.

Biomassa adalah salah satu jenis yang saat ini banyak dikembangkan, karena biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain nilai ekonomisnya rendah dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Biomassa ini bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang cocok dikembangkan di Indonesia karena jumlahnya yang melimpah.

Biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif salah satunya adalah ampas tebu. Keberadaan ampas tebu di Indonesia sedemikian melimpah, namun belum terolah sepenuhnya. Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan, setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan. Sekarang ini ada cara lain untuk memanfaatkan ampas tebu untuk kemudian diberikan perlakuan khusus sehingga menghasilkan *combustible* gas. Dengan perlakuan ini diharapkan potensi ampas tebu

yang tadinya hanya bisa dimanfaatkan energinya secara langsung dari proses pembakaran, bisa diaplikasikan untuk berbagai macam kebutuhan lainnya. Pemanfaatan biomassa memiliki beberapa metode konversi energi dan salah satunya adalah gasifikasi yang merupakan salah satu proses pemanfaatan biomassa yaitu dengan mengkonversi dari bahan padat (Biomassa) menjadi gas. Gas tersebut dipergunakan sebagai bahan bakar motor untuk menggerakkan generator pembangkit listrik. Gasifikasi juga akan membantu mengatasi masalah penanganan dan pemanfaatan limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan. Ada tiga bagian utama perangkat gasifikasi, yaitu :

1. Unit pengkonversi bahan baku (umpan) menjadi gas, disebut reaktor gasifikasi atau *gasifier*,
2. Unit pemurnian gas,
3. Unit pemanfaatan gas.

Reaktor jenis *fluidized bed* adalah salah satu reaktor gasifikasi yang berpotensi untuk dikembangkan. Reaktor *fluidized bed* adalah sebuah tungku pembakaran yang menggunakan material bed yang bertujuan agar terjadi percampuran yang homogen antara zat yang terlibat dalam reaktor. Secara prinsip ada 4 aspek keunggulan yang dimiliki oleh *fluidized bed* antara lain yaitu:

1. Pada aspek kemampuan untuk mengontrol temperature
2. Semampuan beroperasi secara *continue*
3. Keunggulan dalam persoalan perpindahan panas, dan
4. Keunggulan dalam proses katalis.

Beberapa faktor yang mempengaruhi fluidisasi diantaranya seperti ukuran partikel, densitas dan geometri, ukuran dan geometri bejana, sistem distribusi gas, dan kecepatan gas. Ukuran partikel bahan bakar akan berpengaruh terhadap kinerja reaktor *fluidized bed*. Maka dari itu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh ukuran partikel bahan bakar terhadap kinerja reaktor *fluidized bed*

2. METODE

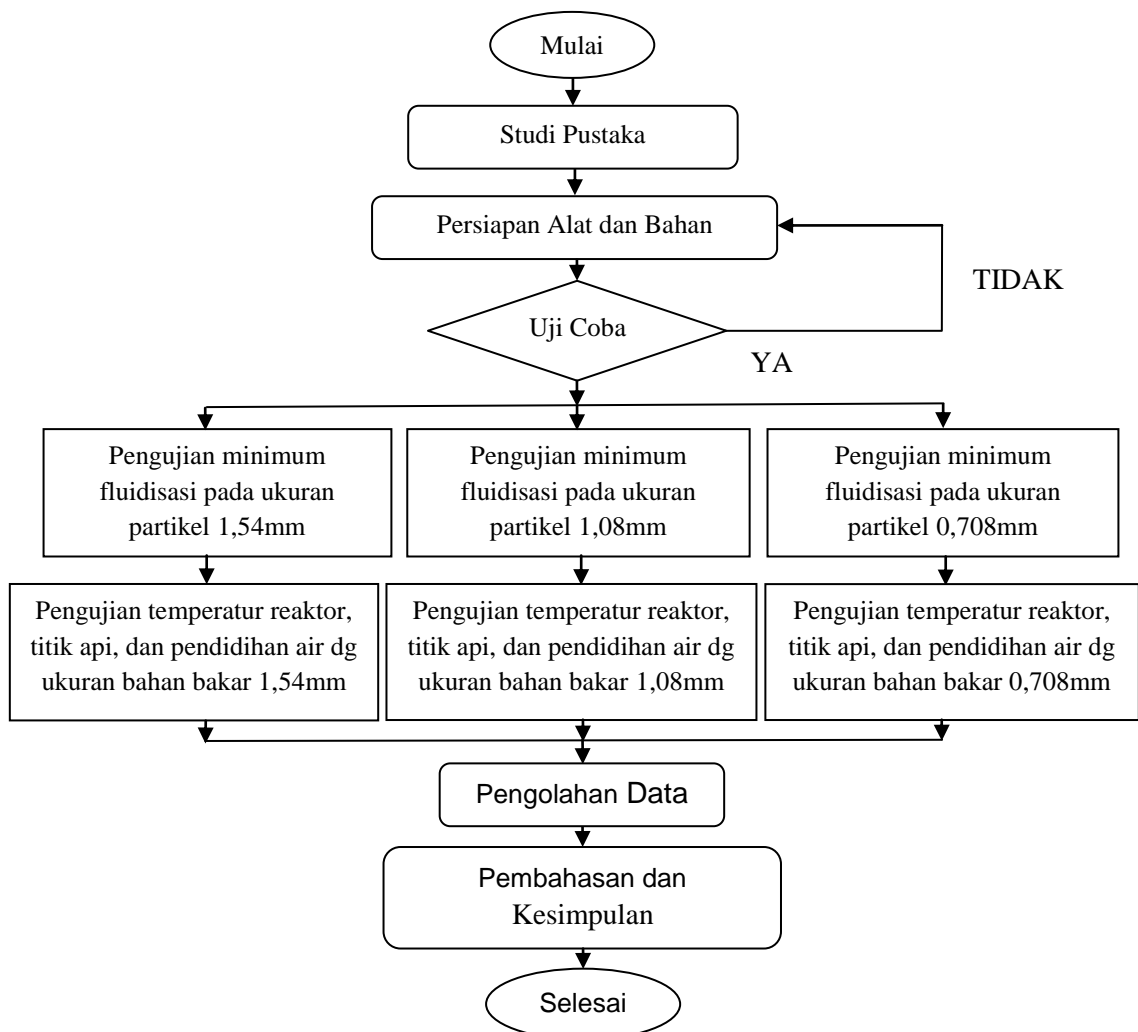
2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari mencari referensi tentang gasifikasi biomassa terutama pada model reaktor *fluidized bed gasifier*. Kemudian proses selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir silika dengan ukuran partikel 0,54 mm, ampas tebu dengan 3 variasi ukuran partikel yaitu ukuran 1,54 mm, ukuran partikel 1,08 mm, dan ukuran partikel 0,708 mm, dan juga kapur. Ukuran partikel di dapatkan dari proses penyaringan dengan alat yang disebut ayakan atau meshing. Proses pengayakan ampas tebu ini menggunakan ayakan 3 tingkat yaitu mulai dari ukuran mesh 12, mesh 16, dan mesh 20. Sedangkan untuk penyaringan pasir silika hanya menggunakan 2 tingkat yaitu mesh 30 dan mesh 35 saja.

Setelah mendapatkan ukuran partikel dari proses meshing kemudian dilanjutkan dengan uji coba dengan menggunakan alat reaktor *fluidized bed gasifier*. Apabila kerja reaktor sudah baik maka dapat dilanjutkan ke proses penelitian, tetapi apabila kerja reaktor belum bisa bekerja dengan baik maka dilakukan pengecekan ulang pada alat untuk memperbaiki kekurangan agar kerja reaktor sempurna seperti yang di harapkan.

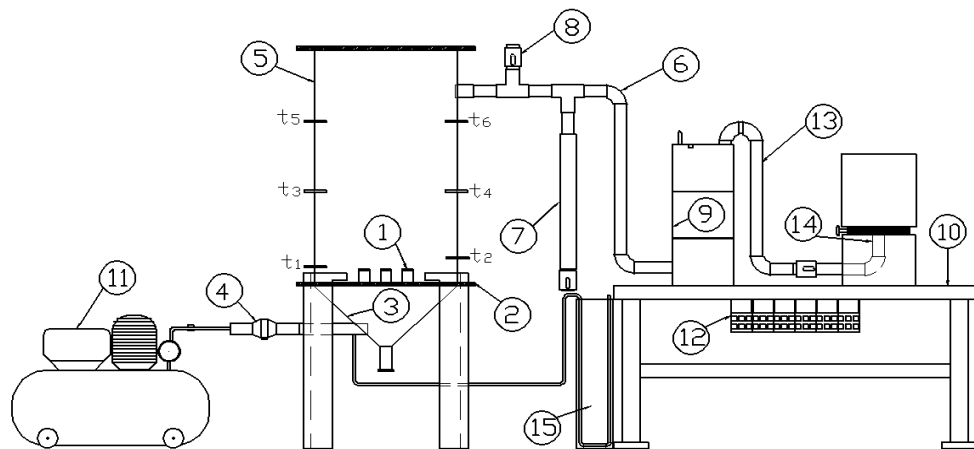
Percobaan dimulai dengan memasukkan pasir silika, kapur dan ampas tebu ke dalam reaktor untuk mencari kecepatan minimum fluidisasi. Jika kecepatan minimum fluidisasi tersebut sudah didapat maka diambil kecepatan minimum fluidisasi yang bisa digunakan untuk penelitian. Selanjutnya pasir silika, kapur, dan ampas tebu dibakar dengan menggunakan *burner* diiringi dengan penyalaan kompresor yang telah di *setting* sesuai dengan kecepatan minimum fluidisasi. Temperatur dalam reaktor diukur setiap 5 menit pada 6 titik pengukuran. Titik yang pertama (t_1) adalah temperatur pada pasir silika, titik yang kedua sampai keempat (t_2 , t_3 , dan t_4) adalah temperatur pada bahan bakar, serta titik yang kelima dan keenam (t_5 dan t_6) adalah temperatur *free board*. Gas hasil pembakaran

dari sekam padi keluar melalui pipa menuju tabung filter, kemudian dialirkan kembali melalui pipa menuju kompor modifikasi. Kemudian dilakukan pengukuran temperatur titik api, yaitu gas yang keluar dari kompor pada kondisi awal sebelum api menyala sampai api mati. Pengukuran temperatur pendidihan air dilakukan setiap 5 menit. Data yang di ambil meliputi temperatur rata-rata reaktor, temperatur titik api, dan temperatur pendidihan air. Percobaan dilakukan dengan variasi ukuran partikel bahan bakar yang berbeda yaitu dengan menggunakan ukuran partikel 1,54 mm, ukuran partikel 1,08 mm, dan ukuran partikel 0,708 mm. Setelah data diperoleh dari percobaan tersebut dilakukan analisa dan menarik kesimpulan dengan diiringi dalam pembuatan laporan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan



Gambar 2 Skema Gambar Reaktor Fluidized Bed Gasifier

Keterangan:

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Nozel udara | 9. Tabung filter |
| 2. Bed | 10. Meja |
| 3. Plenum | 11. Kompresor |
| 4. Anemo meter | 12. Thermo reader |
| 5. Reaktor <i>Fluidized Bed Gasifier</i> | 13. Pipa sambungan |
| 6. Pipa sambungan | 14. Kompor |
| 7. Pipa saluran Tar | 15. Manometer |
| 8. Kran | |

Untuk alat pelengkap yang digunakan pada penelitian ini diantaranya timbangan, stopwatch, thermometer, dan gelas ukur. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya ampas tebu yang di ayak dengan susunan mesh 12, mesh 16, dan mesh 20. Sedangkan pasir silika di ayak dengan susunan mesh 30 dan mesh 35. Selain itu bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur. Tiap satu kali proses pembakaran digunakan 5 kg ampas tebu, 10 kg pasir silika, dan 1 kg kapur.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tabel perbandingan kecepatan minimum fluidisasi

Dari tabel di bawah dapat diketahui bahwa pada percobaan menggunakan variasi pertama yaitu ampas tebu ukuran partikel 1,54 mm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3 m/s. Untuk percobaan dengan

variasi kedua yaitu ampas tebu ukuran partikel 1,08 mm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 2,7 m/s. Sedangkan untuk percobaan dengan variasi ketiga yaitu ampas tebu ukuran partikel 0,708 mm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 2,5 m/s. Kecepatan yang digunakan untuk percobaan adalah 4 m/s karena proses fluidisasi terjadi di atas kecepatan minimum.

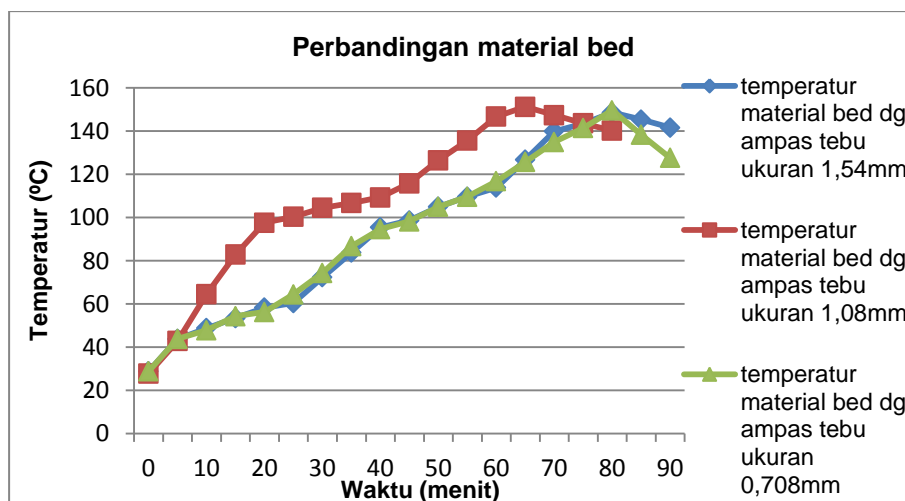
$$U_{mf} = \frac{\mu}{\rho_f \cdot d_p} [(1135,7 + 0,0408 Ar)^{0,5} - 33,7] \dots \dots \dots (1)$$

Kecepatan minimum fluidisasi sesuai dengan pers. (1) dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin besar pula kecepatan minimum fluidisasinya.

Tabel 1. Tabel perbandingan kecepatan minimum fluidisasi pada ketiga variasi ukuran ampas tebu.

Ukuran partikel (mm)	Kecepatan (m/s)
1,54 mm	3 m/s
1,08 mm	2,7 m/s
0,708 mm	2,5 m/s

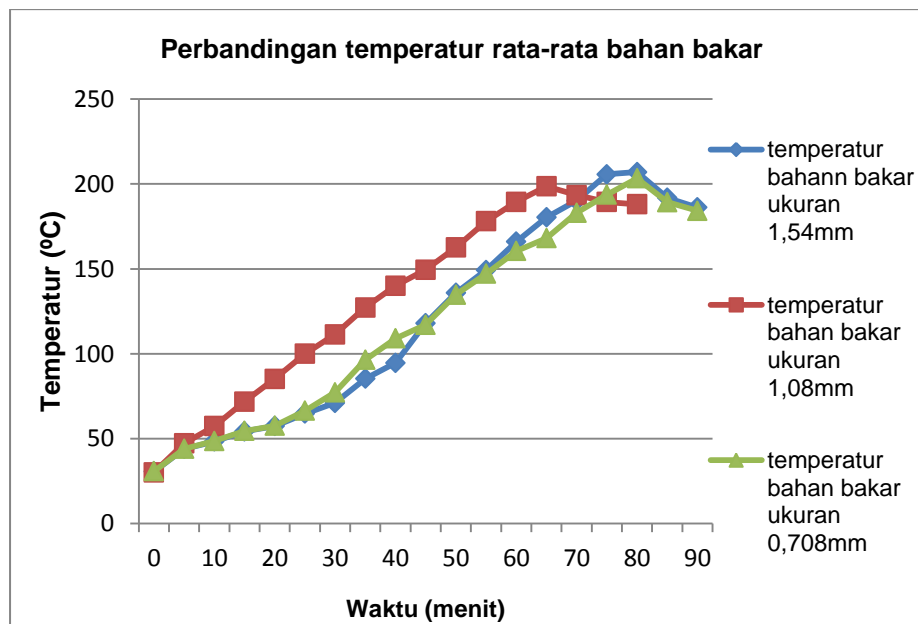
3.2 Grafik perbandingan rata-rata temperatur material bed.



Gambar 3 Grafik perbandingan temperature reaktor material bed pada ketiga variasi ukuran ampas tebu.

Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan temperatur pasir silika dalam reaktor dengan bahan bakar ampas tebu ukuran 1,54 mm, ukuran 1,08mm, dan ukuran 0,708mm. Dapat dilihat masing-masing temperatur terlihat naik hingga pada menit ke 80. Distribusi temperatur pasir silika pada variasi ampas tebu ukuran 1,54 mm dan 0,708 mm cenderung sama, pasir silika pada bahan bakar ampas tebu ukuran 1,54mm mencapai temperatur tertinggi 148,6 °C dan ukuran 0,708mm mencapai temperatur tertinggi 149,6°C. tetapi temperatur tertinggi 151,2°C bisa di capai pada menit ke 65 pada pasir silika yang berbahan bakar ukuran 1,08mm.

3.3 Perbandingan Temperatur Rata-rata Bahan Bakar

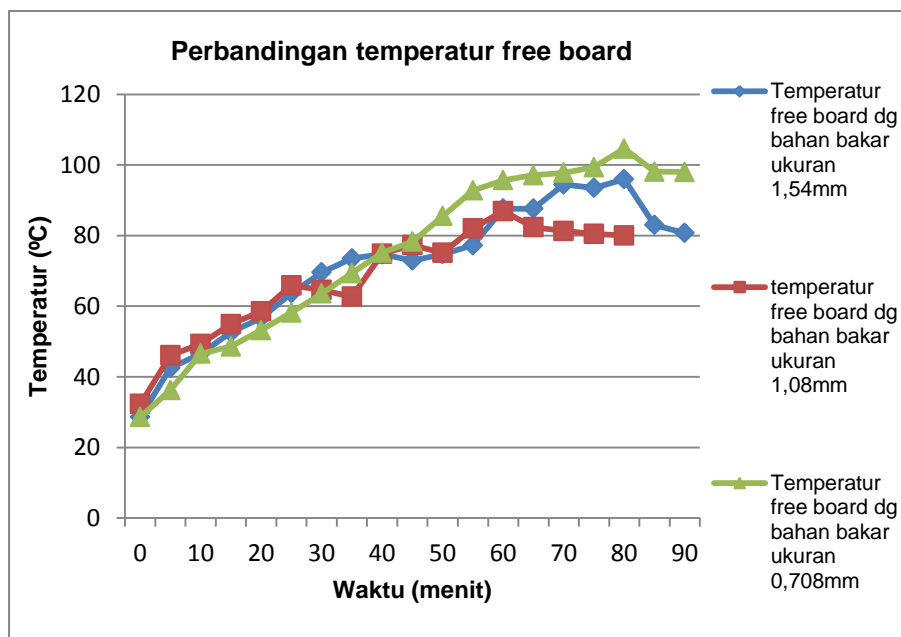


Gambar 4 Grafik Perbandingan Temperatur Rata-rata Dalam Reaksi

Gambar 4 menunjukkan perbandingan temperatur rata-rata dalam reaksi dari ketiga bahan bakar ampas tebu ukuran 1,54 mm, ukuran 1,08mm, dan ukuran 0,708mm. Dapat dilihat masing-masing temperatur terlihat naik hingga pada menit ke 80. Distribusi temperatur dalam reaksi variasi ampas tebu ukuran 1,54 mm dan 0,708 mm cenderung sama, sedangkan pada variasi ampas tebu ukuran 1,08 mm distribusi temperaturnya cenderung lebih tinggi. Reaksi dalam pada bahan bakar

ampas tebu ukuran 1,54mm mencapai temperatur tertinggi 207 °C dan ukuran 0,708mm mencapai temperatur tertinggi 203 °C. tetapi temperatur tertinggi yang dicapai pada ampas tebu ukuran 1,08mm adalah 198,6°C pada menit 65.

3.4 Perbandingan temperature pada free board

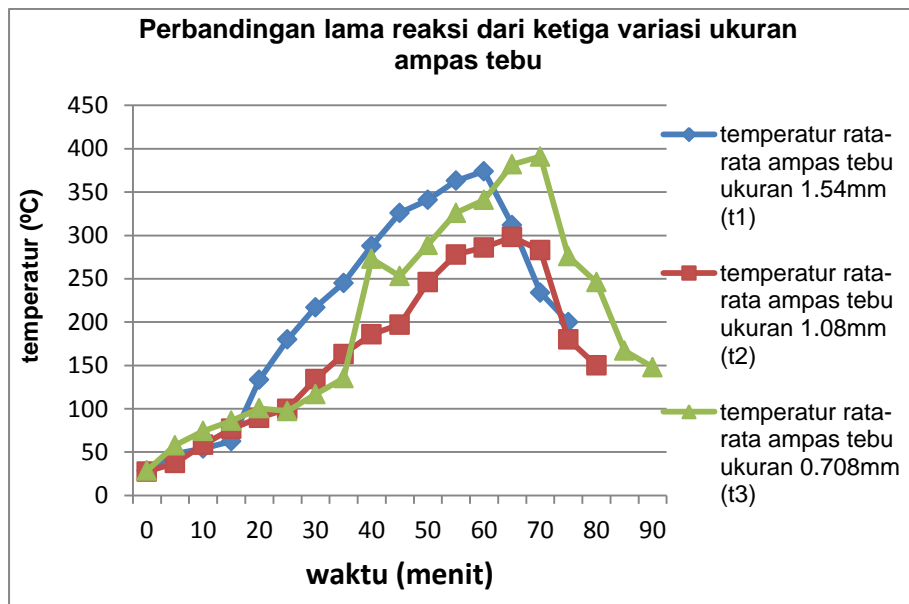


Gambar 5 Grafik Perbandingan Temperatur Pada Free Board.

Gambar 5 menunjukkan perbandingan temperatur pada *free board* dari ketiga ukuran ampas tebu yaitu 1,54mm, 1,08mm, dan 0,708mm. Distribusi temperatur *free board* pada variasi ampas tebu ukuran 1,54 mm dan 1,08 mm mengalami kenaikan yang tidak konstan. sedangkan pada variasi ukuran ampas tebu ukuran 0,708 distribusi temperaturnya cenderung lebih tinggi. Dapat dilihat titik puncak temperatur pada ukuran 1,54mm adalah 95,9°C pada menit ke 80. kemudian titik puncak temperatur pada ukuran 1,08mm adalah 86,9°C pada menit 60. dan temperatur tertinggi diperoleh pada ukuran 0,708mm adalah 104,6°C pada menit ke 80. Perbedaan yang terlihat pada ketiga variasi ukuran ampas tebu adalah lama waktu proses pembakarannya. Pada variasi ampas tebu

ukuran 1,54 mm proses pembakarannya berlangsung selama 85 menit, sedangkan pada variasi ampas tebu ukuran 1,08 mm proses pembakarannya berlangsung selama 65 menit, dan pada variasi ampas tebu ukuran 0,708 mm proses pembakarannya berlangsung selama 85 menit.

3.5 Perbandingan lama Reaksi dari ketiga variasi ukuran ampas tebu



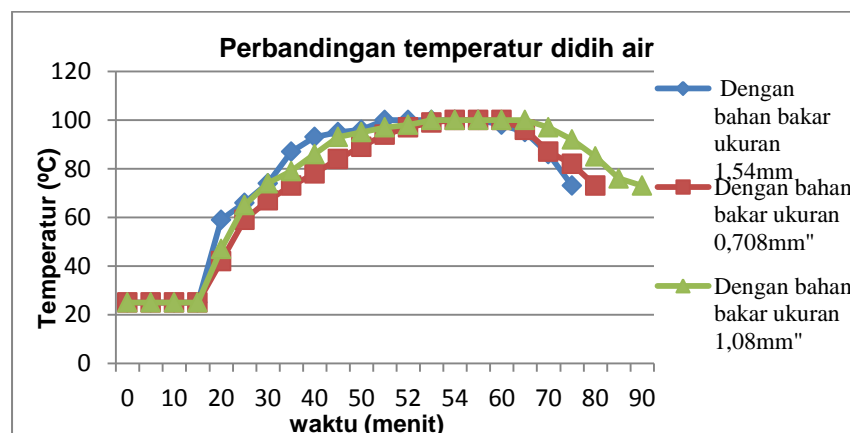
Gambar 6 Perbandingan Temperature Lama Reaksi Dari Ketiga Variasi Ukuran Ampas Tebu.

Gambar 6 menunjukkan perbandingan dapat diketahui dari grafik bahwa masing-masing variasi ukuran bahan bakar mempengaruhi penyalan awal api pada saat membakar gas hasil gasifikasi pada kompor. Pada variasi pertama api menyala pada menit ke 15 dengan temperature awal 62,5 °C dan titik tertinggi di 374°C pada menit ke 60 dan menghasilkan nyala api selama 45 menit dari 5kg ampas tebu. Pada variasi kedua api menyala pada menit ke 20 dengan temperature awal 89,6 °C dan titik tertinggi di 298°C pada menit ke 65 dan menghasilkan nyala api selama 50 menit dari 5kg ampas tebu. Pada variasi ketiga api menyala pada menit ke 15 dengan temperature awal 86,1 °C dan titik tertinggi di

391°C pada menit ke 70 dan menghasilkan nyala api selama 60 menit dari 5kg ampas tebu.

3.6 Perbandingan Kalor Gas Hasil Gasifikasi.

Gambar 4.17 Perbandingan dapat dilihat pada grafik. bahwa masing-masing variasi ukuran bahan bakar mempengaruhi penyalaan awal api pada saat membakar gas hasil gasifikasi pada kompor yang akan digunakan untuk mendidihkan air. Perhitungan kalor gas hasil dari gasifikasi dapat dilihat dari grafik perbandingan temperatur pendidihan air. Pada ukuran 1,54mm api menyala pada menit ke 15 dan suhu awal air 25 °C dan air mendidih pada menit ke 43 dan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan 2000 ml air adalah 33 menit. Pada ukuran 0,708mm api menyala pada menit ke 20 dan suhu awal air 25 °C dan air mendidih pada menit ke 57 dan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan 2000 ml air adalah 42 menit. Pada ukuran 1,08mm, api menyala pada menit ke 15 dan suhu awal air 25 °C dan air mendidih pada menit ke 52 dan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan 2000 ml air adalah 37 menit. Jadi dari ketiga variasi ukuran ampas tebu ini yang tercepat untuk mendidihkan air adalah ampas tebu yang berukuran 1,54 mm yaitu 33 menit untuk mendidihkan air.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Hasil Gas Gasifikasi dari Ketiga Variasi Ampas tebu

Tabel 2 perhitungan kalor sensibel

Ukuran ampas tebu (mm)	Q_s (kJ)
1,54	855,686
1,08	855,682
0,708	855,555

Tabel 3 perhitungan kalor laten

Ukuran Ampas Tebu (mm)	m_{uap} rata-rata (mm)	Enthalpy h_{fg} (kJ/kg)	Kalor Laten Air Q_L (kJ)
1,54	0,440	2257	993,08
1,08	0,480		1083,36
0,708	0,530		1196,21

Tabel 4 Jumlah Kalor Sensibel dan Kalor Laten

Ukuran Ampas Tebu (mm)	Kalor Sensibel Q_s (kJ)	Kalor Laten Q_L (kJ)	Jumlah Kalor total Q_T (kJ)
1,54	855,686	933,08	1788,766
1,08	855,682	1083,36	1939,142
0,708	855,555	1196,21	2051,765

Dapat diketahui dari tabel diatas bahwa kalor pada percobaan yang menggunakan bahan bakar ampas tebu ukuran 1,54 mm menghasilkan kalor sensibel sebesar 855,6868 kJ, dan kalor laten sebesar 993,08 kJ, serta

jumlah kalor 1788,766 kJ. Kemudian pada percobaan yang menggunakan bahan bakar ukuran 1,08 mm menghasilkan kalor sensibel sebesar 855,682 kJ, dan kalor laten air 1083,36 kJ, serta jumlah kalor 1939,142 kJ. dan pada percobaan yang menggunakan ukuran bahan bakar 0,708 mm menghasilkan kalor sensibel sebesar 855,555 kJ, dan kalor laten air 1196,21kJ, serta jumlah kalor 2051,765 kJ. Jadi dari ketiga variasi ukuran ampas tebu yang memiliki kalor sensibel tertinggi adalah ampas tebu ukuran 1,54 mm dengan kalor sensibel sebesar 855,686 kJ. Sedangkan yang memiliki kalor laten tertinggi adalah ampas tebu ukuran 0,708 mm dengan kalor laten sebesar 1196,21 kJ. Dan yang memiliki jumlah kalor tertinggi adalah pada sekam padi ukuran 0,708 mm dengan kalor sebesar 2051,765 kJ.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan data hasil pengujian pengaruh ukuran partikel bahan bakar ampas tebu terhadap kerja *reaktor fluidized bed gasifier* didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan fluidisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 4 m/s. Semakin besar ukuran partikel maka semakin besar kecepatan minimum fluidisasinya. Karena penelitian menggunakan kecepatan udara diatas kecepatan minimum fluidisasi.
2. Temperature reaktor tertinggi pada penelitian ini 207 °C. Jadi dapat disimpulkan bahwa temperature rata-rata tertinggi reaktor pada bahan bakar ampas tebu ukuran 1,54 mm.
3. Nyala efektif api yang diperlukan untuk mendidihkan 2000 ml (2liter) air tercepat adalah bahan bakar ukuran 1,54mm dengan waktu 33 menit.
4. Lama reaksi tercepat pada penelitian ini adalah 45 menit dicapai oleh bahan bakar ampas tebu yang berukuran 1,54mm.

4.2 Saran

Saran dari penelitian ini sebaiknya dilakukan pengujian kandungan gas supaya mengetahui kualitas gas dari hasil gasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aklis 2013, *Pengaruh Perbedaan Jumlah Lubang Pada Distributor Udara Terhadap Karakteristik Gelembung Pada Bubbling Fluidized Bed Dengan Beberapa Jenis Partikel Yang Berbeda* (Tesis). Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Aklis, Nur., Riyadi, M.A., Rosyadi. G., Cahyanto, W.T. 2015. *Studi Eksperimen Konversi Biomassa Menjadi Syngas Pada Reaktor Bubbling Fluidized Bed*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2015, 19 Desember 2015. STTNas Yogyakarta. Hal 973-978.
- Basu, P., 2010, *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. USA: Elsevier.
- Carsky, M., 2011. *An Introduction To Fluidization*. University of Kwazulu-Natal. IFSA 2011
- Erawati 2012, *Kinetika Reaksi Pada Pirolisis Ampas Tebu (BAGASSE)* (Tesis). Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Higman, C., Marteen, V., 2003, *Gasification*. Amsterdam: Elsevier
- Kuni, D., Levenspiel, O., 1969. *Fluidization Engineering*. New York: Wiley
- Widayati 2010, *Fenomena Dan Kecepatan Minimum (U_{mf}) Fluidisasi*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.