

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH UKURAN BAHAN BAKAR TERHADAP KERJA PADA REAKTOR FLUIDIZED BED GASIFIER

Ary Descesar Prasetya Wibawa¹, Nur Aklis²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : D200100122@student.ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh ukuran partikel bahan bakar terhadap kinerja reaktor tipe *fluidized bed*. Penelitian dilakukan pada reaktor dengan ukuran diameter 454,38 mm dan tinggi ruang bakar 908,5 mm. Bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi dengan variasi ukuran 1,54 mm, 1,84 mm, dan 2,17 mm. Sedangkan partikel bed yang digunakan adalah pasir silika dengan ukuran 0,54 mm. Data yang diambil meliputi kecepatan minimum fluidisasi, temperatur reaktor, lama reaksi, lamanya waktu untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter. Untuk satu kali proses pembakaran digunakan 5 kg sekam padi, 10 kg pasir silika, dan kapur 1 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran bahan bakar berpengaruh terhadap kecepatan minimum fluidisasi. Temperatur rata-rata reaktor tertinggi sebesar 237 (°C) yaitu pada pengujian dengan menggunakan variasi sekam padi ukuran 1,84 mm. Lama reaksi tercepat yaitu 55 menit yang dilakukan pada pengujian dengan menggunakan variasi sekam padi ukuran 1,54 mm. Waktu tercepat untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter yaitu 40 menit pada pengujian dengan menggunakan sekam padi ukuran 2,17 mm. Jumlah kalor terbesar yang dihasilkan yaitu 1870,083 kJ yang dilakukan pada pengujian dengan menggunakan sekam padi ukuran 1,54 mm.

Kata Kunci : Sekam Padi, 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 fuel used rice husk with the variation of size 1.54 mm, 1.84 mm, 2.17 mm and particles bed is silica sand used with the size of 0.54 mm. The data are taken contained of the minimum speed fluidization, the temperature of the reactor, time of reaction, length of time to boil the water by as much as 2 liters. The combustion process for a one time use 5 kg of rice husk, 10 kg of silica sands, and chalk 1 kg. The results showed that the size of the fuel affects the minimum speed fluidization. Average temperature highes of reactor is 237 (°C) during the examination with rice husk using a variation of size 1.84 mm. Fastest time of reaction is 55 minute conducted on the examination by using a variation of rice husk size 1.54 mm. Fastest time to boil water as much as 2 liters is 40 minutes on an examination by using rice husk size 2.17 mm. Greatest amount of heat is generated that is 1870.083 kJ conducted on the examination using rice husk size 1.54 mm.

Keywords: Rice Husk, Fluidized Bed Gasifier, The Size Of The Fuel

1. PENDAHULUAN

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang jumlahnya melimpah dan dapat diolah sebagai bahan bakar padat atau diubah ke dalam bentuk cair atau gas. Potensi bioenergi yang berasal dari limbah biomassa di Indonesia diperkirakan mencapai 49,810 MW. Berdasarkan data yang ada, pemanfaatan biomassa hingga saat ini baru mencapai 1,618 MW atau sekitar 3,25% dari potensi yang ada.

Sekam padi dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, salah satunya sebagai sumber energi. Pada tahun 2012, data BPS menunjukkan bahwa Indonesia menghasilkan sekam padi sekitar 14 juta ton. Salah satu metode untuk memanfaatkan biomassa sekam padi sebagai sumber energi alternatif yaitu dengan metode gasifikasi, dimana gasifikasi merupakan metode pembakaran dengan menggunakan bahan bakar padat yang dilakukan di dalam reaktor untuk menghasilkan bahan bakar gas.

Salah satu jenis reaktor gasifikasi yang berpotensi untuk dikembangkan adalah reaktor jenis *fluidized bed*. Secara prinsip ada 4 keunggulan dari reaktor jenis *fluidized bed*, diantaranya kemampuan untuk mengontrol temperatur, kemampuan beroperasi secara *continue*, keunggulan dalam persoalan perpindahan kalor, dan keunggulan dalam proses katalisis. Fluidisasi merupakan metode pengontakan butiran-butiran padat dengan fluida cair maupun gas dalam suatu bejana yang berisi sejumlah partikel padat dengan mengalirkan fluida dari bawah ke atas. Beberapa faktor yang mempengaruhi fluidisasi diantaranya, ukuran partikel, densitas dan geometri, ukuran dan geometri bejana, sistem distribusi gas, dan kecepatan gas.

Ukuran partikel bahan bakar akan berpengaruh terhadap kinerja dari reaktor tipe *fluidized bed*. Penelitian Aklis (2013), menunjukkan bahwa ukuran partikel dan jumlah lubang pada distributor udara berpengaruh terhadap diameter equivalen gelembung dimana semakin sedikit jumlah lubang cenderung menghasilkan ukuran gelembung lebih besar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh ukuran bahan bakar terhadap kinerja dari reaktor tipe *fluidized bed*, kecepatan minimum fluidisasi, temperatur reaktor, lama reaksi, waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter, dan jumlah kalor gas hasil gasifikasi.

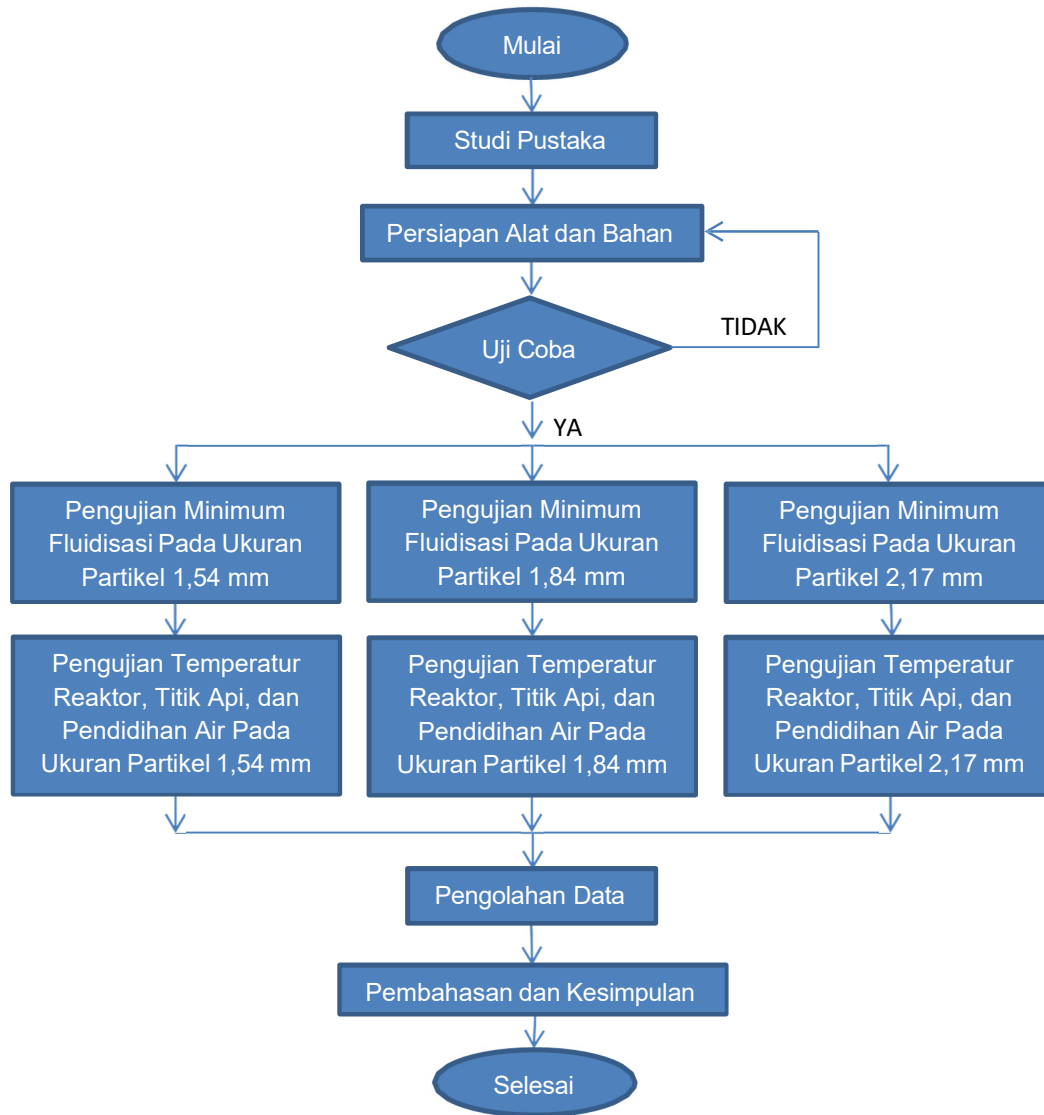
2. METODE

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mencari referensi atau studi pustaka tentang gasifikasi biomassa terutama pada reaktor tipe *fluidized bed gasifier*. Kemudian proses selanjutnya adalah mempersiapkan alat dan bahan. Untuk bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir silika dengan ukuran partikel 0,54 mm, sekam padi dengan 3 variasi ukuran partikel yaitu ukuran partikel 1,54 mm, ukuran partikel 1,84 mm, dan ukuran partikel 2,17 mm, serta kapur.

Setelah mendapatkan ukuran partikel dari proses pengayakan kemudian dilanjutkan dengan uji coba alat dengan menggunakan reaktor *fluidized bed gasifier*. Apabila reaktor dapat bekerja dengan baik maka dapat dilanjutkan untuk proses penelitian, tetapi apabila reaktor tidak dapat bekerja dengan baik maka akan dilakukan pengecekan alat untuk memperbaiki kekurangan pada reaktor *fluidized bed gasifier*.

Percobaan dimulai dengan memasukkan pasir silika, kapur dan sekam padi 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 sekam padi 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 1,84 mm, dan ukuran partikel 2,17 mm. Setelah data diperoleh dari percobaan tersebut dilakukan analisa dan menarik kesimpulan dengan diiringi dalam pembuatan laporan.

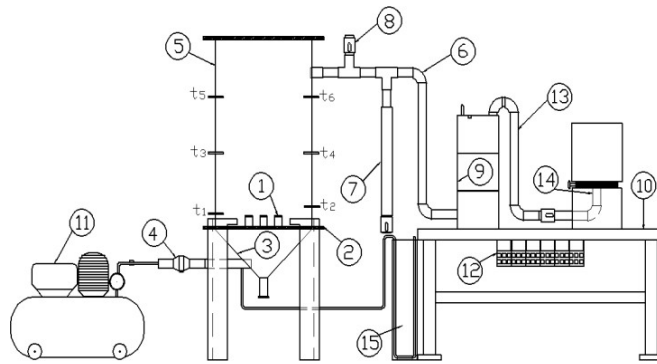


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Keterangan :

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| 1. Nozel Udara | 9. Tabung Filter |
| 2. Bed | 10. Meja |
| 3. Plenum | 11. Kompresor |
| 4. Anemometer | 12. Thermo Reader |
| 5. Reaktor <i>Fluidized Bed</i> | 13. Pipa Sambungan |
| 6. Pipa Sambungan | 14. Kompor |
| 7. Pipa Saluran Tar | 15. Manometer U |
| 8. Kran | |



Gambar 2. Instalasi Alat Gasifikasi Dengan Reaktor Tipe *Fluidized Bed*

Untuk alat pelengkap yang digunakan pada penelitian ini diantaranya timbangan, stopwatch, thermometer, dan gelas ukur. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya sekam padi yang di ayak dengan susunan mesh 8, mesh 10, mesh 12, dan mesh 14. 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 sekam padi, 10 kg pasir silika, dan 1 kg kapur.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Kecepatan Minimum Fluidisasi

Dari tabel di bawah dapat diketahui bahwa pada pengujian menggunakan variasi sekam padi ukuran 1,54 mm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3 m/s. Untuk pengujian dengan variasi sekam padi ukuran 1,84 mm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3,2 m/s. Sedangkan untuk pengujian dengan variasi sekam padi ukuran 2,17 mm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3,4 m/s. Kecepatan yang digunakan untuk pengujian adalah 4 m/s karena proses fluidisasi terjadi di atas kecepatan minimum.

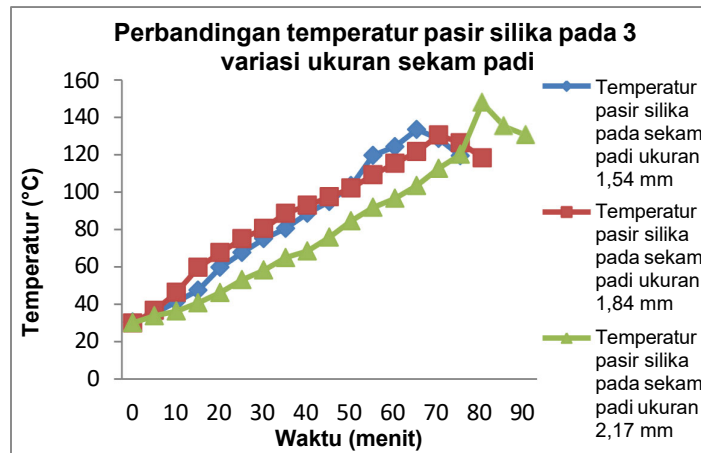
$$U_{mf} = \mu \sqrt{\rho_f \cdot d [(1135,7 + 0,0408 Ar)^{0,5} - 33,7]} \quad (1)$$

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

Tabel 1. Tabel Kecepatan Minimum Fluidisasi Pada Ketiga Variasi Ukuran Sekam Padi

Ukuran Partikel (mm)	Kecepatan (m/s)
1,54 mm	3 m/s
1,84 mm	3,2 m/s
2,17 mm	3,4 m/s

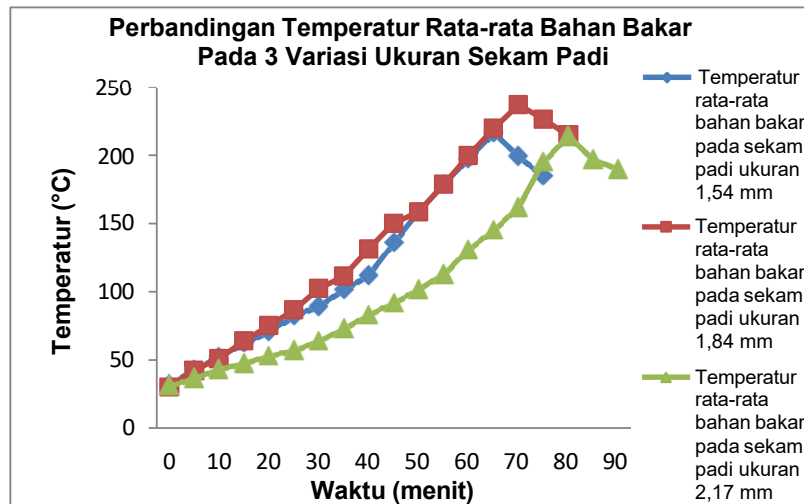
1.2 Perbandingan Temperatur Pasir Silika



Gambar 3. Grafik perbandingan temperatur pasir silika pada tiga variasi ukuran sekam padi

Gambar 3. menunjukkan profil pengukuran temperatur pasir silika pada tiga variasi ukuran sekam padi, diantaranya ukuran 1,54 mm, ukuran 1,84 mm, dan ukuran 2,17 mm. Distribusi temperatur pasir silika pada variasi sekam padi ukuran 1,54 mm dan 1,84 mm cenderung sama, sedangkan pada variasi sekam padi ukuran 2,17 mm distribusi temperaturnya cenderung lebih rendah. Perbedaan yang terlihat pada ketiga variasi ukuran sekam padi adalah lama waktu proses pembakarannya.

1.3 Perbandingan Temperatur Rata-rata Bahan Bakar

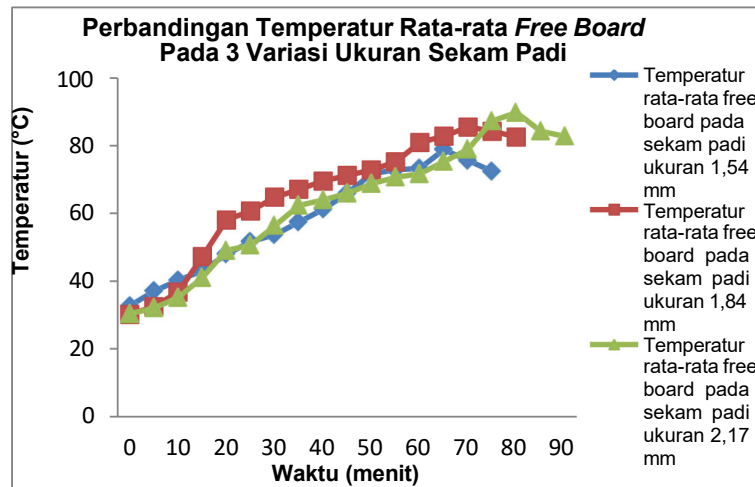


Gambar 4. Grafik perbandingan temperatur rata-rata bahan bakar pada tiga variasi ukuran sekam padi

Gambar 4. menunjukkan profil pengukuran temperatur rata-rata bahan bakar pada tiga variasi ukuran sekam padi, diantaranya ukuran 1,54 mm, ukuran 1,84 mm, dan ukuran 2,17 mm. Distribusi temperatur rata-rata bahan bakar pada variasi sekam padi ukuran 1,54 mm dan 1,84 mm cenderung sama, sedangkan pada variasi sekam padi ukuran 2,17 mm distribusi temperaturnya cenderung lebih rendah. Perbedaan yang terlihat pada ketiga variasi ukuran sekam padi adalah lama waktu proses pembakarannya.

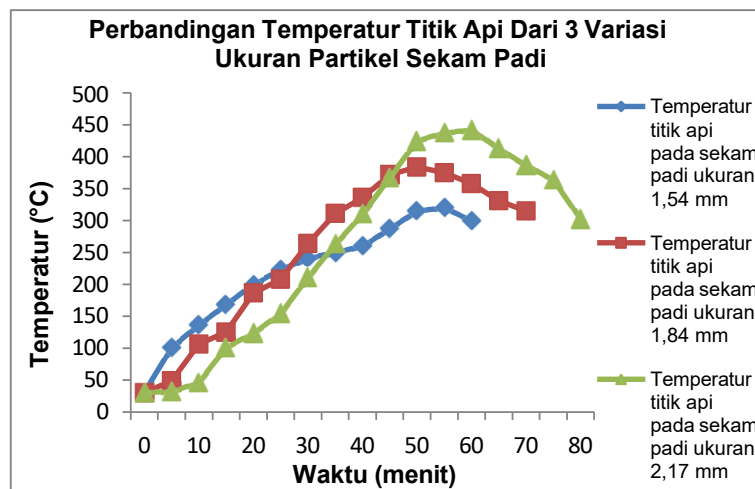
1.4 Perbandingan Temperatur Rata-rata *Free Board*

Gambar 5. menunjukkan profil pengukuran temperatur rata-rata *free board* pada tiga variasi ukuran sekam padi, diantaranya ukuran 1,54 mm, ukuran 1,84 mm, dan ukuran 2,17 mm. Distribusi temperatur *free board* pada variasi sekam padi ukuran 1,54 mm dan 2,17 mm cenderung sama, sedangkan pada variasi ukuran sekam padi ukuran 1,84 mm distribusi temperaturnya cenderung lebih tinggi. Perbedaan yang terlihat pada ketiga variasi ukuran sekam padi adalah lama waktu proses pembakarannya.



Gambar 5. Perbandingan temperatur rata-rata *free board* pada tiga variasi ukuran sekam padi

1.5 Perbandingan Lama Reaksi

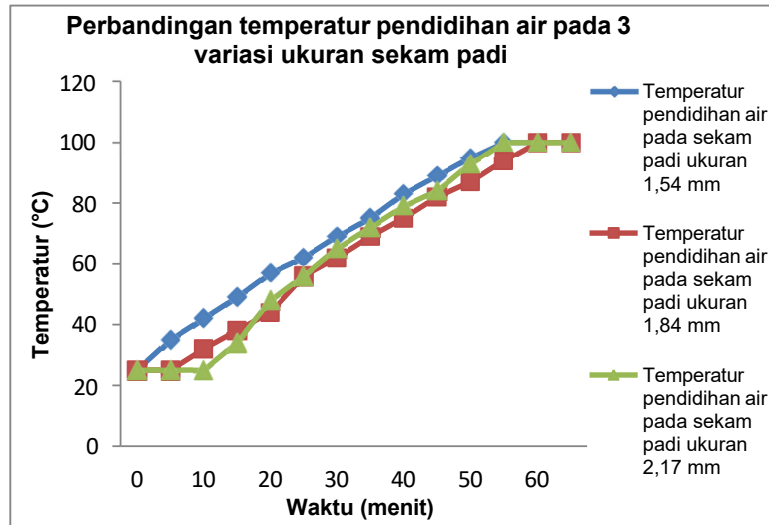


Gambar 6. Grafik perbandingan temperatur titik api pada tiga variasi ukuran sekam padi

Gambar 6. menunjukkan perbandingan temperatur titik api pada 3 variasi ukuran sekam padi. Perbandingan lama reaksi dapat dilihat dari grafik temperatur titik api melalui kompor yang dinyalakan. Pada sekam padi ukuran 1,54 mm lama reaksi dari menit ke-5 sampai menit ke-60. Jadi pada sekam padi ukuran 1,54 mm lama reaksi selama 55 menit dari pembakaran 5 kg sekam padi dan temperatur tertinggi pada menit ke 55 sebesar 320 (°C). Pada sekam padi ukuran 1,84 mm lama reaksi yaitu dari menit ke-10 sampai menit ke-70. Jadi pada sekam padi ukuran 1,84 mm lama reaksi selama 60 menit dari pembakaran 5 kg sekam padi dan temperatur tertinggi pada menit ke 50 sebesar 384 (°C). Sedangkan pada sekam padi ukuran 2,17 mm

lama reaksi yaitu dari menit ke-15 sampai menit ke-80. Jadi pada sekam padi ukuran 2,17 mm lama reaksi selama 65 menit dari pembakaran 5 kg sekam padi dan temperatur tertinggi pada menit ke 60 sebesar 442 (°C). Distribusi temperatur titik api pada ketiga variasi ukuran sekam padi cenderung berbeda, begitu pula dengan waktu nyala efektifnya.

1.6 Perhitungan Kalor Gas Hasil Gasifikasi



Gambar 7. Grafik perbandingan temperatur pendidihan air pada tiga variasi ukuran sekam padi

Gambar 7. menunjukkan perbandingan temperatur pendidihan air pada 3 variasi ukuran sekam padi, yaitu pada ukuran 1,54 mm, 1,84 mm, dan 2,17 mm. Perhitungan kalor gas hasil gasifikasi dapat dilihat dari grafik perbandingan temperatur pendidihan air. Dari grafik tersebut dapat dilihat temperatur mula-mula air pada 3 variasi ukuran sekam padi adalah 25 (°C). Waktu tercepat yang dibutuhkan untuk memanaskan air sebanyak 2 liter mencapai temperatur 100 (°C) adalah 40 menit, yaitu pada variasi sekam padi ukuran 2,17 mm.

Tabel 2. Tabel perhitungan kalor sensibel air

Ukuran Sekam Padi (mm)	Qs (kJ)
1,54	628,733
1,84	628,757
2,17	628,797

Tabel 3. Tabel perhitungan kalor laten air

Ukuran Sekam Padi (mm)	m _{uap} rata-rata (kg)	Enthalpy h _{fg} (kJ/kg)	Kalor Laten Air Q _L (kJ)
1,54	0,550	2257	1241,35
1,84	0,440		993,08

2,17	0,410		925,37
------	-------	--	--------

Tabel 4. Tabel perhitungan jumlah kalor sensibel dan kalor laten

Ukuran Sekam Padi (mm)	Kalor Sensibel Air (Q_s)	Kalor Laten Air (Q_L)	Jumlah Kalor (Q_T)
1,54	628,733 kJ	1241,35 kJ	1870,083 kJ
1,84	628,757 kJ	993,08 kJ	1621,837 kJ
2,17	628,797 kJ	925,37 kJ	1554,167 kJ

Dari tabel perhitungan kalor di atas dapat dilihat bahwa yang memiliki kalor sensibel tertinggi adalah sekam padi ukuran 2,17 mm dengan kalor sensibel sebesar 628,797 kJ. Sedangkan yang memiliki kalor laten tertinggi adalah pada sekam padi ukuran 1,54 mm dengan kalor laten sebesar 1241,35 kJ. Dan yang memiliki jumlah kalor tertinggi adalah pada sekam padi ukuran 1,54 mm dengan kalor sebesar 1870,083 kJ.

2. PENUTUP

2.1 Kesimpulan

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

1. Pengaruh variasi ukuran bahan bakar terhadap kecepatan minimum fluidisasi adalah semakin besar ukuran partikel maka semakin besar pula kecepatan minimum fluidisasinya.
2. Temperatur rata-rata reaktor tertinggi pada penelitian ini sebesar 237 (°C) yaitu pada pengujian dengan menggunakan variasi sekam padi ukuran 1,84 mm.
3. Lama reaksi tercepat yaitu 55 menit pada pengujian menggunakan variasi sekam padi ukuran 1,54 mm.
4. Waktu tercepat yang dibutuhkan untuk mendidihkan air sebanyak 2 liter yaitu 40 menit pada pengujian menggunakan variasi sekam padi ukuran 2,17 mm.
5. Jumlah kalor gas hasil gasifikasi terbesar yaitu 1870,083 kJ yang dilakukan pada pengujian dengan menggunakan sekam padi ukuran 1,54 mm.

2.2 Saran

Saran dalam melakukan penelitian ini sebaiknya dilakukan uji kandungan gas untuk mengetahui kualitas gas dari hasil gasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aklis, N. 2013. *Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Lubang Distributor Udara Terhadap Karakteristik Gelembung Pada Bubbling Fluidized Bed Dengan Variasi Partikel Bed* (Tesis). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Aklis, N., 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.
- Widayati. 2010. *Fenomena Dan Kecepatan Minimum (U_{mf}) Fluidisasi*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Lailun Najib dan Sudjud Darsopusito. 2012. *Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu Dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) Dan Ukuran Biomassa*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- Basu, P. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. USA: Elsevier
- Kunii, D., and Levenspiel, O. 1969. *Fluidization Engineering*. New York: Wiley Carsky, M. 2011. *An Introduction To Fluidization*. University of Kwazulu-Natal. IFSA 2011.
- Yin, X.L., Wu, C.Z., Zheng, S.P. dan Chen, Y. 2002. *Design and operation of CFB gasification and power generation system for rice husk*. Journal of Biomass and Bioenergi. Vol 23 pp 181-187.