

PENGARUH UKURAN PARTIKEL *BED* TERHADAP SYNGAS YANG DIHASILKAN *BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER*

Nur Akli¹⁾, Wahyu Tri Cahyanto²⁾, Muhammad Akbar Riyadi³⁾, Ganet Rosyadi Sukarno⁴⁾

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: Nur.Akli@ums.ac.id

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: wahyoe.cahyantoe26@gmail.com

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: kabaririyadi@gmail.com

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: Ganet90@gmail.com

ABSTRACT

Fluidized bed gasification is alternative reactor that used to convert biomass into syngas. One of the factor that can increase the performance of fluidized bed process is the size of particle. The aims of the research was to determine the effect of bed particle size on the performance of bubbling fluidized bed reactor. This study used silica sand size of 360 μm , 460 μm , 550 μm . The experiments were performed on a gasification reactor with a diameter of 464.38 mm and 1368.5 mm. The gas produced is used to light the stove used to boil water and then flame temperature and the temperature of water are measured as an indicator of reactor performance. The results showed a variation of 360 μm silica sand temperature combustion obtained the highest average for 307,5°C, time effective flame for 90 minutes, time to boil the water for 22 minutes and the thermal efficiency of reactor of 9.81%. Variations size of 460 μm particle bed temperature combustion obtained the highest average at 135°C, effective flame time for 110 minutes, time to boil water for 52 minutes and the reactor thermal efficiency of 11.04%. Variations size of 550 μm silica sand temperature combustion obtained the highest average for 169,5°C, time effective flame for 112 minutes, time to boil water for 40 minutes and the reactor thermal efficiency of 9.68%.

Keywords: *Size of Bed Particle, Bubbling Fluidized Bed, Gasifier*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara tropis yang mempunyai potensi akan Biomassa yang sangat besar salah satunya adalah sekam padi. Sekam padi sangat mudah di dapat dan dalam pemanfaatannya sebagai sumber energi kebanyakan sekam padi hanya dibakar langsung yang menghasilkan kalor. Proses ini tidak praktis dan menghasilkan polusi yang berlebih. Cara untuk pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi yang pembakaran lebih praktis dan lebih bersih adalah dengan mengkonversi biomassa menjadi gas yang dapat dilakukan dalam reaktor gasifikasi. Salah satu reaktor gasifikasi yang potensial untuk dikembangkan adalah reaktor jenis *fluidized bed*. *Fluidized bed* adalah teknologi kontak yang berdasarkan proses fluidisasi, dimana

benda padat halus (partikel) diubah menjadi fase yang berkelakuan seperti fluida cair melalui kontak dengan gas atau cairan [1]. Fenomena ini terjadi pada media yang disebut dengan *fluidized bed*, dimana *fluidized bed* merupakan suatu bejana yang berisi partikel padat yang dialiri fluida dari bawah bejana. Secara prinsip ada 4 aspek keunggulan yang dimiliki oleh *fluidized bed* jika dibanding dengan teknologi kontak yang lainnya yaitu; (a) pada aspek kemampuan untuk mengontrol temperature, (b) kemampuan beroperasi secara kontinu, (c) keunggulan dalam persoalan dalam persoalan perpindahan panas, dan (d) keunggulan dalam proses katalis [2].

Fluidisasi terjadi di dalam *regime* yang berbeda, tergantung dari beberapa faktor seperti ukuran partikel, densitas dan geometri, ukuran dan

geometri bejana, sistem distribusi gas dan kecepatan gas. *Regime* yang umum adalah *bubbling*. *Void* terbentuk di butiran bed dan bergerak dengan cepat. Gerakan gelembung tersebut akan membawa partikel ikut bergerak ke atas yang kemudian akan membentuk pola sirkulasi partikel dalam skala besar [3]. Geldart dalam studinya menunjukkan bahwa performa dari *fluidized bed* gas-padat sangat dipengaruhi oleh karakteristik partikel yang digunakan sebagai medium padat seperti densitas, ukuran partikel, kehalusan, bentuk dan kohesivitas partikel [4].

Aplikasi fluidisasi untuk reaktor gasifikasi penghasil syngas sudah dibuat oleh beberapa peneliti. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Akli dan kawan-kawan yang telah menguji reaktor *bubbling fluidized bed* dengan menggunakan bahan bakar biomassa sekam padi dan campuran serbuk gergaji kayu sengon dan kayu jati yang dicampur dengan sekam padi dimana bahan bakar sekam padi ternyata mampu menghasilkan efisiensi thermal yang lebih baik jika dibandingkan dengan bahan bakar campuran [5]. Dalam penelitian tersebut ukuran partikel bed yang digunakan belum didefinisikan sedangkan ukuran partikel akan berpengaruh terhadap karakteristik gelembung yang dihasilkan dalam proses fluidisasi dan pada akhirnya akan berpengaruh terhadap proses reaksi yang berlangsung. Dalam paper ini akan dibahas bagaimana pengaruh ukuran partikel terhadap kinerja reaktor *fluidized bed gasifier*.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagaimana gambar 1. Tahapan penelitian meliputi

- a) Persiapan survei alat dan bahan
- b) Perencanaan desain alat

Dalam tahapan perencanaan desain alat ini berisi tentang sistem dan desain yang akan dibuat pada reaktor *fluidized bed* yaitu :

Reaktor fluidisasi dibuat dari pipa bekas. ukuran 16 inci memiliki tinggi kolom 910

mm pada bagian atasnya diberi tutup reaktor untuk menghindari kebocoran.

Pada bagian bawah reaktor gasifikasi fluidisasi dibagi menjadi beberapa bagian : 1. Bagian plenum yang digunakan untuk memanaskan pasir silica. 2. Bagian saluran udara masuk dipasang anemometer yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara dari kompresor menuju ruang bakar serta pada bagian ini dibuat lubang untuk manometer yang digunakan untuk mengukur tekanan udara yang masuk reaktor.

Pada bagian tengah reaktor gasifikasi, fluidisasi dibagi menjadi beberapa bagian : 1. Bagian *bed* yang berfungsi sebagai wadah pasir silika serta saluran udara masuk saat proses fluidisasi. 2. Bagian ruang bakar yang digunakan untuk membakar bahan bakar dan tempat terjadinya proses gasifikasi secara fluidisasi.

Pada bagian paling atas terdapat penutup reaktor dan saluran keluar gas hasil pembakaran . Pada bagian saluran keluar terdapat 2 pipa yang digunakan untuk mengeluarkan asap putih jika pembakaran selesai serta mengeluarkan asap cair (*liquid smoke*).

c) Pembuatan alat

d) Persiapan Alat dan bahan

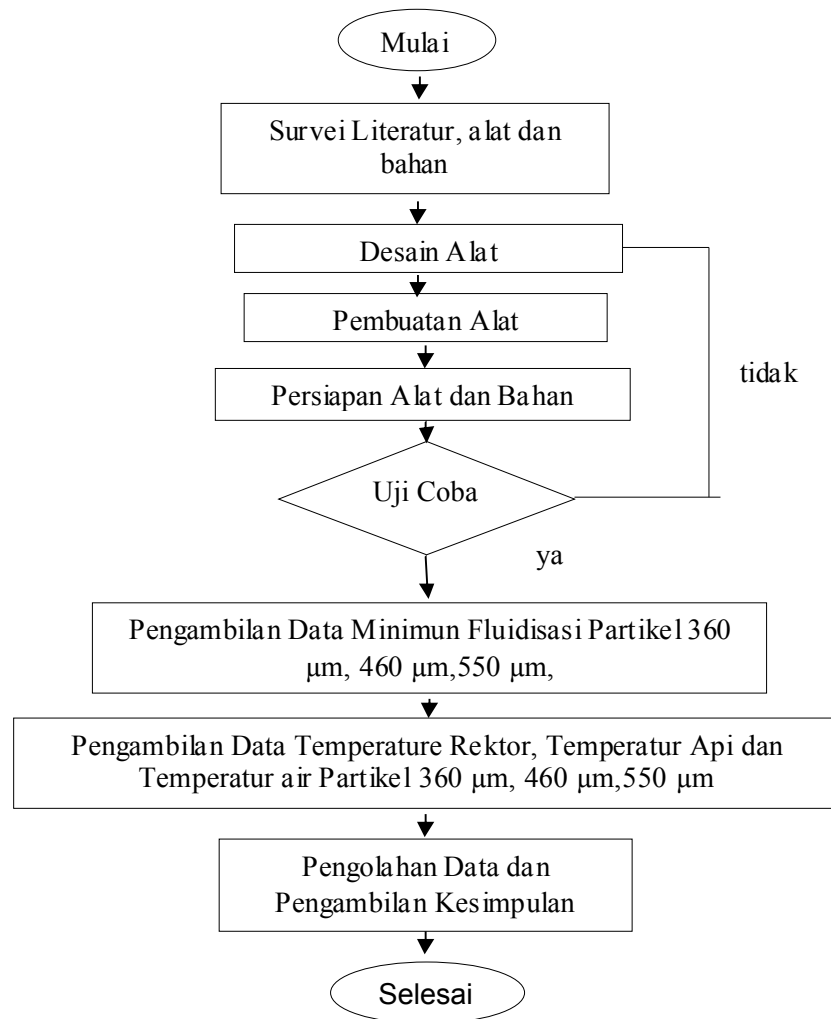
Alat dan bahan yang dipakai dipersiapkan dan dalam hal ini juga dilakukan persiapan partikel yang digunakan untuk pengambilan data. Metode yang digunakan untuk mengukur partikel digunakan metode ayakan.

e) Uji coba reaktor

Pengujian reaktor *fluidized bed* ini dilakukan setelah selesai dibuat dan dioperasikan untuk melihat apakah reaktor bisa beroperasi atau tidak. Parameter reaktor bisa beroperasi atau tidak diketahui dari apakah kompor yang digunakan untuk menguji hasil gas metan dapat menyala dengan stabil.

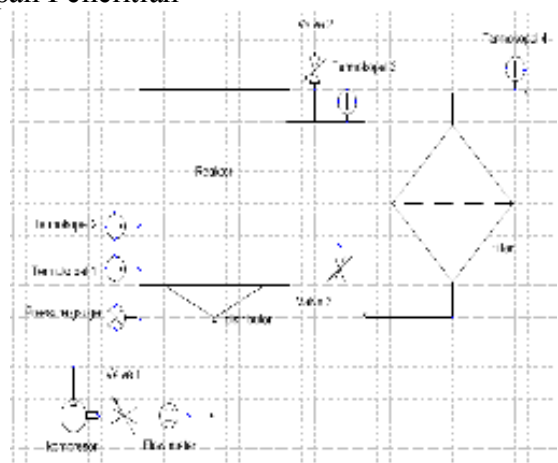
f) Pengambilan data minimum fluidisasi

Pengambilan data minimum fluidisasi digunakan untuk menentukan nilai minimum fluidisasi reaktor. Udara dari kompresor dialirkan dari kecepatan rendah, perbedaan tekanan pada manometer dicatat, kemudian kecepatan ditambah sampai tekanan yang terbaca di manometer tidak berubah saat kecepatan dinaikkan.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

- g) Pengambilan Data Temperature Reaktor, Temperatur Api dan Temperatur air Partikel 360 μm, 460 μm, 550 μm.
- h) Pengolahan Data dan penarikan kesimpulan Data Minimum fluidisasi di olah dari perubahan perbedaan tekanan yang dibaca oleh manometer terhadap kecepatan udara masuk, pengambilan data temperatur dilakukan untuk tiap waktu. Untuk temperatur reaktor diambil dari dua termokopel yang dipasang di dalam reaktor.



Gambar 2. Instalasi Pengujian

Instalasi Pengujian

Gambar 2 menunjukkan instalasi pengujian yang digunakan

Pengujian yang dilakukan menggunakan komponen utama reaktor dengan spesifikasi
 Tinggi reaktor : 1368,5 mm
 Massa kosong : 80 kg
 Tinggi ruang bakar : 898.50mm
 Tinggi kaki-kaki reactor : 674.67 mm
 Diameter reaktor : 464.38 mm
 Diameter lubang gas keluar : 50 mm
 Reaktor dilengkapi dengan plenum dan distributor udara jenis nosel sebagaimana



Instalasi tersebut terdiri dari beberapa alat yaitu

- Kompresor
- Katup pengatur udara
- Flow meter
- Pressure gauge
- Termokopel
- Filter
- Kompresor Penguji Hasil Gas

Detail alat dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Detail Alat Uji
Metode dan Langkah Pengambilan Data

A. Metode pengujian yang dilakukan adalah pengujian secara eksperimen dengan

membandingkan kinerja reaktor dengan ukuran partikel yang berbeda

Langkah Pengambilan data dilakukan sebagai berikut:

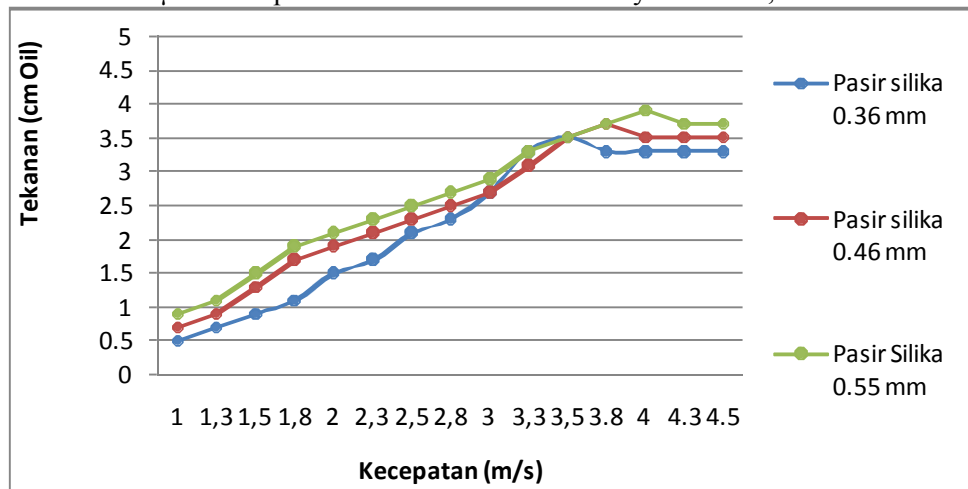
- Periksa kelengkapan alat dan bahan yang akan digunakan.
- Menakar kebutuhan bahan bakar penelitian 5 kg untuk sekam padi.
- Memasang 2 titik termokopel reader pada dinding reaktor gasifier.
- Memasukkan pasir silika ukuran 360 μm sebanyak 10 kg. Sebagai *bed* untuk pemerataan panas dan terjadinya fluidisasi.
- Mengambil data minimum fluidisasi dengan menghidupkan kompresor dan mengatur kecepatan udara mulai dari kecepatan 1 m/s, 1,3 m/s dan seterusnya. Pengujian dilakukan 3 kali.
- Membuat api untuk menaikkan temperatur pasir silika pada temperatur 27 °C - 65 °C apabila suhu pasir dalam reaktor terpenuhi untuk proses pembakaran langkah selanjutnya masukkan bahan bakar.
- Tutup rapat tabung reaktor gasifier kemudian membuka kran/valve untuk mengurangi tekanan didalam reaktor.
- Mencatat waktu ketika bahan bakar dimasukkan kedalam reaktor sampai gas yang dihasilkan tidak dapat dinyalakan.
- Mengambil data kenaikan temperatur pada reaktor, temperatur gas, titik api, lama nyala efektif, dan distribusi temperatur air setiap 2 menit.
- Mendidihkan air sebanyak 2 liter.
- Melakukan langkah yang sama untuk dengan bahan bakar berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

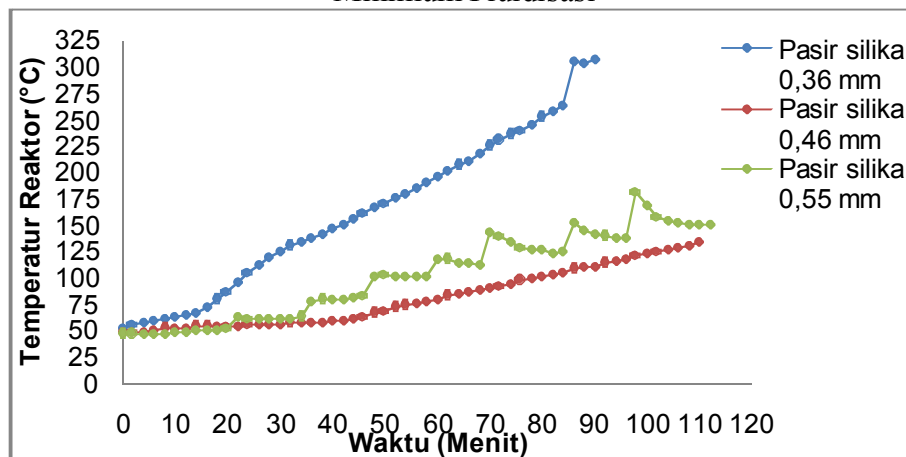
Kecepatan Minimum Fluidisasi

Gambar 5 menunjukkan minimum fluidisasi. Dari gambar dapat diketahui bahwa pada percobaan menggunakan pasir silika ukuran 360 μm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3,3 m/s, untuk percobaan menggunakan pasir silika ukuran 460 μm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3,5 m/s dan untuk percobaan menggunakan pasir

silika ukuran 550 μm kecepatan minimum fluidisasinya adalah 3,8 m/s.



Gambar 5 Karakteristik Tekanan Bed dan Perubahan Tekanan untuk Pengujian Kecepatan Minimum Fluidisasi



Gambar 6 Hasil Temperatur Rata-Rata Reaktor

Temperatur Reaktor

Temperatur rata-rata reaktor pada variasi partikel dapat dilihat pada gambar 6. Pengambilan data dilakukan pada kecepatan udara 4 m/s. Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa pada pasir silika ukuran 360 μm temperature rata-rata awalnya 53,5 $^{\circ}\text{C}$ dan temperature rata-rata tertingginya 307,5 $^{\circ}\text{C}$ pada menit ke 90. Temperature rata-rata dalam reaktor naik secara konstan tidak mengalami kenaikan yang signifikan, tetapi pada menit ke 84 terjadi kenaikan temperature yang signifikan yaitu dari temperature 263,5 $^{\circ}\text{C}$ menjadi temperature 306,5 $^{\circ}\text{C}$. Pada pasir silika ukuran 460 μm temperature rata-rata awalnya 50 $^{\circ}\text{C}$ dan temperature rata-rata tertinggi 135 $^{\circ}\text{C}$ pada menit ke 110, pada ukuran ini temperature rata-rata dalam reaktort cenderung konstan tidak

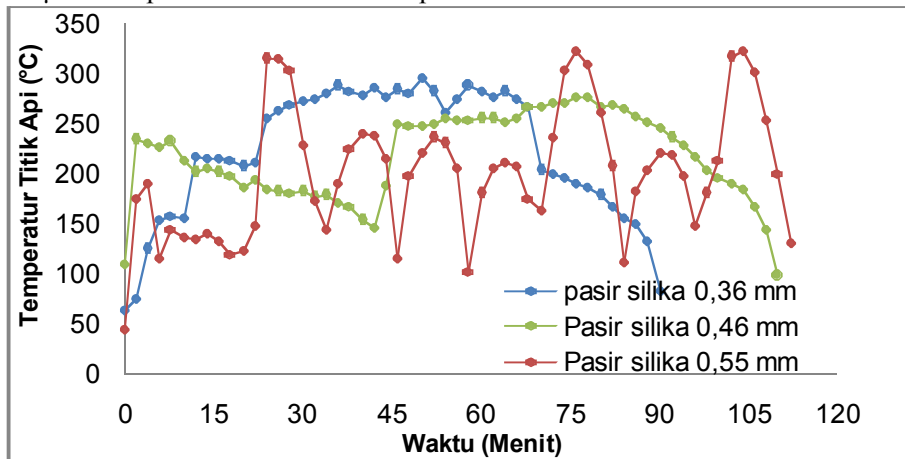
mengalami kenaikan temperature secara signifikan yaitu berkisar antara 2 $^{\circ}\text{C}$ sampai 5 $^{\circ}\text{C}$. Pada pasir silika ukuran 550 μm temperature rata-rata awalnya 46,5 $^{\circ}\text{C}$ dan temperature rata-rata tertingginya 169,5 $^{\circ}\text{C}$. Temperature rata-rata pada pasir silika ini ukuran ini cenderung tidak stabil dengan kenaikan penurunan temperature berkisar dari 0,5 $^{\circ}\text{C}$ sampai 11,5 $^{\circ}\text{C}$.

Temperatur Nyala Api

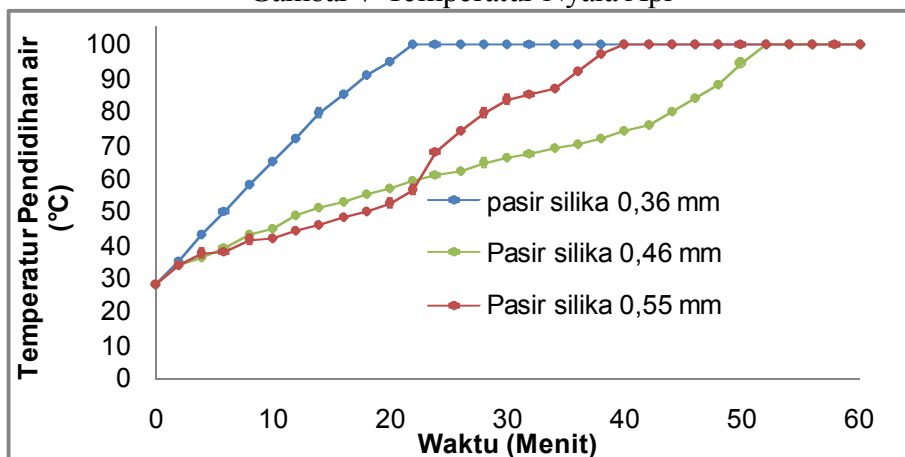
Temperatur nyala api pada proses pengujian 3 variasi partikel bed dapat dilihat pada gambar 7. Pada pasir silika ukuran 360 μm temperature awal titik api sebesar 64 $^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperature tertingginya sebesar 296 $^{\circ}\text{C}$ pada menit ke 50. Pada ukuran ini memiliki nyala api selama 90 menit dari pembakaran 5kg sekam padi. Pada pasir silika ukuran 460 μm temperature awal titik api sebesar 110 $^{\circ}\text{C}$,

sedangkan temperature tertinggi titik api sebesar 278°C pada menit ke 78. Pada ukuran ini memiliki nyala api selama 110 menit dari pembakaran 5kg sekam padi. Pada pasir silika ukuran 550 μm temperature awal titik api

sebesar 110°C, sedangkan temperature tertinggi titik api sebesar 324°C pada menit ke 76 dan ke 104. Pada ukuran ini memiliki nyala api selama 112 menit dari pembakaran 5kg sekampadi.



Gambar 7 Temperatur Nyala Api



Gambar 8 Temperatur Pendidihan Air

Temperatur Pendiidhan Air

Gambar 8 menunjukkan hasil temperatur pendidihan air. Dari gambar dapat diketahui bahwa temperature mula – mula pada air dengan partikel bed ukuran 360 μm sebelum dipanaskan adalah 28°C, Kemudian dipanaskan mencapai titik didih air yaitu 100°C. Waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air sebanyak 2 liter sampai temperature 100°C adalah 22 menit. Pada percobaan ini volume air setelah dipanaskan adalah sebesar 1580 ml.

Pada partikel pasir silika ukuran 460 μm . diketahui bahwa temperature mula – mula pada air sebelum dipanaskan adalah 28°C, Kemudian dipanaskan mencapai titik didih air yaitu 100°C. Waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air sebanyak 2 liter mencapai temperature 100°C adalah 52 menit. Pada percobaan ini volume air setelah dipanaskan adalah sebesar 1460 ml.

Pada partikel pasir silika ukuran 550 μm . dihasilkan data bahwa temperature mula – mula pada air sebelum dipanaskan adalah 28°C, Kemudian dipanaskan mencapai titik didih air yaitu 100°C. Waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air sebanyak 2 liter mencapai temperature 100°C adalah 40 menit. Pada percobaan ini volume air setelah dipanaskan adalah sebesar 1560 ml.

Efisiensi Thermal Reaktor

Efisiensi thermal reaktor dihitung dari kalor yang digunakan untuk mendidihkan air dan kalor yang digunakan untuk menguapkan air. Untuk mendidihkan air kalor dihitung dengan melihat grafik kenaikan temperatur air sebagaimana dalam gambar 8, sedangkan untuk menghitung kalor penguapan selisih massa air sebelum dan setelah didinginkan diasumsikan sebagai massa air yang menguap. Nilai yang di dapat dibandingkan dengan kalor total yang dikandung bahan bakar yang dimasukkan

ke reaktor. Dari perhitungan di dapat nilai sebagaimana dalam tabel 1.

Tabel 5. Tabel efisiensi thermal reaktor

Ukuran Pasir (μm)	η_{th} (%)
360	9,81 %
460	11,04%
550	9,68 %

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan data hasil pengujian pengaruh ukuran partikel pasir silika terhadap kerja *reaktor bubble fluidized bed gasifier* didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Ukuran partikel berpengaruh terhadap Kecepatan minimum fluidisasi dimana semakin besar ukuran partikel bed menyebabkan kecepatan minimum fluidisasi naik.
2. Ukuran partikel juga mempengaruhi karakteristik temperatur reaktor dan partikel bed dimana ukuran 360 μm menghasilkan temperatur lebih tinggi jika dibandingkan dengan ukuran 460 μm dan 550 μm .
3. Waktu pendidihan air pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh ukuran partikel bed. Waktu tercepat diperoleh oleh partikel ukuran 360 μm dengan lama 22 menit.
4. Ukuran partikel juga berpengaruh terhadap efisiensi thermal partikel. Dari perhitungan yang dilakukan partikel yang menghasilkan efisiensi thermal terbaik adalah partikel ukuran 460 μm sebesar 11,04 %.

5. REFERENSI

- Kunii, D. and Levenspiel, O. 1969. Fluidization Engineering. Edisi 1, John Wiley and Sons Inc. New York.
- Zenz, F.A. and Othmer F.D. 1960. Fluidization and Fluid Particle Systems. Reinhold Publishing Corporation. New York.

- Oka, S. N. and Anthony, J. A. 2004. Fluidized Bed Combustion. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Wu, W., 2008, Experimental Study of Bubbling Fluidized Bed, Master Thesis, Faculty of Technology, Telemark University College.
- 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.