

**NASKAH PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH**

**Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kerja  
Reaktor Bubble Fluidized Bed Gasifire**



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana S1  
Pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

**GANET ROSYADI SUKARNO**

**D 200 090 097**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
DESEMBER 2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah publikasi ini berjudul Pengaruh "Kecepatan Udara Terhadap Kerja Reaktor Bubble Fluidized Bed Gasifire" telah disetujui pembimbing dan disahkan Ketua Jurusan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 teknik mesin di Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Disusun oleh:

Nama : GANET ROSYADI SUKARNO

NIM : D 200 090 097

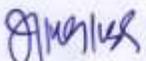
Disetujui pada:

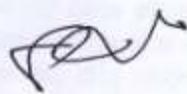
Hari : .....

Tanggal : .....

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

  
Nur Akli, ST.,M.Eng

  
Ir. Sartono Putro, MT

Mengetahui  
Ketua Jurusan

  
  
Tri Widodo Besar R.,ST.,M.Sc.,Ph.D.

## **Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kerja Reaktor Bubble Fluidized Bed Gasifire**

**Ganet Rosyadi S, Nur Aklis, Sartono Putro**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura  
Email : Ganet\_rosyadi@yahoo.com

### **ABSTRAKSI**

*Biomassa sekam padi merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui dan cukup potensial di Indonesia. Melalui teknologi reaktor bubble fluidized bed gasifire, sekam padi dibakar dengan oksigen terbatas untuk menghasilkan gas metan yang dapat langsung dibakar. Pengujian gasifikasi sekam padi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap temperatur pembakaran, nyala efektif dan efisiensi pembakaran.*

*Penelitian ini diawali dengan mengatur udara dari kompresor pada gasifier, kemudian udara tersebut divariasikan kecepatannya. Kecepatan udara yang digunakan adalah 3.5 m/s, 4 m/s dan 4.5 m/s, kemudian diukur temperatur pembakaran setiap 2 menit dengan 4 titik thermocouple yang terpasang.*

*Hasil penelitian menunjukkan variasi kecepatan udara sangat berpengaruh terhadap temperatur pembakaran, nyala efektif serta efisiensi tungku. Pada kecepatan udara 3.5 m/s menghasilkan temperature rata-rata pembakaran sebesar 162<sup>0</sup>C, nyala efektif selama 80 menit, dan efisiensi tungku sebesar 22,63%. Kecepatan udara 4 m/s temperatur pembakaran tertinggi sebesar 306<sup>0</sup>C, nyala efektif selama 90 menit dan efisiensi tungku sebesar 9,77%. Kecepatan 4,5 m/s temperatur pembakaran tertinggi sebesar 265<sup>0</sup>C, nyala efektif selama 126 menit dan efisiensi sebesar 7,04%.*

**Kata kunci: reaktor fluidized bed gasifire, sekam padi, kecepatan udara**

## **Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Kerja Reaktor Bubble Fluidized Bed Gasifire**

**Ganet Rosyadi S, Nur Aklis, Sartono Putro**

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol post I Pabelan, Kartasura

Email: Ganet\_rosyadi@yahoo.com

### **ABSTRACTION**

Rice husk biomass is a renewable energy source and potential in Indonesia. Through a fluidized bed reactor technology bubble gasifire, burnt rice husk with limited oxygen to produce methane gas that can be directly burned. Rice husk gasification testing aims to determine the effect of air velocity on the combustion temperature, effective flame and combustion efficiency.

This study begins by setting the air from the compressor to the gasifier, the air then varied the speed. Air speed used was 3.5 m / s, 4 m / s and 4.5 m / s, then measured the temperature of combustion every 2 minutes with 4 points thermocouple attached.

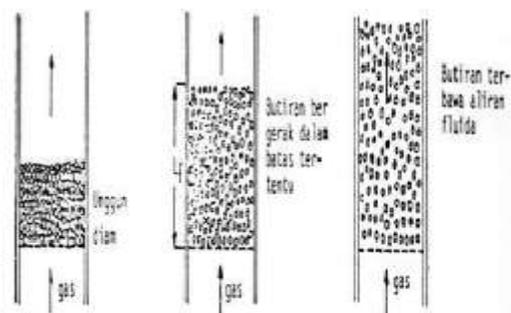
The results showed variations in airspeed affects the combustion temperature, effective flame and furnace efficiency. In the air velocity 3.5 m / s generates an average temperature of combustion at 1620C, effective flame for 80 minutes, and amounted to 22.63% efficiency furnace. Air velocity 4 m / s highest combustion temperature of 3060C, effective flame for 90 minutes and furnace efficiency by 9.77%. Speed of 4.5 m / s the highest combustion temperature of 2650C, effective flame for 126 minutes and an efficiency of 7.04%.

**Keywords: fluidized bed reactor gasifire, rice husks, airspeed**

## **A.PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Salah satu alat yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pembakaran limbah biomassa adalah dengan menggunakan alat gasifikasi, salah satunya adalah dengan reaktor gasifikasi fluidized bed gasifier. Proses ini berlangsung dalam suatu alat yang disebut reaktor gasifikasi fluidized bed gasifier. Reaksi heterogen antara gas dan padatan dalam reaktor gasifikasi disebut fluidisasi. Teknologi fluidisasi banyak diaplikasi di teknologi reaktor gasifikasi, salah satunya adalah reaktor bubble fluidized bed gasifier. Fluidisasi adalah proses dimana benda padat halus (partikel) diubah menjadi fase yang berkelakuan seperti fluida cair (Kunii dan Levenspiel 1969)



Gambar 1 Ilustrasi proses fluidisasi

Fluidized bed gasifier membuat bahan bakar padatan tertiuap ke atas karena tiupan udara dari blower yang ada di bawahnya. Teknologi ini dapat menjadi salah satu teknologi pembakaran limbah partikel atau padatan dalam jumlah relatif besar dan cepat. Teknologi fluidized bed gasifier ini juga lebih baik dibandingkan dengan teknologi pembakaran biomasa konvensional, karena laju pembakaran cukup tinggi dan juga dapat membakar limbah biomassa yang berkadar air tinggi.(dalam irvandi 2010)

### **Pembatasan Masalah**

Penelitian ini hanya

berkonsentrasi pada :

- Alat produksi gas metan dengan jenis reaktor bubble fluidized bed gasifier dengan diameter 464,38 mm, tinggi ruang bakar 898,50 mm dengan kapasitas 5 kg sekam padi.
- Massa bahan bakar sekam padi yang digunakan adalah 5 kg.
- Pasir yang digunakan adalah pasir silica berasal dari klaten.
- Udara yang dialirkan berasal dari kompresor.

- e. Uji efisiensi thermal menggunakan uji pendidihan air.
- f. Air yang dipanaskan sebanyak 2 liter.

### **Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan udara terhadap temperature gasifier dan temperature pembakaran reaktor bubble fluidized bed gasifier.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan udara terhadap waktu nyala efektif dan lama pendidihan air.
3. Untuk mengetahui kecepatan udara optimum dari ke 3 kecepatan

### **Tinjauan Pustaka**

Handoyo(2013),”Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Temperature Pembakaran Pada Tungku Gasifikasi Sekam Padi”. Pada penelitian ini diawali dengan memodifikasi saluran udara dari blower divariasikan kecepatannya. Kecepatan udara yang digunakan adalah 3,5 m/s, 4,0 m/s, dan 4,5m/s. Kemudian diukur temperature pembakaran dan

temperature pendidihan air tiap 3 menit.

Irvandi,P.A.D.(2010),”Studi Karakteristik Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan *Fluidized Bed Combustor Universitas Indonesia*”. Pada penelitian *Fluidized bed combustor UI* termasuk jenis *bubbling fluidized bed* (BFB) yang mana saat beroperasi kecepatan aliran udara tidak cukup tinggi untuk membawa partikel hamparan yaitu pasir untuk terbawa keluar dari reactor melewati riser menuju siklon.

Riza R (2011),”Studi Variasi Suplai Udara Blower Untuk Pencapaian Pembakaran Mandiri Pada Eksperimen Uji Bahan Bakar *Fluidized Bed Combustor*” Pada penelitian *Fluidized bed combustor UI* termasuk jenis *bubbling fluidized bed* (BFB). Pada penelitian ini digunakan 2 variasi suplai udara 0.085 m/s dan 0.093 m/s guna menganalisa mengenai perbedaan temperature kerja pada saat pemanasan menuju kondisi kerja reaktor gasifikasi.Nur Aklis(2013),”Studi Eksperimen

Karakteristik Gelembung Pada *Bubbling Fluidized Bed*". Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan instalasi fluidized bed 2 dimensi yang terbuat dari kaca dengan ukuran 260 x 35 x 800 mm. Distributor udara yang digunakan adalah tiga jenis distributor udara yang terdiri distributor tipe 1 (jumlah lubang 3), tipe 2 (jumlah lubang 5), dan distributor tipe 3 (jumlah lubang 7). Sedangkan partikel yang digunakan terdiri dari : partikel 100% pasir kuarsa, partikel campuran 75% pasir + 21,7% kokas + 33,% kapur, dan partikel campuran 80% pasir + 5% kokas +15% kapur

### ***B.Dasar Teori***

#### ***Pembakaran***

Pembakaran adalah reaksi kimia cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang disertai timbulnya panas atau kalor. Reaksi oksidasi membutuhkan oksigen dari udara bebas dengan komposisi oksigen 21% dan nitrogen 79%. Unsur terbanyak yang terkandung dalam dalam

bahan bakar adalah karbon, hydrogen dan sedikit sulfur.

Pembakaran sendiri di bedakan menjadi 2, Yaitu

1. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran dimana semua konstituen yang terbakar membentuk gas karbon dioksida, air dan sulfur sehingga tidak ada bahan yang tersisa.
2. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang menghasilkan karbon monoksida dimana salah satu penyebabnya adalah kurangnya oksigen

#### ***Biomassa***

Biomassa didefinisikan sebagai bagian dari tumbuhan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar padat atau diubah ke dalam bentuk cair atau gas untuk menghasilkan energi. Berbagai jenis biomassa dapat digunakan dalam proses gasifikasi, mulai dari kertas, kayu, sekam padi hingga bonggol jagung.

Energi biomassa adalah jenis bahan bakar yang cara pengolahannya dengan cara mengkonversi bahan biologis

seperti tanaman, kotoran hewan dan mikroorganisme

### **Gasifikasi**

Gasifikasi adalah konversi bahan bakar padat menjadi gas dengan oksigen yang terbatas serta menghasilkan gas yang bisa dibakar, seperti: CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> dan CO.

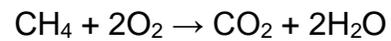
Jenis-jenis reaktor gasifikasi:

1. Gasifikasi aliran searah (*downdraft gasification*)
2. Gasifikasi aliran berlawanan (*updraft gasification*)
3. Crossdraft gasification
4. Reaktor Gasifikasi Tipe Fluidized Bed

### **Syngas**

adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH<sub>4</sub>. syngas murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. Sebagai komponen utama gas alam, methana adalah sumber bahan bakar utama. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen

murni akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> dan dua molekul H<sub>2</sub>O



### **Kalor**

Kalor adalah energi yang merambat atau berpindah karena ada perbedaan suhu atau temperatur. Kalor juga dapat didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Kalor bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Ketika suatu benda melepas panas ke sekitarnya dapat dituliskan  $Q < 0$ , sedangkan ketika benda menyerap panas dari sekitarnya dapat dituliskan

$$Q > 0$$

Kalor pada suhu 25 °C - 100 °C (kalor sensible air) dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = m C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

Q = kalor sensible air (KJ)

M = massa air mula-mula (Kg)

C<sub>p</sub> = kalor jenis air (4,200 KJ/Kg. °C)

$\Delta T = T_2 - T_1$  (perubahan suhu °C)

Kalor pada saat air mendidih (kalor laten air), dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = m_{uap} \cdot h_{fg} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

Q = kalor laten air (KJ)

$m_{uap}$  = massa uap (Kg)

$h_{fg}$  = enthalpi penguapan (KJ/Kg)

Massa uap air dapat dicari :

$$m_{uap} = m_a \cdot m_b \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$m_a$  = massa air mula-mula (Kg)

$m_b$  = massa air akhir (Kg)

Kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam padi dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = W_f \cdot LHV \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

Q = kalor biomassa (KJ)

$W_f$  = massa bahan bakar (Kg)

LHV = nilai kalor terendah bahan bakar (KJ/Kg)

Sehingga efisiensi thermal reaktor dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \frac{\text{Kalor yang terpakai}}{\text{Kalor yang dihasilkan bahan bakar}} \times 100\%$$

Dimana: Kalor yang terpakai = kalor sensible air + kalor laten air

**Pasir silica**

Pasir silica adalah salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak kontinen bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi (silikon dioksida, SiO<sub>2</sub>), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan densitas 2,65 g/cm<sup>3</sup>. Bentuk umum kuarsa adalah prisma segienam yang memiliki ujung piramida segienam. ( Sumber Wikipedia)

Dalam penelitian kali ini, ukuran pasir yang digunakan adalah 0,3 – 0,425 mm. maka proses ayakan (*sleving*) yang ayakan disusun dengan lubang ayakan besar diatas dan ayakan berlubang kecil dibawah secara berurutan. Dapat dicari ukuran diameter nominal pasir dengan menggunakan persamaan :

$$D_p = \sqrt{D_1 \times D_2}$$

Dimana :

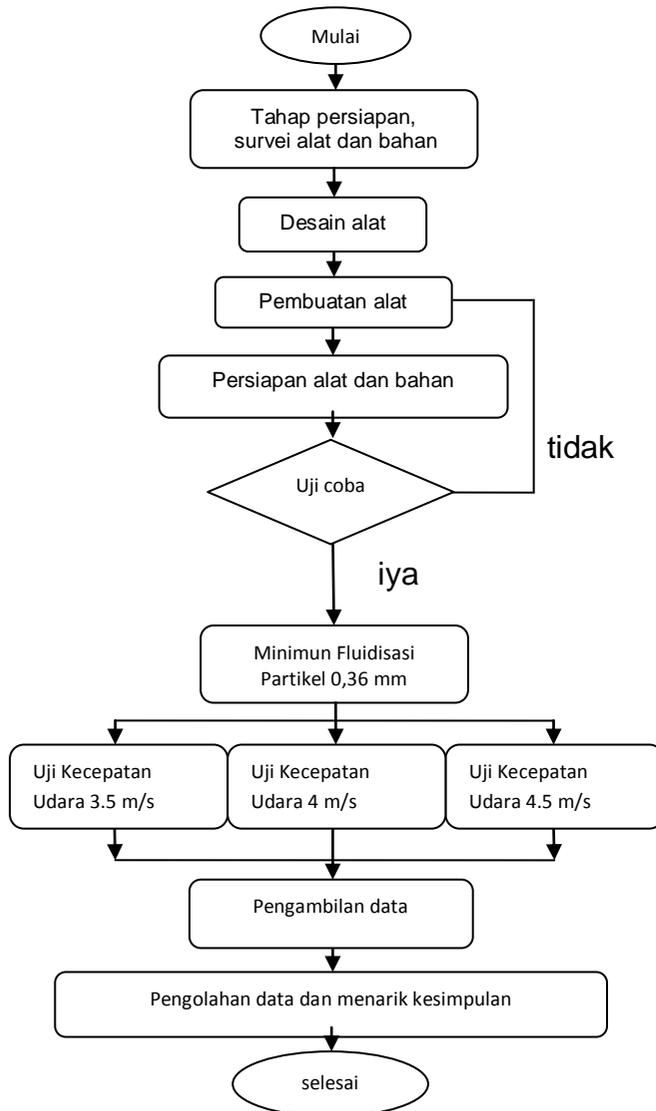
$D_p$  = Diameter nominal pasir silika

$D_1$  = Diameter mesh bawah

$D_2$  = Diameter mesh atas

### Diagram Alir Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

### Instalasi Pengujian



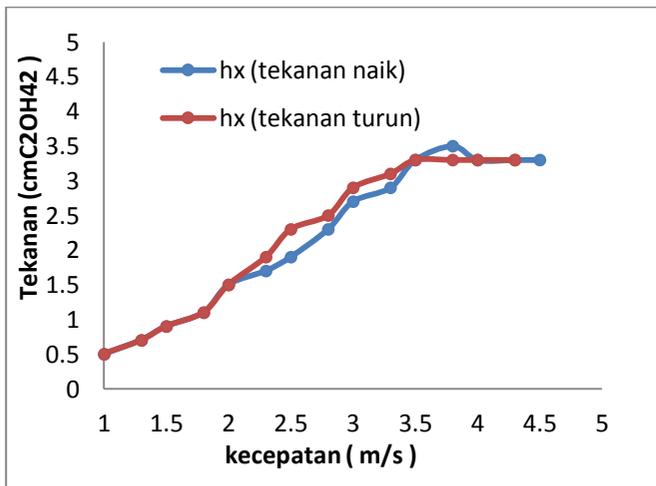
Gambar 3 Instalasi Pengujian

Gambar 3 menunjukkan system reaktor gasifikasi bubble fluidized bed gasifire untuk eksperimen. Instalasi pengujian terdiri dari :

- Kompresor
- Tangki filter
- Anemometer
- Kompor
- plenum
- Timbangan
- manometer
- Thermometer raksa
- Bed
- Stopwatch
- Reaktor
- Gelas ukur
- Tangki air

### C. Hasil Penelitian

#### Karakteristik kecepatan minimum fluidisasi pada pasir silica ukuran 0,36 mm

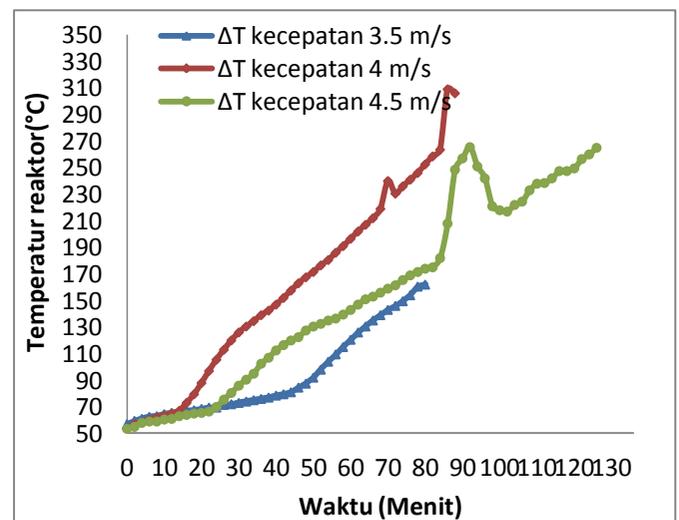


Gambar 4 karakteristik kecepatan minimum fluidisasi ukuran partikel 0.36 mm

Gambar 4.1 menunjukkan grafik karakteristik kecepatan minimum fluidisasi partikel 0.36 mm. Udara masuk bed dengan kecepatan 1 m/s dengan tekanan 0.5 cm/oil. Diketahui bahwa tekanan maksimum bed terjadi pada saat kecepatan udara masuk bed sebesar 3.6 m/s. Penambahan kecepatan akan menyebabkan tekanan bed turun dan cenderung konstan saat udara masuk bed sebesar 4.2 m/s. Dengan menarik garis horizontal yang menunjukkan tekanan bed konstan dan menarik garis vertical dari kecepatan udara

masuk bed sebesar 3.6 m/s. Dari garis perpotongan inilah yang menunjukkan kecepatan minimum fluidisasi sebesar 3.6 m/s.

#### Hasil dan pembahasan selisih temperature reaktor gasifikasi dengan 3 variasi kecepatan udara.

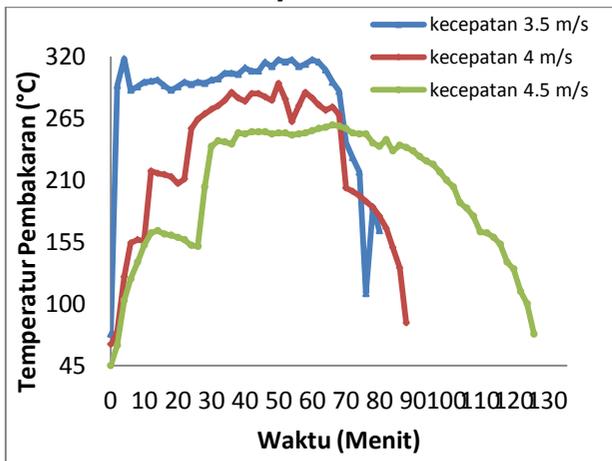


Gambar 5 Hasil dan pembahasan selisih temperature reaktor gasifikasi dengan 3 variasi kecepatan udara.

Pada Gambar 4.5 menunjukkan Selisih temperature pasir silica 0,36 mm dan bahan bakar pada 3 variasi kecepatan udara Pasir silika yang digunakan adalah pasir silika ukuran 0,36 mm. Pada kecepatan udara 3.5 m/s temperature rata-rata awal 57°C dan temperature rata-rata akhir 162 °C. Pada kecepatan udara 4 m/s temperature awal rata-rata

53.5<sup>0</sup>C, pada menit ke 86 terjadi kenaikan suhu sebesar 309<sup>0</sup>C sedangkan temperature akhir tercatat 306<sup>0</sup>C pada menit ke 88. Pada kecepatan udara 4.5 m/s temperature awal 53.5<sup>0</sup>C dan temperature akhir 265<sup>0</sup>C pada menit ke 126.

**Hasil dan pembahasan temperature titik api pada 3 variasi kecepatan udara**



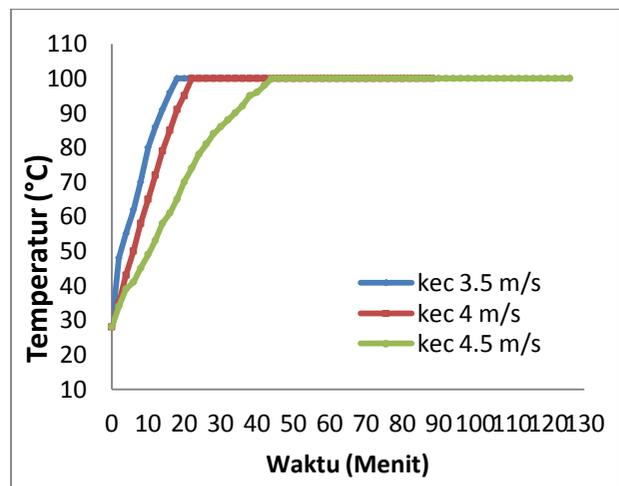
Gambar 6 Hasil dan pembahasan temperature titik api pada 3 variasi kecepatan udara

Pada gambar 4.6 menunjukkan perbandingan temperature titik api pada 3 variasi kecepatan udara. Pada kecepatan udara 3,5 m/s menunjukkan temperature awal titik api sebesar 73<sup>0</sup>C, temperature tertinggi sebesar 318 <sup>0</sup>C pada menit ke 4 dan lama nyala api selama 80 menit dari gasifikasi 5kg sekam padi. Pada kecepatan

udara 4 m/s menunjukkan temperature awal titik api sebesar 64<sup>0</sup>C, temperature tertinggi sebesar 296 <sup>0</sup>C pada menit ke 88 dan lama nyala api selama 80 menit dari gasifikasi 5kg sekam padi.

Pada kecepatan udara 4,5 m/s menunjukkan temperature awal titik api sebesar 45 <sup>0</sup>C, temperature tertinggi sebesar 259 <sup>0</sup>C pada menit ke 66 dan lama nyala api selama 126 menit dari gasifikasi 5kg sekam padi

**Hasil dan pembahasan pendidihan air pada 3 variasi kecepatan udara.**

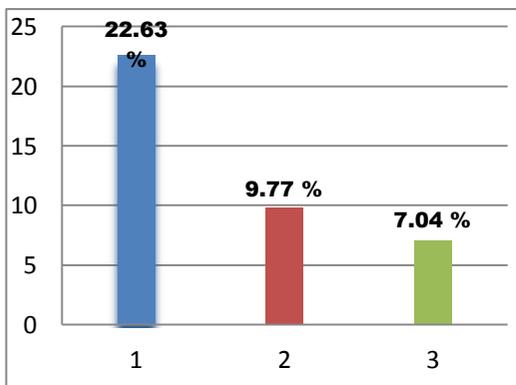


Gambar 7 Hasil dan pembahasan pendidihan air pada 3 variasi kecepatan udara.

V (m/s)	$Q_a$ (Kj)	$Q_f$ (Kj)	$\eta_{th}$ (%)
3.5	3752.275 Kj	16576.56Kj	22.63 %
4	1619.074 Kj		9.77%
4.5	1167.50072 Kj		7.04%

Tabel efisiensi thermal reaktor pada kecepatan udara 3.5, m/s, 4 m/s, 4.5 m/s

Dengan adanya tabel diatas, maka didapatkan perbandingan efisiensi kinerja tungku dibawah ini.



Gambar 8 Perbandingan efisiensi thermal reaktor pada 3 variasi kecepatan udara

Gambar di atas menunjukkan perbandingan efisiensi thermal reaktor pada kecepatan 3,5 m/s, 4 m/s, 4,5 m/s. dari gambar diketahui bahwa efisiensi thermal tiap percobaan berbeda. Pada percobaan dengan menggunakan kecepatan udara 3.5 m/s didapat efisiensi thermal sebesar 22,63 %, untuk percobaan dengan menggunakan kecepatan udara 4 m/s sebesar 9,77 % dan percobaan dengan menggunakan kecepatan udara 4.5 m/s sebesar 7, 04 %. Sehingga efisiensi thermal terbesar adalah pada percobaan dengan menggunakan kecepatan udara 3,5 m/s sebesar 22, 63 %. Hal ini disebabkan uap yang di luapkan lebih besar, sehingga kalor yang digunakan untuk pendidihan air lebih besar.

## **Kesimpulan**

Berdasarkan analisa dan pembahasan data hasil pengujian pengaruh kecepatan udara terhadap kerja *reaktor bubble fluidized bed gasifier* didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan udara terhadap temperature reaktor bubble fluidized bad gasifier.
- 2 Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan udara terhadap waktu nyala efektif dan lama pendidihan air.
- 3 Untuk mengetahui kecepatan udara optimum dari ke 3 kecepatan

## DAFTAR PUSTAKA

- Aklis. Nur, 2013. *Pengaruh Perbedaan Jumlah Lubang Pada Distributor Udara Terhadap Karakteristik Gelembung Pada Bubbling Fluidized Bed Dengan Beberapa Jenis Partikel Yang Berbeda*. Universitas Gajah Mada
- Basu, 1994. *Combustion and Gasification in Fluidized Bed*, Inc., New York.
- Handoyo, 2013. *Pengaruh variasi kecepatan udara terhadap temperatur pembakaran pada tungku gasifikasi sekam padi*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kunii. D. and Levenspiel. O. 1969. *Fluidization Engineering*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Sony, 2012. *Studi Karakteristik Gasifikasi Berbahan Limbah gerajen Glugu Dengan Variasi kecepatan Udara*. Sekripsi. Surakarta : Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.