

Pengaruh Variasi Kecepatan Superfisial Terhadap Lama Nyala Gas Pada *Dual Reaktor Fluidized Bed* Berbahan Bakar Sekam Padi

I Putu Wahyu Eka Rama, I Nyoman Suprapta Winaya, dan
Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

ABSTRAK

Dual Reactor Fluidized Bed (DFRB) merupakan teknologi pengkonversian bahan bakar padat secara termokimia menjadi gas yang mudah terbakar dengan metode fluidisasi. Teknologi Dual Reactor Fluidized Bed ini terdiri dari dua bagian yaitu reaktor pembakaran bahan bakar dan reaktor untuk proses gasifikasi. Pada eksperimen ini, jenis biomassa yang digunakan adalah butiran sekam padi dan material hamparan yang digunakan adalah butiran pasir gunung. Ukuran dari sekam padi dan pasir gunung yang digunakan adalah berkisar antara 0,4 mm sampai 0,5 mm. Variasi kecepatan udara superfisial yang digunakan dalam DRFB adalah Variasi I (15m/s), Variasi II (17m/s), dan Variasi III (19m/s). Suhu yang digunakan pada reaktor pembakaran yaitu 600°C dan suhu untuk reaktor gasifikasi adalah 500°C. Hasil dari eksperimen menunjukkan bahwa variasi kecepatan superfisial berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar dan lama nyala gas hasil gasifikasi. Pada variasi I dengan kecepatan superfisial 15m/s memiliki nilai FCRA terendah yaitu 5,849kg/jam dengan lama nyala paling singkat yaitu 135 detik. Variasi II dengan kecepatan superfisial 17m/s memiliki nilai FCRA tertinggi sebesar 7,094kg/jam dengan lama nyala paling lama yaitu 202 detik. Sedangkan pada variasi III dengan kecepatan superfisial 19m/s terjadi penurunan dengan nilai FCRA yaitu 6,781kg/jam dengan lama nyala yaitu 179 detik.

Kata kunci : dual reaktor fluidized bed, kecepatan superfisial, sekam padi.

ABSTRACT

Dual Reactor Fluidized Bed (DFRB) is a thermochemically solid fuel conversion technology into flammable gas by fluidization method. Dual Reactor Fluidized Bed Technology consists of two parts: fuel combustion reactor and reactor for gasification process. In this experiment, the type of biomass used is rice husk grain and the bed material used is mountain sand grain. The size of the rice husk and the mountain sand used is between 0.4 mm to 0.5 mm. The superficial air velocity variations used in DRFB are Variation I (15m / s), Variation II (17m / s), and Variation III (19m / s). The temperature used in the combustion reactor is 600°C and the temperature for the gasification reactor is 500°C. The results of the experiment show that the superficial velocity variations affect the fuel consumption rate and the duration of the gasification gas flame. In variation I with a superficial velocity of 15m / s has the lowest FCRA value of 5.849kg / h with the shortest duration of 135 seconds. Variation II with a superficial velocity of 17m / s has the highest FCRA value of 7.094kg / h with the longest flame duration of 202 seconds. While on the variation III with superficial velocity 19m / s there was a decrease with the value of FCRA is 6.781kg / h with the long flame of 179 seconds.

Keywords: dual fluidized bed reactor, superficial speed, rice husk.

1. Pendahuluan

Biomassa adalah bahan yang dapat diperoleh dari tumbuhan maupun hewan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar. Biomassa merupakan salah satu energi baru terbarukan. Menurut Dewan Energi Nasional (2016), potensi bioenergi di Indonesia mencapai 32.000 Megawatt dan sudah dimanfaatkan hanya 5,4 persen (1.740,4 Megawatt)[1]. Biomassa yang banyak dihasilkan di Indonesia umumnya berasal dari sektor pertanian dan peternakan seperti serutan kayu, kulit kopi, jagung, sekam padi, limbah hewan ternak dan sebagainya. Pengembangan biomassa menjadi salah satu usaha yang sering dilakukan karena memiliki banyak keuntungan salah satunya dapat diperbarui untuk menanggulangi kebutuhan energi fosil yang tidak dapat diperbarui.

Gasifikasi biomassa adalah cara yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan potensi

yang dimiliki oleh sekam padi sekaligus solusi untuk mengurangi penggunaan energi fosil. Gasifikasi adalah proses termokimia yang mengubah biomassa padat menjadi *combustible gas* atau gas yang dapat terbakar.

Fluidisasi adalah metode pengontakan butiran padat dengan fluida baik cair maupun gas yang bertujuan agar memiliki sifat seperti fluida. Dalam proses gasifikasi fluidized bed ini digunakan Dual Reactor Fluidized Bed. Dual reaktor ini terdiri dari dua bagian yaitu reaktor pembakaran bahan bakar dan reaktor untuk proses gasifikasi. Sistem reaktor ini adalah jika dalam proses gasifikasi atau pengkonversian bahan bakar menjadi gas terdapat sisa bahan bakar yang belum terkonversi menjadi gas maka sisa bahan bakar (char) tersebut akan disirkulasikan ke reaktor pembakaran dan kemudian kembali ke proses gasifikasi hingga bahan bakar habis terkonversi menjadi gas.

2. Dasar Teori

2.1 Sekam Padi

Sekam padi adalah lapisan kulit luar yang membungkus biji padi. Pada proses penggilingan gabah kering, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi limbah penggilingan. Sekam padi biasanya digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku pupuk organik, pakan ternak dan sumber bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari berat gabah. Sekam padi memiliki panjang sekitar 8-10 mm, lebar 2-3 mm dan tebal 0,2 mm [2].



Gambar 1. Sekam Padi

Dibandingkan bahan bakar fosil, sifat dan karakteristik biomassa sekam padi lebih kompleks sehingga memerlukan perlakuan khusus dalam pengolahannya. Sifat dan karakteristik sekam padi meliputi berat jenis yang kecil sekitar 122 kg/m^3 dan kandungan abu berkisar antara 16-23% dengan kandungan silika pada abu sebesar 95% [3]. Titik lebur yang rendah disebabkan oleh kandungan alkali dan alkalin yang relatif tinggi. Kandungan uap air (moisture) pada biomassa sekam padi relatif rendah karena sekam padi merupakan kulit padi yang kering. Selain itu sekam padi memiliki kandungan zat volatile (zat yang mudah menguap) yang tinggi yaitu berkisar antara 50-80% [4].

2.2 Pasir Gunung

Pasir gunung merupakan salah satu material vulkanik yang berasal dari letusan gunung berapi. Abu maupun pasir vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh di sekitar kawah sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan hingga ribuan kilometer dari kawah disebabkan oleh hembusan angin.



Gambar 2. Pasir Gunung

Menurut penelitian yang dilakukan Sudaryo dan Sutjipto diketahui bahwa kandungan logam

tanah vulkanik di daerah Cangkringan adalah logam Al berkisar antara 1,8-5,9%; Mg 1-2,4%; Si 2,6-28%; dan Fe 1,4-9,3%. Sebagian besar lava Gunung Merapi merupakan senyawa alkalin, basaltik andesit dengan kandungan silika antara 52-57% [5]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Latief (2013), pasir erupsi Gunung Merapi memiliki suhu sinter 1200°C dan suhu lebur sebesar 1300°C [6] sehingga tahan terhadap suhu kerja yang digunakan pada penelitian ini (600°C) dan dapat digunakan sebagai material hamparan dalam proses fluidisasi. Sebelum digunakan dalam penelitian, pasir gunung dibersihkan dengan air yang bertujuan menghilangkan tanah dan pengotor lainnya. Setelah bersih, kemudian pasir gunung diayak sesuai dengan ukuran yang diinginkan (0,4 – 0,5mm).

2.3 Gasifikasi

Gasifikasi adalah proses termokimia yang mengubah biomassa padat menjadi combustible gas atau gas yang dapat terbakar. Gas yang dihasilkan selama proses gasifikasi terdiri dari gas mampu bakar seperti, karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), metana (CH_4), dan gas yang tidak dapat terbakar seperti karbon dioksida (CO_2), nitrogen (N_2), uap air (H_2O) serta berbagai kontaminan seperti abu, tar, dan sebagainya. [7]. Tujuan dari gasifikasi pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan gas mampu bakar yang kemudian dapat diolah menjadi sumber energi.

2.2 Fluidisasi

Fluidisasi adalah metode pengontakan butiran-butiran padat dengan fluida baik cair maupun gas agar memiliki sifat seperti fluida [8]. Dalam proses gasifikasi fluidized bed ini digunakan dual reactor fluidized bed. Dual reaktor ini terdiri dari dua bagian yaitu reaktor pembakaran bahan bakar dan reaktor untuk proses gasifikasi. Sistem reaktor ini adalah jika dalam proses gasifikasi atau pengkonversian bahan bakar menjadi gas terdapat sisa bahan bakar yang belum terkonversi menjadi gas maka sisa bahan bakar (char) tersebut akan disirkulasikan ke reaktor pembakaran dan kemudian kembali ke proses gasifikasi hingga bahan bakar habis terkonversi menjadi gas.

2.3 Kecepatan superfisial (*Superficial Velocity*)

Dalam proses fluidisasi terdapat kecepatan superfisial yang merupakan akumulasi kecepatan aliran fluida luar yang masuk ke dalam sebuah ruang. Kecepatan semu (U_0) didefinisikan sebagai laju aliran volume gas dibagi dengan luas penampang hamparan [4]. Jadi kecepatan superfisial (U_0) dapat ditentukan dengan rumusan sebagai berikut:

$$U_0 = \frac{V_g}{A_0} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

dimana :

V_g = Laju aliran volume gas (m^3 /menit)

A_b = luas penampang hamparan (m^2)

Kecepatan superfisial (U_o) ditentukan nilainya berada diantara kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) dan kecepatan terminal (U_t), sehingga laju aliran volume gas agen gasifikasi dapat dihitung.

2.4 Fuel Consumption Rate (FCR)

Perkiraan kecepatan bahan bakar yang dikonsumsi, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$FCR = \frac{V_{bb}}{F_g} \quad (2)$$

Dimana : V_{bb} = Laju masuk bahan bakar

F_g = Faktor gasifikasi (asumsi waktu proses gasifikasi terhadap waktu pemasukan bahan bakar yang disesuaikan dengan jumlah bahan bakar yang digunakan)

Bahan bakar yang dikonsumsi pada proses gasifikasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$FCR = \frac{\text{berat bahan bakar tergasifikasi}}{\text{waktu operasional}} = \frac{\text{berat bahan bakar} - \text{berat arang}}{\text{waktu operasional}} \quad (\text{kg/jam}) \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tentang variasi temperatur terhadap performansi gasifikasi *dual reactor fluidized bed* berbahan bakar sekam padi ini dilakukan di Laboratorium Gasifikasi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Begitu juga lokasi pembuatan alatnya yaitu *dual reactor fluidized bed* juga berlokasi ditempat yang sama.

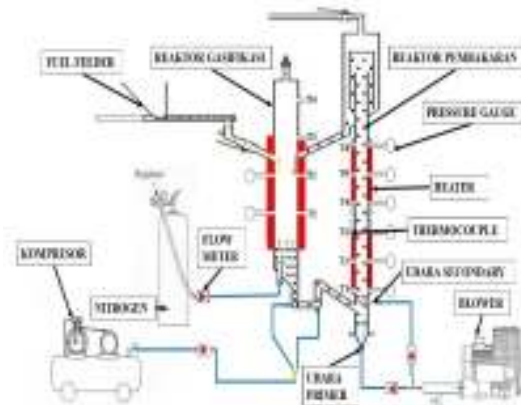
3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa sekam padi dan pasir gunung sebagai media hamparan dengan ukuran yang sama yaitu antara 0,4 sampai 0,5 mm sebanyak 700 gram.

3.3 Deskripsi Alat Gasifikasi (DRFB)

Proses penelitian ini dilakukan pada unit *dual reactor fluidized bed* (DRFB). Penelitian ini menggunakan dua buah reaktor yang dibuat dari bahan khusus yaitu *stainless steel schedule 304*. Kedua reaktor tersebut mempunyai perbedaan dimensi, pada reaktor 1 atau yang dinamakan reaktor gasifikasi mempunyai ukuran 101,6 mm dan reaktor 2 yang dinamakan reaktor pembakaran yang mempunyai ukuran 50,8 mm. Pada ujung atas reaktor pembakaran terdapat *cyclone* yang berfungsi untuk mensirkulasikan campuran biomassa atau bahan bakar dengan material hamparan, *cyclone* ini mempunyai ukuran yang lebih besar yaitu berukuran 152,4 mm, sehingga sisa dari bahan bakar yang belum terbakar

sempurna kembali disirkulasikan hingga bahan bakar terbakar secara optimal. Kedua reaktor tersebut dihubungkan dengan 2 buah pipa berukuran 25,4 mm yaitu *upper* dan *downer*, pada *dual reactor fluidized bed* ini dibuatkan pengaman berupa tabung dan dihubungkan oleh pipa berukuran 25,4 mm yang dihubungkan dengan reaktor gasifikasi. Dalam tabung yang berdiameter 300 mm ini yang didalamnya itu berisikan air. Pada reaktor pembakaran dipasang 8 buah *pressure gauge* dan 10 buah *thermocouple* untuk melihat tekanan dan distribusi temperatur pada reaktor tersebut. Pada reaktor gasifikasi dipasang 4 buah *pressure gauge* dan 4 buah *thermocouple*. Masing-masing reaktor dipasangkan *thermocontrol* yang berguna untuk mengatur suhu di dalam reaktor agar tetap konstan. Sedangkan udara yang dihasilkan oleh kompresor akan digunakan pada *downer* untuk mensirkulasikan campuran bed material dan bahan bakar sekam padi ke dalam reaktor pembakaran dari reaktor gasifikasi.



Gambar 3. Skematik Dual Reaktor Fluidized Bed

Langkah awal penelitian yaitu mempersiapkan alat uji *dual reactor fluidized bed gasifier*, kemudian cek aliran kelistrikan agar tidak terjadi arus pendek (*short current*). Siapkan biomassa sekam padi dan material hamparan pasir gunung masing-masing sebanyak 700 gram. Siapkan alat ukur seperti flow meter, pressure gauge, anemometer, data logger dan laptop untuk pengujian distribusi temperatur. Masukkan material hamparan pasir gunung kedalam reaktor melalui *fuel feeder*, kemudian nyalakan blower dan kompresor untuk mengatur kecepatan udara sesuai dengan variasi yang sudah ditentukan. Alirkan N_2 selama 5 menit untuk menetralkan udara/oksigen dengan kecepatan 20,7 liter/s yang diukur menggunakan flow meter. Buka aplikasi NI MAX pada laptop kemudian hubungkan *thermocouple* dengan data logger. Nyalakan heater sampai temperatur pada reaktor gasifikasi $500^\circ C$ dan reaktor pembakaran $600^\circ C$. Kemudian alirkan udara melalui blower dan kompresor agar bed material bersirkulasi dan masukkan butiran biomassa sekam padi melalui *fuel feeder* sebanyak 700 gram. Catat waktu operasi menggunakan *stop*

watch, kemudian ambil foto setiap 10 detik untuk data distribusi tekanan. Uji nyala gas hasil gasifikasi. Jika sudah menyala ambil sampel gas kemudian simpan menggunakan *probe gas analyser*. Setelah pengambilan sample selesai, uji lama nyala dari *syngas* hingga tidak ada lagi gas yang keluar dan catat waktu lama nyala. Selesai pengujian matikan arus listrik baik dari blower maupun heater dan tunggu reaktor hingga dingin. Keluarkan sisa arang dari dalam reaktor melalui *downer* hingga bersih. Gas yang di simpan di dalam tabung selanjutnya dibawa ke Laboratorium Uji Gas untuk mengetahui komposisi dari *syngas* yang dihasilkan. Ulangi pengujian dengan variasi kecepatan superfisial yang lain.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Awal Bahan Bakar

Komposisi dari bahan bakar sekam padi dapat diketahui setelah melakukan penelitian uji Proksimat dan Ultimat. Pengujian analisis Proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur fisika dari bahan bakar sekam padi, seperti: kadar air (*moisture*), kandungan abu (*ash*), karbon tetap (*fixed karbon*) dan bahan mudah menguap (*volatile*). Dapat dilihat pada Tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Analisis Proksimat

No	Sampel Biomassa	Kadar Air (%)	Abu (%)	Karbon Tetap	Volatile (%)
1	Sekam Padi	22	19.15	24.18	34.67

Pengujian Analisis Ultimat untuk mengetahui unsur-unsur kimia pada bahan bakar sekam padi, yaitu: Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O) Nitrogen (N), dan Sulfur (S) dapat dilihat pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Analisis Ultimat

No	Sampel Biomassa	Carbon (%)	Hydrogen (%)	Oxygen (%)	Nitrogen (%)	Sulfur (%)
1	Sekam Padi	34.179	3.652	32.629	0.02593	0.00448
2	Sekam Padi 2	33.886	3.5866	32.726	0.02449	0.00342
Rata-rata		34.0325	3.6193	32.6775	0.02521	0.004

4.2 Data hasil penelitian

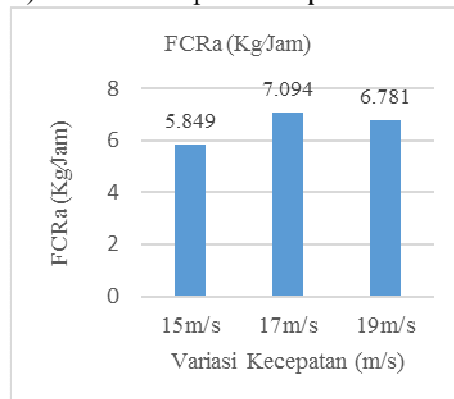
Setelah melakukan penelitian, maka dapat diketahui data berupa massa output, lama nyala dan waktu operasi. Waktu operasi adalah durasi lama proses percobaan gasifikasi dari awal memasukkan bahan bakar hingga sampai terciptanya gas mampu bakar. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Penelitian Variasi Kecepatan Superfisial Sekam Padi

Variasi Kecepatan Superfisial (m/s)	Massa Bahan Bakar (gram)	Massa Arang (gram)	Waktu Mulai Menyala (detik)	Waktu Lama Nyala (detik)	Waktu Operasi (detik)
Variasi I (15m/s)	700	180	185	135	320
Variasi II (17m/s)	700	158	73	202	275
Variasi III (19m/s)	700	167	104	179	283

Fuel Consumption Rate Actual (FCRa)

FCR adalah laju konsumsi bahan bakar atau jumlah konsumsi bahan bakar per satuan waktu. Dari perhitungan FCR aktual pada setiap variasi temperatur, maka dapat dianalisis dan dibuat grafik perbandingan variasi temperatur terhadap laju konsumsi bahan bakar aktual (FCR aktual).Data FCRa dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 4. Grafik Variasi Kecepatan Superfisial Terhadap FCRa

Berdasarkan grafik diatas bahwa dari setiap variasi kecepatan superfisial yang berbeda-beda pada biomassa sekam padi dengan berat yang sama yaitu 700gram, didapatkan laju konsumsi bahan bakar terendah terdapat pada variasi I dengan nilai FCRa sebesar 5,849kg/jam. Sedangkan laju konsumsi bahan bakar tertinggi terdapat pada Variasi II dengan nilai FCRa sebesar 7,094kg/jam. Pada variasi III dengan kecepatan superfisial 19m/s terjadi penurunan dengan nilai FCRa sebesar 6,781kg/jam. Hal ini terjadi karena pada Variasi III udara yang masuk berlebih, sehingga terjadi penurunan laju konsumsi bahan bakar.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan superfisial berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar dan lama nyala gas hasil gasifikasi. Pada variasi I dengan kecepatan superfisial 15m/s memiliki nilai FCRa terendah yaitu 5,849kg/jam dengan lama nyala paling singkat yaitu 135 detik. Variasi II dengan kecepatan superfisial 17m/s memiliki nilai FCRa tertinggi sebesar 7,094kg/jam dengan lama nyala paling lama yaitu 202 detik. Sedangkan pada variasi III dengan kecepatan superfisial 19m/s terjadi penurunan dengan nilai FCRa yaitu 6,781kg/jam dengan lama nyala yaitu 179 detik. Hal ini disebabkan karena pada Variasi III udara

yang masuk berlebih, sehingga terjadi penurunan laju konsumsi bahan bakar.

Daftar Pustaka

- [1] Dewan Energi Nasional. 2016. **Outlook Energi Indonesia 2016**. ISSN 2527 – 3000. Jakarta Selatan.
- [2] Suprapta Winaya, I Nyoman., Gede Sujana, I Nyoman dan Tenaya, I G N P. 2010. **Formasi Gas Buang Pada Pembakaran Fluidized Bed Sekam Padi**. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Cakra M. Vol. 4 No.1. April 2010 (83 - 87). Universitas Udayana.
- [3] Natarajan E., Nordin A. dan Rao A. N. 1997. **Overview of Combustion and Gasification of Rice Husk in Fluidized Bed Reactors**. Biomass and Bio Energy 1998;14 (5-6):533-54.6
- [4] Ogada T., dan Werther J. 1996. **Combustion Characteristics of Wet Sludge in a Fluidized Bed**. release and combustion of the volatiles. Fuel 1996;75:617–626.
- [5] Sudaryo dan Sutjipto. 2009. **Identifikasi dan Penentuan Logam pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan Kabupaten Sleman Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat**. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 5 November 2009. ISSN 1978-0176.
- [6] Latief, A. Sutowo. 2013. **Kajian Tentang Suhu Sinter dan Suhu Lebur Pasir Merapi Sebagai Potensi Sumberdaya Alam yang Mendukung Industri Pengecoran Logam Di Jawa Tengah**. Jurnal Ilmiah TEKNIK, 8 (1): 12-15.
- [7] Basu, Prabir. 2006. **Gasification And Combustion**, Halifax, Nova Scotia By Taylor and Francis Group, LLC.
- [8] Basu, Prabir and Fraser Scott A. 1991. **Circulating Fluidized Bed Boilers : Design and Operations**, Hainemann, USA.