

# Studi Kecepatan Udara Superfisial Terhadap Laju Konsumsi Bahan Bakar *Gasification Dual Reactor Fluidized Bed* Berbahan Bakar Arang Batok Kelapa

Julio Victorio Sibarani, I N. Suprpta Winaya dan Cok Istri Putri Kusuma K.  
*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

---

## Abstrak

Teknik Fluidisasi adalah satu dari beberapa metode gasifikasi yang masih dikembangkan jaman sekarang. Ada beberapa jenis reaktor, dan teknologi terbaru adalah Dual Reactor Fluidized Bed (DRFB). DRFB didesain dengan 2 jenis reaktor dan bertujuan untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar. Yang pertama adalah reaktor gasifikasi, dimana proses gasifikasi berlangsung. Itu beroperasi pada suhu 500°C. Yang kedua adalah reaktor pembakaran, dimana proses pembakaran berlangsung. Beroperasi pada suhu 600°C. Jenis biomassa yang digunakan untuk memproduksi gas mudah terbakar adalah butiran arang batok kelapa. Jenis bed material yang digunakan pada proses ini adalah butiran tanah liat. Ukuran dari arang batok kelapa adalah berkisar diantara 0,4 mm sampai 0,5 mm. Variasi kecepatan udara superficial yang digunakan dalam DRFB adalah variasi I (15 m/s), variasi II (17 m/s), variasi III (19 m/s). Saat dioperasikan, kondisi lingkungan dianggap stabil. Hasil dari eksperimen menunjukkan bahwa nilai laju konsumsi bahan bakar dari setiap variasi secara berurutan adalah variasi I 0,64 gram/detik, variasi II 0,711 gram/detik, variasi III 0,609 gram/detik.

Kata kunci : gasifikasi, teknik fluidisasi, efisiensi gas bersih.

## Abstract

Gasification is an old technology, refers a process that converts biomass (solid or liquid) into flammable gas. There are many kinds of typical reactor, and the newest reactor model called Dual Reactor Fluidized Bed (DRFB). DRFB designed with two types reactor and intends to produce flammable gas. The first one is Gasification Reactor, which is in this reactor gasification process takes place. It operates at a temperature 500°C. The second is Combustion Reactor, which is in this reactor combustion process takes place. It operates at a temperature 600°C. In this experiment, the type of biomass that used to produce flammable gas is coconut shell charcoal granules. The type of bed material that used in this process is clay granules. The size of coconut shell charcoal granules and clay granules is within the range of 0,4 mm to 0,5 mm. Superficial Air velocity variations used in DRFB were 15 m/s (Variation I), 17 m/s (Variation II), and 19 m/s (Variation III). When the experiment operated, environmental conditions considered steady. The result of the experiment shows that the value of fuel consumption rate from each variation sequentially is variation I is 0,64 gram/second, variation II is 0,711 gram/second, variation III is 0,609 gram/second.

Keywords: gasification, fluidized bed, cooled gas efficiency.

---

## 1. Pendahuluan

Biomassa adalah salah satu energi alternatif yang berasal dari makhluk hidup yaitu tumbuh-tumbuhan dan hewan. Biomassa adalah jumlah total bahan organik dari makhluk hidup yang dinyatakan dalam berat kering oven ton per unit area [1]. Salah satu potensi biomassa yang ada di negara Indonesia adalah batok kelapa. Metode yang biasanya digunakan dalam mengolah biomassa adalah melalui gasifikasi. Gasifikasi berbeda dengan proses pembakaran ataupun proses pembentukan biogas. Gasifikasi adalah proses merubah bahan bakar padat yang terdapat unsur karbon seperti biomassa, dan batubara menjadi berbentuk gas yang mampu terbakar dengan jumlah oksigen yang terbatas secara termokimia atau menggunakan panas.

Salah satu metode gasifikasi yang paling efektif adalah melalui fluidized bed. Fluidized bed (teknik

fluidisasi) adalah teknik perlakuan benda padat menjadi seperti benda cair. Proses gasifikasi fluidized bed, digunakan gasifikasi DRFB. 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. Proses gasifikasi *fluidized bed* ini, kecepatan udara superficial sangat berpengaruh terhadap performansi mesin, suhu, dan kandungan gas yang akan dihasilkan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Biomassa dan Bed Material

Biomassa dapat di definisikan sebagai salah satu bahan / material organik yang umurnya relatif muda yang berasal dari tumbuhan atau hewan, baik yang terbentuk dari hasil produksinya, sisa metabolismenya, ataupun limbah yang di hasilkannya yang dapat dikonversikan menjadi energi. Biomassa juga bisa termasuk bahan organik yang telah mati yang terdapat baik dipermukaan tanah maupun dibawah permukaan tanah. Bowles (1991) mendefinisikan tanah liat (lempung) sebagai partikel yang memiliki ukuran sama dengan 0,002 mm atau lebih kecil, dimana tanah lempung tersebut ada yang memiliki ukuran mikrokonis sampai dengan ukuran sub mikrokonis [2].



Gambar 1. Arang Batok Kelapa

Material hampan (*bed material*) yang dipakai pada proses gasifikasi sirkulasi *fluidized bed* sangat berpengaruh terhadap performa dan hasil proses fluidisasi yang dihasilkan. Pada proses ini, material hampan akan difluidisasi dengan menggunakan materi gasifikasi berupa udara, oksigen, uap atau campurannya. Tanah liat adalah salah satu bed material yang sangat baik dalam menyimpan kalor. Tanah liat memiliki titik lebur yang tinggi sampai mencapai 1700°C.



Gambar 2. Tanah Liat

### 2.2 Gasifikasi Fluidized Bed

Gasifikasi merupakan salah satu teknik pengkonversian energi dari wujud bahan bakar padat atau padatan menjadi bahan bakar gas yang mudah terbakar secara termokimia. Pada proses mengkonversi energi menggunakan teknologi gasifikasi *Fluidized Bed*, ruang bakar terlebih dahulu dipanasi secara eksternal sampai mendekati temperatur kerja reaktor. Media gasifikasi (*bed material*) yang digunakan pada penelitian ini untuk menyerap panas

adalah tanah liat. Tanah liat dan api dari bahan bakar akan mengalami perubahan suhu dengan cepat di dalam ruang bakar sehingga keseragaman temperatur sistem bisa terjaga.

### 2.3 Fuel Consumption Rate

Jumlah laju bahan bakar biomassa, perkiraan kecepatan bahan bakar yang dikonsumsi, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$FCR = \frac{V_{bb}}{F_g}$$

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)

Jumlah bahan bakar yang dikonsumsi pada proses gasifikasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$FCR = \frac{\text{Berat Bahan Bakar yang gasifikasi}}{\text{waktu operasional}} = \frac{\text{Berat Bahan Bakar-Berat udara}}{\text{waktu operasional}} \text{ (kg/jam)}$$

## 3. Metode Penelitian

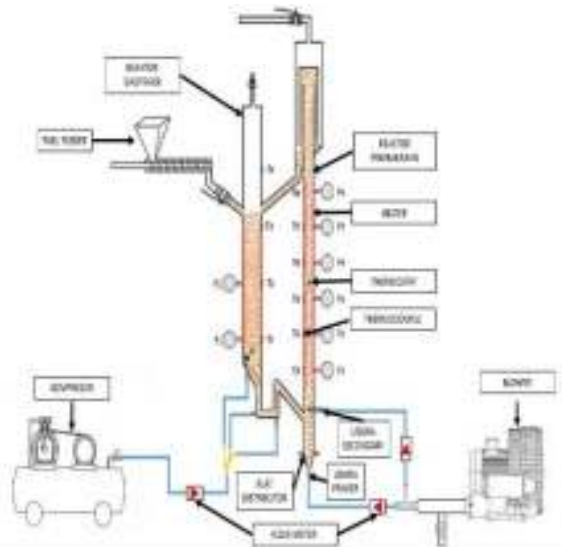
Penelitian ini menggunakan tahapan, peralatan, dan bahan sebagai berikut:

### 3.1 Persiapan Bahan Bakar dan Bed Material

Bahan bakar biomassa arang batok kelapa dan bed material tanah liat yang digunakan dicacah hingga menjadi butiran berukuran 0,4-0,5 mm. Bahan bakar arang batok kelapa dan bed material tanah liat dicacah menggunakan ayakan/mesh screen yang berukuran 0,4 mm dan 0,5 mm. Berat dari biomassa arang batok kelapa dan bed material tanah liat masing-masing adalah 600gram yang ditimbang menggunakan timbangan digital.

### 3.2 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan *Dual Reactor Fluidized Bed (DRFB)* yang memiliki dua buah reaktor yaitu reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran. Reaktor gasifikasi bekerja pada temperatur 500°C dan tempat dimana proses gasifikasi berlangsung, sedangkan reaktor pembakaran bekerja pada temperatur 600°C dan tempat dimana proses pembakaran berlangsung. Adapun skematik DRFB dapat dilihat pada gambar 3 dibawah:



Gambar 3 Skematik DRFB



Gambar 4 Foto Alat Uji DRFB

Keterangan:

1. Reaktor pembakaran
2. Reaktor Gasifikasi
3. Heater
4. Fuel Feeder
5. Thermostat
6. Thermocouple
7. Kompresor
8. Blower
9. Secondary Airflow
10. Primary Airflow
11. Flowmeter
12. Plat Distributor

Pertama-tama mempersiapkan alat uji DRFB. Mempersiapkan komponen pendukung seperti: Probe gas analyser, kompresor dan blower serta alat ukur seperti flow meter, pressure gauge, anemometer, data logger dan laptop untuk pengujian distribusi temperatur. Kemudian masukkan material hamparan tanah liat

kedalam reaktor melalui *fuel feeder* sesuai dengan volume yang direncanakan.

Setelah itu menyalakan blower dan kompresor untuk mengatur kecepatan udara. Kecepatan udara pada blower yaitu 17 m/s diukur menggunakan anemometer, dan juga masukkan udara dengan kecepatan udara pada kompresor yaitu 20,7 liter/s = 17,57 m/s yang diukur dengan flow meter.

Kemudian alirkan N<sub>2</sub> selama 5 menit untuk proses pembilasan agar menetralsir udara/oksigen. Kecepatan yang digunakan yaitu 20,7 liter/s = 17,57 m/s diukur menggunakan flow meter. Setelah itu nyalakan heater dan tunggu temperatur pada reaktor gasifikasi 500°C dan reaktor pembakaran 600°C menggunakan aplikasi NI MAX. Setelah itu masukkan bahan bakar biomassa ke dalam reaktor sesuai dengan ukuran dan berat yang telah direncanakan. Tunggu beberapa menit, hitung waktu dengan stopwatch kemudian hitung FCR.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Data Hasil Pengujian

Bahan bakar arang batok kelapa yang dipakai pada penelitian ini terlebih dahulu akan dilakukan pengujian Proksimat, Ultimat, dan Analisa bom kalori. Melakukan pengujian Proksimat dan Ultimat agar dapat mengetahui presentase komposisi yang terdapat pada bahan bakar arang batok kelapa. Pengujian Analisa Ultimat untuk mengetahui unsur-unsur kimia pada arang batok kelapa, yaitu: Sulfur (S), Nitrogen(N), Carbon(C), Oksigen(O) dan Hidrogen(H).

Tabel 1 Hasil Analisa Ultimat Biomassa

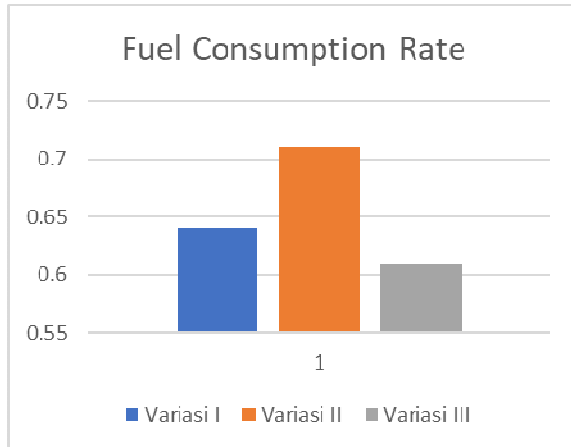
Bahan Bakar	Karbon (%)	Hidrogen (%)	Oksigen (%)	Nitrogen (%)	Sulfur (%)
Arang Batok Kelapa	60,430	3,947	29,359	0,746	0

Tabel 2 Hasil Analisa Proksimat Biomassa

Bahan Bakar	Moisture (%)	Volatile (%)	Ash (%)	Fixed Carbon (%)
Arang Batok Kelapa	8,17	15,18	0,83	75,82

Tabel 3 Hasil Analisa bom kalori

Sampel	Massa	T1	T2	NK (cal/gr)	Rata-rata	MJ/kg
Arang 1	0.51941	28.364	29.65	4893	4917	20.65
Arang 2	1.00544	27.9	30.415	4942		



Gambar 5 Hasil Analisa Fuel Consumption Rate

Berdasarkan gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa pada penelitian yang telah dilakukan, dari ketiga variasi kecepatan udara superfisial, variasi II adalah variasi yang memiliki jumlah Fuel Consumption Rate (FCR) yang paling besar yaitu, 0,711 gram/detik. Dan variasi dengan jumlah Fuel Consumption Rate yang paling sedikit adalah variasi III yaitu, 0,609 gram/detik.

## 5. Kesimpulan

Setelah penelitian dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu performansi Gasifikasi DRFB dengan bahan bakar arang batok kelapa dan bed material adalah sebagai berikut:

- a. Pada penelitian kali ini, tidak terdapat kandungan CO pada parameter yang dihasilkan dari setiap variasi, jadi yang mempengaruhi besar perbandingan hasil gas mampu bakar dari setiap variasi adalah kandungan H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>, yang terdapat pada kandungan gas yang dihasilkan.
- b. Jumlah FCRA terbanyak yang diperoleh yaitu pada variasi II 17 m/s sebesar 0,711 gram/detik, sedangkan jumlah FCRA yang terendah terdapat pada variasi III 17 m/s sebesar 0,609 gram/detik.

## Daftar Pustaka

- [1] Brown, Sandra, 1997. **Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer**. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Rome.
- [2] Bowles, J. E. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta: Erlangga.
- [3] Basu, Prabir. 2010. **"Biomassa Gasification and Pyrolysis Practical Design"**. Elsevier.
- [4] Basu, Prabir. 2006. **"Gasification And Combustion"**, Halifax, Nova Scotia By Tailor and Francis Group, LLC
- [5] Basu Prabir and Fraser Scott A.,1991, **Circulating Fluidized Bed Boilers: Design and Operations**, Hainemann, USA