

# Profil Temperatur Pada *Dual Reactor Fluidized Bed* (DRFB) Dengan Bahan Bakar Sampah Kota

Abdurrahman Muttaqin, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Lokantara  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Perkembangan yang masif akan jumlah dari wisatawan di Bali, jumlah sampah yang kian meningkat pun tidak dapat terbendung lagi. Hal ini dapat membahayakan lingkungan dan ekosistem di sekitarnya. Pemanfaatan teknologi gasifikasi, sampah dapat dimanfaatkan untuk konversi bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas yang dapat dibakar ( $CO$ ,  $CH_4$ , dan  $H_2$ ). Sebuah cara memanfaatkan gasifikasi berbasis teknologi yang banyak saat ini adalah sistem fluidisasi (*Fluidized Bed*), yang merupakan salah satu teknologi terbaik untuk mengalihkannya pada jenis-jenis pembakaran baik itu digunakan untuk limbah, biomasa, sampah, maupun bahan bakar fosil berkalori dengan rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa temperatur pada gasifikasi *dual reactor fluidized bed* berbahan bakar sampah kota. Bahan bakar yang dipakai adalah sampah yang sudah dipelet dan dikeringkan. Adapun pada penelitian ini menggunakan empat variasi kecepatan superficial, antara lain kecepatan superficial 7, 8, 9, 10 m/s. Pada hasil temperature di reactor gasifikasi didapat rata-rata temperatur  $437^\circ C$  dan pada reactor pembakaran didapat rata-rata temperature  $517,8^\circ C$ . Pada penelitian ini didapat pula nilai laju konversi bahan bakar ( $L'b$ ), antara lain 7,187, 5,631, 4,717, 4,436 kg/jam.

Kata kunci: Gasifikasi, Dual Reaktor, Sampah Kota, Kecepatan Superfisial, Fluidized Bed

## Abstract

Massive development in the number of tourists in Bali, the ever-increasing amount of waste cannot be stopped. This can endanger the environment and the surrounding ecosystem. By utilizing gasification technology, waste can be used for the conversion of solid fuels to combustible gases ( $CO$ ,  $CH_4$ , and  $H_2$ ). One way to take advantage of the gasification technology that is currently being developed is the fluidization system (*Fluidized Bed*), which is one of the best technologies for converting various types of fuels, including waste, waste, biomass or low-calorie fossil fuels. This research aims to analyze the gasification performance of a dual fluidized bed reactor fueled by municipal waste with superficial speed variations. The fuel used is waste that has been pelleted and dried. This study uses four variations of superficial velocity, including superficial velocity 7, 8, 9, 10 m/s. The result of the temperature in the gasification reactor obtained an average temperature of  $437^\circ C$  and in the combustion reactor an average temperature of  $517,8^\circ C$  was obtained. In this study, the value of the fuel conversion rate ( $L'b$ ) was also obtained, which are 7,187, 5,631, 4,717, 4,436 kg/hour.

Keywords: Gasification, Dual Reactor, City Waste, Superficial Speed, Fluidized Bed

## 1. Pendahuluan

Akses wisata yang tidak dapat terbendung lagi, menyebabkan salah satu pulau terbaik di Indonesia, yaitu Bali menjadi askes destinasi wisata terkenal, tidak hanya di dalam negeri, namun juga di seluruh dunia, hal tersebut, menyebabkan masifnya pertumbuhan akan konsumsi bahan rumah tangga yang akan menghasilkan sampah terus bertambah setiap harinya tanpa henti. Dengan acuan data dari kota Denpasar, dimana pada tahun 2019 saja sebanyak 1,5 juta ton setiap tahunnya diproduksi dari kota ini. Jika hal ini terus terjadi tanpa ada penanganan yang serius, dapat membahayakan lingkungan dan ekosistem disekitarnya. Sampah dapat dimanfaatkan dengan mengkonversinya menjadi bahan bakar cair, gas, dan listrik. Teknologi yang memanfaatkannya adalah teknologi gasifikasi. Teknologi gasifikasi merupakan suatu mekanisme dimana bahan bakar dialihkan menjadi gas pembakaran mudah bakar melalui suatu sistem bahan bakar dimana suplai udara tersebut terbatas pada 20% - 40%. [1]. Efisiensi yang dapat dicapai teknologi gasifikasi dengan menggunakan bahan bakar sampah sekitar 40% - 60% (akbar). Salah satu cara

memanfaatkan teknologi gasifikasi yang banyak berkembang saat ini adalah system fluidisasi (*fluidized bed*), yang mana adalah salah satu teknologi terbaik untuk mengalihkan segala jenis pembakaran, baik itu limbah, biomasa maupun bahan bakar fosil rendah [2]. *Bed* material berfungsi sebagai hamparan untuk melekatnya bahan bakar yang bersirkulasi didalam reaktor. Penggunaan *bed* material bertujuan untuk pemerataan panas pada ruang reaktor karena bahan bakar dan *bed* yang bersirkulasi. Alat yang digunakan untuk melakukan gasifikasi disebut *gasifier*.

Mekanisme *fluidized bed gasification* dibutuhkan oleh suatu reaktor agar berlangsungnya mekanisme tersebut terhadap energi peralihan. Seringnya, reaktor yang sehabis pakai memiliki penghambat adalah penyisaan pembakaran yang tidaklah dapat dibakar yaitu char dan arang. Oleh karena itu, penelitian penulisan artikel ini berkembang berasal dari pemikiran bahwa suatu jenis reaktor *dual reactor fluidzed bed* (DRFB), dimana terdiri dari gastifikasi dan pembakaran. Teknologi gastifikasi berguna dalam pemisahan mekanisme eksoterm dan endoterm akan halnya fokus terhadap

berkembangnya teknologi terhadap gasifikasi. Mekanisme reaktor tersebut terdapat pengalihan pembakaran akan gas yang belum dapat untuk dialihkan. Maka dari itu, pembakaran itu diformulasikan kedalam reaktor bahan bakar dimana proses tersebut sampai pembakaran habis teralihkan menjadi gas [3].

Adapun permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh temperatur gasifikasi *dual reactor fluidized bed* berbahan bakar sampah kota dengan memakai variasi kecepatan superficial.

Beberapa batasan permasalahan akan penelitian penulisan artikel inisebagai berikut:

1. Bahaan bakar limbah biomassa yang disiapkan untuk fluidisasi adalah sampah kota yang dicacah
2. Bed material yang digunakan adalah pasir silika berukuran antara 0,4 – 0,5 mm
3. Temperatur lingkungan dianggap konstan

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Sampah (Waste)

Sampah merupakan sebuah material sisa yang sudah tidak terpakai, yang dilepaskan kea lam dalam bentuk pada, cair, ataupun gas. Berdasarkan sifatnya sampah dibedakan menjadi tiga, yaitu ada sampah organik, sampah non-organik, dan limbah b3 (Berbahaya, Beracun, Berbau)

### 2.2. Teknologi Gasifikasi

Gasifikasi dan pembakaran adalah dua proses termokimia yang terkait, tetapi ada perbedaan penting diantara keduanya. Jika ditinjau dari reaksi kimia yang berlangsung, pembakaran dan gasifikasi memiliki perbedaan dari suplai oksigen yang digunakan. Gasifikasi menggunakan control udara yang terbatas.

### 2.3. Temperatur Gasifikasi

Temperatur akan gasifikasi diwajibkan untuk tinggi dikarenakan pada proses pertama, agar ditemukannya pengeringan sebagai cara penguapan suatu senyawa air dalam pembakaran dimana bertujuan sebagai penghasil gas bersih. Hal tersebut dapat pula berpengaruh akan hasil dari gas dimana ringan terbakar untuk ketahanan temperatur tersebut. maka reservoir reaktor dipisahkan dengan *glasswool* sehingga tidaklah panas dikeluarkan sehingga hasil gasifikasi dan pembakaran menjadi maksimal. Temperatur yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu 500°C – 600°C.

### 2.4 Laju Konversi Bahan Bakar (L'b)

Taksiran kecepatan pembakaran untuk bahan konsumsi, bisa di kalkulasikan perhitungannya dengan rumus berikut:

$$FCR = \frac{V_{bb}}{F_g} \quad (1)$$

$V_{bb}$  = bahan bakar yang menuju masuk.

$F_g$  =faktor gasifikasi (perkiraan lamanya mekanisme gasifikasi akan suatu proses dimasukkannya pembakaran sesuai dengan total jumlah akan pembakaran yang dipakai)

Pembakaran untuk pengkonsumsian pada mekanisme gasifikasi bisa dikalkulasikan perhitungannya menggunakan rumus:

$$FCR = \frac{\text{berat bahan bakar tergasifikasi}}{\text{waktu operasional}} \\ = \frac{\text{berat bahan bakar-berat arang}}{\text{waktu operasional}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right) \quad (2)$$

## 3. Metode Penelitian

Pengujian penelitian ini dilaksanakan menggunakan pembelajaran eksperimen berlandaskan maksud untuk mengetahui terpengaruhnya suatu variabel tertentu akan variabel lain dalam pengontrolan penelitian. Berikut tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- menyiapkan alat penguji cobaan oleh dual reactor fluidized bed gasifier.
- Memeriksa kondisi dari alat ukur.
- Menyiapkan bahan bakar padat berupa sampah kota yang sudah dicacah dengan komposisi 98% Organik dan 2% Nonorganik.
- Menyiapkan material hamparan pasir silika dengan ukuran 0,4 mm sampai 0,5 mm.
- Menyiapkan semua peralatan alat bantu pengujian agar dapat dipastikan wadah pelaksanaan penelitian sehingga tidak tercemar dan bersih, dengan maksud bebas dari asap selain dari reaktor yang bersangkutan.
- Menggunakan hamparan pasir material silika dalam suatu reaktor lewat fuel feeder kemudia nyalakan heater tunggu hingga mencapai temperatur kerja yang diperlukan.
- Mengatur kecepatan udara pada blower dan juga kompresor dengan menggunakan flow meter. Sehingga material hamparan dapat bersirkulasi dengan sempurna.
- Setelah mencapai kondisi steady state kemudia masukkan butiran bahan bakar sampah kota kedalam reaktor melalui fuel feeder dan nyalakan motor listrik agar bahan bakar masuk secara konstan kedalam reaktor gasifikasi.
- Catat waktu operasional, tekanan dan distribusi temperatur kemudia masukkan probe gas analyser ke ujung pipa pembuangan dimana gas analyser tersebut yang sudah dilengkapi dengan filter.
- Ulangi pengujian dengan variasi kecepatan laju aliran yang lain dengan cara mengatur pada tutup buka di reducer dengan melihat angka pada anemometer.
- Setelah pengambilan data selesai, rapihkan dan bersihkan peralatan selajutnya simpan pada tempatnya.
- Gas yang sudah didapat lalu di simpan di dalam tabung dan akan dilihat kadar CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub> dengan menggunakan gas analyser.
- sesudah pencatatan hasil, data yang menunjukkan grafik dan tabel akan kaitannya dengan variatif temoerature sehingga hasil gasifikasi tersebut akan lama prosesnya, kemudia, nilai pada konsumsi berlaju melalui bahan bakar, sehingga

efisiensi gasifikasi atas kandungan sygas yang dikeluarkan.

- Kesimpulan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Pengujian Bahan Bakar

Uji coba pada pembakaran bermaksud agar dapat diketahuinya suatu komposisi dan kandungan atas bahan pembakaran sampah kota yang kemudian dipakai sebagai penelitian pembahasan ini. Dilakukan dalam 4 pengujian yaitu analisis proxymate, analisis ultimate, analisis kalor, dan *thermo gravimetric analysis* (TGA).

**Tabel 1. Hasil Pengujian Proxymate Analysis**

Bahan bakar	Moisture %	Kandungan Abu %	Fixed Carbon %	Volatile Metter %
Sampah Kota	8,65	8,16	3,38	79,81

Didapat nilai *volatile* yang tinggi, disini dapat dilihat bahwa semakin tingginya nilai *volatile* maka menunjukkan sampah kota dapat digunakan sebagai bahan bakar gasifikasi

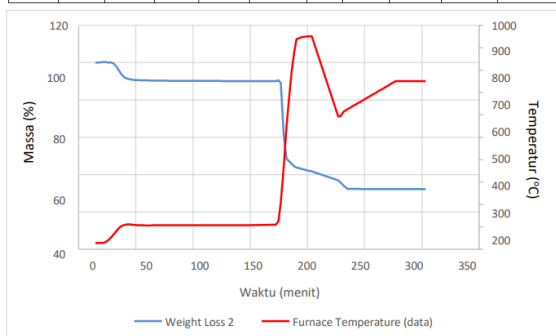
**Tabel 2. Hasil Pengujian Ultimate Analysis**

Bahan Bakar	karbon %	Hidrogen %	Oksigen %	Nitrogen %	Sulfur %
Sampah Kota	64,46	11,50	18,03	0,25	0,05

Unsur karbon dari bahan bakar sampah kota yang mempunyai presentase paling tinggi, sehingga dapat dikonversi menjadi panas untuk mengkonversi unsur CO dan H<sup>2</sup> menjadi gas mampu bakar

**Tabel 3. Nilai Kalor Bahan Bakar Sampah Kota**

Bahan Bakar	Berat Sampel (gram)	Nilai Kalor Standar				Nilai Kalor Sampel Biomassa dan Limbah				
		Benzoid Acid	Temperatur (ΔT)		Nilai Kalor (Cal/°C)	Temperatur (ΔT)		Nilai Kalor (Qc)		
			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Sampe Rata (Cal/gr)	(J/gr)	
Sampah Kota 1	1	6318	28.621	31.275	2380.558	29.390	31.930	6046.616	6701.270	16083.047
Sampah Kota 2	1	6318	28.621	31.275	2380.558	28.643	31.249	6203.733		

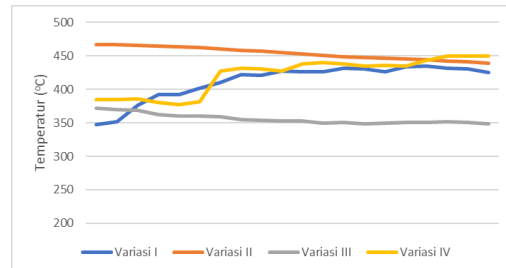


**Gambar 1. Grafik Thermo Gravimetric Analysis**

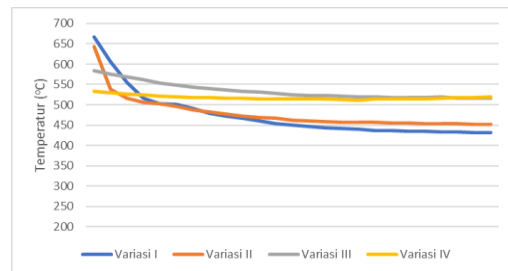
Dapat dilihat bahwa penurunan massa atau *weight loss* secara signifikan berlaku atas temperature 300 – 900°C ssementara itu, atas temperature 120°C berlaku mekanisme pengeringan atau penghilangan kandungan air dimana berasal atas biomassa sampah kota, sehingga bisa didapat bahwa proses gasifikasi dari biomassa sampah kota terjadi pada temperature 300 – 900°C

#### 4.2 Analisa Hasil temperatur

Pada Setiap reaktor dipasang termokopel di beberapa titik yang telah di tentukan (T1, T2, T3, T4) pada reaktor gasifikasi dan (T5, T6, T7, T8) pada reaktor pembakaran, persebaran temperature diukur saat temperatur kerja telah mencapai 500°C pada reaktor gasifikasi dan 600°C pada reaktor pembakaran. Termokopel yang digunakan sebagai perbandingan pada penelitian ini adalah termokopel 3 (T3) pada reaktor gasifikasi, dan termokopel 6 (T6) pada reaktor pembakaran. Sebagai penggambaran dapat ditinjau akan grafik dibawah ini.



**Gambar 1. Grafik Temperatur Gasifikasi**



**Gambar 2. Grafik Temperatur Pembakaran**

#### 4.3 Laju Konversi Bahan Bakar

Setelah melakukan penelitian, maka nilai dari laju konversi bahan bakar (L'b) dari masing-masing variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- a) Variasi I (7 m/s)

$$L'b = \frac{\text{Berat Bahan Bakar} - \text{Berat Arang}}{\text{Lama Nyala}}$$

$$L'b = \frac{0,72 \text{ kg} - 0,145 \text{ kg}}{321 \text{ detik}} = \frac{0,575 \text{ kg}}{0,08 \text{ jam}}$$

$$L'b = 7,187 \text{ kg/jam}$$

- b) Variasi II (8 m/s)

$$L'b = \frac{\text{Berat Bahan Bakar} - \text{Berat Arang}}{\text{Lama Nyala}}$$

$$L'b = \frac{0,72 \text{ kg} - 0,140 \text{ kg}}{373 \text{ detik}} = \frac{0,58 \text{ kg}}{0,103 \text{ jam}}$$

$$L'b = 5,631 \text{ kg/jam}$$

- c) Variasi III (9 m/s)

$$L'b = \frac{\text{Berat Bahan Bakar} - \text{Berat Arang}}{\text{Lama Nyala}}$$

$$L'b = \frac{0,72 \text{ kg} - 0,135 \text{ kg}}{447 \text{ detik}} = \frac{0,585 \text{ kg}}{0,124 \text{ jam}}$$

$$L'b = 4,717 \text{ kg/jam}$$

- d) Variasi IV (10 m/s)

$$L'b = \frac{\text{Berat Bahan Bakar} - \text{Berat Arang}}{\text{Lama Nyala}}$$

$$L'b = \frac{0,72 \text{ kg} - 0,130 \text{ kg}}{480 \text{ detik}} = \frac{0,59 \text{ kg}}{0,133 \text{ jam}}$$

$$L'b = 4,436 \text{ kg/jam}$$

## 5. Kesimpulan

Dari penulisan penelitian yang sudah dilaksanakan dengan memakai variasi kecepatan superficial 7, 8, 9, 10 m/s, hasil temperature di reaktor gasifikasi didapat rata-rata temperatur 437°C dan pada reaktor pembakaran didapat rata-rata temperature 517,8°C. Pada penelitian ini didapat pula nilai laju konversi bahan bakar (L'b), antara lain 7,187, 5,631, 4,717, 4,436 kg/jam.

## Daftar Pustaka

- [1] G. Rinovianto, 2012, *Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet*.
- [2] I. Suprapta Winaya, I. Gede Sujana, and I. Tenaya, 2010, *Formasi Gas Buang Pada Pembakaran Fluidized Bed Sekam Padi*, J. Energi Dan Manufaktur, Vol. 4, No. 1, pp. 2–6.
- [3] I. M. A. Wiranata, I. N. S. Winaya, and A. A. I. A. S. Komaladewi, 2017, *Studi Eksperimental Komposisi Campuran Arang Tempurung Kelapa (Char) dengan Bed Material Tanah Liat Pada Dual Reaktor Fluidized Bed*, Vol. 6, No. 1, pp. 113–119.



**Abdurrahman Muttaqin**

menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020

Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi