

# Pengaruh Variasi *Bed Material* Terhadap Kandungan Syngas Pada *Dual Reactor Fluidized Bed* Berbahan Bakar RDF

Farid Aziz Maulana Zen, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

## Abstrak

*Dual Reactor Fluidized Bed* merupakan salah satu jenis reaktor gasifikasi yang memiliki dua reaktor, yaitu reaktor pembakaran dan reaktor gasifikasi. Prinsip kerja pada reaktor jenis ini didasari oleh proses fluidisasi, dimana bahan bakar padat akan diperlakukan seperti fluida dengan memanfaatkan *bed material*. Dalam penelitian ini menggunakan variasi jenis pasir yang akan digunakan sebagai *bed material*, jenis pasir yang digunakan yaitu pasir silika, dolomit, dan pasir besi. Ketiga jenis pasir yang digunakan tersebut memiliki ukuran yang sama, yaitu 0,5-0,75 mm dengan menggunakan mesh 25 dan 35. Terdapat juga beberapa variabel pengontrol seperti bahan bakar yang digunakan yaitu RDF, penggunaan temperatur 600°C pada reaktor gasifikasi dan 650°C pada reaktor pembakaran, menggunakan gas agen H<sub>2</sub>O dengan temperatur konstan pada 110°C bertekanan 10 psi, serta kecepatan udara dari blower sebesar 9 m/s. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan jenis pasir yang berbeda sebagai *bed material* mempengaruhi kandungan syngas yang dihasilkan, yang mana untuk jenis pasir besi memiliki kandungan syngas paling tinggi yaitu sebesar 4,584% dengan rincian 1,773% CO, 0,648% CH<sub>4</sub>, dan 2,165% H<sub>2</sub>.

Kata kunci : Fluidisasi, *Bed Material*, *Dual Reactor Fluidized Bed*

## Abstract

*Dual Reactor Fluidized Bed* is one type of gasification reactor which has two reactors, namely combustion reactor and gasification reactor. The working principle of this type of reactor is based on the fluidization process, where solid fuel will be treated like a fluid by utilizing *bed material*. In this study using a variety of types of sand that will be used as *bed material*, the types of sand used are silica sand, dolomite, and iron sand. The three types of sand used have the same size, namely 0.5-0.75 mm using 25 and 35 mesh. There are also several controlling variables such as the fuel used, namely RDF, the use of a temperature of 600°C in the gasification reactor and 650°C in the combustion reactor, using H<sub>2</sub>O agent gas with a constant temperature at 110°C at a pressure of 10 psi, and the air velocity of the blower of 9 m/s. The results of this study indicate that the use of different types of sand as *bed material* affects the resulting syngas content, which for this type of iron sand has the highest syngas content of 4.584% with details of 1.773% CO, 0.648% CH<sub>4</sub>, and 2.165% H<sub>2</sub>.

Keywords : Fluidization, *Bed Material*, *Dual Reactor Fluidized Bed*

## 1. Pendahuluan

Sampah selalu menjadi permasalahan yang tidak ada habisnya, volume sampah yang terus meningkat tidak diimbangi dengan pengolahan dan pemanfaatan sampah yang baik. Tentunya hal tersebut mempunyai dampak buruk bagi lingkungan dan keberlangsungan makhluk hidup. Mengelola sampah dengan baik dan benar memiliki prinsip utama yaitu melakukan pencegahan timbunan sampah, memakai kembali sampah, serta melakukan daur ulang sampah [1].

Salah satu langkah pengolahan sampah yang berfungsi untuk mengurangi permasalahan sampah yaitu dengan *refuse derived fuel* (RDF). RDF ini sebagai suatu bahan bakar yang bersumber melalui sampah yang dapat menghasilkan panas tinggi. Dengan merubah sampah menjadi arang melalui proses pirolisis, maka dari itu RDF mampu menjadi bahan bakar alternatif pengganti batu bara [2].

*Dual reactor fluidized bed* sebagai teknologi gasifikasi yang sedang dilakukan pengembangan sekarang ini, yaitu salah satu teknologi yang mampu

mengubah sampah kota atau biomassa menjadi gas untuk dimanfaatkan kembali menjadi energi baru terbarukan. Keunggulan proses gasifikasi yaitu mampu digunakan untuk sampah kota atau biomassa dengan nilai kalor yang cenderung kecil serta tingkat air yang cukup besar.

Pada teknologi gasifikasi *dual reactor fluidized bed* terdapat pula *bed material* sebagai penghantar panas yang bersirkulasi dari reaktor pembakaran menuju reaktor gasifikasi. Dengan demikian peran *bed material* sangat penting dalam proses gasifikasi *dual reactor*, maka dari itu perlu berbagai pertimbangan dalam pemilihan *bed material*. *Bed material* dengan jenis pasir yang berbeda maka akan memiliki karakteristik yang tidak sama juga, sehingga bisa mempunyai memberi pengaruh dalam proses gasifikasi *dual reactor* dan kandungan syngas yang dihasilkan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 *Dual Reactor Fluidized Bed*

*Dual reactor fluidized bed* (DRFB) merupakan sebuah pengembangan teknologi terbaru yang mempunyai sistem sirkulasi *double*, suatu reaktor menjalankan fungsi yang merupakan lokasi proses gasifikasi dan reaktor lainnya menjalankan fungsi sebagai tempat pembakaran. Dengan kata lain pada reaktor jenis ini memiliki proses reaksi endoterm dan reaksi eksoterm yang terpisah, maka pereaksi bisa mencakup udara yang melimpah maka bisa menaikkan total *syngas* yang diciptakan melalui proses itu.

## 2.2 Fluidisasi

Pada proses gasifikasi terdapat istilah yang dikenal dengan fluidisasi. Fluidisasi merupakan suatu kondisi dimana bahan bakar padat akan diperlakukan seperti fluida dengan memanfaatkan *bed material*. Fluidisasi juga bisa berdefinisi merupakan operasi yang mana hamparan zat padat diberi perlakuan layaknya fluida [3]. Sistem fluidisasi antara bahan bakar dengan *bed material* terjadi karena permukaan kontak yang luas. Apabila fluida yang melewati unggun partikel berkecepatan rendah maka unggun tidak dapat mengalami pergerakan, jika sebaliknya bila kecepatan unggun ditambahkan berarti perbandingan tekanan selama unggun akan bertambah pula. Ketika perbandingan titik berat serupa dengan berat unggun dipecah besar penampang, unggun mulai beranjak serta melayang menuju atas. Berbagai partikel padat ini akan bergerak serta memiliki sikap semacam zat alir. Kondisi semacam ini diketahui dengan bebreran terfluidisasi (*fluidized bed*).

## 2.3 Bed Material

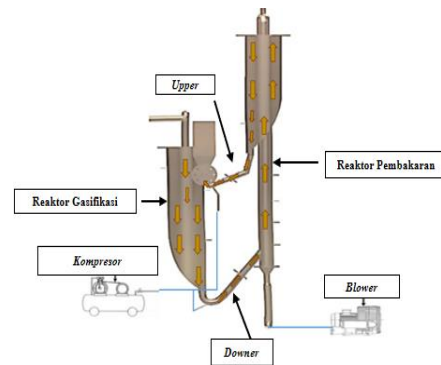
*Bed material* merupakan material hamparan yang akan digunakan untuk menyimpan energi panas yang nantinya akan menghantarkan atau bersirkulasi di dalam reaktor bersama bahan bakar. *Bed material* berbentuk massa padatan granular, umumnya dalam kisaran ukuran 0,1 sampai 0,3 mm. Partikel yang digunakan sebagai *bed material* umumnya yaitu pasir atau kerikil, batu kapur segar atau bekas, dan abu dari batu bara [4]. Partikel *bed material* inilah yang menyebabkan terjadinya penyebaran temperatur secara merata dalam reaktor pembakaran [5].

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Skema Reaktor

DRFB merupakan gasifier berbahan *stainless steel schedule 304*, *gasifier* DRFB terdiri dari dua reaktor, dimana gasifikasi dan pembakaran berlangsung terpisah, kedua reaktor terhubung secara termal oleh *bed material* yang bersirkulasi [6]. Perubahan bahan bakar menjadi gas mampu bakar dengan diameter 101,6 mm terjadi pada reaktor

gasifikasi, sedangkan pada reaktor pembakaran membutuhkan tekanan yang lebih tinggi karena sebagai tempat terjadinya proses pembakaran sehingga memiliki diameter yang lebih kecil yaitu 50,8 mm. Sebagai saluran penghubung antar kedua reaktor digunakan pipa *upper* dan *lower* dengan diameter 25,4 mm. Dalam bagian atas reaktor pembakaran terdapat *cyclone* yang akan memisahkan *bed material* dan abu menuju reaktor gasifikasi melalui *upper*. Sedangkan pipa *lower* berfungsi guna mensirkulasi *bed material* serat bahan bakar mencapai reaktor pembakaran dengan dibantu udara pendorong dari kompresor, lalu kemudian pasir dan arang akan dihembuskan ke bagian atas reaktor pembakaran dengan bantuan blower berkecepatan 9



m/s.

**Gambar 1. Skema DRFB dan Arah Sirkulasi Bed Material.**

## 3.2 Bahan Penelitian

*Bed material* yang digunakan dalam penelitian merupakan pasir silika, dolomit, dan pasir besi dengan ukuran yang sama yaitu 0,5-0,75 mm dengan menggunakan mesh 25 dan 35. Ketiga jenis pasir tersebut dipilih sebagai *bed material* dikarenakan memiliki titik leleh pada suhu yang cukup tinggi, serta merupakan jenis *bed material* dengan harga yang relatif murah dan mudah didapatkan.

## 3 Metode Uji

Penelitian diawali dengan memasukan *bed material* ke dalam reaktor melalui bagian atas reaktor gasifikasi. Reaktor gasifikasi dibiarkan terbuka untuk melakukan pengamatan serta pengambilan sampel pasir yang bersirkulasi. Setelah itu menyalakan blower terlebih dahulu agar suplai udara di bagian bawah reaktor pembakaran berlangsung dengan baik. Kemudian menyalakan kompresor untuk mensuplai udara pada pipa *upper* dan *lower* sehingga pasir di dalam reaktor dapat bersirkulasi. Terlihat dari reaktor gasifikasi pasir akan keluar melalui pipa *upper* dan menandakan bahwa pasir dapat bersirkulasi di dalam reaktor.

Pengambilan sampel pada pengujian dilakukan dengan menampung jumlah pasir yang keluar dari pipa *upper* menggunakan gelas ukur selama 1 menit. Pengujian dilaksanakan sejumlah empat kali dengan variasi ukuran pasir yang tidak sama.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

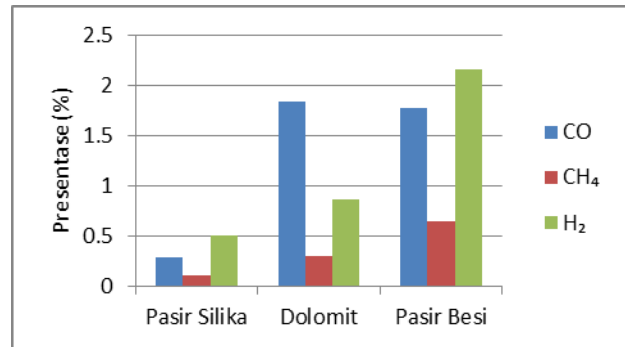
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi tiga jenis *bed material* dengan ukuran yang sama yaitu 0,5-0,75 mm guna melihat pengaruhnya terhadap kandungan *syngas* pada *dual reactor fluidized bed* berbahan bakar RDF, *bed material* yang digunakan yaitu pasir silika, dolomit, dan pasir besi. Data *syngas* hasil gasifikasi diukur menggunakan gas analyzer, pengukuran dilakukan dengan cara merekam hasil *syngas* yang keluar dari saluran *syngas* yang terletak pada bagian atas reaktor gasifikasi kemudian hasil kandungan *syngas* akan tertera pada layar gas analyzer.

Terlihat bahwa jenis *bed material* akan mempengaruhi volume *syngas* dan LHV yang dihasilkan, hal tersebut dikarenakan dari ketiga jenis *bed material* yang digunakan memiliki karakteristiknya masing-masing. Perolehan *syngas* paling tinggi terdapat pada pasir besi dengan total volume, 4,584 % dengan rincian 1,773 % CO, 0,648 % CH<sub>4</sub>, 2,165 % H<sub>2</sub> serta memiliki LHV sebesar 1,646 MJ/m<sup>3</sup>.

**Tabel 1. Kandungan Syngas dan LHV Gasifikasi**

Variasi Bed Material	Kandungan Syngas (% Volume)			Total (% Volume)	LHV (MJ/m <sup>3</sup> )
	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>		
Pasir Silika	0,283	0,102	0,505	0,890	0,580
Dolomit	1,848	0,294	0,867	3,008	0,908
Pasir Besi	1,773	0,648	2,165	4,584	1,646

Tingginya kandungan *syngas* pasir besi yang digunakan sebagai *bed material* juga dikarenakan pasir besi memiliki nilai puncak pada laju pemanasan yang mengalami degradasi tinggi yaitu 16,71 % pada suhu 428,40 °C [7], serta pasir besi memiliki kapasitas serapan sangat tinggi dan dapat berinteraksi baik dengan molekul gas lain seperti O<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, dan CO<sub>2</sub>.



**Gambar 2. Grafik Kandungan Syngas**

#### 5. Kesimpulan

Mengamati riset yang diselenggarakan untuk mengetahui pengaruh variasi *bed material* terhadap kandungan *syngas dual reactor fluidized bed* berbahan bakar RDF, maka diperoleh kesimpulan yaitu kandungan *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi *dual reactor fluidized bed* paling tinggi didapat dengan penggunaan pasir besi sebagai *bed material* sebanyak 4,584% , dengan rincian 1,773% CO, 0,648% CH<sub>4</sub>, 2,165% H<sub>2</sub>.

#### Daftar Pustaka

- [1] Putri, Niluh Wiwik Eka., 2019, **Komunikasi Sosial dalam Mensosialisasikan Penetapan Kebijakan Gubernur Bali Tentang Pembatasan Timbulan Sampah Plastik Sekali Pakai**, Jurnal Nomosleca, 5(1), 44-57.
- [2] Ummatin, K. K., & Pratama, N. B. P., 2021, **Analisa Perilaku Rumah Tangga Dalam Mengelola Sampah Dalam Upaya Mendukung Energi Alternatif Refuse Derived Fuel (RDF)**, Jurnal Dinamika Teknik, 4(1), 40-47.
- [3] Basu, P., & Fraser, S. A., 1991, **Circulating Fluidized Bed Boilers**, Butterworth-Heinemann. United States of America.
- [4] Yuliyani, Ika., Maridjo, Muhammad Abdul M., 2019, **Analisis Sistem Ruang Bakar Boiler Jenis Fluidized Bed Combustion Untuk PLTU Kapasitas 8 MW**, Jurnal Teknik Energi, 9(1), 1-8.
- [5] Santoso, Guntur Budi, 2019, **Analisa Kerusakan Refractory Sealpot CFB Boiler PLTU Tenayan Unit 2**, Skripsi. Universitas Muhammadiyah Riau.
- [6] Wilk, V., & Hofbauer, H., 2013, **Conversion of fuel nitrogen in a dual fluidized bed steam gasifier**, Fuel, 106,

793-801.

- [7] Rajendra, I. M., Winaya, I. N. S., Ghurri, A., & Wirawan, I. K. G., 2021, **Comprehensive Kinetic Study of Pyrolysis of Sunan Candlenut: The Effect of Using Iron Oxide, Zeolite and ZSM-5 as Bed Materials**, *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/ijht>*, 39(2), 493-502.

	<p><b>Farid Aziz Maulana Zen</b> menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2022</p>
<p>Konsentrasi Penelitian Bidang Konversi Energi</p>	