

# Pengaruh Ukuran Pasir Terhadap Laju Sirkulasi Bed Material Pada Dual Reactor Fluidized Bed

Fahru Ahmad Roziqi, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

## Abstrak

DRFB termasuk salah satu jenis reaktor gasifikasi yang prinsip kerjanya didasari oleh proses fluidisasi. Proses fluidisasi yang terjadi pada benda padat hingga berperilaku layaknya fluida menyebabkan bed material dapat bersirkulasi dengan baik pada reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran. Sirkulasi bed material pada sistem DRFB membutuhkan bantuan fluida yang dihembuskan. Dalam penelitian ini menggunakan variasi ukuran pasir kurang dari 0.25 mm, 0.25-0.5 mm, 0.5-0.75 mm, dan 0.75-1 mm. Terdapat juga beberapa variabel pengontrol seperti menggunakan jenis pasir silika sebagai bed material, kecepatan udara dari blower sebesar 9 m/s dan tekanan udara keluar kompresor sebesar 25 psi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan ukuran pada bed material mempengaruhi peningkatan laju sirkulasi bed material pada sistem DRFB. Yang mana untuk ukuran pasir kurang dari 0,25 mm memiliki laju sirkulasi paling tinggi yakni sebesar 14,28 kg/jam.

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

## Abstract

DRFB is a type of gasification reactor whose working principle is based on the fluidization process. The fluidization process that occurs in solid objects to behave like a fluid causes the bed material to circulate properly in the gasification reactor and the combustion reactor. Circulation of bed material in the DRFB system requires the help of exhaled fluid. In this study used variations in the size of the sand less than 0.25 mm, 0.25-0.5 mm, 0.5-0.75 mm, and 0.75-1 mm. There are also several controlling variables, such as using silica sand as the bed material, the air velocity of the blower being 9 m/s and the compressor exit air pressure being 25 psi. The results showed that the decrease in size of the bed material affects the increase in the circulation rate of the bed material in the DRFB system. Which for sand size less than 0.25 mm has the highest circulation rate of 14.28 kg/hour.

Keywords : Fluidization, Bed Material, Dual Reactor Fluidized Bed

## 1. Pendahuluan

Metode gasifikasi merupakan langkah pengkonversian biomassa menjadi gas mampu bakar yang memiliki berbagai jenis reaktor dan cara kerja. DRFB merupakan salah satu jenis reaktor gasifikasi yang cara kerjanya memanfaatkan sirkulasi *bed material* bersuhu tinggi dengan tujuan untuk pemerataan panas pada tabung reaktor pembakaran dan gasifikasi [1]. Secara umum DRFB memiliki sistem kerja yang sangat kompleks, diawali dengan bahan bakar yang masuk pada reaktor gasifikasi untuk menghasilkan syngas, dilanjutkan dengan pasir dan arang sisa hasil gasifikasi bersirkulasi menuju reaktor pembakaran. Karena mendapat suplai oksigen yang cukup maka arang hasil gasifikasi mengalami proses pembakaran sekaligus menaikkan temperatur pasir yang ada pada reaktor pembakaran, yang kemudian dibawa menuju reaktor gasifikasi untuk memanaskan bahan bakar dan begitu secara terus menerus. Pada sistem *dual reactor* dapat mensirkulasikan kembali gas hasil pembakaran yaitu CO<sub>2</sub> menuju reaktor gasifikasi sebagai fungsi agen gasifikasi, dimana agen gasifikasi mampu meningkatkan performansi dari suatu proses

gasifikasi bahan bakar [2]. Dengan demikian sangat penting peran *bed material* dalam suatu proses gasifikasi *dual reactor*, sehingga perlu berbagai pertimbangan untuk pemilihan bed material baik dari jenis bahan, volume, ketahanan panas hingga ukuran bed material. *Bed material* dengan ukuran yang berbeda maka akan memiliki densitas yang berbeda pula, dengan demikian maka akan berpengaruh terhadap pergerakan *bed material* saat menerima hembusan udara dari blower dan kompresor yang berkekuatan sama. Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi CATIA menunjukkan bahwa penggunaan *bed material* dengan ukuran yang lebih besar akan mengurangi besarnya *bubbling* pada proses fluidisasi serta menyebabkan fluidisasi yang lebih lambat [3]. Oleh karena itu dilakukan penelitian terkait pengaruh variasi ukuran pasir terhadap laju sirkulasi *bed material* pada *Dual Reactor Fluidized Bed*.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Dual Reactor Fluidized Bed

DRFB merupakan reaktor gasifikasi bersirkulasi ganda yang memiliki 2 tabung reaksi. Memiliki prinsip kerja dengan mensirkulasikan bed material pada reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran yang dihubungkan oleh pipa *upper* dan *lower*. Pemisahan reaksi antara eksoterm dan endoterm bertujuan agar pereaksi memiliki suplai udara yang melimpah sehingga proses pembakaran dapat berlangsung dengan baik. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran digunakan untuk menaikkan suhu *bed material* yang nantinya akan bersirkulasi menuju reaktor gasifikasi dan memanaskan bahan bakar, sehingga syngas yang dihasilkan akan semakin banyak.

## 2.2 Fluidisasi

Fluidisasi merupakan sistem perlakuan pada *bed material* agar dapat bekerja layaknya seperti fluida [4]. Besarnya permukaan kontak benda padat dengan fluida menyebabkan proses fluidisasi dapat terjadi dengan baik. Dalam keadaan terfluidisasi, gaya pada partikel zat diseimbangkan oleh gaya hambat pada fluida kerja. Pada hamparan padatan jika dialirkan oleh cairan atau fluida dengan kecepatan rendah maka proses fluidisasi tidak akan terjadi. Jika kecepatan udara dinaikkan sampai batas tertentu yang menyebabkan peningkatan perbedaan tekanan di sepanjang hamparan partikel, partikel akan bergerak mengapung mengikuti aliran fluida hingga bersirkulasi.

## 2.3 Bed Material

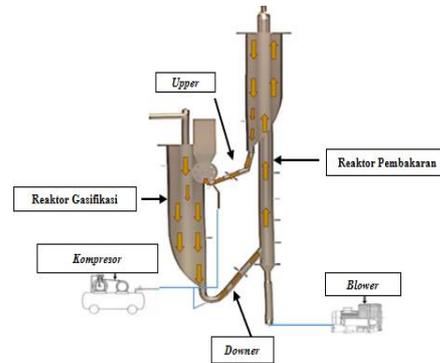
*Bed material* pada sistem gasifikasi berfungsi untuk menyimpan energi panas yang nantinya akan berkontak langsung pada permukaan bahan bakar. Sistem gasifikasi DRFB memerlukan *bed material* dengan ukuran yang relatif kecil sehingga bahan bakar dan *bed material* mampu mengalami fluidisasi pada tabung reaktor. Selain itu juga *bed material* diharapkan memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi. Pasir silika merupakan salah satu material yang sangat cocok digunakan karena memiliki karakteristik yang sesuai dalam proses gasifikasi *dual reactor*, serta memiliki ukuran yang sangat variatif sehingga penelitian dengan variasi ukuran *bed material* dapat dilakukan.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Skema Reaktor

Unit *dual reactor fluidized bed* terdiri dari dua tabung reaktor, yaitu reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran. Kedua reaktor tersebut dihubungkan oleh *upper* pada bagian atas dan *lower* pada bagian bawah. Pada reaktor gasifikasi terjadi proses pengkonversian bahan bakar menjadi gas mampu bakar yang memiliki diameter 101,6 mm. Untuk reaktor pembakaran karena sebagai tempat berlangsungnya proses pembakaran maka

membutuhkan tekanan yang lebih tinggi sehingga memiliki ukuran yang lebih kecil yaitu 50,8 mm. Pipa *upper* dan *lower* yang digunakan sebagai saluran penghubung antara kedua reaktor memiliki diameter 25,4 mm. Pada bagian atas reaktor terdapat *cyclone* yang berfungsi untuk menyaring gas dan abu sisa pembakaran serta sebagai tempat sirkulasi pasir dan arang yang belum terbakar sempurna.



Gambar 1. Skema DRFB dan arah sirkulasi *bed material*

Pasir dari reaktor gasifikasi bersirkulasi menuju reaktor pembakaran melalui pipa *lower* dengan bantuan udara pendorong dari kompresor. Setelah memasuki reaktor pembakaran pasir dan arang akan dihembuskan menuju ke bagian atas reaktor oleh udara dari blower dengan kecepatan 9 m/s. Setelah mengalami proses pembakaran, pasir akan kembali turun menuju reaktor gasifikasi melalui pipa *lower* dengan bantuan udara dari kompresor.

### 3.2 Bahan Penelitian

*Bed material* yang digunakan dalam penelitian merupakan pasir silika dengan empat variasi ukuran. Pasir silika dipilih sebagai *bed material* dikarenakan dapat dijumpai dalam ukuran yang sangat variatif sehingga penelitian dengan menggunakan variasi ukuran sangat mungkin untuk dilakukan. Disamping itu pasir silika juga memiliki titik leleh pada suhu yang cukup tinggi yakni 1600° C, sehingga jika penelitian dilanjutkan dengan proses gasifikasi dan pembakaran maka dapat dilakukan.

Variasi ukuran *bed material* diperoleh dengan melakukan pengayakan menggunakan *wire mesh* berbagai ukuran. Untuk variasi I dengan ukuran 1-0.75 mm menggunakan ayakan mesh 18 dan 25, pasir yang lolos pada ayakan mesh 18 dan tertinggal pada ayakan *mesh* 25, begitu juga dengan variasi yang lainnya dengan menggunakan ukuran ayakan yang berbeda.

**Tabel 1. Tabel massa jenis dan variasi ukuran bed material**

Ukuran Pasir (mm)	Massa Jenis (Kg/L)	Ukuran Wire Mesh
(1-0,75)	1,528	18 dan 25
(0,75-0,5)	1,534	25 dan 35
(0,5-0,25)	1,550	35 dan 60
(<0,25)	1,570	60

### 3.3 Metode Uji

Penelitian diawali dengan memasukan pasir 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 dilakukan dengan menampung jumlah pasir yang keluar dari pipa *upper* menggunakan gelas ukur selama 1 menit. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi ukuran pasir yang berbeda.

### 4. Hasil dan Pembahasan

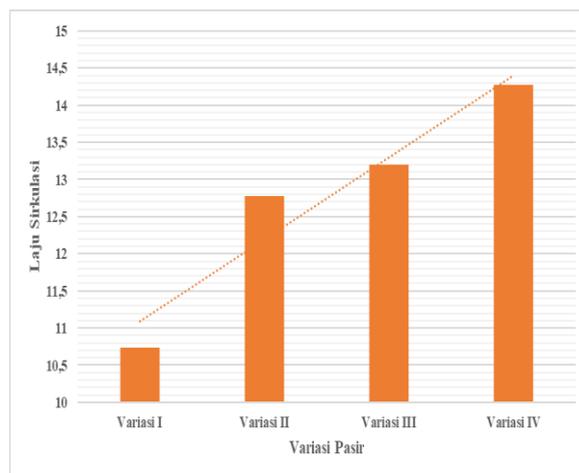
**Tabel 2. Data hasil penelitian**

	Ukuran Pasir (mm)	Massa Pasir (gram)	Waktu (Menit)
1	(1-0,75)	179	1
2	(0,75-0,5)	213	1
3	(0,5-0,25)	220	1
4	(<0,25)	238	1

**Tabel 3. Laju sirkulasi bed material**

	Ukuran Pasir(mm)	Laju Sirkulasi (kg/jam)
1	(1-0,75)	10,74
2	(0,75-0,5)	12,78
3	(0,5-0,25)	13,20
4	(<0,25)	14,28

Dari data hasil pengujian diatas maka dapat dianalisis dan dibuat grafik pengaruh ukuran pasir terhadap laju sirkulasi *bed material* pada DRFB berikut:



**Gambar 2. Grafik variasi ukuran pasir terhadap laju sirkulasi bed material**

Pasir dengan diameter yang lebih kecil memiliki berat yang lebih ringan, sehingga dengan kecepatan udara masuk dari blower maupun kompresor yang di diatur sama maka akan menyebabkan perbedaan perlakuan pada butir *bed material*. Butir yang lebih kecil akan lebih cepat mengalami pergerakan sehingga sangat mempengaruhi sirkulasi bed material di dalam reaktor.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran pasir akan mempercepat laju sirkulasi *bed material* di dalam reaktor DRFB. Pada Variasi IV dengan ukuran pasir kurang dari 0,25 mm memiliki laju sirkulasi paling besar yaitu 14,28 Kg/Jam.

### Daftar Pustaka

- [1] Benedikt, Florian; Schmid, Johannes, Cristian; Hofbauer, Herman, *Waste Gasification an Advanced 100 kW Dual Reactor Fluidized Bed Gasifier*, Proceedings of SEE 2017, Bled, Slovenia.
- [2] Maurhofer, A. M., Fuchs, J. Muller, S. Benedikt F., Schmid J. C., & Hofbauer H, (2019), *CO<sub>2</sub> Gasification in a Dual Reactor Fluidized Bed System: Impact on the Product Gas Composition Fuel*, 253 (May), 1605-1616.
- [3] Dalimunte, A. K., Permatasari, R., Cahyati, S., *Pengaruh Diameter Partikel Terhadap Fenomena Gasifikasi di Dalam Fluidized Bed*, (2018), Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trisakti.
- [4] Basu, P., (2010), *Biomass Gasification and Pyrolysis*, Elsevier Inc, USA.

- [5] Pratama, I. P. A. Y., (2021), **Studi Eksperimental Gasifikasi Injeksi Agen O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O Pada Gasifikasi Dual Reactor Fluidized Bed Sampah Kota (Municipal Solid Waste)**, Tesis, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana.

	<p><b>Fahru Ahmad Roziqi</b> menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2022</p>
<p>Konsentrasi Penelitian Bidang Konversi Energi</p>	