

Studi Temperatur dan Hasil Gas Komposisi Bahan Bakar Sampah Kota pada Gasifikasi *Dual Reactor Fluidized Bed*

Gian Geraldo Pangaribuan, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Permasalahan utama yang sering dialami oleh berbagai negara di seluruh dunia adalah sampah karena bersifat sukar untuk diuraikan, namun keberadaannya semakin meningkat setiap tahun. Pulau Bali merupakan salah satu destinasi wisata yang jumlah sampahnya terus meningkat. Salah satu cara untuk mengurangi timbunan sampah adalah memanfaatkannya menjadi energi, menggunakan teknologi gasifikasi yaitu sistem fluidisasi (*fluidized bed*). Penelitian ini bertujuan untuk melihat hasil temperatur dan hasil gas dari komposisi bahan bakar sampah kota pada sistem gasifikasi *dual reactor fluidized bed* (DRFB). Bahan Bakar yang dipakai yaitu sampah organik dan anorganik yang telah dicacah dan dikeringkan dengan variasi sampah anorganik sebanyak 0%, 2%, 4% dan 6% dari 720 gram total sampah. Hasil pengujian didapat persentase jumlah syngas yang dihasilkan paling banyak pada variasi III sebanyak 10,507%.

Kata kunci: *Dual Reactor Fluidized Bed, Gasifikasi, Sampah Kota, Temperatur*

Abstract

The main problem that is often experienced by various countries around the world is waste because it is difficult to decipher, but its existence is increasing every year. The island of Bali is one tourist destination whose number of arrivals continues to increase. One way to reduce waste piles is to use it as energy, using gasification technology, namely the *fluidized bed* system. This study aims to see the results of temperature and gas yields from the composition of municipal solid waste fuel in a *dual reactor fluidized bed* (DRFB) gasification system. The fuel used is organic and inorganic waste that has been chopped and dried with variations of inorganic waste as much as 0%, 2%, 4% and 6% of the total 720 grams of waste. The test results obtained the percentage of the amount of syngas produced at most in variation III as much as 10.507%.

Keywords: *Dual Reactor Fluidized Bed, Gasification, Waste, Temperature*

1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan global yang sedang marak pada saat ini yaitu jumlah sampah yang meningkat setiap tahunnya. Jumlah total sampah di Indonesia diperkirakan mencapai 68 juta ton sehingga akan hal itu, sampah plastik di Indonesia diperkirakan mencapai total 9,52 juta ton, sumber tersebut didapat dari data kementerian lingkungan hidup dan kehutanan.

Salah satu cara untuk mengurangi timbunan sampah adalah memanfaatkan sampah menjadi energi terbarukan. Permintaan energi di seluruh dunia meningkat dan bagian terbesar dari pertumbuhan saat ini ditutupi oleh minyak dan gas. Teknologi gasifikasi adalah teknologi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sampah [1]. Gasifikasi merupakan proses dimana suatu pembakaran atas suplai udara terbatas (20% - 40% udara stoikiometri) dimana konversi bahan bakar padat dikonversi menjadi gas (CO, CH₄, dan H₂) [2].

Untuk menangani masalah penumpukan sampah yang terus meningkat, dikembangkanlah salah satu teknologi gasifikasi yaitu *fluidized bed* menggunakan *dual reactor* untuk melakukan proses gasifikasi dan pembakaran yang disebut *Dual Reactor Fluidized Bed* (DRFB). DRFB juga telah diidentifikasi sebagai reactor yang layak untuk pirolisis biomassa dalam skala yang besar [3].

Pengujian ini menggunakan sampah yang dicacah, yang termasuk didalamnya adalah sampah anorganik dan sampah organik. Variasi kandungan sampah organik dan anorganik bertujuan untuk mengetahui apakah campuran sampah organik dan anorganik berpengaruh pada hasil temperatur dan kandungan gas yang dihasilkan dari DRFB. Penelitian ini bertujuan untuk melihat dan menganalisa hasil temperatur dan hasil gas dari variasi komposisi campuran sampah organik dan anorganik pada alat DRFB.

Beberapa batasan permasalahan akan suatu penelitian penulisan sebagai berikut:

1. Proses fluidisasi dilakukan pada *Dual Reactor Fluidized Bed* (DRFB)
2. Bahan bakar sampah adalah sampah organik dan sampah anorganik yang dicacah dengan variasi massa sampah anorganik
3. Sampah organik terdiri dari sampah organik bebas yang dicampur dan dicacah.
4. Sampah anorganik yaitu sampah kantong plastik yang dicacah
5. *Bed material* yang digunakan adalah pasir silika berukuran 0,4 mm
6. Temperatur lingkungan disekitar gasifikasi dianggap konstan

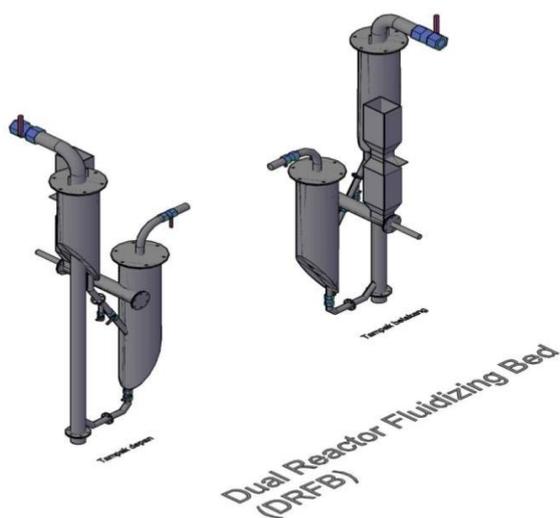
7. Penelitian bertujuan untuk melihat hasil temperatur dan hasil gas dari variasi sampah organik dan anorganik pada DRFB

2. Dasar Teori

2.1. Dual Reactor Fluidized Bed (DRFB)

Sebuah pengembangan teknologi terbaru yaitu *Dual Reactor Fluidized Bed* (DRFB) terwujud akan suatu jenis reaktor dimana mempunyai sistematis peredaran ganda, yang diharuskan salah satu reaktor berjalan untuk membakar biomassa yang tidak terkonversi secara sempurna. Dari penyatuan tipe yang telah disebutkan menjadikannya DRFB merupakan suatu teknologi atas proses gasifikasi dan proses pembakaran terpisah dimana memaksudkan agar pemisahan reaksi eksoterm dan endoterm. Pemisahan atas kedua hal tersebut, maka pereaksian boleh berwujud udara yang meluap sehingga hal tersebut meningkatnya hasil dari proses jumlah syngas [4].

Langkah kerja dari DRFB yaitu pembakaran yang dibanamkan kedalam *fuel feeder* menuju reaktor gasifikasi, setelah itu diaruskan ke reaktor bahan bakar agar dihasilkannya suatu gas dan sebuah sisa biomassa yang tidak teralihkan dengan baik diaruskan kembali, sehingga dapat dikonversi terhadap gas. Pada suatu reaktor bahan bakar, bahan bakar dan materials hamparan (*bed material*) difluidisasikan, dimana residua rang atau char yang tersisa dikeluarkan dari bagian bawah reaktor yang disebut *downer*, bersamaan dengan material hamparan yang tersirkulasi di antar kedua reaktor.



Gambar 1. Dual Reaktor Fluidized Bed

2.2. 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 resorvoar 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.

2.3. Gasifikasi Fluidized Bed

Teknik gasifikasi merupakan dipilihnya pada penelitian ini adalah tipe fluidized bed. Karena keunggulannya bisa berfungsi sebagai pengolah pembakaran atas kualitas standar dengan tambahan abu tinggi. Berawal dari pemanasan ruang bakar eksternal hingga muncul temperatur reaktor yang bekerja sehingga proses dari diadakannya konversi akan suatu energi dengan teknologi ini dapat dilakukan. Pengantaran material gasifikasi dimana umumnya sering dipakai agar panas yang dihasilkan dapat terabsorpsi yang menggunakan material pasir silika. Bahan tersebut disertai dengan bara api berguna untuk pengalaman akan turbulensi dalam suatu ruang pembakaran sehingga kesamarataan sistem temperatur yang bersangkutan terjaga sehingga mengakibatkan proses tersebut berjalan dengan baik.

Keseragaman temperature merupakan faktor penting dalam penjagaan kestabilan suatu bahan bakar, dimana bermanfaat untuk pengurangan sebuah emisi polutan sebagai sebab dari keluaran bahan bakar yang tidaklah menyentuh angka pas. Proses tersebut terjadi pada operasi dan temperature yang berada dibawah leleh abu, akan hal tersebut, sebagai cara penghilangan material abu akan mekanisme gasifikasi menjadi enteng. Oleh karena itu, gas fluidized bed pas dipakai sebagai cara untuk mengolah pembakaran padat dimana kandungan abu tinggi, daripada harus memprosesnya pada kondisi rendah.

3. Metode Penelitian

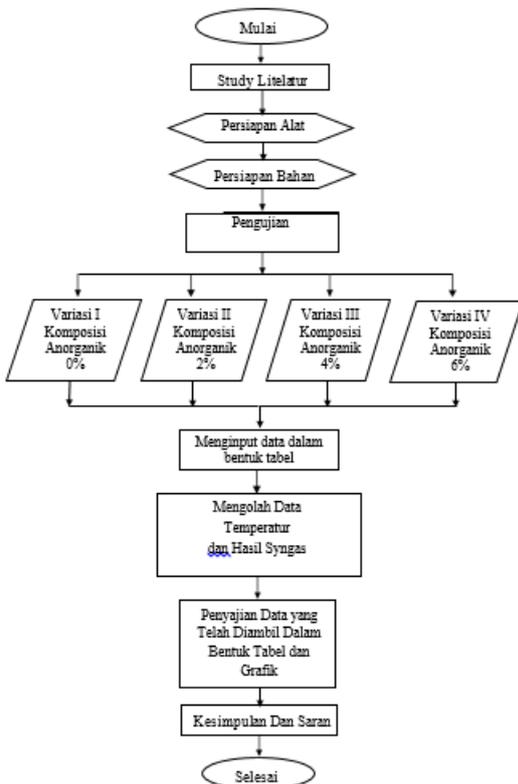
Metode pendekatan secara eksperimental ini dilakukan sesuai dengan tujuan pelaksanaan penelitian yaitu mengetahui bagaimana hasil temperature dan hasil gas dari gasifikasi DRFB berbahan bakar sampah perkotaan dengan variasi komposisi campuran sampah organik dan anorganik, dengan laju aliran standar yang telah ditentukan.

Rancangan penelitian dengan metode pendekatan eksperimental meliputi hal-hal sebagai berikut,

1. Perumusan masalah sesuai konsep dan ide penelitian
2. Menentukan perlakuan apa yang akan dilakukan dan dampak yang ingin dilihat hasilnya
3. Menentukan objek yang akan diberi perlakuan tertentu
4. Membangun instrumentasi ukuran dalam hal pengumpulan data.
5. Dilaksanakannya suatu mekanisme penelitian atas pengumpulan suatu data.
6. Analisa data
7. Dirumuskannya kesimpulan

variable dimana berfungsi atas pembahasan ini antara lain sebagai berikut:

1. Variabel bebas
Adalah suatu variabel dimana terpengaruhnya kemunculan akan gejala. pembahasan ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi kandungan sampah yang dicacah, berikut variasi yang digunakan:
 - a. Variasi 1 (kandungan massa sampah organik 100%, sampah anorganik 0%)
 - b. Variasi 2 (kandungan massa sampah organik 98%, sampah anorganik 2%)
 - c. Variasi 3 (kandungan massa sampah organik 96%, sampah anorganik 4%)
 - d. Variasi 4 (kandungan massa sampah organik 94%, sampah anorganik 6%)
2. Variabel terikat
Merupakan pengelompokan suatu gejala dimana kepemilikan aspek berupa unsur yang akan dijadikan penerima akan mencoba untuk disesuaikan atas variabel lain. Dalam pembahasan ini variabel tersebut:
 - a. Temperatur
 - b. Hasil gas mampu bakar (*syngas*)



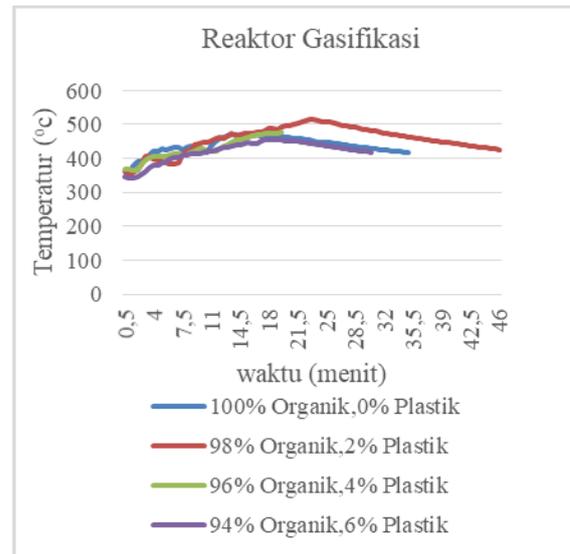
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

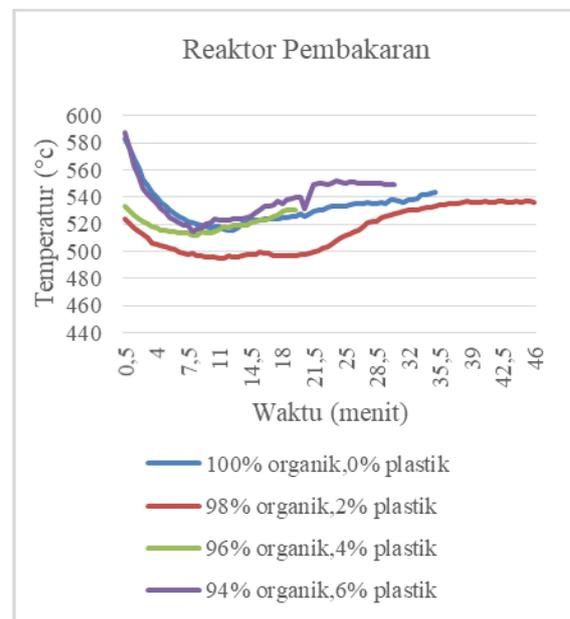
4.1. Analisa Hasil Temperatur

Pada penelitian ini pada setiap reactor di pasang termokopel di beberapa titik yang telah ditentukan (T1, T2, dan T3) pada reactor gasifikasi dan (T4, T5, T6, T7, dan T8) pada reactor pembakaran. Persebaran temperature diukur saat temperature kerja

telah tercapai 500oC pada reactor gasifikasi dan 600oC pada reactor pembakaran. Termokopel yang di gunakan sebagai perbandingan pada penelitian ini adalah termokopel 3 (T3) pada reactor gasifikasi, dan termopel 6 (T6) pada reactor pembakaran. Untuk lebih lengkapnya dilihat pada mekanisme dibawah ini.



Gambar 3. Perbandingan Temperatur Reaktor Gasifikasi



Gambar 4. Perbandingan Temperatur Reaktor Pembakaran

Dari grafik hasil penelitian pada gambar 3 grafik perbandingan temperature reactor gasifikasi menunjukkan variasi I memiliki temperature yang naik di awal lalu turun, begitu pula dengan variasi II, variasi III dan variasi IV, tetapi sangat terlihat jelas kenaikan dan penurunan di variasi II. Pada gambar 4 menunjukkan distribusi temperature pada reactor pembakaran dimana grafik menunjukkan adanya

penurunan temperature di awal penyalaan heater pada rector pembakaran. Hal ini dikarenakan hembusan udara dari blower dan kompresor.

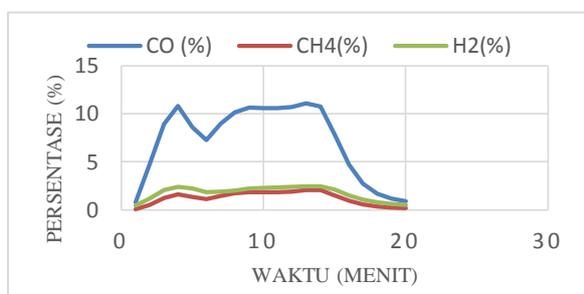
4.2. Data Pengujian Hasil Gasifikasi

4.2.1. Hasil Data Gas Variasi I (0% Anorganik)

Pada pengujian gasifikasi dual reactor ini didapatkan rata-rata hasil gas gasifikasi dimulai dari terbentuknya CO hingga habis atau tidak adanya gas CO yang terbentuk lagi seperti tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Kandungan Gas Massa Sampah 100% Organik, 0% Plastik

Kandungan Rata-rata Gas (% Volume)		
CO(%)	CH4(%)	H2(%)
7,186	1,2245	1,7425



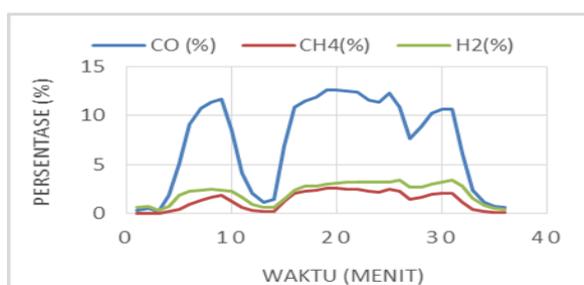
Gambar 5. Grafik Syngas 100% Organik, 0% Plastik

Pada gambar 5 grafik syngas dapat diketahui bahwa gas CO tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 10,82%, sedangkan untuk gas CH4 tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 2,08% dan untuk gas H2 tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 2,46%.

4.2.2. Hasil Data Gas Variasi II (2% Anorganik)

Tabel 2. Hasil Kandungan Gas Massa Sampah 98% Organik, 2% Plastik

Kandungan Rata-rata Gas (% Volume)		
CO (%)	CH4 (%)	H2 (%)
7,186	1,2245	1,7425



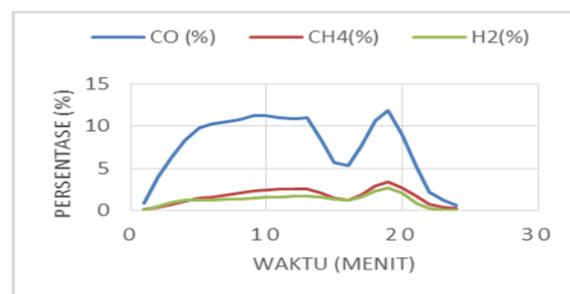
Gambar 6. Grafik Syngas 98% Organik, 2% Plastik

Pada gambar 6 grafik syngas dapat diketahui bahwa gas CO tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 12,56%, sedangkan untuk gas CH4 tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 2,62% dan untuk H2 tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 3,37%.

4.2.3. Hasil Data Gas Variasi III (4% Anorganik)

Tabel 3. Hasil Kandungan Gas Massa Sampah 96% Organik, 4% Plastik

Kandungan Rata-rata Gas (% Volume)		
CO (%)	CH4 (%)	H2 (%)
7,186	1,2245	1,7425



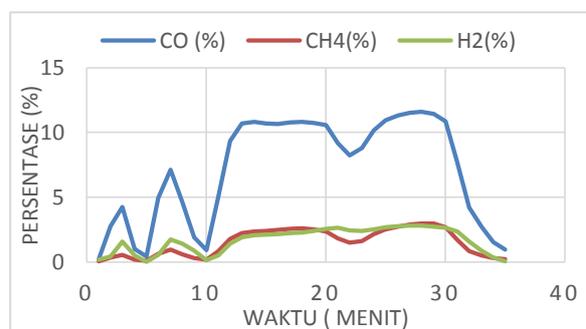
Gambar 7. Grafik Syngas 96% Organik, 4% Plastik

Pada gambar 7 grafik syngas dapat dilihat bahwa gas CO tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 11,22% sedangkan untuk gas CH4 tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 3,34% dan untuk gas H2 tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 2,59%.

4.2.4. Hasil Data Gas Variasi IV (6% Anorganik)

Tabel 4. Hasil Kandungan Gas Massa Sampah 94% Organik, 6% Plastik

Kandungan Gas (% Volume)		
CO(%)	CH4(%)	H2(%)
7,12	1,2245	1,7425



Gambar 8. Grafik Syngas 94% Organik, 6% Plastik

Pada gambar 8 grafik dapat diketahui bahwa gas CO tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 11,59%, sedangkan untuk gas CH4 tertinggi yang

mampu dihasilkan sebesar 2,98% dan untuk gas H₂ tertinggi yang mampu dihasilkan sebesar 2,81%.

5. Kesimpulan

Bersumber dari pengelasan atas uji yang sebelumnya dijalankan, dapat ditarik garis simpulan bahwa:

1. Temperatur tertinggi akan reaktor gasifikasi dihasilkan oleh variasi II, yaitu 500°C, dan yang terendah yaitu variasi IV sebesar 450°C
2. Temperatur tertinggi pada reaktor pembakaran dihasilkan oleh variasi IV, yaitu 550°C, dan yang terendah yaitu variasi III sebesar 530°C
3. Hasil syngas yang paling dominan dalam penelitian adalah gas CO yang umumnya terlihat dari menit ke-10 dari setiap waktu operasi.

Daftar Pustaka

- [1] Kern, S., Pfeifer C. & Hofbauer, H., 2013, *Gasification of lignite in a dual fluidized bed gasifier. – “Influence of bed material particle size and the amount of steam. Fuel Processing Technology*, 111,1–13. Institute of Chemical Engineering, Vienna University of Technology.
- [2] Rinovianto G., 2012, *Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- [3] Swart S., 2012, *Modelling and Construction of a Scalable Dual Fluidised Bed Reactor for the Pyrolysis of Biomass*, University of Pretoria
- [4] Basu, Prabir, 2006, *Gasification And Combustion*, Halifax, Nova Scotia By Taylor and Francis Group, LLC.



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

Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi