

Studi Pengaruh Penambahan Limbah Plastik pada Sampah Kota Terhadap Temperatur dan Fuel Conversion Rate Gasifikasi Downdraft

I Made Dony Mei Hermawan, INyoman Suprapta Winaya, IPutu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sampah plastik merupakan permasalahan yang di hadapi oleh seluruh dunia tidak terkecuali Indonesia. Pulau bali yang memiliki daya tarik wisata mancanegara, seiring pertumbuhan pariwisata jumlah sampah plastik yang dihasilkan terus meningkat. Salah satu teknologi yang mampu mengubah sampah menjadi energi yaitu teknologi gasifikasi. Teknologi gasifikasi ini merubah sampah menjadi energi dengan mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (*syngas*) melalui pembakaran dengan suplai udara yang terbatas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik terhadap temperature gasifikasi downdraft sampah kota dengan penambahan plastik sebanyak 2%, 4%, dan 6% dari 1 kg sampah organik. Perbedaan jumlah campuran plastik nantinya akan menghasilkan karakteristik bahan bakar yang berbeda sehingga dapat di ketahui campuran bahan bakar yang paling bagus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi dengan penambahan 2% masa plastik, di dapatkan hasil yaitu dalam waktu 2,5 menit reaktor gasifikasi mampu mencapai suhu 869 °C dengan Fuel Conversion Rate sebesar 1.87 kg/jam, penambahan 4% masa plastik, di dapatkan hasil yaitu dalam waktu 2,5 menit reaktor gasifikasi mampu mencapai suhu 468 °C dengan Fuel Conversion Rate sebesar 1.75 kg/jam, dan dengan penambahan 6% masa plastik, di dapatkan hasil yaitu dalam waktu 2,5 menit reaktor gasifikasi mampu mencapai suhu 383 °C dengan Fuel Conversion Rate sebesar 1.43 kg/jam.

Kata kunci: Gasifikasi, temperatur, penambahan 2%, 4%.dan 6% masa plastik

Abstract

Plastic waste is a problem faced by the whole world, including Indonesia. The island of Bali which has a foreign tourist attraction, along with tourism growth, the amount of plastic waste produced continues to increase. One of the technologies that can convert waste into energy is gasification technology. This gasification technology converts waste into energy by converting solid fuel into combustible gas (*syngas*) through combustion with a limited air supply. This study aims to determine the effect of adding plastic waste to the temperature of downdraft city waste gasification with the addition of plastic as much as 2%, 4%, and 6% of 1 kg of organic waste. The difference in the amount of plastic mixture will later produce different fuel characteristics so that the best fuel mixture can be found. The results showed that in variations with the addition of 2% plastic mass, the results were that within 2.5 minutes the gasification reaktor was able to reach a temperature of 869 °C with a Fuel Conversion Rate of 1.87 kg / hour, an addition of 4% of plastic mass, the results were within 2.5 minutes the gasification reaktor is able to reach a temperature of 468 °C with a Fuel Conversion Rate of 1.75 kg / hour, and with the addition of 6% of the plastic mass, the results are that within 2.5 minutes the gasification reaktor can reach a temperature of 383 °C with fuel Conversion Rate of 1.43 kg/hour.

Keywords: Gasification, temperature, adding 2%, 4%. and 6% of the plastic mass

1. Pendahuluan

Sampah plastik merupakan salah satu sampah yang sangat sulit untuk di uraikan dan merupakan salahsatu masalah yang dialami oleh berbagai negara tidak terkecuali di Indonesia. Bali merupakan salah satu pulau yang memiliki dayatarik wisatawan mancanegara, dimana seiring pertumbuhan pariwisata di bali jumlah sampah yang di hasilkanpun semakin tinggi terutama jenis sampah plastik. Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH), dan Badan Pusat Statistik (BPS) daerah bali pada tahun 2019 jumlah sampah yang dihasilkan di Bali mencapai 4.281 ton per hari atau 1,5 juta ton pertahunnya dan 11%-nya mengalir ke laut, jumlah ini terus meningkat setiap tahunnya. Indonesia memiliki kekayaan vegetasi yang melimpah meliputi di bidang pertanian, perkebunan dan perhutanan yang menyebabkan melimpahnya sumber energi biomasa

baik itu masih dalam wujud bahan baku maupun limbah untuk mengatasi jumlah sampah yang kian hari semakin menumpuk ini dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi energi terbarukan. Salah satu teknologi yang mampu mengubah sampah menjadi energi yaitu teknologi gasifikasi. Teknologi gasifikasi ini merubah sampah menjadi energi panas dengan mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (*syngas*) melalui pembakaran dengan suplai udara yang terbatas. Teknologi gasifikasi ini dirasakan lebih bagus dalam mengatasi permasalahan sampah ini dimana produk yang dihasilkan dari proses gasifikasi berupa *syngas* atau gas mampu bakar yang nantinya mampu untuk di konversi lagi menjadi energi panas atau gerak (energi mekanik).

Penelitian yang di lakukan oleh Angga Yuda (2019), tentang variasi perlakuan awal bahan bakar (kering, pellet, briket) pada gasifikasi biomasa

sampah kota dengan sistem downdraft kontinyu dan didapatkan hasil yaitu efisiensi terbaik didapatkan pada perlakuan bahan bakar yang diberikatkan sebesar 61,32 %. Sedangkan untuk variasi I yaitu bahan bakar kering dengan efisiensi 51,89%. Efisiensi terendadidapatkan pada variasi II yaitu bahan bakar pellet dengan efisiensi 49,78%.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh feiqiang guo et al (2014)., berbahan dasar tongkol jagung (*corn stalk*) kering dengan metode mempariasikan equivalence Ratio 0,8 – 0,37 dan didapatkan hasil bahwa pada ER 0,25 - 0,27 dihasilkan gas dalam kondisi terbaik dengan *Low Heating Value (LHV)* sekitar 5400 KJ/m³ dan cold gas *efficiency* sebesar 65%.

Berdasarkan nilai kalornya sampah makanan yang berupa sampah organik memiliki nilai kalor tertinggi dan plastik tertinggi ke dua setelah sampah organik. Sehingga jika penelitian ini menggunakan sampah organik yang dicampur dengan sampah anorganik (plastik) dengan variasi 2%, 4%, dan 6% plastik dari 1kg sampah, dari variasi tersebut diharapkan temperature dan energi yang dihasilkan dari proses gasifikasi meningkat ataupun lebih baik dari bahan bakar lainnya. Maka dari itu penelitian yang akan dilakukan adalah mengenai pengaruh penambahan limbah plastik terhadap temperature gasifikasi *downdraft* sampah kota. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa bagaimana pengaruh campuran komposisi bahan bakar gasifikasi yang berbahan bakar sampah kota dengan penambahan sampah plastik sebanyak 2%, 4%, dan 6% dari 1kg masa sampah organik terhadap performansi gasifikasi gowndraft. Adapun parameter yang akan di tetapkan pada penelitian ini adalah Air Fuel Rate (AFR) dan Equivalence Ratio₁ (ER)

2. Dasar Teori

2.1 Sampah (Waste)

Sampah adalah sebuah material sisa yang berbentuk pada, cair, ataupun gas yang sudah tidak terpakai, dan dilepaskan kealam. Berdasarkan sifatnya sampah dibedakan menjadi tiga, yaitu ada sampah organik, sampah non-organik, dan limbah B3 (Berbahaya, Beracun, Berbau). Sampah kota yang dipakai merupakan material sisa dari rumah tangga ataupun industri kecil menengah

2.2 Teknologi Gasifikasi

Teknologi gasifikasi merupakan teknologi yang mamapu merubah sampah menjadi energi panas dengan mengkonversi bahan bakar padat maupun cair menjadi gas mampu bakar atau *syngas* (CO, CH₄, H₂) melalu pembakaran dengan suplai udara yang terbatas.

Gasifikasi *downdraft* adalah salah satu teknologi gasifikasi dimana arah pergerakan udara bergerak menuju ke arah zona gasifikasi di bagian bawah yang menyebabkan asap *pyrolysis* yang dihasilkan melewati zonai gasifikasi yang panas. Hal ini menyebabkan tar yang terkandung dalam asap menjadi terbakar, sehingga gas yang dihasilkan oleh

reaktor ini lebih bersih. Keuntungan reaktor tipe ini adalah reaktor ini dapat digunakan untuk operasi gasifikasi yang berkelanjutan dengan pemasukan bahan bakar melalui bagian atas reaktor.

2.3 Kecepatan Konsumsi Bahan Bakar

FCR (Fuel Conversion Rate) atau kecepatan konsumsi bahan bakar adalah laju konversi bahan bakar atau jumlah konversi bahan bakar per satuan waktu. *FCR* dapat di hitung dengan cara sebagai berikut:

$$FCR = \frac{\text{berat bahan bakar tergasifikasi}}{\text{waktu oprasional}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right) \quad (1)$$

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

3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental yang meliputi perbaikan reaktor gasifikasi *downdraft*, menyiapkan campuran bahan bakar dengan komposisi 98% organik dan 2% plastik dari 1 kg sampah, 96% organik dan 4% plastik dari 1 kg sampahdan terakhir dengan komposisi 94% organik dan 6% plastik Setelah bahan bakar di campur selanjutnya di pellet menggunakan mesin pellet. Setelah bahan bakar siap selanjutnya melakukan pengujian, sebelum melakukan pengujian pastikan *thermocouple* sudah terhubung ke *data logger* dan siap untuk merekam data temperatur. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan salah satu variasi bahan bakar sebanyak 1 kg ke reaktor gasifikasi selanjutnya nyalakan lewat lubang sulut api sampai terbentuk bara api selanjutnya hidupkan *blower* dan dan mulai merekam temperature pada *data logger* bersamaan dengan itu ukur kecepatan udara masuk reaktor sesuai dengan kebutuhan udara gasifikasi. Pengujian dilakukan sampai bahan bakar habis pada zona gasifikasi.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

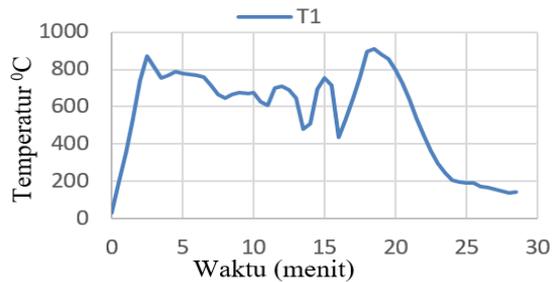
Setelah melakukan penelitian setiap variasi bahan bakar sesuai dengan metode penelitian maka didapatkan data seperti waktu pengujian, waktu nyala api, massa input, massa abu. Waktu pengujian di ukur mulai dari terbentuknya gas hasil gasifikasi sampai tidak terbentuk gas atau tidak dihasilkan gas lagi dimana bahan bakar sudah habis untuk 1 kg bahan bakar.

4.2. Data Hasil Pengujian Suhu Reaktor Gasifikasi

Tabel 1. Data Hasil Penelitian

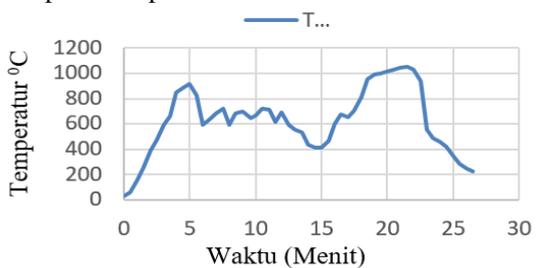
| Variasi | Waktu Oprasional (Menit) | Waktu Nyala Api (menit) | Masa Input (gram) | Masa abu (gram) |
|---------|--------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| 2% | 25 | 21 | 1000 | 221,1 |
| 4% | 27 | 21,5 | 1000 | 210,4 |
| 6% | 34 | 27 | 1000 | 187,5 |

Berdasarkan hasil pengujian suhu dari reaktor gasifikasi di zona gasifikasi dapat di lihat pada gambar grafik di bawah ini.



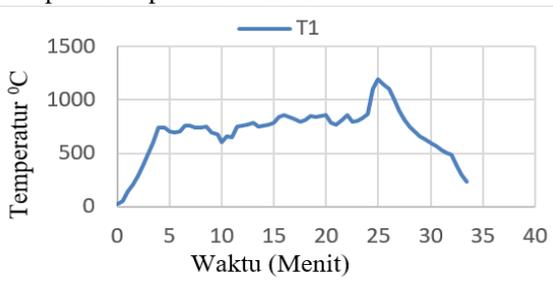
Gambar 1. Temperature Reaktor pada Penambahan 2% Masa Plastik

Pada gambar 1 kita dapat mengetahui bahwa dengan penambahan 2% masa plastik, di dapatkan hasil yaitu dalam waktu 2,5 menit reaktor gasifikasi mampu mencapai suhu 869 °C.



Gambar 2. Temperature Reaktor pada Penambahan 4% Masa Plastik

Pada gambar 2 kita dapat mengetahui bahwa dengan penambahan 4% masa plastik, di dapatkan hasil yaitu dalam waktu 2,5 menit reaktor gasifikasi mampu mencapai suhu 468 °C



Gambar 3. Temperatur Reaktor pada Penambahan 6% Masa Plastik

Pada gambar 3 kita dapat mengetahui bahwa dengan penambahan 6% masa plastik, di dapatkan hasil yaitu dalam waktu 2,5 menit reaktor gasifikasi mampu mencapai suhu 383 °C

4.3 Fuel Conversion Rate (FCR)

Setelah melakukan penelitian, maka nilai dari laju konversi bahan bakar (*FCR*) dari masing-masing penambahan plastik dapat dihitung dengan rumus (1) pada dasar teori sebagai berikut:

- Penambahan 2% masa plastik

$$FCR = \frac{(1kg - 0,2211kg)}{0,43 jam} = 1,87 \frac{kg}{jam}$$
- Penambahan 4% masa plastik

$$FCR = \frac{(1kg - 0,2104kg)}{0,45 jam} = 1,75 \frac{kg}{jam}$$
- Penambahan 6% masa plastik

$$FCR = \frac{(1kg - 0,2104kg)}{0,45 jam} = 1,43 \frac{kg}{jam}$$

Tabel 2. Fuel Conversion Rate (FCR)

| Masa Bahan Bakar (kg) | Masa Abu (kg) | Waktu Oprasional (jam) | FCR (kg/jam) |
|-----------------------|---------------|------------------------|--------------|
| 1 | 0.2211 | 0.42 | 1.87 |
| 1 | 0.2104 | 0.45 | 1.75 |
| 1 | 0.1875 | 0.57 | 1.43 |

Dari tabel 2 kita dapat mengetahui bahwa FCR tertinggi dan terendah didapatkan dari penambahan 2% masa plastik sebesar 1.87 kg/jam dan dari penambahan 6% masa plastik sebesar 1.43 kg/jam.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan plastik dapat mempercepat kenaikan suhu dan mempercepat konsumsi bahan bakar, namun semakin banyak jumlah plastik pada bahan bakar menyebabkan penurunan kecepatan kenaikan suhu dan menurunkan kecepatan konsumsi bahan bakar.

Daftar Pustaka

- Pratama I. P. A. Y., Winaya I. N. S., Suryawan I. G. P. A., 2019, *Uji Reaktor Gasifikasi Downdraft Biomassa sampah kota*, Jurnal ME TTEK Vol. 5, No. 2.
- Guo, F., Dong, Y., Dong, L., Guo, C. 2014. *Effect of Design and Operating Parameters on the Gasification Process of Biomass in a Downdraft Fixed Bed*. An Experimental Study. Science Direct International Journal of Hydrogen Energy. Volume 39. Issue 11. Pages 5625-5633.
- Ardiansyah I. M., 2017, *Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio (AFR) Proses Gasifikasi Pellet Municipal Solid Waste (MSW) Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft system Kontiyu*, Tugas Akhir TM141585.
- Lailun N. & Sudjud D., 2012, *Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelap a Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa*, Jurnal Teknik ITS Vol. 1 No.1.



I Made Dony Mei Hermawan menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2021. Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi.