

INVESTIGASI EFEKTIVITAS BIOMASSA BAMBU PADA *GASIFIER DOWNDRAFT* TERBUKA

Muhammad Fahd Fachrizal¹, Muchammad², M.S.K Tony Suryo Utomo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: fahadfachrizal0@gmail.com

Abstrak

Biomassa bambu merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar dalam konversi energi. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengubah biomassa menjadi energi adalah gasifikasi. Gasifikasi biomassa melibatkan proses konversi bahan organik menjadi gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Penelitian investigasi kinerja gasifikasi biomassa bambu pada *gasifier downdraft* terbuka dengan variasi perlakuan biomassa kering, kuyup, dan campuran menggunakan tekanan hisap 11cmH₂O bertujuan untuk mengetahui kadar tar gasifikasi biomassa bambu pada *gasifier downdraft* terbuka dengan perlakuan variasi kering, kuyup, dan campuran, mengetahui suhu reaktor gasifikasi biomassa bambu pada *gasifier downdraft* terbuka dengan perlakuan variasi kering, kuyup, dan campuran. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimental, setelah itu merancang untuk mengetahui informasi terkait dengan kinerja biomassa bambu pada tiga variasi perlakuan kering, kuyup, dan campuran. Sedangkan untuk hasil eksperimen bambu yang kompatibel dengan dengan sistem gasifikasi *downdraft* terbuka dengan kondisi kuyup dan campuran sedangkan untuk kondisi bambu kering tidak kompatibel dengan sistem gasifikasi *downdraft* terbuka.

Kata kunci: bambu; *downdraft*; gasifikasi; suhu

Abstract

Bamboo biomass is one of the renewable energy sources that has great potential in energy conversion. One method that is often used to convert biomass into energy is gasification. Biomass gasification involves the process of converting organic matter into gas that can be used as fuel. The investigation study of the performance of bamboo biomass gasification in an open downdraft gasifier with variations of dry, soaked, and mixed biomass treatments using a suction pressure of 11cmH₂O aims to determine the tar content of bamboo biomass gasification in an open downdraft gasifier with variations of dry, soaked, and mixed treatments, to determine the temperature of the bamboo biomass gasification reactor in an open downdraft gasifier with variations of dry, soaked, and mixed treatments, and to determine the efficiency of bamboo biomass gasification performance in an open downdraft gasifier with variations of dry, soaked, and mixed treatments. The methodology used in this study is experimental, after which it is designed to find out information related to the performance of bamboo biomass in three variations of dry, soaked, and mixed treatments. Meanwhile, the results of the bamboo experiment are compatible with the open downdraft gasification system with wet and mixed conditions, while dry bamboo is not compatible with the open downdraft gasification system.

Keywords: bamboo; *downdraft*; gasification; temperature

1. Pendahuluan

Biomassa bambu merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar dalam konversi energi. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengubah biomassa menjadi energi adalah gasifikasi [1][10]. Gasifikasi biomassa melibatkan proses konversi bahan organik menjadi gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini sangat bergantung pada desain dan operasi *gasifier* serta jenis biomassa yang digunakan[2][8].

Gasifier downdraft terbuka adalah salah satu jenis *gasifier* yang banyak digunakan untuk aplikasi energi [3]. Pada *gasifier* ini, aliran gas bergerak dari atas ke bawah, melalui reaktor yang menggabungkan proses pembakaran, pirolisis, dan reduksi [4]. *Gasifier downdraft* terbuka menawarkan keuntungan seperti efisiensi energi yang tinggi dan kualitas gas yang baik jika dibandingkan dengan tipe *gasifier* lainnya[5] [6].

Namun, performa *gasifier downdraft* terbuka sangat dipengaruhi oleh kondisi awal biomassa yang digunakan. Variasi perlakuan biomassa, seperti perlakuan kering, kuyup, atau campuran, dapat mempengaruhi hasil gasifikasi. Perlakuan kering merujuk pada proses pengeringan biomassa sebelum gasifikasi, sedangkan perlakuan kuyup melibatkan

biomassa yang masih dalam keadaan lembab. Perlakuan campuran mencakup kombinasi dari kedua kondisi tersebut (Kumar, A, 2010)[7] [9].

Penelitian dan eksperimen gasifikasi vakum biomassa untuk menguji nilai kalor produksi gasifikasi *syngas*. Penelitian investigasi nilai kalor *syngas* pada gasifikasi vakum dengan variasi perlakuan biomassa kering, kuyup, dan campuran menggunakan tekanan hisap 11 cmH₂O dan untuk menyelidiki kinerja gasifikasi biomassa bambu menggunakan *gasifier downdraft* terbuka dengan berbagai variasi perlakuan biomassa. Fokus dari investigasi ini adalah untuk menentukan bagaimana perlakuan kering, kuyup, dan campuran mempengaruhi efisiensi konversi energi dan karakteristik gas yang dihasilkan. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana pengolahan awal biomassa bambu mempengaruhi kinerja *gasifier downdraft*, serta dapat memberikan panduan untuk optimasi proses gasifikasi dalam aplikasi energi terbarukan.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengambilan Data

Pengambilan data pengujian dilakukan setelah memenuhi parameter yang dijadikan acuan untuk melakukan penelitian. Kegiatan ini dilakukan dengan tiga kali yaitu dengan kondisi kering, kuyup, dan campuran kemudian diawalin dengan memasukkan arang kedalam reaktor, memulai pengujian dengan menyalakan *blower* pada tekanan 11 cmH₂O, menyalakan arang dalam reaktor menggunakan *torch*, menunggu hingga suhu pada sensor T1 - T3 mencapai 900-1000°C, setelah suhu tercapai, masukkan biomassa bambu ke dalam reaktor dan menempatkan panci berisi air mendidih pada ketel, selama pengujian berlangsung, biomassa akan terus ditambahkan ke dalam reaktor, dan air mendidih ditambahkan ke dalam panci jika hampir habis. Pengujian dilakukan selama 6 jam. Data yang diambil berupa profil suhu gasifikasi, tekanan vakum, penguapan ketel uap, suhu penukar kalor, laju *syngas*, dan laju air pendingin.

2.2 Langkah Pengujian

Langkah awal dalam penelitian ini melibatkan studi literatur yang komprehensif tentang biomassa sebagai energi terbarukan dan proses gasifikasi biomassa dengan sistem *gasifier downdraft* terbuka. Setelah tahap kajian literatur penelitian ini berlanjut dengan penerapan metodologi penelitian yang dirancang untuk mengetahui informasi terbaru berkaitan dengan kinerja biomassa pada tiga variasi perlakuan kering, kuyup, dan campuran.

Fokus utama pada tahap ini adalah meneliti kinerja gasifikasi biomassa bambu menggunakan *gasifier downdraft* terbuka dengan tiga variasi perlakuan : kering, kuyup, dan campuran. Pengujian akan dilakukan tiga kali, dimulai dengan bambu kering kemudian pengujian kedua bambu kuyup, di mana bambu dicelupkan ke dalam air, ditiriskan, dan langsung dimasukkan ke dalam reaktor dan pengujian ketiga menggabungkan kondisi kering dan kuyup, dengan bambu kering dimasukkan terlebih dahulu, kemudian disusul oleh bambu kuyup secara bergantian selama proses berlangsung, sambil memantau suhu reaktor.

Berikut adalah langkah-langkah rinci untuk setiap pengujian :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan selama pengujian.
2. Memasukkan arang ke dalam reaktor hingga penuh.
3. Menyalakan *data logger* untuk merekam data pengujian.
4. Memulai pengujian dengan menyalakan *blower* pada tekanan 11 cmH₂O.
5. Menyalakan arang dalam reaktor menggunakan *torch*.
6. Menunggu hingga suhu pada sensor T1-T3 mencapai 900-1000°C.
7. Setelah suhu tercapai, masukkan biomassa bambu ke dalam reaktor dan menempatkan panci berisi air mendidih pada ketel.
8. Selama pengujian berlangsung, biomassa akan terus ditambahkan ke dalam reaktor dan air mendidih ditambahkan ke dalam panci jika hampir habis. Pengujian dilakukan selama 6 jam.
9. Dilakukan kembali dari urutan 1-8 untuk pengujian selanjutnya.

2.3 Biomassa Bambu

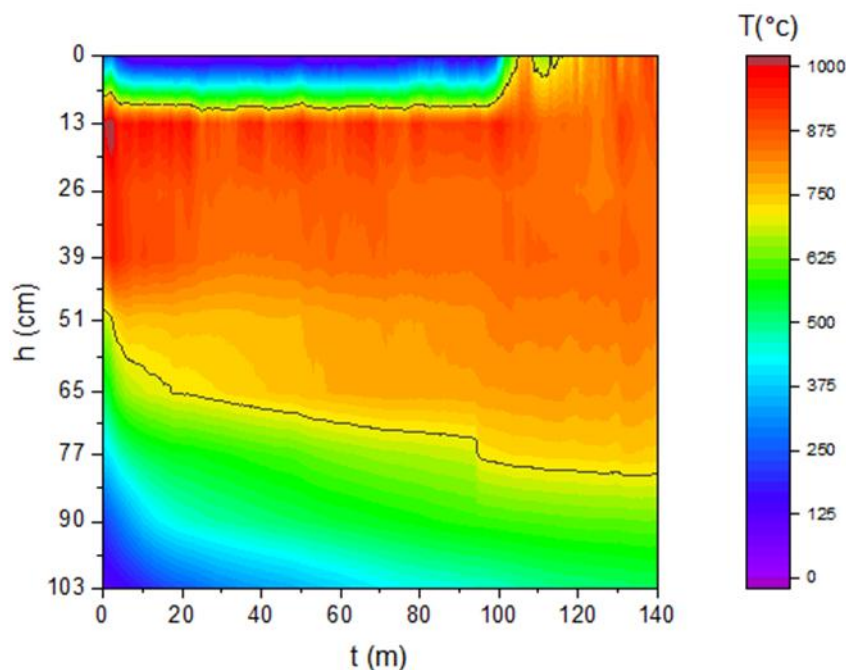
Dalam penelitian ini, biomassa bambu digunakan dan diperoleh dari perkebunan jagung di sekitar lokasi penelitian (Subang, Jawa Barat, Indonesia). Bambu dipersiapkan dengan cermat terkait ukuran, bentuk, dan karakteristiknya untuk menentukan kesesuaiannya sebagai bahan eksperimen untuk biomassa kering, basah, dan campuran. Bambu yang sudah dipotong dan siap digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bambu

2. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan hasil profil suhu reaktor gasifikasi dengan kondisi biomassa bambu kering ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Profil Suhu Reaktor Bambu Kering

Gambar 2 hasil eksperimen uji gasifikasi vakum biomassa bambu kering ditampilkan pada Gambar 3a dan waktu eksperimen dilakukan selama 140 menit. Profil suhu reaktor menunjukkan suhu reaktor awal sebesar 990 °C dengan posisi zona oksidasi di 8 cm. Pada menit ke-2, posisi zona oksidasi naik menjadi 7 cm. Pada menit ke- 5, posisi zona oksidasi turun menjadi 9 cm dan tetap stabil pada ketinggian tersebut selama 90 menit pengujian. Pada Menit ke-108, suhu proses gasifikasi naik menjadi 790°C pada posisi 0 cm sehingga reaktor dipenuhi oleh bara biomassa bambu. Sehingga hasil dari pengujian ini menunjukkan kegagalan dikarenakan reaktor diposisi 0 cm dipenuhi oleh bara biomassa bambu sehingga pengujian gasifikasi biomassa bambu kering tersebut selesai dan menunjukkan bahwa biomassa bambu kering kurang kompatibel dengan sistem reaktor gasifikasi yang digunakan.

3. Kesimpulan

Hasil proses gasifikasi biomassa bambu kering menunjukkan kegagalan. Suhu awal reaktor mencapai 990°C, namun mengalami fluktuasi di zona oksidasi selama 140 menit pengujian. Pada menit ke-108, suhu proses gasifikasi naik menjadi 790°C di posisi 0 cm, menyebabkan reaktor dipenuhi bara biomassa bambu, mengindikasikan bahwa bambu kering kurang kompatibel dengan sistem reaktor gasifikasi yang digunakan.

4. Daftar Pustaka

- [1] V. T. P. Sidabutar, "Kajian Peningkatan Potensi Ekspor Pelet Kayu Indonesia sebagai Sumber Energi Biomassa yang Terbarukan," *J. Ilmu Kehutan.*, vol. 12, no. 1, p. 99, 2018, doi: 10.22146/jik.34125.
- [2] A. Nurwidayati, P. A. Sulastri, D. Ardiyati, and A. Aktawan, "Gasifikasi Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Mahoni (Swietenia Mahagoni) untuk Menghasilkan Bahan Bakar Gas sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Chem. J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2019, doi: 10.26555/chemica.v5i2.13046.
- [3] A. A. P. Susastriawan, H. Saptoadi, and Purnomo, "Small-scale downdraft gasifiers for biomass gasification: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 989–1003, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.112>.
- [4] T. Sathish *et al.*, "Waste Coconut oil meal to Hydrogen production through combined steam/water gasification with varying operating parameters and NaCl additions," *Int. J. Hydrogen Energy*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.01.323>.
- [5] A. Molino *et al.*, "Chapter 12 - Power Production by Biomass Gasification Technologies," A. Basile, A. Cassano, and A. B. T.-C. T. and F. D. on (Bio-) M. Figoli, Eds. Elsevier, 2019, pp. 293–318. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813545-7.00012-X>.
- [6] P. Sharma, B. Gupta, M. Pandey, K. Singh Bisen, and P. Baredar, "Downdraft biomass gasification: A review on concepts, designs analysis, modelling and recent advances," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 5333–5341, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.789>.
- [7] J. M. Bermudez and B. Fidalgo, "15 - Production of bio-syngas and bio-hydrogen via gasification," R. Luque, C. S. K. Lin, K. Wilson, and J. B. T.-H. of B. P. (Second E. Clark, Eds. Woodhead Publishing, 2016, pp. 431–494. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100455-5.00015-1>.
- [8] Ciferri, O., and Santoro, M. (2005). "Biomass as a Renewable Energy Source: The Case Of Gasification." *Renewable Energy*, 30(6), 941-957.
- [9] Kumar, A., and Singh, R.K. (2010). "Gasification of Biomass: Performance of a Downdraft Gasifier." *Energy Procedia*, 1(1), 1205-1212.
- [10] Bridgwater, A.V., and Peacocke, G.V.C (2002). "Biomass gasification and pyrolysis." *Biomass and Bioenergy*, 19(6), 493-510.