

INVESTIGASI KINERJA GASIFIKASI BIOMASSA JAGUNG PADA *GASIFIER DOWNDRAFT* TERBUKA MENGGUNAKAN VARIASI PERLAKUAN KERING, KUYUP, DAN CAMPURAN

Thirafi Nabil Fawwaz¹, Muchammad², M.S.K Tony Suryo Utomo²

¹ Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² Dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: tn.fawwaz@gmail.com

Abstrak

Perubahan iklim saat ini menjadi salah satu masalah global yang disebabkan oleh meningkatnya kadar karbon dioksida (CO₂) di atmosfer. Energi terbarukan merupakan solusi dari permasalahan tersebut. Diperkirakan Indonesia memiliki sekitar 1,5 miliar ton biomassa setiap tahunnya. Biomassa dapat diubah menjadi listrik melalui proses gasifikasi, di mana biomassa padat diubah menjadi gas yang mudah terbakar, disebut *syngas*, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi penggunaan biomassa tongkol jagung pada sistem gasifikasi *Downdraft* terbuka. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan eksperimen. Pengujian biomassa tongkol jagung akan divariasikan dengan kondisi kering, kuyup, dan campuran dengan pengujian selama 6 jam. Hasil penelitian menunjukkan biomassa tongkol jagung kering dan tongkol jagung kuyup kompatibel dengan sistem gasifikasi *Downdraft* terbuka dengan masing-masing nilai efisiensi sebesar 3,63% dan 4,23 %. Sedangkan biomassa tongkol jagung kuyup tidak kompatibel dengan sistem gasifikasi *Downdraft* terbuka karena pengujian tidak dapat berlangsung selama 6 jam yang diakibatkan oleh suhu yang terus menurun sehingga proses gasifikasi tidak dapat berlangsung. Kesimpulannya, efisiensi sistem gasifikasi *Downdraft* terbuka dipengaruhi oleh jenis biomassa dan pengkondisiannya. Pada penelitian ini biomassa tongkol jagung bersifat higroskopis sehingga memiliki daya penyerapan air yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan terjadi penurunan suhu pada proses gasifikasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi pada sistem gasifikasi *Downdraft* terbuka sehingga pengembangan akan terus mencapai hasil yang lebih optimal.

Kata kunci: *downdraft* terbuka; energi terbarukan; gasifikasi biomassa; *syngas*; tongkol jagung

Abstract

Climate change is currently a global problem caused by increasing levels of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere. Renewable energy is the solution to this problem. It is estimated that Indonesia has around 1.5 billion tons of biomass every year. Biomass can be converted into electricity through the gasification process, where solid biomass is converted into a flammable gas, called *syngas*, which is then used to produce electricity. This research was conducted to determine the efficiency of using corncob biomass in an open *Downdraft* gasification system. The methodology used in this research uses experiments. Corncob biomass testing will be varied with dry, soaked and mixed conditions with testing for 6 hours. The research results show that dry corn cob and soaked corn cob biomass are compatible with an open *Downdraft* gasification system with respective efficiency values of 3.63% and 4.23%. Meanwhile, soaked corn cob biomass is incompatible with an open *Downdraft* gasification system because the test cannot last for 6 hours due to the temperature continuing to decrease so that the gasification process cannot occur. In conclusion, the efficiency of an open *Downdraft* gasification system is influenced by the type of biomass and its conditioning. In this study, corn cob biomass was hygroscopic so it had high water absorption capacity. This causes a decrease in temperature during the gasification process. It is hoped that the results of this research can add information to open *Downdraft* gasification systems so that development will continue to achieve more optimal results.

Keywords: *biomass gasification; corn cobs; open downdraft; renewable energy; syngas*

1. Pendahuluan

Perubahan iklim saat ini menjadi salah satu masalah global yang paling mendesak, terutama disebabkan oleh meningkatnya kadar karbon dioksida (CO₂) di atmosfer. CO₂ adalah gas rumah kaca yang sangat kuat, dan sumber utamanya adalah pembakaran bahan bakar fosil, yang mencakup sebagian besar konsumsi energi dunia [1]. Perjanjian Paris merupakan langkah penting dalam mengatasi tantangan ini. Perubahan iklim tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga memiliki dampak besar pada kesehatan manusia. Polusi udara, yang merupakan salah satu hasil utama dari pembakaran bahan bakar fosil, memperburuk penyakit pernapasan dan masalah kesehatan lainnya [2]. Perjanjian ini bertujuan untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C. Penerapan teknologi ramah lingkungan seperti penangkapan, pemanfaatan, dan penyimpanan karbon juga dianggap penting untuk mengurangi emisi CO₂ dan mendorong transisi energi yang lebih seimbang [3].

Sumber energi terbarukan kini menjadi pilihan utama untuk menggantikan bahan bakar fosil dalam mengatasi perubahan iklim dan mencapai masa depan energi yang lebih berkelanjutan [4]. Salah satu yang *menonjol* adalah biomassa, karena keberadaannya yang melimpah dan kemampuannya yang beragam. Biomassa mencakup bahan-bahan organik seperti kayu, limbah pertanian, dan air limbah, yang bisa diolah menjadi energi seperti listrik, panas, dan biofuel [5]. Biomassa menawarkan keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil, karena menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang sangat minim, sehingga membantu mengurangi dampak perubahan iklim dan polusi udara [6]. Indonesia, dengan sumber daya alam yang melimpah dan limbah organik yang besar, memiliki potensi besar dalam pengembangan energi biomassa. Diperkirakan Indonesia memiliki sekitar 1,5 miliar ton biomassa setiap tahunnya potensi ini bisa dimanfaatkan melalui berbagai teknik, seperti pencernaan anaerobik, gasifikasi, dan pembakaran, untuk menghasilkan listrik, panas, dan biofuel [7].

Biomassa dapat diubah menjadi listrik melalui proses gasifikasi, di mana biomassa padat diubah menjadi gas yang mudah terbakar, disebut *syngas*, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan listrik [8]. Gasifikasi sendiri merupakan inti dari sistem ini, di mana biomassa dipanaskan tanpa oksigen untuk menghasilkan *syngas*. Setelah itu, gas yang dihasilkan dibersihkan dari berbagai kotoran agar bisa digunakan untuk menghasilkan listrik [9].

Keunggulan dari gasifikasi biomassa dengan tekanan vakum adalah sistemnya lebih aman karena tidak rentan meledak, reaktor terbuka memudahkan proses pemberian umpan biomassa [10]. Eksperimen gasifikasi biomassa batok kelapa basah dengan tekanan vakum telah menghasilkan *syngas* yang mampu terbakar selama 6 jam. Metode pembasahan biomassa ini terbukti efektif, memungkinkan suhu reaktor mencapai 700 - 1000°C [11]. Hingga kini, belum ada penelitian yang mengevaluasi apakah metode gasifikasi dengan tongkol jagung dalam kondisi kering dan campuran dapat menghasilkan proses yang lebih optimal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang teknologi gasifikasi biomassa yang lebih aman dan efektif untuk menghasilkan listrik, serta berkontribusi dalam menghadapi krisis energi.

2. Metode Penelitian

2.1 Eksperimen Variasi Tongkol Jagung Kering, Kuyup, dan Campuran

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan eksperimen untuk pengambilan data. Pengujian akan dilakukan tiga kali, dimulai dengan jagung kering yang telah dijemur di bawah sinar matahari. Pengujian kedua melibatkan jagung kuyup, di mana jagung dicelupkan ke dalam air, ditiriskan, dan langsung dimasukkan ke dalam reaktor. Pengujian ketiga menggabungkan kondisi kering dan kuyup. Pengujian gasifikasi biomassa tongkol jagung pasa setiap variasi kondisi. 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 jagung 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.

2.2 Biomassa Tongkol Jagung

Dalam penelitian ini, biomassa tongkol jagung digunakan dan diperoleh dari perkebunan jagung di sekitar lokasi penelitian (Subang, Jawa Barat, Indonesia). Tongkol jagung dipersiapkan dengan cermat terkait ukuran, bentuk, dan karakteristiknya untuk menentukan kesesuaiannya sebagai bahan eksperimen untuk biomassa kering, basah, dan campuran. Tabel 1 memperlihatkan jenis, ukuran, dan karakteristik biomassa tongkol jagung tersebut.

Tabel 1. Karakteristik Tongkol Jagung

No	Biomassa	Ukuran (Mm)				Bentuk	Hardness	Hygroscopic
		Ketebalan	Lebar	Panjang	Diameter			
1.	Tongkol Jagung	-	-	50-60	30-35	Tabung	Lunak	Iya

Sesuai dengan yang ditunjukkan pada Tabel 1, tongkol jagung dipotong dengan rata rata panjang 50–60 mm dan diameter 30–35 mm. Foto *real* tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 1.



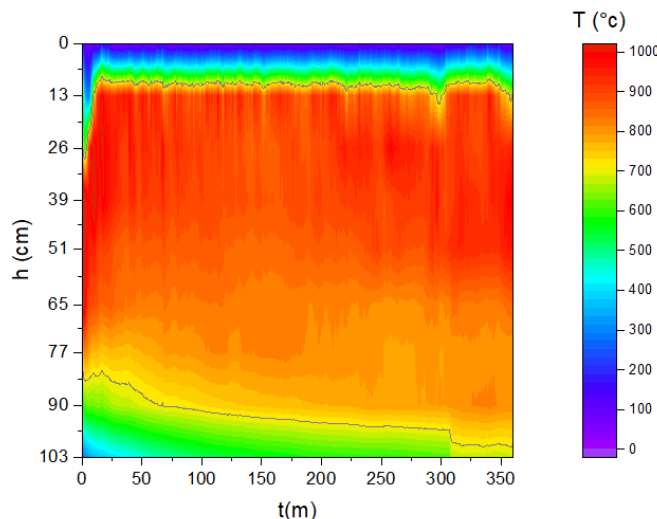
Gambar 1. Tongkol Jagung

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Profil Temperatur Gasifikasi

Profil suhu reaktor ditentukan melalui pengukuran pada sembilan titik berbeda menggunakan termokopel tipe s. Pengukuran suhu di setiap titik ini bertujuan untuk memantau dan mengontrol kondisi termal selama berlangsungnya proses gasifikasi, sehingga dapat memastikan efisiensi dan kestabilan reaksi.

Berikut merupakan hasil profil temperatur gasifikasi dengan kondisi biomassa tongkol jagung kering yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil profil suhu reaktor jagung kering.

Gambar 2 percobaan pada biomassa tongkol jagung kering menunjukkan zona gasifikasi berada pada suhu di rentang 700 - 1000 °C, dan rata-rata 731 °C. Rentang suhu tersebut akan menghasilkan *syngas* dengan kandungan tar yang rendah menandakan proses gasifikasi berjalan baik.

Stabilitas suhu ini disebabkan oleh karakteristik biomassa jagung yang tidak padat. Secara keseluruhan, percobaan ini tidak menunjukkan risiko kegagalan, karena biomassa tongkol jagung kering dapat mempertahankan suhu dalam rentang 800 - 1000 °C. Hal tersebut meminimalkan risiko kegagalan dan memastikan konversi biomassa yang efisien menjadi energi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa biomassa tongkol jagung kering cukup kompatibel dengan sistem reaktor gasifikasi yang digunakan.

4. Kesimpulan

Eksperimen pada biomassa tongkol jagung kering menunjukkan hasil suhu reaktor yang bagus karena stabil dan memiliki zona gasifikasi yang luas di mana proses gasifikasi terjadi pada suhu di rentang 700-1000 °C. Semakin besar zona gasifikasi dan suhu yang semakin tinggi maka akan menghasilkan *syngas* yang semakin banyak. Hasil ini menunjukkan biomassa tongkol jagung kering kompatibel dengan sistem gasifikasi *Downdraft* terbuka.

5. Daftar Pustaka

- [1] Yang Z, Wei J, Ge Q. Friction or cooperation? Boosting the global economy and fighting climate change in the post-pandemic era. *Humanit Soc Sci Commun*. 2023;10(1):1–11.
- [2] Tran HM, Tsai FJ, Lee YL, Chang JH, Chang L Te, Chang TY, et al. The impact of air pollution on respiratory diseases in an era of climate change: A review of the current evidence. *Sci Total Environ* [Internet].

- 2023;898(June):166340. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166340>
- [3] Koukoulzas N, Tyrologou P, Karapanos D, Carneiro J, Pereira P, de Mesquita Lobo Veloso F, et al. Carbon capture, utilisation and storage as a defense tool against climate change: Current developments in west Macedonia (Greece). *Energies*. 2021;14(11).
- [4] Sinsel SR, Riemke RL, Hoffmann VH. Challenges and solution technologies for the integration of variable renewable energy sources d a review. *Renew Energy* [Internet]. 2020;145:2271–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.147>
- [5] Motta IL, Marchesan AN, Maciel Filho R, Wolf Maciel MR. Correlating biomass properties, gasification performance, and syngas applications of Brazilian feedstocks via simulation and multivariate analysis. *Ind Crops Prod* [Internet]. 2022;181(March):114808. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114808>
- [6] Ahmad W, Nisar J, Anwar F, Muhammad F. Bioresource Technology Reports Future prospects of biomass waste as renewable source of energy in Pakistan : A mini review. *Bioresour Technol Reports* [Internet]. 2023;24(April):101658. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101658>
- [7] Sondakh RC, Hayatudin H. Perbandingan Biomassa Pertanian Sebagai Energi Terbarukan Briket Arang. *J Ilm Giga*. 2022;25(1):45.
- [8] Makwana J, Dhass AD, Ramana P V., Sapariya D, Patel D. An analysis of waste/biomass gasification producing hydrogen-rich syngas: A review. *Int J Thermofluids* [Internet]. 2023;20(October):100492. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100492>
- [9] Adistia NA, Nurdiansyah RA, Fariko J, Vincent V, Simatupang JW. Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia. *TESLA J Tek Elektro*. 2020;22(2):105.
- [10] Tri Setioputro N, Kosim M, Kasda, Sukwadi R, Basuki WW, Saputra DI. Investigation of reactor temperature and performance of syngas cooling system for vacuum gasification of soaked biomass. *Case Stud Therm Eng* [Internet]. 2023;50(November 2022):103430. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103430>
- [11] Hakim A. INVESTIGASI DAYA KALOR SYNGAS PADA PROSES GASIFIKASI VAKUM MENGGUNAKAN BIOMASSA KUYUP DENGAN TEKANAN HISAP 5cmH₂O. 2024.