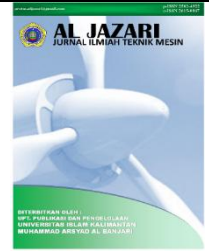




Al Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/IJR/index>
p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Peningkatan Peforma Design Gasifier Tipe Downdraft Dengan Variasi Jumlah Aliran Udara

Rizki Hidayat^a, Wisnu Setyo Catur Pambudi^b, Hanif Dwi Saputra^c, Purbo Suwandono^{d*}

^{a,b,c,d} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama, Malang 65142, Indonesia

^a rizkyhidayat23@gmail.com, ^b wisnusetycatur@gmail.com, ^c hanipkenip123@gmail.com, ^d purbo@widyagama.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 29 Agustus 2024

Diterima dalam bentuk revisi: 16 April 2025

Diteima/publis: 2 Mei 2025

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang konversi biomassa menjadi energi menggunakan teknologi gasifier tipe downdraft, yang dikenal efisien dalam menghasilkan gas sintesis (syngas) sebagai sumber energi. Gasifier ini beroperasi dengan membakar biomassa dalam kondisi oksigen yang terbatas, sehingga aliran gas yang dihasilkan bergerak ke bawah, meningkatkan efisiensi konversi dan mengurangi emisi. Namun, salah satu tantangan yang dihadapi adalah tingginya kandungan tar dalam syngas yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan memperbaiki desain reaktor gasifier agar distribusi bahan bakar lebih merata. Pelet kayu dipilih sebagai bahan bakar utama karena memiliki kelembaban yang rendah, sehingga meningkatkan nilai kalor dan efisiensi pembakaran. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Konversi Energi Universitas Widyagama Malang, dengan berbagai variasi masukan udara (2:6 m/s, 4:4 m/s, dan 6:2 m/s) untuk mengoptimalkan produksi syngas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi masukan udara 4:4 m/s memberikan hasil terbaik dengan kandungan hidrogen (H_2) tertinggi sebesar 80-90 PPM, metana (CH_4) terendah sebesar 60-70 PPM, dan karbon monoksida (CO) sebesar 60-70 PPM. Variasi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas syngas, karena kandungan H_2 yang tinggi dan CH_4 yang rendah berkontribusi pada nilai kalor yang lebih tinggi serta dampak lingkungan yang lebih baik. Penelitian ini menegaskan bahwa pengaturan masukan udara yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efisiensi produksi syngas dan mengurangi emisi berbahaya.

Kata Kunci

Gasifikasi, gasifikasi downdraft, Biomassa, Tar

Abstract

This research discusses the conversion of biomass to energy using downdraft type gasifier technology, which is known to be efficient in producing synthetic gas (syngas) as an energy source. These gasifiers operate by burning biomass in oxygen-limited conditions, so the resulting gas stream moves downward, increasing conversion efficiency and reducing emissions. However, one of the challenges faced is the high tar content in the syngas produced. Therefore, this study aims to address the problem by improving the design of the gasifier reactor for more even fuel distribution. Wood pellets were chosen as the main fuel because they have low moisture, thus increasing the calorific value and combustion efficiency. The research was conducted at the Production Process Laboratory and Energy Conversion Laboratory of Widyagama University Malang, with various air input variations (2:6 m/s, 4:4 m/s, and 6:2 m/s) to optimize syngas production. The results showed that the air input variation of 4:4 m/s gave the best results with the highest hydrogen (H_2) content of 80-90 PPM, the lowest methane (CH_4) of 60-70 PPM, and carbon monoxide (CO) of 60-70 PPM. This variation proved effective in improving the quality of the syngas, as the high H_2 content and low CH_4 contributed to a higher heating value and better environmental impact. This study confirms that proper air input settings are essential for improving syngas production efficiency and reducing harmful emissions.

<http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v10i1.16257>



© UNISKA 2025. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

Jurnal Al Jazari is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, dunia telah menghadapi tantangan serius terkait dengan ketergantungan pada sumber energi konvensional seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Dalam konteks ini, biomassa muncul sebagai sumber energi terbarukan yang menarik perhatian, dan gasifier tipe downdraft menjadi solusi yang menjanjikan dalam mengubah biomassa menjadi energi yang dapat digunakan (Tiara et al., 2023) (Amrullah & Oktaviananda, 2022).

Biomassa di Indonesia sangat melimpah mulai dari sisa pengolahan kayu, sampah, dan sisa pertanian (Hambali et al., 2023). Salah satu masalah utama dengan sumber energi konvensional adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan selama proses pembakaran, yang menyumbang pada pemanasan global dan perubahan iklim. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan, terutama melalui teknologi gasifier, dapat menjadi langkah progresif menuju pengurangan emisi gas rumah kaca dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (Lestari et al., 2018) (Firmansyah & Siregar, 2021).

Gasifier tipe downdraft adalah salah satu teknologi yang menonjol dalam konversi biomassa menjadi energi. Prinsip kerja gasifier ini melibatkan pembakaran biomassa dalam suatu ruang tertutup dengan jumlah oksigen yang terbatas, menghasilkan gas sintesis yang dapat digunakan sebagai sumber energi (Deng et al., 2023). Keunikan dari gasifier tipe downdraft terletak pada arah aliran gas yang bergerak ke bawah, meningkatkan efisiensi konversi dan mengurangi emisi yang merugikan lingkungan, dan pengurangan komposisi tar yang dihasilkan (Angga et al., 2019) (Mohammad, 2019). Dengan memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar, gasifier memberikan opsi alternatif yang dapat digunakan di berbagai sektor, termasuk pembangkit listrik, industri, dan transportasi. Dalam konteks global, berbagai negara telah mengadopsi teknologi gasifier untuk memanfaatkan sumber daya biomassa mereka. Namun, implementasi teknologi ini masih terbatas dan menghadapi tantangan tertentu (Ridwan et al., 2018).

Pelet kayu menjadi pilihan yang menarik dalam konteks energi biomassa. Proses produksinya melibatkan pengompressan serbuk atau serpihan kayu tanpa tambahan bahan kimia, menghasilkan butiran padat dengan tingkat kelembaban yang rendah (Suwandono et al., 2024) (Sarabhorn et al., 2023). Kelembaban yang rendah membuat pelet kayu memiliki nilai kalor yang tinggi dan efisiensi pembakaran yang baik. Sifat ini menjadikan pelet kayu sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan ekonomis (Hasan et al., 2015).

Design gasifier downdraft saat ini masih mengalami kendala dalam hal memproduksi syn-gas dimana syn-gas memiliki kandungan tar yang masih banyak (D'Orazio et al., 2015) (Liao et al., 2019). Beberapa penyebab gasifier downdraft masih memiliki kandungan tar yang tinggi adalah tidak sesuai input udara masuk dengan jumlah

biomassa yang dimasukan kedalam reaktor. Pada Penelitian ini dilakukan variasi masukan udara pada reaktor gasifier dimana ada 2 input udara yaitu pada zona combustion (Yuono et al., 2018). Pengaruh variasi udara masuk (air inlet) agar distribusi bahan bakar lebih merata (mengurangi resiko pembentukan hot spot), pengontrolan yang lebih baik, meningkatkan efisiensi operasional gasifier, hingga membantu mengurangi emisi gas beracun dan meminimalisir produksi tar dalam setiap pembakaran hingga menghasilkan syn-gas yang bersih (Syarif et al., 2021), (Syarif et al., 2021) (Yuono et al., 2018).

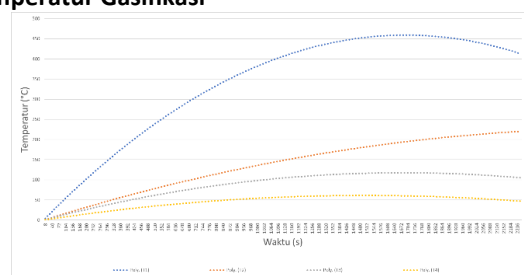
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang potensi gasifier tipe downdraft sebagai sumber energi terbarukan. Melalui analisis prinsip kerja, kelebihan dan kelemahan, serta potensi penerapannya, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam mengatasi tantangan energi global. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mendukung pengembangan teknologi energi terbarukan, memperluas wawasan mengenai gasifier tipe downdraft, dan memberikan dasar bagi perencanaan kebijakan yang lebih efektif dalam mengadopsi sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan riset akan dilaksanakan di laboratorium proses produksi Universitas Widyagama Malang, Laboratorium Konversi Energi Universitas Widyagama Malang. Design, pembuatan gasifier, cyclone dilakukan dilaksanakan di Lab proses produksi, pengambilan data dan analisis dilakukan di Lab konversi energi Universitas Widyagama Malang. Dalam metode riset ini ada beberapa tahapan yang akan dilakukan dalam menjalankan sistem gasifier diantaranya : 1) Memasukan bahan bakar pelet kayu ke dalam reaktor. 2) Menyalakan pelet kayu yang sudah dimasukan ke dalam reaktor. 3) Menyalakan blower setelah api pada reaktor menyala. 4) Mengatur perbandingan bukaan katup inlet mulai bukaan katup inlet 1 dan 2 (2 : 6 m/s, 4: 4 m/s dan 6 : 2 m/s). Tekanan pada blower adalah 10 m³/detik. Setelah tahapan di atas selesai alat akan mulai beroperasi dan menghasilkan syngas yang akan diteruskan ke Gas-Water separator untuk proses pemisahan syngas dengan tar dan air yang ada pada kandungan syn-gas hasil pembakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur Gasifikasi

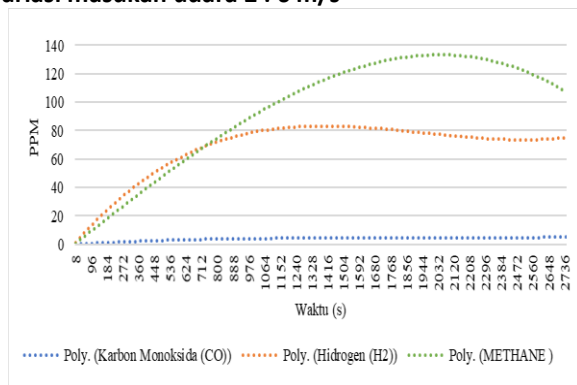


Gambar 1 Grafik Data Temperatur

Grafik menunjukkan bahwa pada temperatur 1 (zona Combustion) memiliki temperatur paling panas, dimana reaksi pembakaran terjadi pada zona combustion dengan temperatur sekitar 450-460 °C. Pada temperatur 2 (zona Reduction) mengalami peningkatan yang stabil dengan temperatur tertinggi 230-240 °C. Pada temperatur 3 (zona Pyriolisis) mengalami kenaikan lalu terjadi penurunan, dengan nilai tertinggi berkisar antara 100-120 °C. Pada temperatur 4 menunjukkan temperatur yang paling redah dikarenakan pada zona 4 (Drying) hanya terjadi reaksi pengurangan kandungan air, adapun temperatur pada temperatur 4 berkisar antara 50-60°C (Li, 2023).

Hasil pengujian gas

Grafik hubungan antara waktu dan komposisi gas variasi masukan udara 2 : 6 m/s

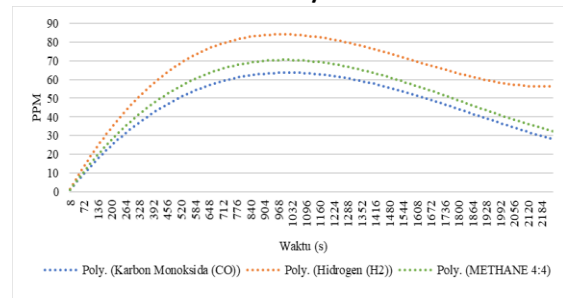


Gambar 1 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas

Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Bahwa variasi masukan udara 2:6 memiliki komposisi gas metana (CH_4) mengalami kenaikan yang paling signifikan. Komposisi CH_4 meningkat secara bertahap dari awal pengukuran hingga mencapai puncaknya pada sekitar detik ke-2000 dengan nilai tertinggi 130-140 PPM. Setelah itu, komposisi CH_4 mulai menurun. Komposisi gas karbon dioksida (CO_2) mengalami kenaikan yang lebih lambat dibandingkan CH_4 . Komposisi CO_2 meningkat secara konsisten dari awal pengukuran hingga mencapai detik ke-2700. Sedangkan konsentrasi gas hidrogen (H_2) mengalami kenaikan yang signifikan dari awal pengambilan data hingga mencapai puncak pada detik ke 1000-1700 dengan nilai 80-90 PPM, kemudian akhirnya turun secara bertahap. Variasi masukan udara ini mempengaruhi produksi Syngas, dengan H_2 dan CH_4 menunjukkan pola peningkatan dan penurunan yang jelas, sementara CO tetap relatif stabil.

Grafik hubungan antara waktu dan komposisi gas variasi masukan udara 4 : 4 m/s

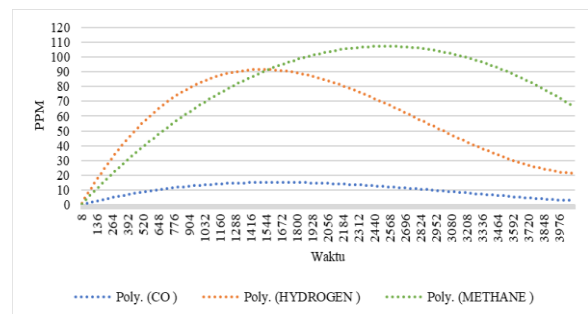


Gambar 2 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas Dengan Variasi Masukan Udara 4 : 4 m/s

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Bahwa variasi masukan udara 4 : 4 m/s memiliki kandungan tertinggi adalah kandungan hidrogen (H_2), kandungan hidrogen (H_2) mengalami kenaikan yang sangat signifikan dibandingkan dengan kandungan metan (CH_4) dan karbon monoksida (CO). Dimana, kandungan hidrogen memiliki kandungan tertinggi mulai dari awal pengambilan data sampai puncak nilai tertinggi pada sekitar detik 800 dengan nilai berkisar antara 80-90 PPM, sampai akhirnya menurun. Kandungan terendah adalah kandungan karbon monoksida (CO) yang mengalami kenaikan yang hampir sama persis dengan kandungan hidrogen dan metan.

Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas dengan Variasi Masukan Udara 6 : 2 m/s

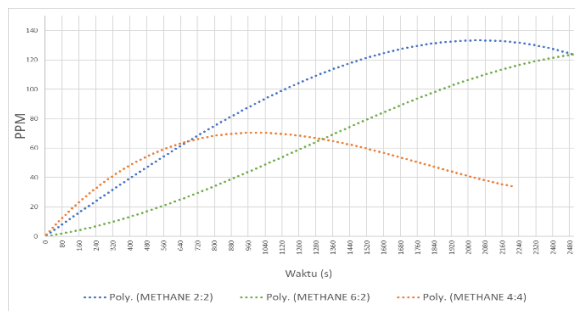


Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas dengan Variasi Masukan Udara 6 : 2 m/s

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Bahwa grafik variasi masukan udara 6 : 2 m/s memiliki kandungan syngas tertinggi yaitu pada kandungan metan (CH_4), kandungan metan mengalami peningkatan yang signifikan mulai awal pengambilan data sampai mencapai puncak pada detik ke-2500 dengan nilai kandungan berkisar antara 100-110 PPM hingga akhirnya menurun. Sedangkan kandungan terendah adalah pada kandungan syngas karbon monoksida (CO) yang mengalami peningkatan konstan dari awal pengambilan data sampai puncak pada detik ke-1100 dengan nilai kandungan berkisar antara 15-20 PPM, hingga akhirnya menurun seiring dengan habisnya bahan bakar (biomassa).

Grafik hubungan antara waktu dan komposisi gas pada kandungan syngas (Methane (CH₄))

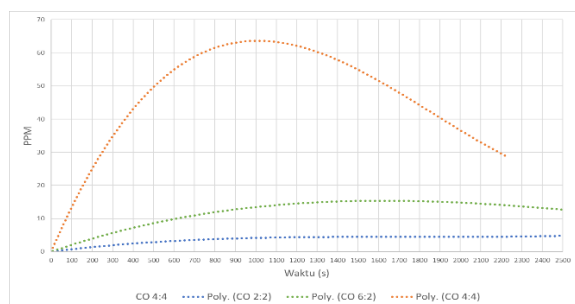


Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas Dengan Variasi Masukan masukan udara (Methane (CH₄))

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Bahwa kandungan metan tertinggi adalah pada variasi masukan udara 2 : 6 m/s, kandungan metan pada variasi 2 : 6 m/s mengalami peningkatan dari awal pengambilan data, dengan nilai tertinggi pada detik ke-2000 dengan nilai berkisar antara 130-140 PPM, hingga akhirnya menurun. Sedangkan kandungan metan terendah terjadi pada variasi masukan udara 4:4 m/s, kandungan metan mengalami peningkatan dari awal pengambilan data, dengan nilai tertinggi pada detik ke-800-1100 dengan nilai kandungan berkisar antara 70 PPM, hingga akhirnya menurun. Dapat disimpulkan bahwa variasi masukan udara dengan nilai kandungan terbaik ada pada variasi masukan udara 2:6 m/s, hal ini terjadi karena pembakaran yang kekurangan oksigen menghasilkan pembentukan metan yang signifikan.

Grafik hubungan antara waktu dan komposisi gas pada kandungan syngas (Karbon Monoksida (CO))



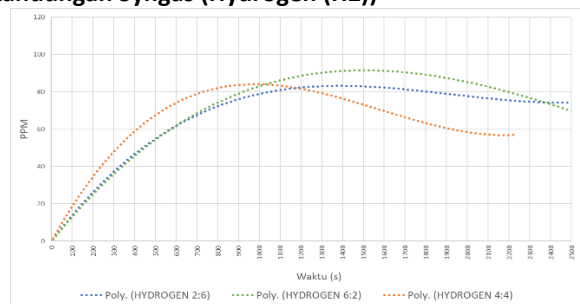
Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas Dengan Variasi Masukan Udara (Karbon Monoksida (CO))

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Bahwa kandungan karbon monoksida (CO) tertinggi adalah pada variasi masukan udara 4:4 m/s mengalami peningkatan dari awal pengambilan data, dengan nilai tertinggi pada detik ke-1000 dengan kandungan berkisar 60-70 PPM, hingga akhirnya menurun. Sedangkan kandungan karbon monoksida terendah adalah pada

variasi masukan udara 2:6 m/s, pada variasi masukan udara 2:6 m/s mengalami peningkatan mulai dari awal pengambilan data, dengan nilai tertinggi pada detik ke-1400 dengan kandungan berkisar antara 5-10 PPM, hingga akhirnya menurun. Dapat disimpulkan bahwa kandungan dengan karbon monoksida (CO) tertinggi adalah pada variasi masukan udara 4:4 m/s, hal ini terjadi karena distribusi oksigen yang masuk ke dala tabung reaktor merata mengakibatkan pembakaran terpusat, dan meningkatnya temperatur pada zona pembakaran yang mengakibatkan kandungan CO meninngkat.

Hubungan Antara Waktu dan Komposisi gas pada kandungan Syngas (Hydrogen (H₂))



Gambar 6 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Syngas Dengan Variasi Masukan Udara (Hydrogen (H₂))

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

Bahwa kandungan hidrogen (H₂) tertinggi adalah pada variasi masukan udara 6:2 m/s, mengalami peningkatan dari awal pengambilan data, dengan nilai tertinggi pada detik ke-1400 dengan kandungan berkisar antara 80-90 PPM, hingga akhirnya menurun. Sedangkan kandungan hidrogen (H₂) terendah adalah pada variasi masukan udara 4:4 m/s, mengalami peningkatan mulai dari awal pengambilan data dengan nilai tertinggi pada detik ke-900, dengan kandungan berkisar antara 85-90 PPM, hingga akhirnya menurun.

Dapat disimpulkan bahwa kandungan hidrogen (H₂) pada variasi masukan udara 6 : 2 m/s lebih baik karena dengan jumlah hidrogen (H₂) lebih tinggi nilai hidrogen (H₂) maka semakin tinggi pula nilai kalor pada syngas. Hal ini terjadi karena kandungan air terpecah menjadi hydrogen terbentuk pada temperatur tinggi, dengan distribusi oksigen yang tinggi mengakibatkan pembakaran maksimal yang mengakibatkan temperatur pada reaktor meningkat.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini menggunakan variasi masukan udara yaitu 2:6 m/s, 4:4 m/s, dan 6:2 m/s. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi masukan udara yang terbaik adalah pada variasi massukan udara 4 : 4 m/s dengan nilai hidrogen (H₂) 80-90 PPM, metan (CH₄) terkecil dengan nilai 60-70 PPM, dan karbon monoksida

(CO) dengan nilai 60-70 PPM. Variasi masukan udara ini sangat berpengaruh pada hasil produksi syngas.

REFERENSI

- Amrullah, S., & Oktaviananda, C. (2022). Effect of Air Fuel Ratio to Quality of Municipal Solid Waste Using Downdraft Gasification. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 7(1). <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v7i1.1640>
- Angga, I. P., Pratama, Y., & Winaya, I. N. S. (2019). Uji Reaktor Gasifikasi Downdraft Biomassa Sampah Kota. *Jurnal METTEK*, 5(2).
- D'Orazio, A., Rapagnà, S., Foscolo, P. U., Gallucci, K., Nacken, M., Heidenreich, S., Di Carlo, A., & Dell'Era, A. (2015). Gas conditioning in H₂ rich syngas production by biomass steam gasification: Experimental comparison between three innovative ceramic filter candles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(23), 7282–7290. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.03.169>
- Deng, W., Feng, Y., Fu, J., Guo, H., Guo, Y., Han, B., Jiang, Z., Kong, L., Li, C., Liu, H., Nguyen, P. T. T., Ren, P., Wang, F., Wang, S., Wang, Y., Wang, Y., Wong, S. S., Yan, K., Yan, N., ... Zhou, H. (2023). Catalytic conversion of lignocellulosic biomass into chemicals and fuels. *Green Energy and Environment*, 8(1), 10–114. <https://doi.org/10.1016/j.gee.2022.07.003>
- Firmansyah, M. F. R., & Siregar, I. H. (2021). Pengaruh AFR Terhadap Kualitas Syngas dan Nyala Api Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Tipe Downdraft. *Jtm*, 9(1).
- Hambali, I., Izzuddin, M., Hakim, A., Ferdinando, R., & Suwandono, P. (2023). Pengaruh Peforma Variasi Filter Gasifier Tipe Updraft dengan Bahan RDF. 12(02), 322–331.
- Hasan, M. M., Mustafi, N., & Hashem, M. A. (2015). Prospects of Biomass Gasification as an energy source in Bangladesh. *International Conference on Mechanical Engineering 2009*, 2009(December), 26–28.
- Lestari, R. Y., Prabawa, I. D. G. P., & Cahyana, B. T. (2018). PENGARUH KADAR AIR TERHADAP KUALITAS PELET KAYU DARI SERBUK GERGAJIAN KAYU JABON DAN KETAPANG (Effect of Moisture Content on the Quality of Wood Pellet Made from Jabon and Ketapang Sawdust). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 37(1), 1–12.
- Li, C. (2023). Thermodynamic study on the effects of operating parameters on CaO-based sorption enhanced steam gasification of biomass. *Energy*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127208>
- Liao, Y., Deng, F., & Xiao, B. (2019). Hydrogen-rich gas production from catalytic gasification of pine sawdust over Fe-Ce/olivine catalyst. *International Journal of Energy Research*, 43(13), 7486–7495. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/er.4781>
- Mohammad, M. A. (2019). Pengujian fixed bed gasifier dengan bahan bakar biomassa. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(1), 14–18. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v14i1.107>
- Ridwan, M., Indradjaja, I., Nugraha, N., & Taufik, I. (2018). Pengujian Kinerja Dan Modifikasi Reaktor Downdraft Gasifikasi Biomassa 100 kW. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(2). <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2394>
- Sarabhorn, P., Sitthichirachat, P., Siripaiboon, C., Khaobang, C., Palay, P., Thapsamut, T., Wibowo, H., Areeprasert, C., & Scala, F. (2023). Investigation of wood pellet gasification in a novel pilot-scale fixed-bed decoupling gasifier. *Fuel*, 352(January), 129025. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129025>
- Suwandono, P., Prakoso, Y. I., Soebiyakto, G., & Finahari, N. (2024). Pengaruh Variasi Filter Bertingkat dan Bukaan Katup Terhadap Kinerja Gasifikasi Tipe Updraft Berbahan Pelet Kayu. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 5(2), 86–94.
- Syarif, A., Rusnadi, I., Pratama, F. A., & Angraini, E. F. (2021). KARAKTERISASI SYNGAS GASIFIKASI DOWNDRAFT BATUBARA DENGAN VARIASI UKURAN BUTIR BATUBARA DAN PEMURNIAN SYNGAS MENGGUNAKAN ABSORBER DENGAN VARIASI LAJU ALIR ABSORBEN. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 4(2). <https://doi.org/10.46774/pptk.v4i2.400>
- Tiara, Djana, M., Rizka Mayasari, Hasrul Anwar, Muhammad Haviz, & Ashruri. (2023). PENGARUH AIR FUEL RATIO (AFR) DAN TEMPERATUR TERHADAP KADAR CO₂ DARI GASIFIKASI BIOMASSA KAYU KARET (HEVEA BRASILIENSIS). *Jurnal Redoks*, 8(1). <https://doi.org/10.31851/redoks.v8i1.9303>
- Yuono, Y., Pertiwi, D. S., Farouk, A. Z., & Adlan, I. N. (2018). Pengaruh AFR Terhadap Karakteristik Gas Produser Hasil Gasifikasi Batok Kelapa. *Seminar Nasional Itenas 2019*, 23