

PRODUKSI SYNGAS MELALUI *CROSSDRAFT GASIFIER* DITINJAU DARI VARIASI TEMPERATUR DAN MASSA JERAMI PADI SEBAGAI FILTER

Ahmad Gilang Abdillah Yama¹, Muhammad Rafiq Vitruvi¹, Ayu Andira¹, Arizal Aswan¹, Yohandri Bow^{1*}, Ida Febriana¹, Adi Syakdani², Rusdianasari³

¹Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Indonesia

³Magister Terapan, Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Indonesia

*e-mail: yohandri@polsri.ac.id

Abstract

Utilizing alternative energy is one strategy for resolving the petroleum energy dilemma. There are a number of ways to use coal as an alternative energy source, including the gasification process. In the presence of less oxygen than necessary for stoichiometric combustion, solid fuels are thermochemically converted into combustible fuels during the gasification process. The temperature and mass changes of rice straw used as a syngas filter were examined in this work in order to create a crossdraft gasifier prototype. Cleaning systems are directly incorporated into gasifiers to create them. In order to produce syngas of excellent quality, this study set out to establish the ideal temperature and rice straw filter mass. It also sought to identify the maximum LHV value for changes in rice straw filter mass. According to the study's findings, a temperature of 650 °C was needed to achieve a decent thermal efficiency of 16.56%, and a mass of 500 g of rice straw served as the ideal filter mass for syngas with a quality composition of 9.8% CO, 6.32% H₂, and 1.97% CH₄. The mass of 500 grams of rice straw with the greatest LHV value was 14,529.4 KJ/Kg.

Keywords: *crossdraft, gasifier, filter, jerami padi, syngas*

PENDAHULUAN

Konsumsi energi di Indonesia semakin meningkat bersamaan dengan kemajuan industri di Indonesia, sedangkan cadangan minyak bumi semakin menurun setiap tahunnya. Hal ini dapat memicu ketahanan energi di masa yang akan datang sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap penggunaan energi dalam menyelesaikan permasalahan kebutuhan energi. Konsumsi energi yang semakin meningkat salah satunya disebabkan oleh jumlah penduduk yang semakin meningkat dan diikuti dengan jumlah kendaraan yang semakin banyak. Untuk mengatasi permasalahan tersebut,

pemerintah melalui Kebijakan Energi Nasional (KEN) mengeluarkan beberapa solusi yaitu dengan melakukan konversi, diversifikasi dan intensifikasi energi.

Salah satu cara untuk mengatasi krisis energi minyak bumi adalah dengan menggunakan energi alternatif seperti batubara. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), produksi batubara akan mengalami kenaikan sekitar 637 – 664 juta ton pada tahun 2022 [1]. Batubara dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif melalui berbagai macam proses salah satunya adalah proses gasifikasi [2-3].

Proses gasifikasi merupakan konversi termokimia dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar yang mudah terbakar dengan adanya sejumlah oksigen kurang dari yang dibutuhkan untuk pembakaran stoikiometri [4]. Gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi berupa CO, H₂, CO₂, CH₄, sedikit hidrokarbon berantai panjang (etena dan etana), H₂O, N₂, dan berbagai partikulat kecil seperti arang, abu, tar, dan alkali [5].

Terdapat beberapa jenis gasifier pada proses gasifikasi berdasarkan arah aliran di antaranya yaitu *updraft* gasifier, *downdraft* gasifier dan *crossdraft* gasifier. Jenis – jenis gasifier tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan dalam berbagai aspek seperti efisiensi gasifikasi, polutan dalam produk gas, masalah operasional, ekonomi, lingkungan dan lain – lain [6-11].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, temperatur reaktor yang semakin tinggi mampu menghasilkan produk syngas yang memiliki penyalaan yang lebih lama. Berdasarkan penelitian tersebut lama nyala api yang tertinggi diperoleh pada temperatur 700°C sebesar 4,56 menit dan lama nyala api yang terendah diperoleh pada temperatur 600°C sebesar 4,10 menit [12].

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu maka penulis melakukan penelitian dalam rangka pemanfaatan dan pengoptimalan penggunaan energi menggunakan proses gasifikasi sistem *crossdraft* gasifier dengan meninjau pengaruh temperatur reaktor dan massa jerami padi sebagai filter terhadap laju konversi bahan bakar menjadi gas menggunakan batubara sebagai objek penelitian.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan prototipe *crossdraft* gasifier sebagai alat konversi batubara menjadi syngas dengan metode gasifikasi menggunakan jerami padi sebagai filter.

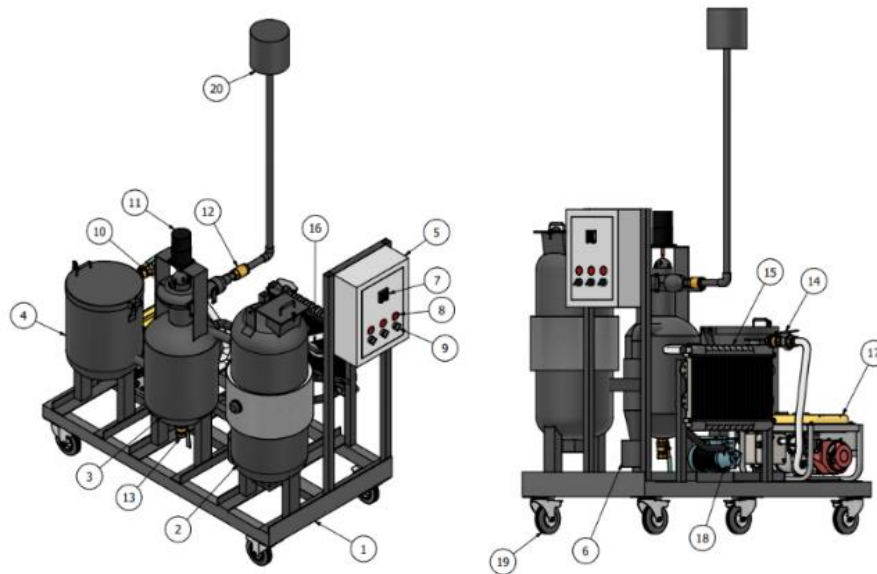
Prototipe *crossdraft* gasifier dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu reaktor gasifikasi dan sistem pembersih gas. Komponen utama dalam reaktor gasifikasi meliputi ruang pembakaran dan filter.

Ruang pembakaran merupakan tempat terjadinya proses gasifikasi yang dibuat dengan material plat karbon dengan ketebalan 2 mm. Pemilihan material ini berdasarkan pertimbangan plat karbon yang mempunyai titik leleh >1000°C.

Ruang pembakaran dibuat dalam bentuk silinder dengan sisi luar 60 cm dan tinggi 120 cm. Di atas reaktor dibuat bukaan masuk bahan bakar dengan diameter luar 50 cm. Di sebelah kanan atas ruang pembakaran dibuat lubang dengan ukuran 4" sebagai tempat keluaran syngas. Dan di bagian bawah terdapat dua lubang yang diperuntukan untuk masuknya udara oleh blower dan yang lainnya sebagai pembuangan tar atau sisa bakar.

Filter adalah tempat pemisahan gas dari partikulat padat yang masih terbawa dari proses sebelumnya, partikulat akan menempel pada media filter dan mengendap. Filter jerami adalah sebuah alat pembersih gas dengan menggunakan jerami sebagai pengikat partikel kotor yang masih terkandung di dalam gas. Filter jerami berbentuk tabung dan memiliki penutup di atasnya. Tinggi dalam tabung adalah 36 cm dan diameter dalam tabung adalah 28,4 cm. Material tabung berupa stainless steel. Pada rancangan ini, setelah melewati filter jerami selanjutnya gas akan diambil sampelnya dan juga akan disalurkan ke *Generator Set*.

Rancang bangun alat gasifikasi menggunakan batubara dengan sistem *crossdraft* gasifier terdiri dari beberapa alat yaitu *hopper*, *gasifier*, *fan*, *box panel control*, radiator, pompa, *blower*, *condenser*, *filter*, dan *engine gas*. Struktur alat gasifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prototipe *crossdraft gasifier*

Keterangan:

1. Rangka Alat
2. Reaktor
3. Cooler
4. Filter
5. Control Panel
6. Cyclone
7. Temperatur Set
8. Lampu Indikator
9. Tombol ON/OFF
10. Blower
11. Motor
12. Flare Stack Valve
13. Cooler Valve
14. Filter Valve
15. Radiator
16. Kipas Radiator
17. Generator Set
18. Pompa
19. Roda
20. Flare Stack

Proses oksidasi total



Boudouard Reaction



Water-Gas Reaction



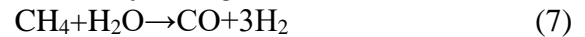
Water Gas Shift Reaction



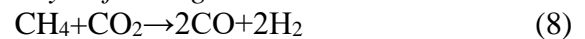
Methane Reaction



Steam Reforming



Dry Reforming

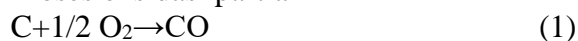


HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Variasi Temperatur Reaktor Terhadap Lama Nyala Api

Pada proses gasifikasi terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut [6]:

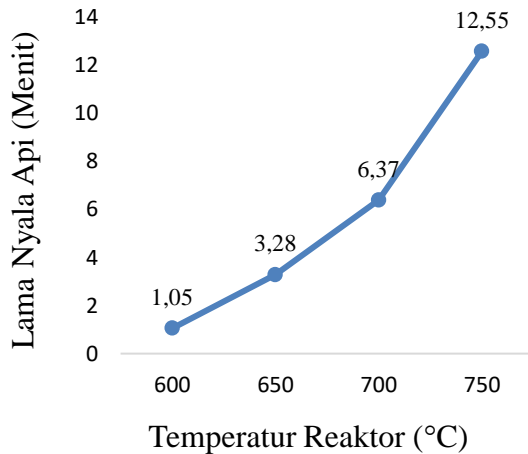
Proses oksidasi partial



Temperatur reaktor gasifikasi salah satu faktor yang mempengaruhi proses gasifikasi, pengaruh perbedaan variasi temperatur ini terlihat pada lama nyala api yang dihasilkan dan kualitas dari syngas yang dihasilkan. Penelitian dilakukan sebanyak empat kali proses untuk mencari nilai massa output dan waktu lama nyala api untuk masing masing variasi temperatur reaktor. Pada proses gasifikasi variasi I dengan temperatur 600°C didapatkan data massa output sebesar 0,3278 kg dan waktu lama nyala api selama 2,28 menit. Pada proses gasifikasi variasi II dengan temperatur 650°C didapatkan data massa output sebesar 356,1 gram dan waktu lama

nyala api selama 3,28 menit. Pada proses gasifikasi variasi III dengan temperatur 700°C didapatkan data massa output sebesar 258,6 gram dan waktu lama nyala api selama 6,37 menit. Pada proses gasifikasi variasi IV dengan temperatur 750°C didapatkan data massa output sebesar 103,3 gram dan waktu lama nyala api selama 12,55 menit.

Peningkatan temperatur pada reaktor gasifikasi menyebabkan meningkatnya reaksi endotermik baik secara heterogen maupun homogen seperti *Boudouard Reaction* (3) dan *Water Gas Reaction* (4) dimana pada temperatur tinggi kandungan karbon pada bahan bakar cenderung bereaksi dengan CO₂ dan uap air (5). Reaksi endotermik lainnya yang terjadi adalah *Steam Reforming* (7) yaitu reaksi antara CH₄ dengan H₂O dan *Dry Reforming* (8) yaitu reaksi antara CH₄ dengan CO₂ (6). Peningkatan reaksi-reaksi ini menyebabkan bahan bakar batubara yang dimasukkan ke reaktor gasifikasi akan lebih cepat menghasilkan gas mampu bakar (syngas) dimana bisa dilihat dari waktu lama nyala api yang lebih lama dan sisa massa output (arang) yang lebih sedikit.



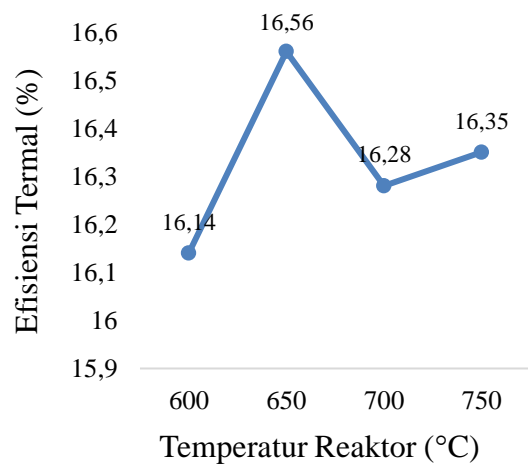
Gambar 2. Pengaruh variasi temperatur terhadap lama nyala api

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa lama nyala api akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur dari reaktor gasifikasi. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya temperatur maka reaksi-reaksi yang terjadi pada proses

gasifikasi maupun pembakaran akan meningkat. Temperatur yang meningkat pada reaktor gasifikasi mendorong aktivitas reaksi endotermik meningkat sehingga bahan bakar akan lebih cepat bereaksi dan menghasilkan *producer gas*.

Pengaruh Variasi Temperatur Reaktor Terhadap Efisiensi Termal

Pengaruh temperatur terhadap efisiensi termal dapat dilihat pada Gambar 3.



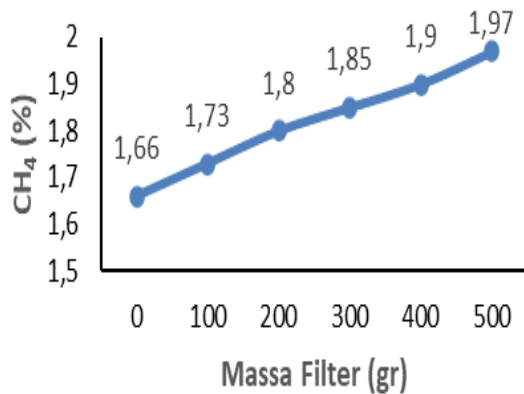
Gambar 3. Pengaruh variasi temperatur reaktor terhadap efisiensi termal

Berdasarkan Gambar 3 dapat di analisis bahwa temperatur reaktor yang mempengaruhi hasil dari kandungan syngas berpengaruh juga terhadap hasil efisiensi termal dari proses gasifikasi. Efisiensi termal tertinggi diperoleh pada temperatur reaktor 650°C dengan efisiensi sebesar 16,56,% sedangkan efisiensi termal terendah diperoleh pada temperatur reaktor 600°C dengan efisiensi sebesar 16,14%. Nilai LHV syngas diperoleh dengan mengalikan komposisi CO, H₂, dan CH₄ dengan *heating value* masing-masing komponen. Selanjutnya nilai LHV syngas dibagi dengan LHV bahan baku (batubara) untuk mendapatkan nilai efisiensi termal. Efisiensi mengikuti jenis kalor yang terdapat pada batubara, sehingga besar atau tidaknya efisiensi bergantung pada besarnya nilai kalor yang dikonversikan menjadi energi

yang mudah terbakar dalam bentuk syngas.

Pengaruh Massa Filter Jerami Padi Terhadap Kualitas Syngas yang Dihasilkan

Filter dapat mempengaruhi kualitas syngas yang dihasilkan. *Syngas* yang dihasilkan cenderung kotor karena komposisi batubara serta proses gasifikasi itu sendiri. Proses gasifikasi yang direaksikan dengan udara untuk dibakar menjadi bahan bakar. Bahan bakar yang dihasilkan pada proses gasifikasi yaitu syngas yang masih mengandung partikel pengotor sehingga diperlukan adanya pembersihan gas dari partikel pengotor dan pencemar lainnya untuk meningkatkan kualitas *syngas*. Komponen terbesar penyusun jerami padi adalah selulosa. Jerami padi tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut keras. Dari serat jerami padi inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai filter dan menjadi salah satu alat pembersih gas hasil gasifikasi sebagai metode pemurnian yang murah [13-14].

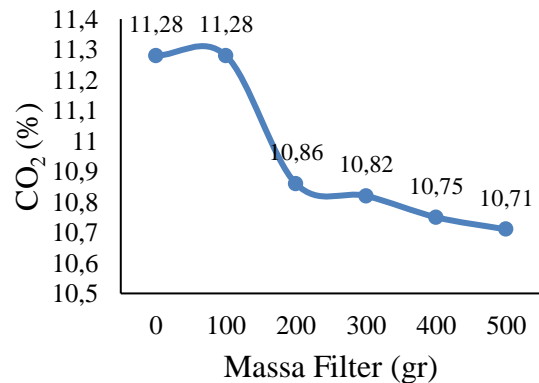


Gambar 4. Pengaruh massa filter terhadap CH₄ *syngas*

Berdasarkan pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan tingginya nilai kalor batubara yang digunakan dapat menunjukkan banyaknya kandungan karbon di dalam batubara. Hal ini menyebabkan gasifier lebih banyak mengandung CO

dibanding H₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai komposisi CO, H₂, dan CH₄ bergantung pada komposisi ultimate jenis bahan bakar yang digunakan. Berdasarkan faktor tersebut, semakin tinggi nilai kalor yang terkandung di dalam suatu bahan bakar akan semakin banyak membentuk senyawa CO, CO₂, dan CH₄, sedangkan jika semakin kecil nilai H₂ dari bahan bakar menyebabkan rendahnya H₂ yang terkandung di dalam bahan bakar tersebut.

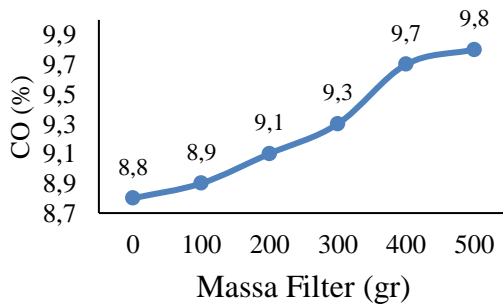
Berdasarkan Gambar 4 kandungan CH₄ pada syngas mengalami kenaikan yang signifikan seiring massa jerami padi sebagai filter bertambah. Kandungan CH₄ paling tinggi didapat pada saat massa filter 500 gr dengan nilai kandungan CH₄ sebesar 1,97 %, dan kandungan CH₄ paling rendah didapat pada saat tidak menggunakan filter. Hal ini disebabkan karena kandungan CO₂ berkurang dengan adanya penambahan massa filter pada proses penyerapan senyawa dengan massa jenis berat pada filter, ini mengakibatkan persentase kandungan CH₄ bertambah.



Gambar 5. Pengaruh massa filter terhadap CO₂ *syngas*

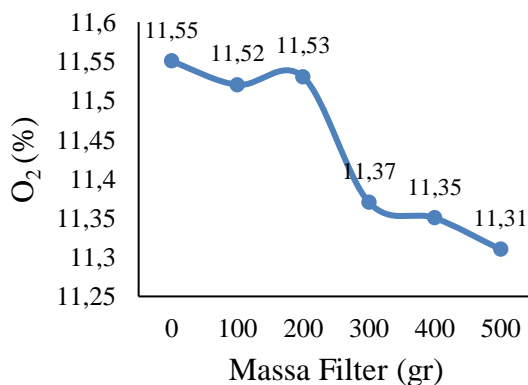
Berdasarkan Gambar 5 kandungan CO₂ pada *syngas* mengalami penurunan yang signifikan. CO₂ merupakan zat pengotor yang konsentrasinya paling banyak daripada yang lain sehingga perlu untuk dikurangi jika ingin mendapatkan kandungan CH₄ yang tinggi dan nilai kalor pembakaran yang bagus [15]. Untuk mengurangi kandungan CO₂ salah satunya adalah dengan proses adsorpsi, dimulai dari

massa filter 200 gr, pada massa 200 gr penyerapan senyawa berat mulai efektif. Kandungan CO₂ paling tinggi didapat pada saat massa filter 100 gr dan tanpa filter dengan nilai CO₂ kandungan sebesar 11,28%, dan kandungan CO₂ paling rendah didapat pada saat massa filter sebesar 500 gr dengan nilai sebesar 10,71%. Hal ini disebabkan karena senyawa CO₂ terserap pada filter.



Gambar 6. Pengaruh massa filter terhadap CO syngas

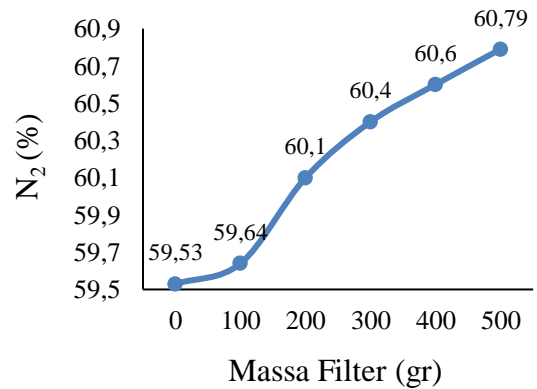
Berdasarkan Gambar 6 kandungan CO pada syngas mengalami kenaikan seiring massa jerami padi sebagai filter bertambah. Kandungan CO paling tinggi didapat pada saat massa filter 500 gr dengan nilai kandungan CO sebesar 9,8%, dan kandungan CO paling rendah didapat pada saat tidak menggunakan filter dengan nilai kandungan CO sebesar 8,8%.



Gambar 7. Pengaruh massa filter terhadap O₂ syngas

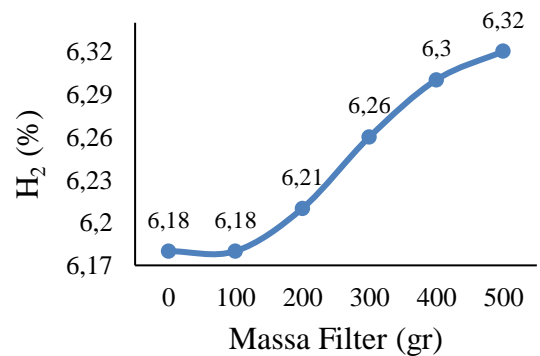
Berdasarkan Gambar 7 kandungan O₂ pada syngas mengalami penurunan dimulai dari massa filter 300 gr. Kandungan O₂

paling tinggi didapat pada saat tanpa filter dengan nilai O₂ sebesar 11,55%, dan kandungan O₂ paling rendah didapat pada saat massa filter sebesar 500 gr dengan nilai sebesar 11,31%.



Gambar 8. Pengaruh massa filter terhadap N₂ syngas

Berdasarkan Gambar 8 kandungan N₂ pada syngas mengalami kenaikan seiring massa jerami padi sebagai filter bertambah. Kandungan N₂ paling tinggi didapat pada saat massa filter 500 gr dengan nilai kandungan N₂ sebesar 60,79%, dan kandungan N₂ paling rendah didapat pada saat tidak menggunakan filter dengan nilai kandungan N₂ sebesar 59,53%.



Gambar 9. Pengaruh massa filter terhadap H₂ syngas

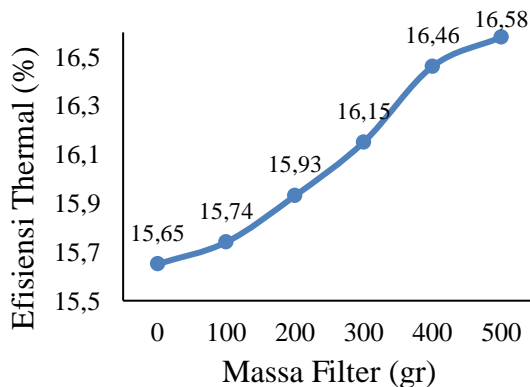
Berdasarkan Gambar 9 kandungan H₂ pada syngas mengalami kenaikan seiring massa jerami padi sebagai filter bertambah. Kandungan H₂ paling tinggi diperoleh pada saat massa filter 500 gr dengan nilai kandungan H₂ sebesar 6,32%, dan kandungan H₂ paling rendah diperoleh pada saat tidak menggunakan filter dan dengan

massa filter 100 gr dengan nilai kandungan H₂ sebesar 6,18%.

Proses peningkatan kadar gas CH₄ dan H₂ dapat dilakukan dengan melewati ke dalam filter dan terjadinya proses adsorpsi [16]. Pengaruh terbesar dari biomassa sebagai media filter adalah kemampuan adsorpsi permukaan [17]. Dalam adsorpsi gas, jumlah molekul yang teradsorpsi pada permukaan padatan tergantung pada kondisi dalam fasa gas. Hal ini disebabkan karena semakin banyak massa biomassa di filter maka meningkatnya kandungan gas CH₄ dan H₂, serta gas yang terserap CO₂ dan CO menjadi berkurang volumenya karena merupakan gas yang jauh lebih berat dari gas lain yang ada pada syngas, sehingga akan tertahan di filter [18-19]. Penelitian terdahulu memperkuat bahwa semakin bertambahnya massa biomassa di filter maka akan menyebabkan terjadi peningkatan komposisi CH₄ dan H₂, serta menurun CO₂ dan CO.

Pengaruh Jumlah Massa filter Terhadap Efisiensi Gasifikasi

Efisiensi gasifikasi merupakan perbandingan antara panas *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi dengan kandungan panas dari bahan bakar bila terbakar sempurna.



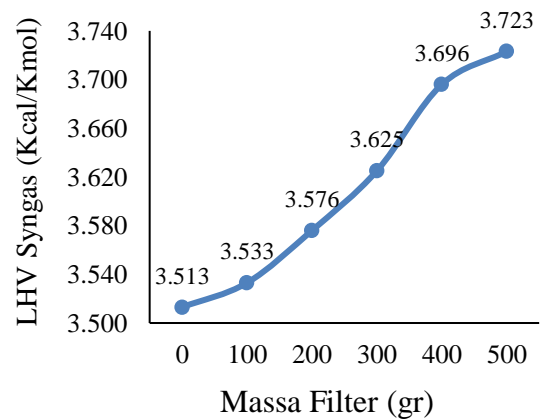
Gambar 10. Efisiensi gasifikasi dari hasil variasi massa filter jerami padi

Dari Gambar 10 dapat dianalisa bahwa efisiensi mengikuti jenis kalor yang terdapat pada batubara, sehingga besar atau kecilnya

efisiensi sangat bergantung kepada besarnya nilai kalor dapat mengindikasikan seberapa banyak energi dari batubara yang dikonversikan menjadi energi yang mudah terbakar dalam bentuk *syngas* pada proses gasifikasi. Ini dibuktikan dengan Gambar 10, efisiensi paling tinggi pada penelitian kali ini diperoleh pada variasi massa filter jerami padi 500 gr dengan nilai efisiensi 5,66% dan efisiensi paling rendah diperoleh pada variasi tanpa filter dengan nilai efisiensi 5,60%.

Pengaruh Jumlah Massa filter Terhadap Nilai LHV Syngas

Low Heating Value (LHV) merupakan panas yang dihasilkan tanpa adanya panas penguapan *moisture* dan indikator penting dalam bahan bakar termasuk *syngas*. LHV menunjukkan banyak nilai kalor yang mampu dihasilkan bahan bakar dan pembersih gas. Dari Gambar 11, dapat dilihat pengaruh jumlah massa filter terhadap nilai LHV *Syngas*.



Gambar 11. Pengaruh massa filter terhadap LHV syngas

Dari Gambar 11, perbandingan jumlah massa filter terhadap nilai LHV *Syngas* dapat dilihat bahwa massa jerami padi di filter dapat mempengaruhi LHV. Nilai LHV *syngas* tanpa penggunaan filter sebesar 14.382,8 Kcal/Kmol, nilai LHV *syngas* dengan massa Jerami padi 100 gr adalah 14.464,1 Kcal/Kmol, nilai LHV *syngas* dengan massa Jerami padi 200 gr adalah 14.498,3 Kcal/Kmol, nilai LHV *syngas*

dengan massa Jerami padi 300 gr adalah 14.503,6 Kcal/Kmol, nilai LHV *syngas* dengan massa Jerami padi 400 gr adalah 14.502 Kcal/Kmol, dan nilai LHV *syngas* dengan massa Jerami padi 500 gr adalah 14.529,4 Kcal/Kmol

Nilai LHV *syngas* mengalami kenaikan linear setiap penambahan massa jerami padi pada proses filtrasi, hal ini dikarenakan nilai LHV secara teoritis dipengaruhi oleh komposisi *syngas* yang dihasilkan [20-21]. Seiring bertambahnya massa jerami padi di filter maka nilai LHV akan mengalami peningkatan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menjelaskan filter digunakan untuk membersihkan produk gas dari debu halus dan tar, kemudian produk gas masuk ke filter yang akan dilewatkan pada media filter sehingga dapat menghilangkan kandungan tar dan debu halus [22-25]. Nilai kalor akan meningkat seiring penurunan zat pengotor CO, CO₂, H₂S, tar, abu, serta mempengaruhi nilai LHV yaitu banyaknya komposisi gas yang dapat terbakar. Penelitian terdahulu memperkuat bahwa massa jerami padi mempengaruhi nilai LHV yang dihasilkan [26].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian nyala api yang paling lama terjadi pada temperatur reaktor 750°C dengan lama nyala api selama 12,55 menit. Semakin banyaknya massa jerami padi, maka persentase CO₂ akan berkurang dan persentase CH₄ akan meningkat. Variasi massa jerami padi 500 gr merupakan variasi yang menghasilkan CH₄ paling tinggi dengan nilai CH₄ 1,97%, sedangkan nilai CH₄ paling rendah terdapat pada variasi tanpa jerami padi dengan nilai CH₄ 1,66%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R Ploetz, R Rusdianasari, and E Eviliana., 2016. *Renewable energy: advantages and disadvantages*, Proceeding Forum in Research, Science, and Technology (FIRST).
- [2] Kementerian ESDM Proyeksi Produksi Barubara 2022 Capai 664 Juta Ton. (Online) Diperoleh dari <https://ekonomi.bisnis.com/read/20211221/44/1480041/kementerian-esdm-proyeksi-produksi-batu-bara-2022-capai-664-juta-ton> (20 Maret 2022).
- [3] Fitriana, Ira, Anindhita, Agus Sugiyono, Laode M.A. Wahid, Adiarso., 2017. *Outlook energi Indonesia. Inisiatif pengembangan teknologi energi bersih*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pusat, Teknologi dan Sumber Daya Energi dan Industri Kimia, Jakarta.
- [4] Sansaniwal S.K., Rosen M.A., Tyagi S.K.. 2017. *Global challenges in the sustainable development of biomass gasification: An overview*, Renew. Sustain. Energy., Vol. 80. pp. 23–43.
- [5] Alwan, H.. 2019. *Model gasifikasi biomassa menggunakan pendekatan kesetimbangan termodinamika stoikiometris dalam memprediksi gas produsen*. Jurnal Integrasi Proses. Vol. 8, pp. 31 – 38.
- [6] RAN Moulita, Rusdianasari, and L. Kalsum., 2019. *Converting waste cooking oil into biodiesel using microwaves and high voltage technology*. J. Phys: Conf.Ser. 1167 012033.
- [7] S. Yunsari, Rusdianasari, and A. Husaini., 2019. *CPO based biodiesel production using microwaves assisted method*. J. Phys. Conf. Ser., vol. 1167.
- [8] Rusdianasari, A Syarif, M Yerizam, MS Yusi, L Kalsum, Y Bow., 2020. *Effect of catalyst on the quality of biodiesel from waste cooking oil by induction heating*. Journal of Physics: Conf. Series 1500 (012052).

- [9] S Susumu, R Rusdianasari, S Yusi., 2020. *Biodiesel production from waste cooking oil using electrostatic method*, Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry (IJFAC) 3(3). pp. 71-76.
- [10] Julismi, Rusdianasari, A Hasan., 2021. *Syngas underground coal gasification (UCG) testing of in-situ type lignite coal and fracture type coal*. International Journal of Research in Vocational Studies, Vol. 1, No. 2.
- [11] Rusdianasari, Y Bow, RAN Moulita., 2020. *Temperature effect on the biodiesel quality from waste cooking oil by induction heating*, Journal of Physics: Conf. Series 1450 012003.
- [12] Darma, I.W.A., Winaya, I.N.S., dan Wirawan, I.K.G.. 2018. *Studi pengaruh temperatur reaktor gasifikasi terhadap fuel conversion rate gasifikasi dual reactor fluidized bed*. Jurnal METTEK. Vol. 4. pp. 37 – 42.
- [13] Kumar, P.S., K. Ramakrishnan, S.D. Kirupha, dan S. Sivanesan., 2010. *Thermodynamic and kinetic studies of cadmium adsorption from aqueous solution onto rice husk*, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 27, No. 02, pp. 347 – 355
- [14] Rusdianasari, M Taufik, Y Bow, MS Fitria., 2020. *Application of nanosilica for rice husk as iron metal (Fe) adsorbent in textile wastewater*, Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry (IJFAC), Vol. 5, No. 1. pp. 7-12.
- [15] J. U. Putra, L. Kalsum, and Y. Bow., 2018. *Effect of DC voltage on prototype of biodiesel electrostatic separator with glycerin from waste cooking oil*. Indones. J. Fundam. Appl. Chem., Vol. 3, No.3. pp. 89-93.
- [16] A. de R. Pinho., 2017. *Fast pyrolysis oil from pinewood chips co-processing with vacuum gas oil in an FCC unit for second generation fuel production*, Fuel, vol. 188, pp. 462–473.
- [17] Zurohaina, Aswan, A., dan Arnoldi, D., 2016. *The test performance filter straw as syngas cleaner media on the appliance biomass gasification of updraft single gas electrical system*, 5-10.
- [18] Ariyanto, Putut., 2017. *Pengaruh cleanup gasifier terhadap produk gas hasil gasifikasi menggunakan media garam besi, zeolit, dan serbuk gergaji*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [19] Novarini, Rusdianasari, Y. Bow, and S. Kurniawan., 2020. *Study of temperature and use of catalysts in the pyrolysis of LDPE plastic waste on the quantity of oil fuel products produced*. Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020).
- [20] Novarini, S. Kurniawan, Rusdianasari, Y. Bow., 2021. *Kajian karakteristik dan energi pada pirolisis limbah plastik low density polyethylene (LDPE)*. Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 5, No. 1, pp. 61-70.
- [21] Y. Bow, Rusdianasari, and S.P. Lestari., 2019. *Pyrolysis of polypropylene plastic waste into liquid fuel*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 347 (012128).
- [22] Y. Bow, S. Effendi, A. Taqwa, G. Rinditya, M. Y. Pratama, and Rusdianasari., 2021. *Analysis of air fuel ratio on combustion flames of mixture waste cooking oil and diesel using preheating method*. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 709 (012004).
- [23] RAN Moulita, Rusdianasari, L. Kalsum., 2020. *Biodiesel production from waste cooking oil using induction heating tchnology*. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry, Vol. 5, No.1, pp. 13-17.
- [24] S. Yunsari, A. Husaini, and Rusdianasari., 2019. *Effect of variation of catalyst concentration in the producing of biodiesel from crude*

- palm oil using induction heater*, Asian Journal of Applied Research and Community Development and Empowerment, Vol. 3, No. 1, pp. 24-27.
- [25] Rusdianasari, A Syarif, M Yerizam, MS Yusi, L Kalsum, Y Bow., 2020. *Effect of catalyst on the quality of biodiesel from waste cooking oil by induction heating*, Journal of Physics: Conf. Series 1500 (012052).
- [26] E. Anzar, MS Yusi, and Y. Bow., 2020. *Purification of crude glycerol from biodiesel by-product by adsorption using bentonite*. Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry (IJFAC), Vol. 3, No. 3. pp. 83-88.