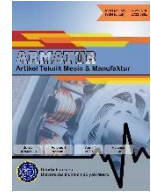


Contents list available at [Sinta](https://sinta)**A R M A T U R**

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio terhadap Kinerja Gasifier Tipe Downdraft menggunakan Filter Ampas Tebu dan Kulit Kayu Secang****Rizki Hidayat<sup>1</sup>, Purbo Suwandono<sup>2\*</sup>, Nurida Finahari<sup>3</sup>, Leo Hutri Wicaksono<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Mesin, Teknik, Universitas Widya Gama, Kota Malang, Jawa Timur**A R T I C L E  
I N F O**

*Keywords:*  
Gasification  
AFR, Filter  
Bagasse  
Sappan Bark

**A B S T R A C T**

*This research aims to provide a deeper understanding of the potential of downdraft type gasifiers as a renewable energy source. Gasification is a thermochemical process that converts solid fuel into synthesis gas (syngas), where the use of biomass filters can improve gas quality by reducing impurities such as CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, and tar. In this study using experimental research method or real observation. The results of the study show that AFR (Air Fuel Ratio) is very influential on syngas content, the higher the AFR, the more perfect combustion. Resulting in high syngas content. In the filter combination of bagasse and secang bark at AFR 2,2, shows a significant increase in the capture of methane (CH<sub>4</sub>), the release of carbon dioxide (CO) and the release of hydrogen content (H<sub>2</sub>) is significant and tends to be stable until the end. Meanwhile, AFR 0,7 and 1,5 showed a rapid and high increase in concentration. In conclusion, the AFR 2,2 variation produces optimal combustion. Optimal combustion can increase the content of CO, H<sub>2</sub>, and reduce tar formation.*

---

\*Corresponding author: [purbo@widyagama.ac.id](mailto:purbo@widyagama.ac.id)

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i1.7113>

Received August 22, 2024; Received in revised form March 15, 2025; Accepted March 18, 2025

Available online March 19, 2025

## Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, dunia menghadapi tantangan serius terkait dengan ketergantungan pada sumber energi konvensional seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Dalam upaya untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca, telah mengarahkan perhatian pada pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian dan pengembangan di bidang ini telah mengalami kemajuan pesat, menunjukkan potensi besar biomassa dalam mendukung keberlanjutan energi global[1].

Energi terbarukan muncul sebagai jawaban atas tantangan ini, menawarkan potensi untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan meminimalkan dampak lingkungan. Pada dasarnya, energi terbarukan memanfaatkan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, seperti matahari, angin, air, dan biomassa, untuk menghasilkan energi. Dalam konteks ini, biomassa sebagai sumber energi terbarukan yang menarik perhatian, dan gasifier tipe downdraft menjadi solusi yang menjanjikan dalam mengubah biomassa menjadi energi yang dapat digunakan[2,3].

Di Indonesia biomassa sangat melimpah mulai dari sisa pengolahan kayu, sampah, dan sisa pertanian. 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.

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 sintetis yang dapat

digunakan sebagai sumber energi. Keunikan dari gasifier tipe downdraft terletak pada arah aliran gas yang bergerak ke bawah, meningkatkan efisiensi konversi, mengurangi emisi gas rumah kaca yang merugikan lingkungan dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan[4,5]. Selain keberlanjutan lingkungan, gasifier tipe downdraft juga menawarkan potensi dalam keberagaman sumber energi dan meningkatkan ketahanan energi suatu negara. 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[6].

Pelet kayu menjadi pilihan yang menarik dalam konteks energi biomassa. Proses produksinya melibatkan pengompresan serbuk atau serpihan kayu tanpa tambahan bahan kimia, menghasilkan butiran padat dengan tingkat kelembaban yang rendah. 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. Di antara berbagai bentuk biomassa, pelet kayu menonjol sebagai bahan bakar yang efisien dan berkelanjutan.

Desain gasifier tipe downdraft saat ini masih mengalami kendala dalam hal memproduksi syn-gas dimana syn-gas memiliki kandungan tar yang masih banyak. Beberapa penyebab gasifier tipe downdraft masih memiliki kandungan tar yang tinggi adalah tidak sesuai input udara masuk dengan jumlah biomassa yang dimasukan kedalam reaktor. Rasio input udara dengan biomassa disebut dengan AFR (Air Fuel Ratio). AFR pada gasifier tipe downdraft sangat berpengaruh terhadap kandungan tar yang dihasilkan dimana tar

ini adalah hal yang dihindari dalam proses gasifikasi. Selama ini penentuan AFR menggunakan satu input udara masuk yaitu pada zona combustion. Pengaruh variasi udara masuk (air inlet) agar distribusi bahan bakar lebih merata (mengurangi resiko pembentukan hot spot), pengontrolan yang lebih baik pada variasi AFR, meningkatkan efisiensi operasional gasifier, hingga membantu mengurangi emisi gas beracun dan meminimalisir produksi tar dalam setiap pembakaran hingga menghasilkan syn-gas yang bersih[7,8,9,10].

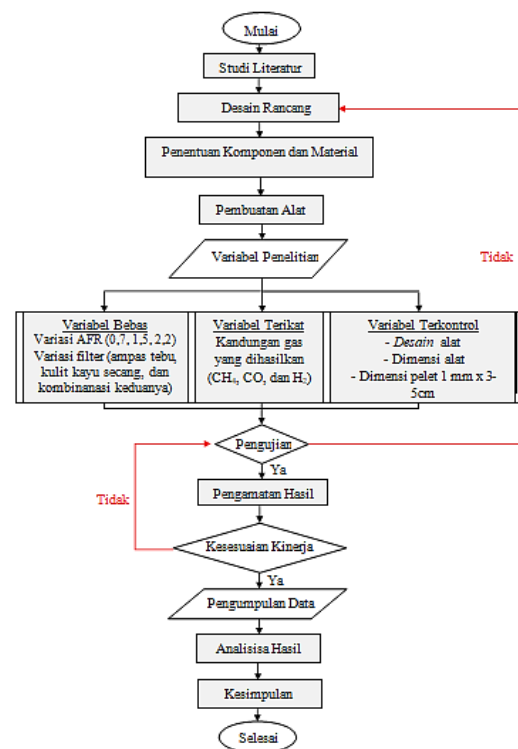
Dalam gasifikasi perlu filter dalam pengaplikasian untuk meminimalisir zat berbahaya didalam syngas. Ampas tebu adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses ekstraksi jus tebu dalam pembuatan gula. Setelah sari tebu diperas, sisa padat yang tertinggal dikenal sebagai ampas tebu. Secara tradisional, ampas tebu dianggap sebagai limbah, tetapi dengan berkembangnya teknologi, memiliki banyak potensi sebagai bahan baku yang berharga untuk berbagai industri. Berdasarkan hasil uji, ampas tebu mengandung Selulosa 35.01%, dan Lignin 6.4%[11]. Kulit kayu secang, dengan kandungan senyawa lignin dan selulosa, memiliki potensi yang menarik untuk diaplikasikan sebagai bahan filter dalam proses gasifikasi. Potensi ini didasarkan pada kemampuan adsorpsi yang baik terhadap berbagai jenis partikel dan senyawa kimia, termasuk tar dan partikulat halus yang dihasilkan dari proses gasifikasi.

Pada gasifikasi downdraft, pembentukan metana ( $CH_4$ ) terjadi terjadi pada  $500^\circ C - 700^\circ C$ , pembentukan  $CH_4$  cukup tinggi karena reaksi pirolisis dan reaksi parsial terjadi. Namun, pada suhu ini, laju produksi hidrogen dan karbon monoksida belum maksimal. Di atas  $700^\circ C$  metana mulai terurai akibat proses cracking termal, sehingga konsentrasinya dalam gas hasil menurun. Pada suhu yang lebih tinggi, proses pembentukan syngas yang kaya  $H_2$  dan  $CO$  lebih dominan.

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

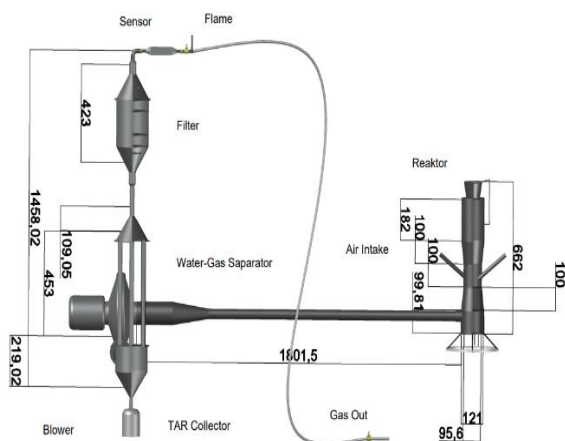
Dalam penelitian ini menggunakan metode ekperimental (*experimental research*) atau pengamatan secara nyata. Diagram alir pada penelitian ini disampaikan pada gambar 1. Diagram alir dibuat sesuai dengan langkah-langkah pengambilan data, agar mampu menggambarkan proses penelitian.



Gambar 1. Flow Cart Penelitian

## 1. Desain alat

Desain alat pada penelitian ini terdiri dari reaktor berbentuk silinder dengan ketebalan 4 mm dengan ukuran diameter 0,3 meter ketinggian 0,662 meter. Pipa penghubung yang digunakan adalah pipa dengan diameter  $\frac{3}{4}$  inch. Diameter pipa penghubung reaktor dan *centrifugal blower electric* ukuran  $\varnothing$  12" dengan daya / power 370 W, speed 2840 r/min dan nilai tegangan: 220 V / 50 Hz. Water-gas saporator ukuran 6", dengan 4 pipa  $\frac{3}{4}$ . Filter dengan daya tampung 1 liter. Sensor yang digunakan adalah sensor Methane (CH<sub>4</sub>), Hidrogen (H<sub>2</sub>), dan carbon monoksida (CO). Sensor nantinya akan dipasang pada Arduino sebagai pengumpulan dan display data. Bahan bakar yang digunakan adalah pelet kayu dengan diameter 1 mm dengan panjang 3-5 cm.



Gambar 2. Desain Alat

## 2. Variabel penelitian

- Variabel bebas dari penelitian ini adalah variasi filter (ampas tebu, kulit kayu secang, dan ampas tebu 50% kulit kayu secang 50%)
- Variabel terikat dari penelitian ini adalah kandungan syn-gas (CH<sub>4</sub>, CO, dan H<sub>2</sub>).
- Variable terkontrol pada riset ini adalah Air Fuel Ratio (0,5, 1,5, 2,2), design alat, dimensi alat, diameter pelet kayu yang digunakan adalah 1 cm dengan panjang 2-5 cm 1 kg.

## 3. Teknik pengumpulan data

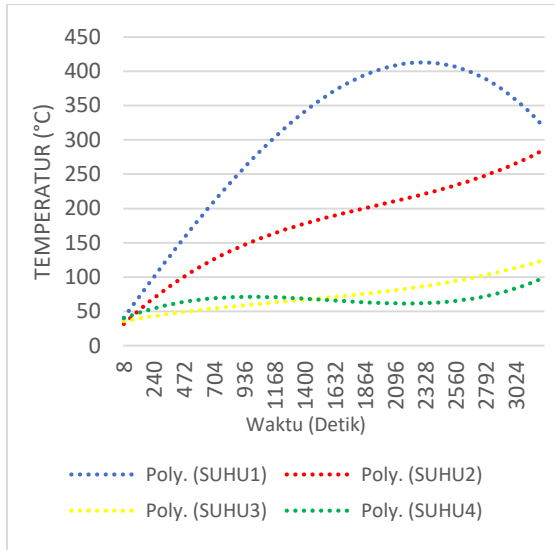
Teknik pengumpulan data dimulai dengan memasukan bahan bakar ke dalam reaktor, menyalan blower, mengatur AFR (0,5, 1,5, dan 2,2) menggunakan katup yang ada pada lubang masukan, diukur menggunakan anemometer. Menyalakan bahan bakar melalui lubang *port ignition*, terdapat 4 titik sensor temperature untuk mengetahui zona gasifikasi yaitu zona *combustion, reduction, pyrolysis* dan *drying* yang berada pada reaktor, berfungsi untuk mengetahui zona gasifikasi, Gas hasil gasifikasi tersebut akan naik karena hisapan dari blower, selanjutnya gas akan masuk ke tabung water-gas saporator fungsinya untuk pendinginan dan memisahkan kandungan gas dengan tar yang dihasilkan, ketika gas masuk kedalam water- gas saporator, tar akan turun dan ditampung kedalam wadah yang sudah disiapkan, gas akan melewati sensor unuk mengukur persentase gas menggunakan arduino gas Methan (MQ4), gas karbon monoksida (CO) MQ7, dan gas hidrogen MQ8 (H<sub>2</sub>).



Gambar 3. Pengukuran Laju Massa Alir Udara

## Hasil dan Pembahasan

Analisa mencakup nilai temperatur dan komposisi syn-gas. Berikut adalah data hasil dari hubungan waktu terhadap temperatur rata-rata.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Waktu Gasifikasi dengan Temperatur

Suhu 1 (Zona Reduksi), Suhu mulai tinggi dan mencapai puncaknya di sekitar 2000 detik, mencapai sekitar 400 °c. Setelah puncaknya, suhu berangsur-angsur menurun, menunjukkan proses reduksi yang stabil. menunjukkan reaksi reduksi yang tinggi. Suhu 2 (Zona Oksidasi), Suhu mulai relatif tinggi dan terus meningkat sepanjang proses, mencapai di atas 300 detik pada akhir waktu. Ini menunjukkan proses pembakaran yang terus menerus memberikan panas yang konsisten. terjadi peningkatan suhu yang konsisten karena pembakaran yang sedang berlangsung. Suhu 3 (Zona Pirolisis), Suhu naik awalnya, mencapai puncaknya sekitar 600 °c, mencapai sedikit di bawah 200 detik, dan kemudian perlahan menurun. Perilaku ini khas untuk proses pirolisis, di mana bahan mengalami dekomposisi termal sebelum stabil. menunjukkan puncak yang stabil. Suhu 4 (Zona Pengeringan), Suhu mulai rendah dan sedikit meningkat seiring waktu, tetap di bawah 100 °c. Suhu yang konsisten rendah ini sesuai dengan proses pengeringan, yang tidak memerlukan panas tinggi. menunjukkan suhu terendah dan paling stabil, karena pada zona ini terjadi proses pengeringan.

Hasil Perhitungan AFR:

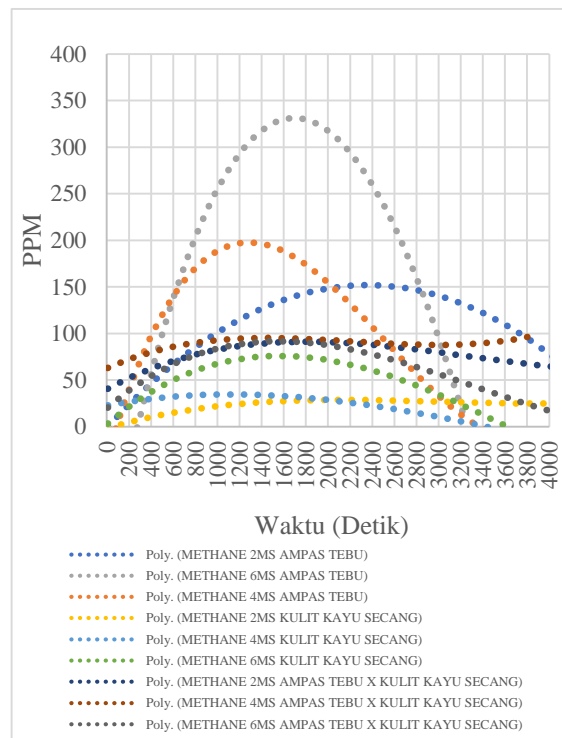
$$AFR = M \text{ udara} / M \text{ biomassa} \quad (1)$$

Tabel 1 Hasil perhitungan AFR

A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	AFR
0,000346	2	1,225	0,7
0,000346	4	1,225	1,5
0,000346	6	1,225	2,2

Dimana:

Luas peampang adalah 0,000346, dengan laju alir udara (2,4,6 m/s), massa jenis udara 1,225 kg/m<sup>3</sup>, waktu operasi 30 menit, massa pelet kayu 2 kg, dan AFR (0,7 pada laju alir udara 2 m/s, 1,5 pada laju alir 4 m/s, dan 2,2 pada laju alir 6 m/s).



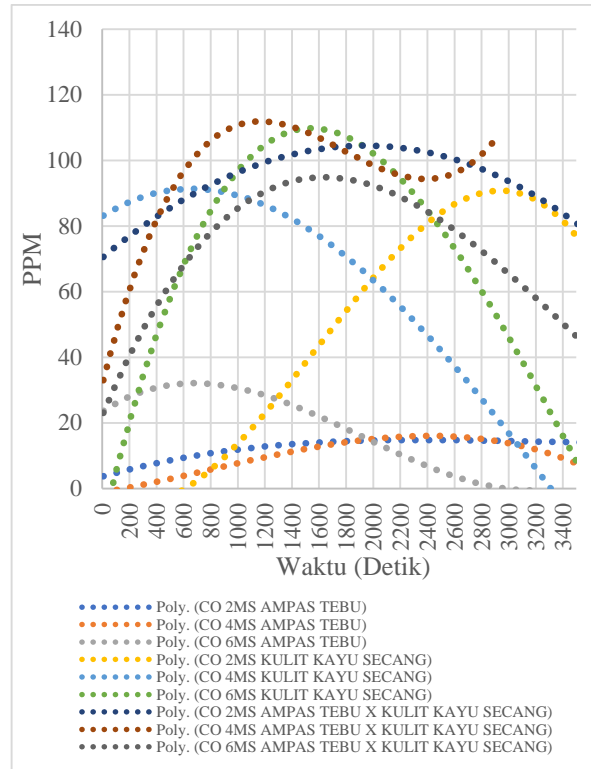
Gambar 5. Grafik Hubungan Waktu terhadap PPM Syngas (Methane (CH<sub>4</sub>))

Dari grafik di atas, terlihat bahwa pada AFR 0,7, konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>) dari ampas tebu meningkat secara bertahap dan mencapai puncaknya lebih lambat, dengan nilai metana tertinggi antara 150-160 PPM pada detik ke-2400. Pada AFR 1,5, konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>) juga meningkat secara bertahap dan mencapai

puncaknya lebih cepat, dengan nilai tertinggi antara 190-200 PPM pada detik ke-1200. Sementara itu, pada AFR 2,2, metana ( $\text{CH}_4$ ) mencapai puncak yang lebih tinggi dengan cepat, namun kemudian menurun secara bertahap, dengan nilai tertinggi antara 330-340 PPM pada detik ke-1600 hingga 1800. Untuk kulit kayu secang, pola yang terlihat mirip dengan ampas tebu, namun puncak konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih rendah dan terjadi lebih awal. Pada AFR 2,2, kulit kayu secang menunjukkan kandungan metana terendah dibandingkan semua variasi AFR lainnya, dengan nilai berkisar antara 70-80 PPM pada detik ke-1600. Hal ini menunjukkan bahwa proses gasifikasi terjadi lebih cepat dengan jumlah metana yang lebih rendah. Pada filter kombinasi ampas tebu dan kulit kayu secang, nilai metana tertinggi berada di antara kedua bahan tersebut, menunjukkan adanya keseimbangan antara laju alir udara dan pemecahan kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ).

Pengaruh AFR terhadap kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ): AFR 0,7 menghasilkan peningkatan konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) yang lebih lambat dengan puncak yang lebih rendah, menunjukkan reaksi pembakaran yang kurang optimal. AFR 1,5 menunjukkan peningkatan metana ( $\text{CH}_4$ ) yang lebih konsisten seiring berjalannya waktu, dengan nilai tertinggi lebih besar daripada AFR 0,7, menunjukkan gasifikasi yang lebih efisien. AFR 2,2 menghasilkan kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) tertinggi, namun konsentrasi ini menurun lebih cepat. AFR yang lebih tinggi mempercepat proses gasifikasi, yang pada gilirannya mempercepat pemecahan metana ( $\text{CH}_4$ ) menjadi produk lain.

Filter kombinasi ampas tebu dan kulit kayu secang pada AFR 2,2 memberikan produksi metana yang lebih berkelanjutan, yang berpotensi membuat syngas lebih bersih dan menurunkan kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih cepat. Kombinasi filter ini menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mengikat kandungan metana pada AFR 2,2.



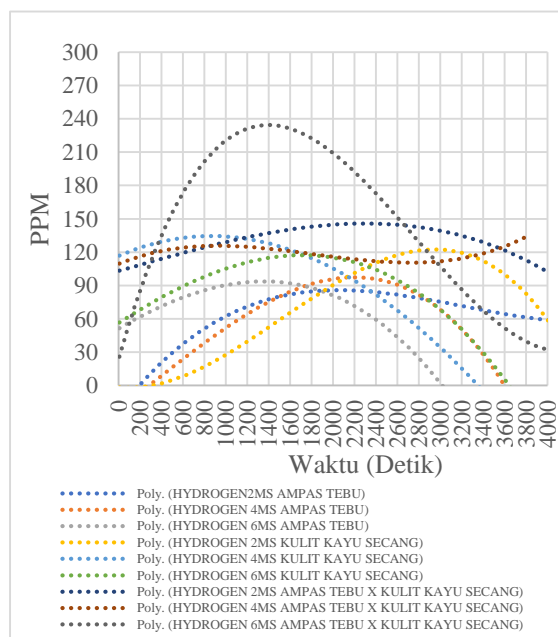
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Waktu terhadap PPM Karbon Dioksida ( $\text{CO}$ )

Pada AFR 0,7, konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) dalam ampas tebu meningkat secara bertahap dan mencapai puncaknya dengan lebih lambat. Nilai tertinggi metana berkisar antara 150-160 PPM pada detik ke-2400. Pada AFR 1,5, konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) juga meningkat secara bertahap dan mencapai puncaknya lebih cepat, dengan nilai tertinggi antara 190-200 PPM pada detik ke-1200. Pada AFR 2,2, metana ( $\text{CH}_4$ ) mencapai puncak yang lebih tinggi dengan cepat, namun kemudian menurun secara bertahap. Nilai puncaknya berkisar antara 330-340 PPM pada detik ke-1600 hingga 1800. Untuk kulit kayu secang, pola peningkatan metana ( $\text{CH}_4$ ) mirip dengan ampas tebu, tetapi puncak konsentrasinya lebih rendah dan terjadi lebih awal, terutama pada AFR 2,2. Nilai metana terendah ditemukan pada AFR 2,2, menunjukkan bahwa gasifikasi berlangsung lebih cepat dengan konsentrasi metana yang lebih rendah, berkisar antara 70-80 PPM pada detik ke-1600. Pada filter kombinasi ampas tebu dan kulit kayu

secang, konsentrasi metana tertinggi berada di antara kedua bahan tersebut, menunjukkan keseimbangan antara laju aliran udara dan pemecahan metana ( $\text{CH}_4$ ).

Pengaruh AFR terhadap konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ): Pada AFR 0,7, peningkatan konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih lambat dengan puncak yang lebih rendah, menunjukkan bahwa reaksi pembakaran kurang optimal. Pada AFR 1,5, peningkatan metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih konsisten seiring berjalannya waktu, dengan nilai tertinggi yang lebih tinggi dibandingkan AFR 0,7, menunjukkan gasifikasi yang lebih efisien. Pada AFR 2,2, konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) mencapai nilai tertinggi, namun menurun lebih cepat. AFR yang lebih tinggi mempercepat proses gasifikasi, yang pada gilirannya mempercepat pemecahan metana ( $\text{CH}_4$ ) menjadi produk lain.

Keseimbangan optimal terlihat pada filter kombinasi ampas tebu dan kulit kayu secang dengan AFR 2,2, yang menghasilkan produksi metana berkelanjutan, membuat syngas lebih bersih, dan menurunkan konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih cepat. Filter ini menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menangkap metana pada AFR 2,2.



Gambar 7. Grafik Hubungan Waktu Terhadap PPM (Hydrogen ( $\text{H}_2$ ))

Filter Ampas Tebu: Pada AFR 0,7, konsentrasi hidrogen ( $\text{H}_2$ ) meningkat secara bertahap dan mencapai puncak dengan lebih lambat, berkisar antara 80-90 PPM pada detik ke-2000. Pada AFR 1,5, kenaikan hidrogen juga berlangsung bertahap, mencapai nilai puncak antara 90-110 PPM pada detik ke-2200. Kenaikan ini stabil dan tidak terlalu tajam. Di sisi lain, pada AFR 2,2, hidrogen mencapai puncak lebih cepat dan pada tingkat yang lebih tinggi, namun kemudian mengalami penurunan signifikan setelah puncaknya, dengan nilai antara 90-100 PPM pada detik ke-1400. Filter Kulit Kayu Secang: Pada AFR 0,7, konsentrasi hidrogen meningkat mendekati akhir pengambilan data dan kemudian menurun, dengan nilai mencapai 120-125 PPM pada detik ke-300. Sementara pada AFR 1,5, peningkatan hidrogen dimulai dari awal pengambilan data dan mencapai puncaknya lebih cepat, namun juga mengalami penurunan yang cepat setelah mencapai puncak, dengan nilai antara 130-150 PPM pada detik ke-800. Pada AFR 2,2, hidrogen meningkat dengan cepat hingga mencapai nilai tertinggi, kemudian terjadi penurunan, dengan nilai berkisar antara 110-120 PPM pada detik ke-1700. Kombinasi Filter Ampas Tebu dan Kulit Kayu Secang: Kombinasi kedua filter ini menghasilkan konsentrasi hidrogen yang berada di antara kedua filter tunggal. Pada AFR 2,2, hidrogen mencapai puncak yang tinggi tetapi lebih moderat dibandingkan dengan ampas tebu saja, dan kemudian menurun secara bertahap, dengan nilai tertinggi antara 230-240 PPM pada detik ke-1400.

Pengaruh AFR terhadap kandungan hidrogen ( $\text{H}_2$ ): Pada AFR 0,7, peningkatan hidrogen terjadi lebih lambat dengan puncak yang lebih rendah, menunjukkan bahwa gasifikasi berjalan lebih lambat dengan laju aliran udara yang rendah, yang menyebabkan pembentukan hidrogen lebih terbatas. Pada AFR 1,5, hidrogen meningkat lebih cepat dan mencapai

puncak yang lebih tinggi dibandingkan AFR 0,7, menunjukkan peningkatan efisiensi gasifikasi dengan laju aliran udara yang lebih tinggi. Pada AFR 2,2, hidrogen mencapai puncak dengan cepat dan pada tingkat yang lebih tinggi, namun penurunan juga terjadi lebih tajam setelah puncaknya. Ini mengindikasikan bahwa pada laju aliran udara yang tinggi, gasifikasi lebih efisien pada awalnya, tetapi hidrogen juga lebih cepat terurai atau bereaksi lebih lanjut.

Dari variasi AFR dan filter yang digunakan, kombinasi filter ampas tebu dan kulit kayu secang pada AFR 2,2 adalah yang paling optimal. Kombinasi ini menghasilkan konsentrasi hidrogen (H<sub>2</sub>) yang tinggi tetapi lebih moderat dan menurun secara bertahap, dengan nilai tertinggi antara 230-240 PPM pada detik ke-1400. Ini menunjukkan bahwa kombinasi filter ini lebih efisien dalam meningkatkan kandungan hidrogen dibandingkan filter tunggal. AFR 2,2 juga terbukti sangat berpengaruh dalam menghasilkan syngas yang optimal melalui pembakaran yang efisien.

### Kesimpulan

Kesimpulan dari gambar grafik, bahwa AFR ( Air Fuel Ratio ) sangat berpengaruh terhadap kandungan syngas, semakin tinggi AFR maka pembakaran semakin sempurna. Menghasilkan kandungan syngas yang tinggi. Pada filter kombinasi ampas tebu dan kulit kayu secang pada AFR 2,2 , menunjukan peningkatan yang signifikan dalam penangkapan metan (CH<sub>4</sub>) dengan nilai tertinggi (70-80 PPM detik ke-1600), penyetabilan karbon dioksida (CO) dengan nilai tertinggi(90-100 PPM detik ke-1600) dan pelepasan kandungan hidrogen (H<sub>2</sub>) yang signifikan dan cenderung stabil hingga akhir dengan nilai tertinggi (230-240 PPM detik ke-1400). Sedangkan pada AFR 0,7 dan 1,5 menunjukan peningkatan konsentrasi yang cepat dan tinggi.

### Referensi

- [1] S. Supriyadi, A. Androva, and A. D. Prasetyo, "Rancang Bangun Filter Wet Scrubber Supriyadi, S., Androva, A. and Prasetyo, A. D. (2021) 'Rancang Bangun Filter Wet Scrubber Untuk Penurunan Temperatur Dan Pengurangan Kandungan Tar Terhadap Hasil Syngas Proses Gasifikasi', *Journal of Automotive Technology*," *J. Automot. Technol.*, vol. 02, no. 1, pp. 45–55, 2021.
- [2] M. F. R. Firmansyah and I. H. Siregar, "Pengaruh AFR Terhadap Kualitas Syngas dan Nyala Api Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Tipe Downdraft," *Jtm*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [3] S. Amrullah and C. Oktaviananda, "Effect of Air Fuel Ratio to Quality of Municipal Solid Waste Using Downdraft Gasification," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 7, no. 1, 2022.
- [4] I. P. Angga, Y. Pratama, and I. N. S. Winaya, "Uji Reaktor Gasifikasi Downdraft Biomassa Sampah Kota," *J. METTEK*, vol. 5, no. 2, 2019.
- [5] M. A. Mohammad, "Pengujian fixed bed gasifier dengan bahan bakar biomassa," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 14, no. 1, pp. 14–18, 2019.
- [6] I. Teknik, "Produksi Syngas," vol. 20, no. 1, pp. 81–94, 2019.
- [7] A. R. Satriono and I. H. Siregar, "Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio (Afr) Pada Gasifier Tipe Downdraft Terhadap Kadar Syngas Dan Nyala Api Pada Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa," *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [8] A. Syarif *et al.*, "Pengaruh Variasi Laju Alir Udara Dan Filter Terhadap

- Proses Gasifikasi Dengan Sistem Downdraft Effect Of Air Flow And Filter Variation On Coal Gasification Process With The Downdraft System,” *J. Kinet.*, vol. 11, no. 01, 2020.
- [9] M. M. Muhammad, M. A. Mansor, A. Rahman Hemdi, and M. I. Yahaya, “Design and Fabrication of A Cleaning Cum Cooling System for Downdraft Gasifier,” *ESTEEM Acad. J.*, vol. 13, 2017.
- [10] P. E. Akhator, A. I. Obanor, and E. G. Sadjere, “Design and development of a small-scale biomass downdraft gasifier,” *Niger. J. Technol.*, vol. 38, no. 4, p. 922, 2019.
- [11] A. S. D. Saptati, N. Hidayati, S. Kurniawan, N. W. Restu, and B. Ismuyanto, “Potential of Sugar Cane As an Alternatif Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif,” *Nat. B*, vol. 3, no. 4, pp. 311–317, 2016.