

Contents list available at [Sinta](https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur)**A R M A T U R**

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Pengaruh Variasi Filter Bertingkat dan Buka-an Katup Terhadap Kinerja Gasifikasi Tipe Updraft Berbahan Pelet Kayu****Yogi Iman Prakoso¹, Purbo Suwandono^{2*}, Gatot Soebiyakto³, Nurida Finahari⁴**^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang, Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia**A R T I C L E
I N F O****Keywords:***energy conversion
biomass
gasifier
renewable energy
mechanical engineering***A B S T R A C T**

Globalization is something that we cannot avoid. Even though globalization is a good thing, there are several bad things caused by globalization. Such as population growth and increasing energy use. Excessive energy use can cause air pollution, depletion of the ozone layer, and depletion of fossil energy reserves. Therefore, it is necessary to use renewable energy from materials that we can easily get such as biomass. Utilization of biomass as energy can be converted using the gasification process. This process will produce combustible gas containing CO, H₂, and CH₄. This research uses several variations in air flow rate which will influence the combustion time, temperature in the reactor, and gas composition. As well as the use of various filters made from corn cobs, coconut fibers and sponges which affect the gas composition and gasification efficiency.

1. Pendahuluan

Globalisasi merupakan salah satu hal yang tidak bisa kita hindari hari ini. Globalisasi bukanlah fenomena baru dalam kehidupan manusia, ini sudah terjadi sejak lima abad kebelakang. Berbagai negara maju terus memperluas jangkauan produksi dan dagangan ke berbagai negara. Namun tanpa disadari, globalisasi memiliki efek samping yang jarang diperhatikan [1].

Perubahan iklim, penipisan lapisan ozon, hingga polusi merupakan bentuk ketidakmampuan bumi terhadap tekanan

manusia untuk terus memenuhi kebutuhannya. Terus bertambahnya populasi manusia menjadikan terus bertambahnya juga kebutuhan energi. Menurut penelitian yang dipimpin oleh ilmuwan *Max Planck Institute for Chemistry*, menyatakan bahwa pencemaran udara bertanggung jawab atas sembilan juta kelahiran prematur tiap tahunnya. Pencemaran udara sendiri juga menjadi penyebab kematian 8,8 juta jiwa di dunia [2].

*Corresponding author: purbo@widyagama.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v4i1.3266>

Received 14 January 2024; Received in revised form 16 July 2024; Accepted 26 August 2024

Available online 24 September 2024

Berbicara tentang polusi, Jakarta merupakan salah satu kota yang memiliki kondisi udara yang mengkhawatirkan dan cukup berbahaya. Menurut penelitian Greenpeace, kondisi terdebut diakibatkan banyaknya jumlah kendaraan serta adanya pembangkit listrik tenaga batubara (PLTU) [3]. Disamping itu, ketersediaan bahan bakar fosil juga semakin berkurang, khususnya minyak bumi, gas bumi serta batubara. Menurut data dari BPPT Energi Outlook 2019 menyatakan bahwa batubara kemungkinan hanya bisa diproduksi hingga 71 tahun. Kondisi seperti ini seharusnya menyadarkan kita bahwa seharusnya kita sudah mulai untuk beralih ke energi terbarukan (EBT). Mengingat EBT yang tersebar di Indonesia sangat berlimpah [4].

Salah satu sumber energi bahan bakar yang bisa menggantikan energi fosil salah satunya adalah kayu. Namun kayu sendiri mempunyai sifat yang kurang menguntungkan apabila langsung dijadikan bahan bakar, antara lain kadar air yang tinggi, mengeluarkan asap, serta banyak abu. Namun dalam hal ini dapat ditanggulangi dengan memanfaatkan pelet kayu [5]. Pelet kayu sendiri merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang terbentuk dari limbah kayu atau serbuk kayu yang dipadatkan sehingga berbentuk silinder dengan ukuran diameter 6-10mm dan panjang 1-3cm dengan kepadatan rata-rata 650 kg/m² [6].

Untuk menghasilkan energi menggunakan pelet kayu diperlukan proses gasifikasi. Gasifikasi sendiri adalah suatu proses pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas yang mampu dibakar (CO, CH₄, H₂) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas antar 20%-40% Stoikiometri dalam suatu reaktor gasifikasi (gasifier). Yang didalamnya akan terdiri dari beberapa bagian gasifier antara lain *Drying*, *pyrolysis*, *Reduksi*, dan *Combustion* [7].

Guna memanfaatkan biomassa menjadi energi terbarukan, maka masih diperlukan tahap pemurnian gas dari proses gasifikasi tersebut. Dengan alat pembersih

(clean up) maka gas yang dihasilkan dari gasifikasi ini dapat dijadikan bahan baku energi untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Maka dari itu agar proses gasifikasi biomassa ini kita membutuhkan filter guna menyaring kandungan zat pengotor semacam metana yang merupakan salah satu gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi [8].

Adapun penelitian yang dilakukan saat ini guna mengetahui performa gasifikasi tipe updraft yang dihasilkan dari beberapa variasi laju aliran udara yang masuk ke dalam reaktor serta beberapa variasi filter yang berkomposisi bonggol jagung, serabut kelapa, dan spons.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu & Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Widyagama Malang, Laboratorium Konversi Energi Universitas Widyagama Malang menggunakan metode eksperimental nyata. Pembuatan gasifier, *cyclone* dan filter dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi, pengambilan data dan analisis data dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Universitas Widyagama. Penelitian dilakukan selama bulan Desember 2023 - Januari 2024.

2.2 Variabel Penelitian

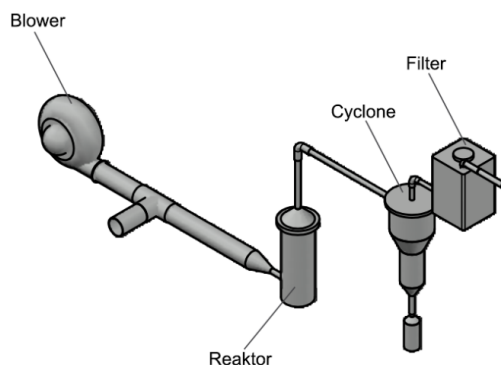
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah laju aliran udara (bukaan katup) serta variasi filter bertingkat dengan menggunakan bonggol jagung, serabut kelapa, dan spons dengan komposisi: Filter I (33% bonggol jagung, 33% serabut kelapa, 33% spons); Filter II (40% bonggol jagung, 30%serabut kelapa, 30% spons); Filter III (50% bonggol jagung, 25% serabut kelapa, 25% spons). Variabel terikat pada riset ini adalah hasil komposisi dari gas CH₄, H₂ dan CO. Variabel terkontrol pada riset ini adalah ukuran wood pellet kayu disetting tetap diameter 1

cm panjang 3 cm dengan massa 1000 gram pada setiap percobaannya.

2.3 Bahan Penelitian

Bahan riset yang digunakan yaitu menggunakan RDF (*Refused Derived Fuel*) yang didapatkan dari pelet kayu. Setiap pengambilan data penelitian menggunakan bahan bakar 1000 gram. Selanjutnya untuk filter berupa bonggol jagung yang didapatkan dari salah satu pabrik pengolahan jagung di Kab. Malang. Untuk serabut kelapa didapatkan dari sisa penjual kelapa di pasar sekitar. Dan untuk spons menggunakan spons yang biasa digunakan untuk filter akuarium. Untuk volume bahan bakar filter diatur sesuai variasi yang akan digunakan nantinya antara lain: 33%-33%-33%; 40%-30%-30%; dan 50%-25%-25%.

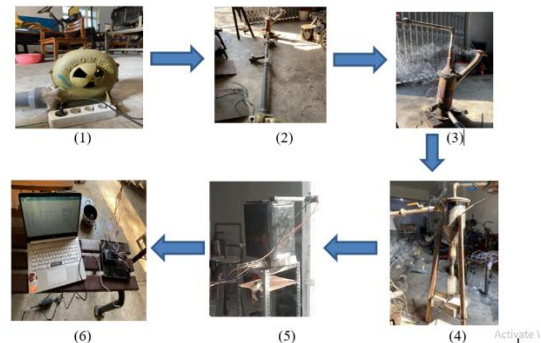
2.4 Alat Penelitian



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

Alat penelitian terdiri dari blower dengan ukuran 3". Kemudian tabung gasifier menggunakan pipa besi berbentuk silinder dengan ketebalan 4mm berdiameter 15cm dan ketinggian 40cm. Serta *cyclone* untuk pemisah tar menggunakan plat dengan ketebala 4mm berdiameter 20cm ketinggian 50cm serta diberi botol pada ujung bawah untuk menampung tar. Serta seperangkat termokopel serta sensor gas guna mengetahui temperatur dan kandungan gas yang dihasilkan. Serta kotak filter dengan lebar 24x24cm dengan ketinggian 33cm dan ketebalan 1mm.

2.5 Prosedur Penelitian



Gambar 2. Skema Prosedur Penelitian

1. Nyalakan bahan bakar dari pembakaran bawah yang ada dalam tabung reaktor nomor (3). Lalu ketika bahan bakar sudah menyala, nyalakan blower.
2. Ketika blower sudah menyala maka oksigen yang dihasilkan blower masuk kedalam pipa pvc untuk menyuplai udara kedalam tabung reaktor dengan kecepatan blower *air intake* disetting tetap sesuai variasi.
3. Dengan masuknya udara tersebut terjadilah pembakaran bahan bakar RDF, pada tabung reaktor digunakan 4 buah sensor temperatur yang akan digunakan untuk mengukur zona gasifikasi.
4. Gas yg dihasilkan pada reaktor gasifikasi akan naik ke atas karna dorongan dari blower melewati pipa besi yang sudah dipasangkan stop kran supaya bisa mengatur flow dan tekanan yang masuk.
Gas selanjutnya masuk ke tabung *cyclone* untuk memisahkan kandungan gas dengan tar yang dihasilkan, ketika masuk dalam *cyclone*, kandungan tar akan turun dan ditampung didalam botol yang ada dibawahnya.
5. Setelah masuk ke tabung *cyclone* gas masuk ke tabung filter yang divariasikan jenis filternya, dengan ujung pipa filter dipasangkan sensor gas seperti gambar diatas.
6. Sensor untuk mengukur presentasi gas juga sudah bisa digunakan dengan baik menggunakan Arduino mega dan sensor gas MQ4 (Methan), MQ7 (CO) dan

MQ8 (H₂). Sensor temperatur tersebut digunakan untuk mengetahui zona gasifikasi. Dimana dalam zona gasifikasi ada 4 zona yaitu zona *combustion*, *reduction*, *pyrolysis* dan *drying*.

3. Hasil dan Pembahasan

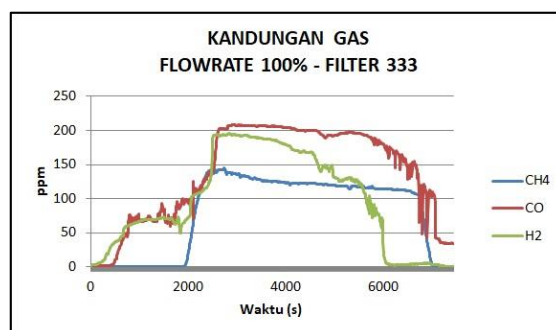
3.1 Hasil Temperatur

Tabel 1. Hasil Data Temperatur

Bukaan Katup	T1	T2	T3	T4
100%	146.3	131.64	99.12	90.64
90%	125.54	135.33	81.94	73.26
80%	159.17	120.51	108.71	96.32
70%	158.54	121.94	111.05	98.36
60%	133.65	115.49	94.21	88.02
Rerata	144.64	124.98	99.06	89.32

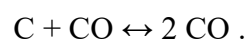
Pada tabel 1 diatas dapat dilihat secara jelas bahwa rata-rata suhu pada proses *combustion* (T1) dan *reduction* (T2) memiliki suhu yang cukup tinggi pada proses gasifikasi, dimana pada proses *combustion* memiliki suhu rata-rata pada rentang $\pm 130-140^{\circ}\text{C}$ dan pada proses *reduction* memiliki suhu rata-rata $\pm 120-130^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut dikarenakan pada proses ini merupakan tempat dimana pembakaran bahan bakar terjadi. Sedangkan pada proses *pyrolysis* (T3) dan *drying* (T4) memiliki suhu yang lebih rendah dibawah kedua proses sebelumnya. Dimana pada proses *pyrolysis* memiliki suhu rata-rata pada rentang $90^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ dan pada proses *drying* memiliki suhu rata-rata pada rentang $80^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut dikarenakan pada kedua proses ini merupakan tempat dimana perubahan energi terjadi. Dimana bahan bakar yang tadinya padat berubah menjadi *syngas* melalui proses reaksi kimia.

3.2 Hubungan Kandungan Gas terhadap Waktu

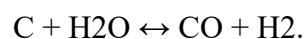


Gambar 3. Kandungan gas pada Filter I Bukaan Katup 100%

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa pada variasi ini proses gasifikasi mulai berlangsung sejak detik ke 2000. Dimana ketiga kandungan gas mulai terbentuk pada detik tersebut. Hal tersebut dikarenakan suhu reaktor pun sudah mulai mengalami kenaikan suhu pada detik tersebut. Karena proses terbentuknya gas pada gasifikasi dipengaruhi oleh suhu reaktor. Pembentukan ketiga syngas tersebut memiliki prosesnya masing-masing. Pada pembentukan Karbon Monoksida, ada dua reaksi pembentukan gas yang terjadi. Yang pertama adalah reaksi *Boudouard*,

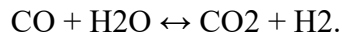


Dimana besarnya kandungan karbon yang berasal dari bahan bakar bereaksi dengan karbon monoksida, sehingga menghasilkan konsentrasi CO yang tinggi. Selanjutnya ada reaksi dalam pembentukan Hidrogen yang disebut reaksi *Steam-carbon*,

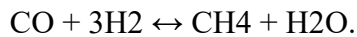


Sama halnya dengan reaksi *boudouard*, namun pada reaksi ini tidak hanya menghasilkan karbon monoksida (CO) saja melainkan pembentukan gas Hidrogen (H₂). Semakin banyak karbon (C) yang berasal dari konversi bahan bakar yang bereaksi dengan uap air (H₂O) sehingga menghasilkan karbonmonoksida

dan hidrogen yang tinggi pula. Namun pada proses pembentukan hidrogen ada juga reaksi lain, yang disebut *water-gas shift reaction*:



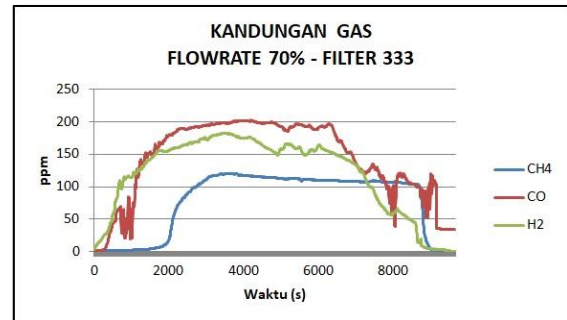
Dimana reaksi ini bergantung pada CO yang terbentuk. Semakin tinggi Karbonmonoksida yang bereaksi dengan uap air, maka semakin besar pula hidrogen yang dihasilkan. Jika nilai karbon dan karbonmonoksida yang dihasilkan kecil, maka kecil pula nilai dari hidrogen yang dihasilkan. Kemudian pada pembentukan gas Metana (CH_4) terjadi reaksi yang disebut *CO methanation*:



Dimana gas karbon monoksida bereaksi dengan gas hidrogen sehingga menghasilkan gas Metana dan uap air.

Untuk nilai kandungan gas, nilai tertinggi dimiliki oleh gas karbon monoksida sebesar 207.79ppm pada nilai puncaknya yang terjadi pada detik 2000an dan bertahan hingga detik ke 6000 sebelum mengalami penurunan akibat menurunnya temperatur dan kandungan bahan bakar di dalam reaktor. Kemudian untuk kandungan hidrogen pergerakannya sebanding dengan karbon monoksida sejak awal pembakaran. Hal ini terjadi dikarenakan adanya reaksi yang terjadi seperti dijelaskan sebelumnya. Namun pada detik ke 4000an hidrogen mengalami penurunan terlebih dulu dibandingkan dengan karbon monoksida. Hal ini bisa terjadi dikarenakan kemungkinan kandungan uap air di dalam reaktor sedang menurun, sehingga besaran karbon dan uap air yang bereaksi tidak sebanding mengakibatkan nilai hidrogen mulai menurun. Untuk nilai tertinggi kandungan gas hidrogen pada variasi ini sebesar 195.76ppm yang terjadi pada detik ke 2000an. Sedangkan untuk gas metana, baru mulai naik nilainya pada detik ke 2000 akibat adanya reaksi antara karbon monoksida dan hidrogen. Untuk nilai gas

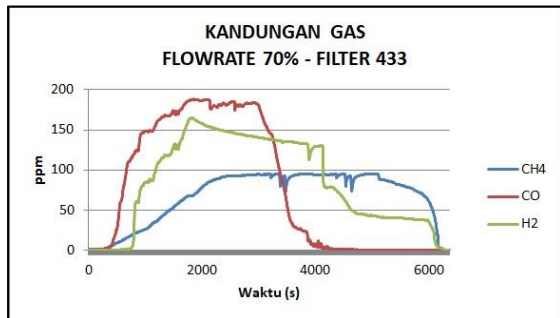
metana yang dihasilkan pada variasi ini tidak terlalu besar, yang mana nilai tertingginya hanya sebesar 144.85 ppm. Hal tersebut bisa terjadi karena pengaruh dari adanya filter yang berbahan biomassa yang mampu mengadsorpsi kandungan gas.



Gambar 4. Kandungan gas pada Filter I Bukaan Katup 70%

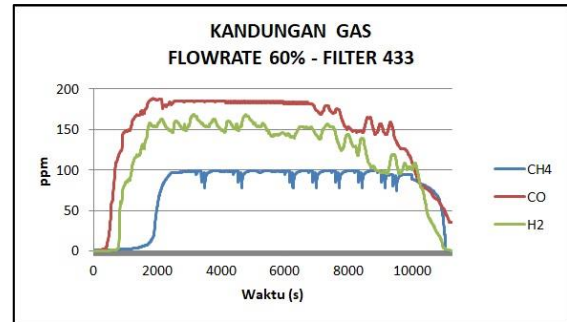
Pada gambar 4 diatas dapat kita lihat bahwa sama seperti variasi sebelum-sebelumnya bahwa terbentuknya gas Hidrogen dan Karbon Monoksida terjadi terlebih dahulu dibandingkan gas Metana. Namun yang sedikit berbeda pada variasi ini yaitu nilai kandungan Hidrogen pada awal pembakaran lebih dulu meninggalkan gas Karbon Monoksida. Hal tersebut bisa terjadi mungkin dikarenakan reaksi antara karbon monoksida dan uap air terjadi dengan maksimal ketika awal pembakaran, sehingga nilai gas hidrogen sedikit lebih tinggi pada awal pembakaran dibandingkan gas karbon monoksida, walaupun pada akhirnya ketika mencapai nilai tertingginya tetap saja masih lebih tinggi nilai kandungan gas Karbon Monoksida. Dimana pada variasi ini kandungan gas Hidrogen tertinggi sebesar 182.6ppm dan gas Karbon Monoksida sebesar 202.91ppm. Selain itu pada variasi ini kandungan gas Hidrogen dan Karbon Monoksida mengalami penurunan lebih cepat dari gas Metana pada detik ke-7000. Dimana gas Metana memiliki kestabilan nilai tertinggi sebesar 120.49ppm yang cukup lama dibandingkan dengan kedua gas lainnya yang mengalami penurunan terlebih dahulu di akhir pembakaran. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena masih ada reaksi antara hidrogen dan karbon

monoksida walaupun kedua gas tersebut nilainya menurun.



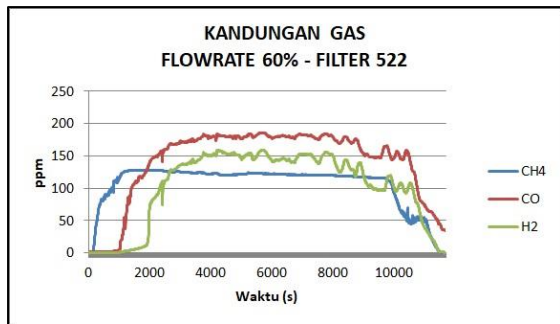
Gambar 5. Kandungan gas pada Filter II Buka-an Katup 70%

Pada gambar 5 terlihat bahwa pergerakan kandungan gas pada variasi ini tidak cukup bagus. Dimana gas karbon monoksida dan hidrogen mengalami kenaikan pada detik ke 800. Namun keduanya tidak mampu bergerak dengan stabil ketika mencapai nilai tertingginya. Yang mana pada detik ke 3500 karbon monoksida sudah menurun kandungannya dan hidrogen menurun pada detik ke 4000. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya pengaruh pembakaran bahan bakara yang lebih cepat pada rekator. Seperti asumsi pada gambar sebelumnya bahwa bahan bakar terbakar secara merata dengan cepat yang menyebabkan reaksi antar karbon tidak berjalan dengan baik yang berpengaruh pada gas karbon monoksida yang tidak mampu bertahan lama. Sehingga berpengaruh secara tidak langsung terhadap kandungan gas hidrogen. Kedua gas tersebut pada variasi ini memiliki nilai tertinggi sebesar 188.24ppm untuk karbon monoksida dan hidrogen hanya sebesar 164.38ppm. Sedangkan untuk gas metana masih cukup stabil seperti variasi-variasi sebelumnya yang bertahan pada nilai sebesar 94.94ppm pada nilai tertingginya.



Gambar 6. Kandungan gas pada Filter II Buka-an Katup 60%

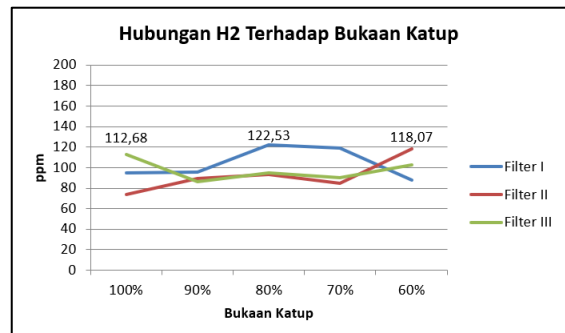
Pada gambar 6 diatas dapat kita lihat bahwa sama seperti kebanyakan variasi sebelum-sebelumnya bahwa terbentuknya gas Hidrogen dan Karbon Monoksida terjadi terlebih dahulu dibandingkan gas Metana. Kedua gas tersebut nilainya mulai naik sejak detik ke 800. Reaksi antara karbon dan uap air terjadi dengan maksimal sejak detik tersebut, sehingga prosesnya berkesinambungan. Dimana pada variasi ini kandungan gas Hidrogen tertinggi sebesar 168.02ppm dan gas Karbon Monoksida sebesar 188.24ppm. Selain itu pada variasi ini kandungan gas Hidrogen dan Karbon Monoksida mengalami penurunan lebih cepat dari gas Metana pada detik ke-10000. Dimana gas Metana memiliki kestabilan nilai tertinggi sebesar 99.06ppm yang cukup lama dibandingkan dengan kedua gas lainnya yang mengalami penurunan terlebih dahulu di akhir pembakaran. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena masih ada reaksi antara hidrogen dan karbon monoksida walaupun kedua gas tersebut nilainya menurun. Namun pada variasi ini pergerakan gas metana tidak cukup stabil seperti kebanyakan variasi lainnya. Dimana hal tersebut bisa dikarenakan pergerakan gas hidrogen yang juga tidak stabil. Mengingat proses terbentuknya gas metana akibat adanya reaksi karbon monoksida dan hidrogen.



Gambar 7. Kandungan gas pada Filter III Buka Katup 60%

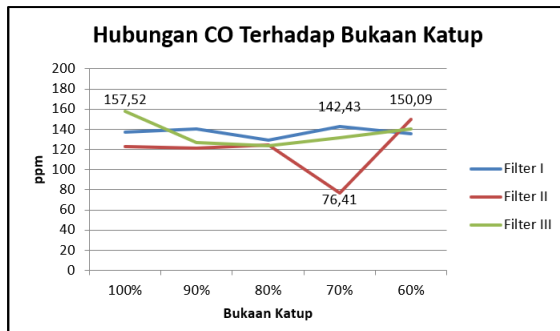
Pada gambar 7 menunjukkan bahwa pergerakan kandungan gas yang terjadi pada variasi ini cukup stabil. Dimana nilai gas metana lebih dulu naik sejak awal pembakaran. Hal tersebut dikarenakan bahwa reaksi *CO methanation* bekerja sejak awal. Walau nilainya naik terlebih dulu, gas metana hanya mampu mencapai nilai 128.22ppm pada nilai tertingginya dan bergerak stabil hingga akhir pembakaran. Hal tersebut dikarenakan penyaringan gas metana berjalan dengan baik dengan adanya filter. Kemudian untuk gas karbon monoksida nilainya mulai naik sejak detik ke 1000. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi *bourdouard* bekerja maksimal pada detik tersebut. Pergerakan gas karbon monoksida cukup stabil sejak awal terbentuknya. Untuk nilai tertinggi gas karbon monoksida pada variasi sebesar 185.97ppm. Sedangkan untuk gas hidrogen pada variasi ini mulai naik nilainya sejak detik ke 2000. Gas hidrogen memiliki pergerakan hampir sama seperti dengan gas karbon monoksida. Hal tersebut dikarenakan proses terbentuknya gas hidrogen bergantung kepada gas karbon monoksida. Sehingga ketika gas karbon monoksida tidak stabil, begitu pula dengan gas hidrogen. Untuk nilai tertinggi gas hidrogen pada variasi ini masih dibawah nilai gas karbon monoksida yang hanya sebesar 159.29ppm.

3.3 Hubungan Kandungan Gas terhadap Buka Katup



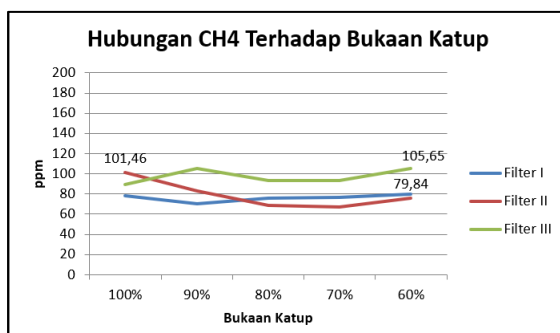
Gambar 8. Grafik hubungan nilai gas hidrogen terhadap buka katup

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa gas hidrogen pada filter I memiliki nilai yang maksimal pada buka katup 80%. Hal tersebut membuktikan bahwa laju aliran udara yang besar tidak selalu menghasilkan nilai kandungan gas yang besar pula. Sehingga menunjukkan bahwa pada filter ini buka katup yang efisien berada di bawah 80%. Kemudian untuk filter II mengalami situasi dimana semakin kecil laju aliran yang masuk, semakin besar hidrogen yang dihasilkan. Hal tersebut dapat terjadi mungkin dikarenakan ketika filter dengan komposisi ini lebih mampu mengikat kotoran ketika aliran udaranya kecil. Sedangkan ketika aliran udaranya besar, gas hidrogen lebih banyak terserap pada filter. Sedangkan untuk filter II berbanding terbalik dengan filter II. Dimana semakin kecil aliran udara, semakin kecil pula nilai hidrogennya. Hal tersebut dapat terjadi karena pada filter III lebih banyak menggunakan komposisi bonggol jagung yang mana mampu menyerap gas dengan baik karena adanya pori-pori pada batangnya.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai gas karbon monoksida terhadap bukaan katup

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa pada filter I nilai gas karbon monoksida cukup stabil tiap variasi bukaan katup. Sama halnya dengan kandungan hidrogennya. Kemudian pada filter II memiliki karakteristik bahwa semakin kecil udara yang masuk, semakin besar nilai kandungan gas nya. Namun pada bukaan katup 70% nilai gasnya terlalu rendah. Hal tersebut terjadi karena adanya kegagalan perilaku yang terjadi akibat adanya pembakaran yang terlalu cepat seperti yang dijelaskan sebelumnya. Sedangkan untuk filter III sama seperti sebelumnya yang memiliki karakteristik bahwa semakin kecil udara yang masuk, semakin kecil pula nilai kandungan gas nya. Karena adanya ketimpangan komposisi bahan filter yang cukup jauh.



Gambar 10. Grafik hubungan nilai gas metana terhadap bukaan katup

Pada gambar 10 menunjukkan bahwa gas metana pada semua filter nilainya cukup rendah. Hal tersebut membuktikan bahwa filter bekerja dengan baik. Nilai terendah dan stabil terjadi pada

filter I. Hal tersebut dikarenakan jumlah komposisi filter yang seimbang. Sehingga penyerapan gas dan kotorannya laebih baik dibandingkan filter lain yang memiliki perbedaan volume tiap bahannya.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa laju aliran udara yang masuk ke dalam reaktor mempengaruhi temperatur, komposisi gas, tingkat kestabilan, serta jangka waktu pembakaran. Untuk penggunaan laju aliran diatas 80% mampu menghasilkan nilai gas yang tinggi. Sedangkan untuk menghasilkan gas yang stabil dan tahan lamaa bisa menggunakan laju aliran udara dibawah 80%.

Kemudian untuk penggunaan filter pada proses gasifikasi mempunyai efek yang cukup signifikan. Dimana filter mampu menyaring gas metana dan zat pengotor lainnya dengan baik. Untuk mendapatkan gas yang baik bisa menggunakan filter bertingkat dengan komposisi bahan yang sama. Seperti yang terjadi pada penelitian ini dimana filter I dengan komposisi bahan 33% bonggol jagung, 33% serabut kelapa, dan 33% spons.

Referensi

- [1] Rafly, Muhammad dkk., 2023. Analisis Pengaruh Globalisasi Dan Perubahan Iklim Terhadap Perekonomian Indonesia Yang Berkelanjutan. Jurnal PUBLICIANA, 25-26.
- [2] Widyaningrum, Gita Laras., 2019. penelitian polusi udara membunuh lebih banyak orang dibanding rokok. nationalgeographic.grid.id. Informasi dari <https://nationalgeographic.grid.id/read/131669410/penelitian-polusi-udara-membunuh-lebih-banyak-orang-dibanding-rokok> (diakses pada 12 September 2023)
- [3] Ruhiat, Fariz dkk., 2019. Strategi NGO Lingkungan Dalam Menangani Polusi Udara di Jakarta (Greenpeace

- Indonesia). Andalas Journal of International Studies. 16-19.
- [4] Syaifudin, Ahmad., 2020. Apakah Indonesia Meninggalkan Energi Fosil?. coaction.id. Informasi dari <https://coaction.id/siapkah-indonesia-meninggalkan-energi-fosil/> (diakses pada 13 September 2023)
- [5] Wibowo, Nurdi Ibnu., 2020. Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Kompor Roket dengan Formulasi Bahan Bakar Pelet Kayu dan Kayu Sengon. Agrosience. 137.
- [6] Sepdianadi, Risal., 2020. Pelet Kayu, Energi Terbarukan yang Ramah Lingkungan. fsc.fkt.ugm.ac.id. Informasi dari <https://fsc.fkt.ugm.ac.id/pelet-kayu-energi-terbarukan-yang-ramah-lingkungan/> (diakses pada 13 September 2023)
- [7] Ridwan, Abrar dan Istana, Budi., 2018. Analisis Pengaruh Variasi Bahan Bakar Biomassa terhadap Mampu Nyala dan Kandungan Tar pada reaktor Gasifikasi Tipe Updraft. Jurnal Engine. 8.
- [8] Saputro, Nur., 2017. Pembersih Gas Dengan Media Bonggol Jagung, Zeolit, Serbuk Gergasji Dari Reaktor Fluidized Bed Gasifier. Universitas Muhammadiyah Surakarta.