

Pengaruh Peforma Variasi Filter Gasifier Tipe Updraft dengan Bahan RDF

Imam Hambali¹, Muhammad Izzuddin Abdul Hakim², Rio Ferdinando³, Purbo Suwandono^{4*}

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang
Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia

*Corresponding author: purbo@widyagama.ac.id

Abstract

Currently, Indonesia is the second largest producer of plastic waste in the world. Every year, Indonesia produces 3.2 million tons of plastic waste, most of which is dumped into nature without being processed first. RDF (Refused Derived Fuel) is a fuel obtained from various kinds of waste with a mixture of organic and inorganic materials with a certain composition. One method of processing waste is gasification, where gasification is the process of converting fossil and nonfossil fuels into useful gases and chemical products. The purpose of this research is to see the performance of the updraft type gasification filter. The filter used uses organic materials, namely sawdust, wood scat, corncobs and zeolite. The independent variables in this study are filter variations using corncobs, wood shavings, sawdust and zeolite. The dependent variable in this research is the composition of CH₄, H₂ and CO gases. The gasifier filter uses sawdust with meshing size (0.5 mm), wood shavings (3 cm long 1 mm thick), corncobs (0.5 cm), Zeolite (0.5 mm). The results of this study can be concluded that corn cobs are the best filter which can produce CO gas at 150 ppm and H₂ gas at 158 ppm.

Keywords: filter, gasification, gas composition, updraft, RDF.

Abstrak

Saat ini, Indonesia merupakan penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia. Setiap tahun, Indonesia menghasilkan 3,2 juta ton sampah plastik yang sebagian besar dibuang ke alam tanpa diolah terlebih dahulu. RDF (Refused Derived Fuel) adalah bahan bakar yang didapatkan dari berbagai macam sampah dengan campuran bahan organik dan anorganik dengan komposisi tertentu. Salah satu metode pengolahan sampah adalah dengan gasifikasi, dimana gasifikasi adalah proses mengubah bahan bakar fosil dan nonfosil menjadi gas dan produk kimia yang berguna. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat performa filter gasifikasi tipe updraft. Filter yang digunakan menggunakan bahan organik yaitu serbuk kayu, tatal kayu, bonggol jagung dan zeolite. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi filter dengan menggunakan bonggol jagung, serutan kayu, serbuk kayu dan zeolit. Variabel terikat pada riset ini adalah hasil komposisi dari gas CH₄, H₂ dan CO. Filter gasifier menggunakan serbuk kayu dengan ukuran meshing (0,5 mm), serutan kayu (Panjang 3 cm tebal 1 mm), bonggol jagung (0,5 cm), Zeolite (0,5 mm). Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bonggol jagung adalah filter yang paling baik dimana mampu menghasilkan gas CO sebesar 150 ppm dan gas H₂ sebesar 158 ppm.

Kata kunci: filter, gasifikasi, komposisi gas, updraft, RDF

1. Pendahuluan

Energi berperan penting dalam pembangunan nasional.energi dapat mewujudkan keseimbangan tujuan pembangunan berkelanjutan yang mencakup aspek-aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Akibat berkembang pesatnya industri maka kebutuhan bahan bakar fosil semakin meningkat yang diakibatkan polusi udara semakin mengawatirkan maka dari itu diperlukan energi alternatif. Kebutuhan energi untuk kelangsungan hidup manusia sangat bertentangan dengan menipisnya

cadangan bahan bakar fosil dan populasi manusia yang terus bertambah[1]. Di Indonesia, permintaan bahan bakar untuk energi saat ini meningkat setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan perkembangan industri. Cadangan minyak nasional, di sisi lain, semakin berkurang dari waktu ke waktu. Diperlukan upaya untuk menemukan sumber energi alternatif baru yang lebih murah, lebih melimpah, dan dapat diperbarui untuk mengatasi krisis energi saat ini. [2].

Saat ini, Indonesia merupakan penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia. Setiap tahun, Indonesia menghasilkan 3,2 juta ton sampah plastik yang sebagian besar dibuang ke alam tanpa diolah terlebih dahulu. Setiap rumah tangga Indonesia menghasilkan 17,2 kilogram sampah plastik setiap tahunnya, yang mengapung dan mencemari ekosistem. Hal ini mendatangkan permasalahan di masyarakat, banyaknya sampah dapat merusak ekosistem lingkungan [3].

RDF (Refused Derived Fuel) adalah bahan bakar yang didapatkan dari berbagai macam sampah dengan campuran bahan organik dan anorganik dengan komposisi tertentu. RDF sebagian besar terdiri dari komponen limbah yang mudah terbakar, seperti plastik yang tidak dapat didaur ulang (tidak termasuk PVC), kertas karton, dan lainnya [4]. Fraksi-fraksi ini dipisahkan oleh langkah-langkah pemrosesan yang berbeda, seperti penyaringan, pemisahan bahan besi dan non besi, kaca, batu dan bahan lainnya yang nantinya dimasukkan ke dalam mesin shredder (pencacah) menjadi ukuran butiran yang seragam. RDF juga dibuat menjadi pelet untuk menghasilkan bahan homogen yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil di mis. pabrik semen, pabrik kapur, pembangkit listrik berbahan bakar batubara atau sebagai agen reduksi dalam tungku baja. RDF ini menjadi salah satu solusi permasalahan pengolahan sampah plastik yang semakin menumpuk.

Gasifikasi adalah proses mengubah bahan bakar fosil dan nonfosil (cair, gas atau padat) menjadi gas dan produk kimia yang berguna. Saat ini, gasifikasi bahan bakar fosil lebih umum dari pada bahan bakar nonfosil seperti biomassa untuk produksi gas sintesis [5]. Ini umumnya mengubah bahan bakar potensial dari suatu wujud ke wujud yang lain. Gasifikasi merupakan proses yang terkait erat dalam termokimia, proses tersebut memiliki perbedaan yang signifikan[6]. Gasifikasi mengikat energi jadilah ikatan kimia dengan bentuk gas sedangkan pembakaran memutuskan ikatan

kimia itu dengan tujuan melepaskan energy [7].

Proses gasifikasi biomassa menjadi gas adalah reaksi kimia yang terjadi pada suhu tinggi antara biomassa, yang merupakan bahan bakar padat, dan agen gasifikasi[8]. Reaktor yang dikenal sebagai gasifier adalah tempat proses gasifikasi berlangsung. Berdasarkan bagaimana biomassa berperilaku di dalam gasifier, ada tiga jenis gasifier: fixed atau moving bed, fluidized bed, dan entrained flow. Bergantung pada kebutuhan kami, ada beragam aplikasi dan kegunaan untuk setiap jenis gasifier [9].

Salah satu jenis reaktor gasifier unggul tetap adalah gasifier updraft, yang memungkinkan bahan baku dan gas gasifikasi bertemu dalam arah yang berlawanan (ke bawah untuk gas dan ke atas untuk material). Dengan metode gasifikasi updraft, proses gasifikasi dapat menghasilkan emisi yang tidak terlalu berbahaya. Gasifier tipe updraft ini banyak digunakan untuk material yang mempunyai kadar air yang cukup tinggi sekitar. RDF yang ada di Indonesia masih memiliki kadar air yang cukup tinggi sekitar 20-25%, sehingga lebih tepat menggunakan gasifier tipe updraft. Gasifier tipe updraft memiliki kelemahan pada gas yang dihasilkan cenderung lebih kotor dibandingkan dengan gasifier tipe downdraft. Sehingga perlu dilakukan riset tentang perbaikan sistem penyaringan udara pada jenis reaktor ini[10].

Salah satu faktor utama untuk menghasilkan gas dengan nilai kalor High Heating Value (HHV) yang tinggi adalah filter penyaring gas. Telah banyak dilakukan riset tentang filter gasifier, namun belum terdapat penelitian tentang filter gasifier dengan bahan RDF. Karakteristik unik dari RDF yang terdiri dari campuran biomassa dan plastik memiliki ikatan rantai hidrokarbon yang memiliki rantai hidrokarbon yang panjang. Filter yang akan digunakan menggunakan bahan organik yaitu serbuk kayu, tatal kayu, bonggol

jagung dan zeolite. Dengan adanya penelitian menggunakan variasi tersebut diharapkan particulate dan tar dapat terserap di dalam filter sehingga nilai HHV dari gas dapat meningkat. Nilai HHV dari gas dapat diketahui dari kadar CO dan H₂ yang tinggi[11]. Dari penelitian ini akan diketahui performa filter apa yang mampu menghasilkan kadar CO dan H₂ yang paling tinggi.

Penelitian ini penting dilakukan untuk membantu penyelesaian permasalahan sampah yang menjadi fokus riset Kemenko PMK. Selain itu karakteristik dari tipe sampah atau RDF yang terdiri dari campuran bahan organik dan anorganik memiliki zat pengotor yang tinggi. Gasifier dipilih tipe updraft karena mampu menghasilkan gas dengan berbagai macam tipe biomassa, namun gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi memiliki kualitas yang kurang baik, sehingga pada riset ini dilakukan penelitian bagaimana cara menyaring gas dengan menggunakan beberapa tipe filter untuk meningkatkan kualitas dari syn-gas.

2. Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Pelaksanaan 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 Agustus – Oktober 2023.

Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi filter dengan menggunakan bonggol jagung, serutan kayu, serbuk kayu dan zeolit. Variabel terikat pada riset ini

adalah hasil komposisi dari gas CH₄, H₂ dan CO. Variabel terkontrol pada riset ini adalah bukaan blower *air intake* disetting tetap sebesar 10 m³/s. Ukuran wood pellet kayu disetting tetap diameter 1 cm panjang 3 cm. Filter gasifier menggunakan serbuk kayu dengan ukuran meshing (0,5 mm), serutan kayu (Panjang 3 cm tebal 1 mm), bonggol jagung (0,5 cm), Zeolite (0,5 mm).

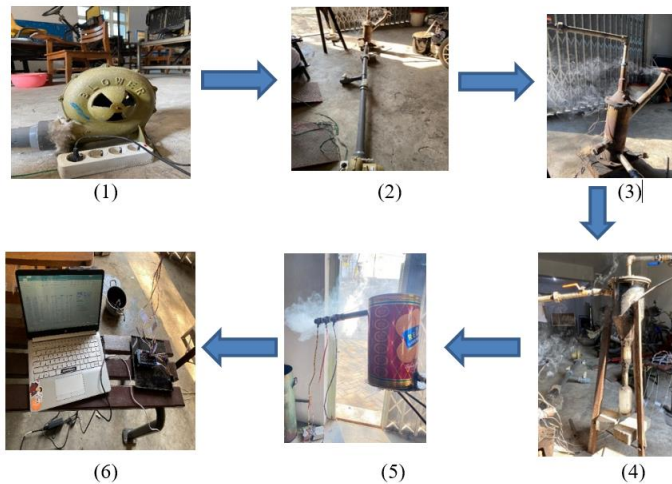
Bahan Penelitian

Bahan riset yang digunakan yaitu menggunakan RDF (Refused Derived Fuel) yang didapatkan dari pellet kayu yang dicampur dengan cacahan plastik botol air mineral. Setiap pengambilan data penelitian menggunakan bahan 550 gram, yang terdiri dari 500 gram pelet kayu dan 50 gram cacahan plastik botol air mineral. Selanjutnya untuk filter berupa serbuk kayu, untuk didapatkan dari seorang wiraswata yang ada di daerah Kab. Malang, untuk limbah plastik sendiri didapatkan dari pengepul botol yang ada di kawasan Malang, serutan kayu di dapatkan dari pengerajin mebel yang berada di kab. Malang, bonggol jagung didapatkan dari pedagang wiraswata yg ada di daerah kota wisata batu, zeolite dibeli di toko kimia. RDF yang digunakan berukuran diameter 5 mm dengan panjang 3-5 cm. Filter gasifier menggunakan serbuk kayu dengan ukuran meshing (0,5 mm), serutan kayu (Panjang 3 cm tebal 1 mm), bonggol jagung (0,5-1 cm), Zeolite (2-4 mm).

Peralatan Penelitian

Peralatan riset terdiri dari Gasifier menggunakan pipa besi berbentuk silinder dengan ketebalan plat 4 mm dengan ukuran diameter 0,3 meter ketinggian 1 meter. Cyclone digunakan untuk memisahkan gas dengan tar dan char. Cyclone menggunakan plat dengan ketebalan 4 mm dengan diameter 0,2 meter tinggi 0,3 meter. Tempat filter menggunakan plat kotak dengan ukuran lebar 0,3 meter panjang 0,3 meter tinggi 0,3 meter. Sensor yang digunakan adalah sensor CH₄, H₂, dan CO. Sensor nantinya akan dipasang pada Arduino

sebagai pengumpulan dan display data. Sensor arduino dilakukan kalibrasi menggunakan datasheet dari masing-masing sensor.



Gambar 1. Setup Peralatan Penelitian

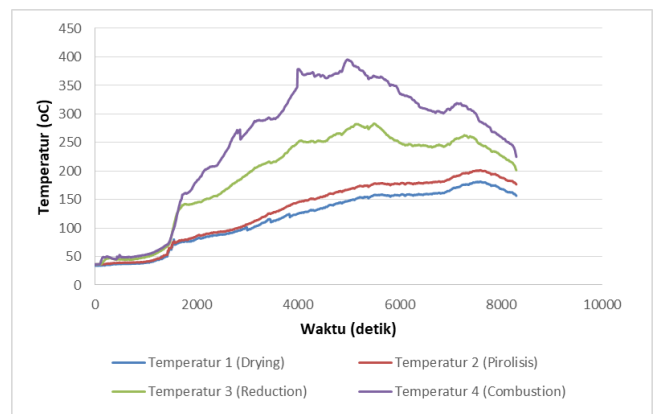
Prosedur Penelitian

1. Menyalakan bahan bakar dari pembakaran bawah yang ada dalam tabung reaktor nomor (3). Kemudian 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 sebesar $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
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 di bawahnya.

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 performa gasifikasi dengan filter bonggol jagung



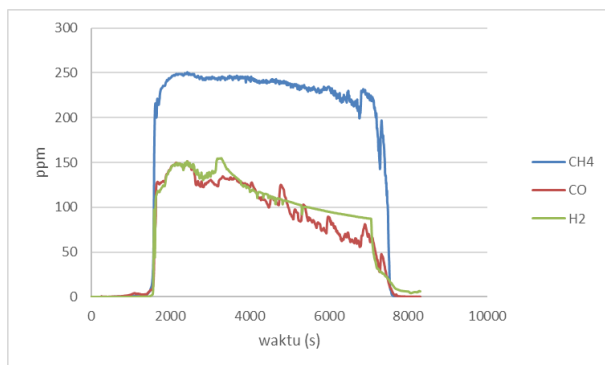
Gambar 2. Grafik hubungan waktu dengan temperature gasifikasi

Gambar 2., menunjukkan zona gasifikasi dimana pada zona 1 adalah zona paling atas dimana terjadi proses pengeringan (pengurangan kadar air) dengan temperature sekitar $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Pada zona 2 adalah proses pirolisis dimana pada zona ini terjadi proses termokimia tanpa adanya oksigen dan RDF sudah mulai berubah fase menjadi fase gas dengan temperature sekitar $150\text{-}200^\circ\text{C}$.

Pada zona 3 adalah zona reduction di mana pada zona ini terjadi reaksi kimia utama yang mengurangi oksida logam (biasanya oksigen) menjadi senyawa yang lebih rendah dalam rantai energi (biasanya karbon monoksida, CO) dalam bahan bakar padat yang terjadi pada temperatur $200\text{-}250^\circ\text{C}$.

Zona inilah tempat terjadinya reaksi utama pengurangan oksigen oleh senyawa karbon dan hidrogen yang dihasilkan selama tahap pemanasan. Proses ini menghasilkan gas-gas seperti karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H₂) yang merupakan gas-gas sintesis yang bernilai tinggi [12][13].

Zona combustion atau pembakaran dimana pada zona ini terjadi proses pembakaran dengan temperature sekitar 300-400°C. Zona combustion (zona pembakaran) dalam konteks gasifikasi merujuk pada salah satu zona atau wilayah dalam reaktor gasifikasi di mana terjadi pembakaran oksigen atau agen oksidasi lainnya dengan bahan bakar padat. Reaksi pembakaran menghasilkan panas yang sangat diperlukan dalam proses gasifikasi. Panas ini digunakan untuk mengubah bahan bakar padat menjadi gas sintesis. Reaksi pembakaran melepaskan oksigen yang diperlukan dalam zona reduksi (reduction zone) untuk mengurangi senyawa karbon di bahan bakar padat menjadi gas-gas sintesis seperti CO (karbon monoksida) dan H₂ (hidrogen). Zona combustion merupakan tahap awal dalam reaktor gasifikasi dan memainkan peran kunci dalam memastikan bahwa bahan bakar padat diubah menjadi gas-gas sintesis[14] [15].



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu dengan komposisi gas dengan filter bonggol jagung

Gambar 3., menunjukkan hubungan antara waktu pemanasan dengan komposisi gas yang dihasilkan menggunakan filter bonggol jagung. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah gas CO terus meningkat dimulai detik 1200 dan langsung

melonjak naik pada beberapa detik sesudahnya hal ini dikarenakan panas dalam reaktor gasifikasi sudah cukup tinggi sehingga terjadi proses dekomposisi kimia dan menghasilkan gas CO. Peningkatan signifikan ini juga diikuti oleh gas-gas lain seperti CH₄ dan H₂. Kandungan gas yang paling tinggi adalah gas CH₄ dan gas H₂. Dalam proses gasifikasi gas yang diinginkan adalah gas H₂ dan CO sedangkan gas CH₄ adalah gas yang tidak diinginkan [16] karena memiliki energi yang lebih rendah dibandingkan gas CO dan H₂. Dalam penelitian ini yang menggunakan bonggol jagung sebagai filter gas CH₄ masih cukup tinggi sebanyak 240 ppm. Komposisi gas H₂ dan CO sebesar 150 ppm.

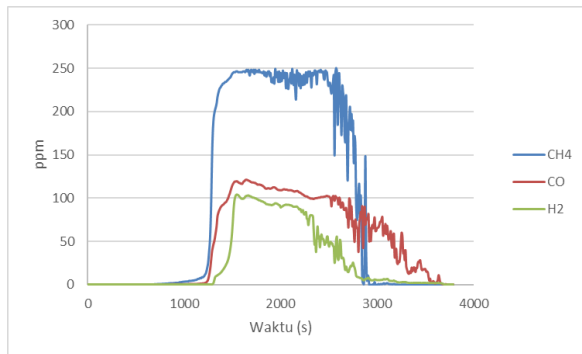
Lama waktu pengujian untuk menggunakan filter jagung ini selama kurang lebih 8000 detik atau sekitar 130 menit. Pada detik 7500 semua kandungan gas sudah mengalami penurunan hal ini dikarenakan bahan bakar sudah habis dan tidak mampu untuk memproduksi syngas.



Gambar 4. Bonggol jagung yang telah digunakan sebagai filter gasifikasi

Dari Gambar 4., dapat dilihat bahwa banyak tar dan minyak yang terkandung dalam bonggol jagung. Hal ini membuktikan bahwa telah terjadi penyerapan atau proses filterisasi gas.

3.2 Hasil performa gasifikasi dengan filter serutan kayu



Gambar 5. Grafik hubungan antara waktu dengan komposisi gas dengan filter serutan kayu

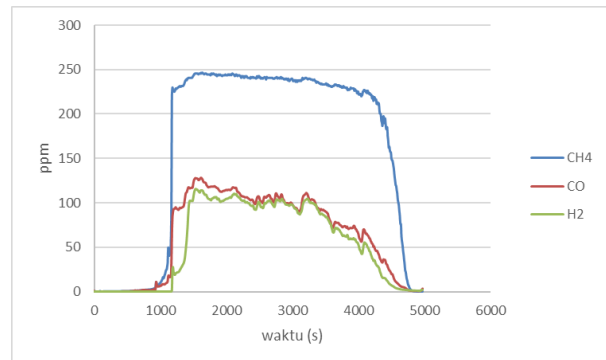
Dari Gambar 5., menunjukkan waktu pemanasan dengan komposisi gas menggunakan filter serutan kayu. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa metana (CH_4) terbentuk paling awal pada detik 800 kemudian terbentuk CO pada detik 1100 dan H_2 terbentuk terakhir pada detik 1300. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah CO dan H_2 yang terbentuk sekitar 110 dan 100 ppm.



Gambar 6. Serutan kayu yang telah digunakan sebagai filter gasifikasi

Dari Gambar 6., dapat dilihat bahwa serutan kayu kurang mampu untuk memfilter gas dari filter yang telah digunakan tidak terjadi perubahan warna yang signifikan.

3.3 Hasil performa gasifikasi dengan filter serbuk kayu



Gambar 7. Grafik hubungan antara waktu dengan komposisi gas dengan filter serbuk kayu

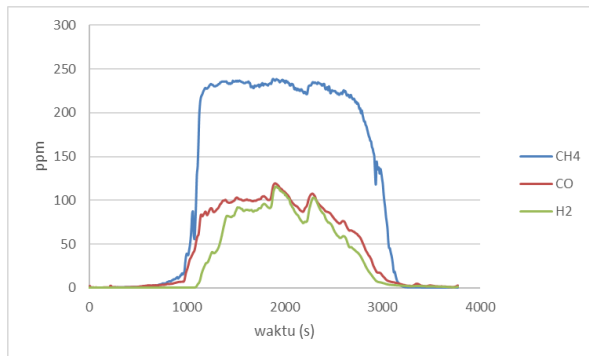
Dari Gambar 7., menunjukkan waktu pemanasan dengan komposisi gas menggunakan filter serutan kayu. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa metana (CH_4) terbentuk paling awal pada detik 800 kemudian terbentuk CO pada detik 1100 dan H_2 terbentuk terakhir pada detik 1200. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah CO dan H_2 yang terbentuk sekitar 130 dan 110 ppm.



Gambar 8. Serbuk kayu yang telah digunakan sebagai filter gasifikasi

Dari Gambar 8., dapat dilihat bahwa serbuk kayu kurang mampu untuk memfilter gas dari filter yang telah digunakan tidak terjadi perubahan warna yang signifikan. Serbuk kayu memiliki kepadatan yang lebih tinggi sehingga hasil filterisasi gas lebih baik daripada serutan kayu.

3.4 Hasil performa gasifikasi dengan filter zeolit



Gambar 9. Grafik hubungan antara waktu dengan komposisi gas dengan zeolit

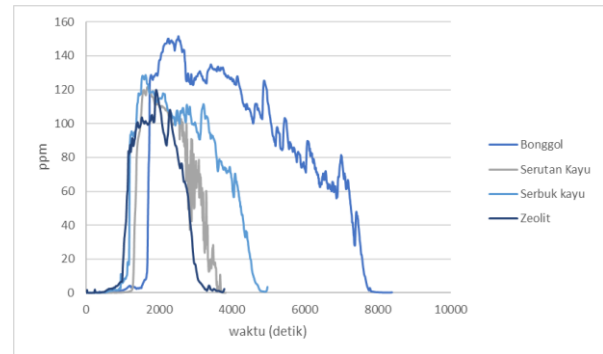
Dari Gambar 9., menunjukkan waktu pemanasan dengan komposisi gas menggunakan filter serutan kayu. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa metana (CH_4) terbentuk paling awal pada detik 800 kemudian terbentuk CO pada detik 1100 dan H_2 terbentuk terakhir pada detik 1200. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa jumlah CO dan H_2 yang terbentuk sekitar 120 dan 90 ppm.



Gambar 10. Zeolit yang telah digunakan sebagai filter gasifikasi

Dari Gambar 10., dapat dilihat bahwa zeolit kurang mampu untuk memfilter gas dari filter yang telah digunakan tidak terjadi perubahan warna yang signifikan. Hal ini dikarenakan zeolit memiliki permukaan yang keras sehingga molekul gas tidak mampu untuk masuk ke dalam pori-pori dari zeolit.

3.5 Hasil performa gasifikasi dengan berbagai macam filter untuk penyerapan karbon monoksida (CO)



Gambar 11. Grafik hubungan antara waktu dengan ppm CO dengan variasi filter

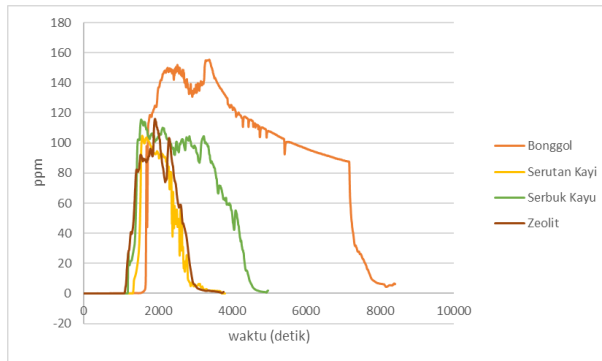
Dalam proses gasifikasi, gas-gas yang diinginkan terutama adalah CO (karbon monoksida) dan H_2 (hidrogen). Ini disebabkan oleh fakta bahwa CO dan H_2 adalah gas-gas sintesis yang sangat bernilai yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti produksi metanol, amonia, bahan bakar alternatif, dan banyak proses kimia lainnya. Keduanya adalah komponen utama yang membentuk gas sintesis dalam proses gasifikasi dan dikenal sebagai "syn-gas" (synthesis gas) atau "gas sintesis."

Metana (CH_4) bukan komponen utama dari gas sintesis dalam proses gasifikasi. Sebaliknya, CH_4 sering dianggap sebagai gas sampingan atau tidak diinginkan dalam proses gasifikasi karena memiliki nilai kalor yang lebih rendah daripada CO dan H_2 . CH_4 cenderung mengurangi nilai kalor dan efisiensi gas sintesis [17].

Dari Gambar 11., dapat dilihat bahwa bonggol jagung mampu menghasilkan gas CO yang paling banyak, hal ini dikarenakan dari struktur bonggol yang memiliki banyak pori-pori atau permeabilitas sehingga gas dapat tersaring masuk[18]. Setelah bonggol performa terbaik adalah filter serbuk kayu karena dengan menggunakan serbuk kayu, memiliki ukuran partikel yang kecil dan padat sehingga gas dapat tersaring dengan baik. Serutan dan zeolit kurang bagus digunakan sebagai filter karena dari properti

bahan yang tidak memiliki pori-pori sehingga tidak mampu menyerap gas dengan baik[19].

3.6 Hasil performa gasifikasi dengan berbagai macam filter untuk penyerapan hidrogen (H₂)



Gambar 12. Grafik hubungan antara waktu dengan ppm H₂ dengan variasi filter

Gas hidrogen (H₂) adalah gas yang diinginkan dalam proses gasifikasi karena memiliki nilai kalor yang sangat tinggi.

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa bonggol jagung mampu menghasilkan gas H₂ yang paling banyak. H₂ terbentuk ketika temperatur gasifier sudah mencapai lebih dari 400°C. Dari grafik dapat dilihat bahwa bonggol jagung mampu menghasilkan gas H₂ yang paling banyak, hal ini dikarenakan dari struktur bonggol yang memiliki banyak pori-pori atau permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan lain, bahkan jika serpihan kayu digunakan secara luas sebagai bahan biofilter tongkol jagung memberikan hasil yang hampir dua kali lebih baik dalam hal penyerapan air, partikulat, dan tar [18] [20]. Dengan menggunakan filter bonggol jagung juga dapat memperpanjang waktu pembakaran hingga 8000 detik, jauh lebih lama dibandingkan dengan filter lain walaupun dengan berat bahan yang sama.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini menggunakan empat jenis filter yang digunakan untuk menyaring gas, yaitu bonggol jagung, serpihan kayu, serbuk kayu dan zeolit. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa

bonggol jagung adalah filter yang paling baik dimana mampu menghasilkan gas CO sebesar 150 ppm dan gas H₂ sebesar 158 ppm. Filter dengan bonggol jagung juga mampu memperpanjang waktu pembakaran. Filter terbaik selanjutnya adalah serbuk kayu, serpihan kayu dan zeolit. Faktor yang mempengaruhi kualitas filter adalah permeabilitas dari bahan.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Dirjen Belmawa DIKTI yang telah memberikan pendanaan PKM-RE dan Terima kasih kepada Universitas Widyagama Malang yang telah memberikan fasilitas Laboratorium.

Daftar Pustaka

- [1] M. N. Majid, N. R. Ismail, P. Suwandono, and D. Hermawan, "Pengaruh ukuran serbuk kayu jati dan temperatur pemanasan terhadap volume dan nilai kalor tar pada proses pirolisis," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 16, no. 2, pp. 75–80, 2021.
- [2] A. Nurwidayati, P. A. Sulastri, D. Ardiyati, and A. Aktawan, "Gasifikasi Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Mahoni (*Swietenia Mahagoni*) untuk Menghasilkan Bahan Bakar Gas sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Chem. J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2019, doi: 10.26555/chemica.v5i2.13046.
- [3] I. Puteri, R. Aliya, and S. A. Muhammad, "Penerapan plastic deposit refund system sebagai instrumen penanggulangan pencemaran limbah plastik di wilayah perairan Indonesia," *J. Huk. Lingkungan Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 129–150, 2018.
- [4] M. Q. A. Aninuddin, "Potensi Pemanfaatan Sampah TPS di Kabupaten Gresik sebagai Bahan Bakar Refused Derived Fuel (Studi Kasus TPS Peganden, TPS

- Panggang, TPS Tlogo Pojok).” UPN Veteran Jawa Timur, 2022.
- [5] I. Nurfadhilah, L. Marlina, L. Lutfiah, and S. F. Zahra, “Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Berbasis Teknologi Co-Gasifikasi Thermal dengan Refuse Derived-Fuel sebagai Solusi Permasalahan Sampah dan Lingkungan,” *COMSERVA J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 10, pp. 850–858, 2022.
- [6] P. Suwandono, W. Wijayanti, and N. Hamidi, “Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetic Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetic Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni,” no. May 2015, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.01.9.
- [7] V. A. Lestari and T. B. Priambodo, “Kajian komposisi lignin dan selulosa dari limbah kayu sisa dekortikasi rami dan cangkang kulit kopi untuk proses gasifikasi downdraft,” *J. Energi Dan Lingkungan.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [8] K. Ridhuan and Y. Yudistira, “Pengaruh Filter Dan Cyclone Pada Reaktor Gasifikasi Tipe Updraft Terhadap Hasil Pembakaran Syn-Gas,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 44–53, 2017, doi: 10.24127/trb.v6i1.466.
- [9] R. F. Naryanto and M. K. Delimayanti, “Simulasi Numerik Pada Downdraft Gasifier Biomassa,” *J. Teknvasi*, vol. 08, no. 01, pp. 1–7, 2021.
- [10] E. Kurkela, M. Kurkela, and I. Hiltunen, “Pilot-scale development of pressurized fixed-bed gasification for synthesis gas production from biomass residues,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 13, no. 8, pp. 6553–6574, 2023.
- [11] S. Ahmad, A. A. Uppal, M. R. Azam, and J. Iqbal, “Chattering free sliding mode control and state dependent Kalman filter design for underground gasification energy conversion process,” *Electronics*, vol. 12, no. 4, p. 876, 2023.
- [12] D. Yu, J. Hu, W. Wang, and B. Gu, “Comprehensive techno-economic investigation of biomass gasification and nanomaterial based SOFC/SOEC hydrogen production system,” *Fuel*, vol. 333, p. 126442, 2023.
- [13] A. A. Papa, E. Savuto, A. Di Carlo, A. Tacconi, and S. Rapagnà, “Synergic Effects of Bed Materials and Catalytic Filter Candle for the Conversion of Tar during Biomass Steam Gasification,” *Energies*, vol. 16, no. 2, p. 595, 2023.
- [14] M. V. Salganskaya, A. Y. Zaichenko, D. N. Podlesniy, M. V. Tsvetkov, Y. Tsvetkova, and E. A. Salgansky, “Experimental study of hexamethylenetetramine gasification at different temperatures of gas flow,” *Acta Astronaut.*, vol. 204, pp. 682–685, 2023.
- [15] S. Y. G. Restrepo, M. H. Rocha, E. E. S. Lora, O. J. Venturini, V. R. M. Cobas, and D. M. Y. Maya, “Design and operation of a gas cleaning system for biomass gasification in a two-stage air-blown downdraft gasifier to meet quality requirements of solid oxide fuel cells,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 13, no. 9, pp. 8239–8265, 2023.
- [16] L. Ren, L. Ding, Q. Guo, Y. Gong, G. Yu, and F. Wang, “Characterization, carbon-ash separation and resource utilization of coal gasification fine slag: A comprehensive review,” *J. Clean. Prod.*, p. 136554, 2023.
- [17] W. Yu, X. Wang, L. Liu, H. Tan, and Z. U. Rahman, “Characterizing moisture occurrence state in coal gasification fine slag filter cake using low field nuclear magnetic resonance technology,” *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 45, no. 3, pp. 8004–8014, 2023.
- [18] G. Allesina, S. Pedrazzi, L. Montermini, L. Giorgini, G.

- Bortolani, and P. Tartarini, "Porous filtering media comparison through wet and dry sampling of fixed bed gasification products," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 547, no. 1, 2014, doi: 10.1088/1742-6596/547/1/012003.
- [19] N. Yuan, A. Zhao, Z. Hu, K. Tan, and J. Zhang, "Preparation and application of porous materials from coal gasification slag for wastewater treatment: A review," *Chemosphere*, vol. 287, p. 132227, 2022.
- [20] F. Vallejo, L. Díaz-Robles, V. Carné-Seco, E. Pino-Cortés, A. Espinoza-Pérez, and L. Espinoza-Pérez, "Hybrid porous media gasification of urban solid waste pre-treated by hydrothermal carbonization," *PLoS One*, vol. 18, no. 9, p. e0291838, 2023.