



**PENGARUH PENAMBAHAN *FLAME CONNECTOR CONE* dengan
VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA terhadap PERFORMANSI
KOMPOR BIOMASSA *WOOD PELLET***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu
(S-1) Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



Disusun Oleh:

MOCHAMAD HAFIS EFFENDI

217.010.5.2069

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2022

ABSTRAK

Konsumsi energi primer di Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, ekonomi dan harga energi. Masalah yang timbul akibat meningkatnya jumlah konsumsi energi primer adalah pencemaran lingkungan dan Kesehatan. Energi alternatif yang ramah lingkungan dapat menjadi pilihan untuk mengurangi dampak negatif tersebut, salah satunya adalah biomassa. Biomassa merupakan energi ramah lingkungan yang berasal dari limbah sisa-sisa tumbuhan maupun hewan dan potensi pengembangannya cukup besar. *Wood pellet* merupakan salah satu pengembangan energi biomassa dengan cara memadatkan partikel kayu yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kalor per volume, meningkatkan efisiensi termal dan mengurangi abu sisa pembakaran. Penambahan variasi kecepatan aliran udara dan *flame connector cone* yang diletakkan diatas ruang pembakaran kompor biomassa bertujuan untuk memperoleh nilai efisiensi termal agar lebih optimal dan nyala api yang lebih stabil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa dari kompor biomassa setelah dipasangkan *flame connector cone*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan 2 jenis pengujian yaitu, *water boiling test* (WBT) dan visualisasi nyala api dengan menambahkan variasi kecepatan aliran udara 10 m/s dan 12 m/s. Hasil pengujian *water boiling test* menunjukkan performa kompor biomassa meningkat setelah *dipasangkan flame connector cone*. Efisiensi termal yang didapat pada variasi tanpa *flame connector cone* sebesar 25,212% pada kecepatan aliran udara 10 m/s dan 24,198% dengan variasi kecepatan aliran udara 12 m/s. Sedangkan hasil yang didapat setelah dipasangkan *flame connector cone* sebesar 25,788% pada variasi kecepatan aliran udara 10 m/s dan 24,304% pada variasi kecepatan aliran udara 12 m/s. Sedangkan dalam pengujian visualisasi nyala api menunjukkan dimensi nyala api lebih kecil setelah kompor dipasangkan *flame connector cone*, tetapi bentuk nyala api dan temperatur api lebih stabil.

Kata Kunci: Biomassa; Kompor Biomassa; *Wood pellet*; *Flame Connector*

ABSTRACT

Primary energy consumption in Indonesia increases every year in line with increasing population growth, the economy and energy prices. Problems arising from the increasing amount of primary energy consumption are environmental pollution and health. Alternative energy that is environmentally friendly can be an option to reduce these negative impacts, one of which is biomass. Biomass is an environmentally friendly energy derived from the remains of plants and animals and the potential for development is quite large. Wood pellets are one of the developments in biomass energy by compacting wood particles with the aim of increasing the calorific value per volume, increasing thermal efficiency and reducing combustion ash. The addition of variations in air flow velocity and flame connector cones placed above the combustion chamber of the biomass stove aims to obtain a more optimal thermal efficiency value and a more stable flame. The purpose of this study was to determine the performance of the biomass stove after the flame connecting cone was installed. The method used in this study is an experimental method with 2 types of testing, namely the Water Boiling Test (WBT) and flame visualization by adding airflow velocity variations of 10 m/s and 12 m/s. The results of the water boiling test showed that the performance of the biomass stove increased after the flame connecting cone was installed. The thermal efficiency obtained in the variation without the fire connector cone is 25.212% at an air flow rate of 10 m/s and 24.198% with a variation of air flow velocity of 12 m/s. While the results obtained after installing the fire connecting cone were 25.788% for variations of air flow velocity of 10 m/s and 24.304% for variations of air flow velocity of 12 m/s. Whereas in the flame visualization test, the dimensions of the flame showed that the dimensions of the flame were getting smaller after the flame connector was installed on the stove. conical shape, but the flame shape and flame temperature was more stable.

Keywords: Biomass; Biomass Stove; Wood Pellets; Flame Connector

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi primer terbesar di kawasan Asia Tenggara seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, ekonomi dan harga energi. Menurut data Indonesia *Energy Outlook* tahun 2018, pertumbuhan PDB rata-rata mencapai 6,04% per tahun dalam periode 2017-2050 yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi di Indonesia. Tahun 2016 didominasi oleh BBM sebesar 47%. Sejak tahun 2004 Indonesia menjadi negara *net oil importer*, sekitar 40% konsumsi BBM diimpor dari luar negeri. Penyebab utama defisit neraca perdagangan Indonesia salah satunya adalah impor minyak mentah dan BBM yang mencapai 8,5 miliar USD pada tahun 2018 (Anindhita *et al.*, 2018). Untuk meningkatkan devisa negara, pemerintah membangun industri pada sektor usaha dalam bidang tambang batubara. Namun penambangan batubara juga banyak menimbulkan masalah terutama kesehatan. Debu batubara mengandung zat kimia yang dapat memicu terjadinya berbagai penyakit antara lain penyakit paru-paru pada masyarakat yang berada di area tambang dan yang sangat beresiko adalah pekerja tambang itu sendiri karena menghirup debu dari batubara terus-menerus setiap hari (Maryuningsih, 2015).

Penyediaan energi primer berbasis energi baru dan terbarukan (EBT) perlu ditingkatkan untuk dapat memenuhi kebutuhan energi serta tidak membebani neraca perdagangan (Anindhita *et al.*, 2019). Pada tahun 2010, sebagian negara telah menyadari bahwa energi minyak bumi, gas dan batubara telah menimbulkan berbagai dampak yang dapat merusak bumi dan pemanasan global. Oleh karena itu pemanfaatan energi baru dan terbarukan sangat diperlukan untuk menggantikan energi yang tidak terbarukan yang sumber energinya kini semakin menipis (de Vires *et al.*, 2016). Salah satu energi baru dan terbarukan yang berpotensi besar di Indonesia adalah biomassa dari pelet kayu (*wood pellet*) sebanyak 123,5 juta ton per tahun atau setara dengan 1.455,97 juta GJ per tahun yang berasal dari limbah organik dan sisa pengolahan kayu (Ibadurrohman, 2019)

Teknologi pembakaran yang digunakan untuk pembakaran *wood pellet* yaitu dengan kompor biomassa. Kompor biomassa sangat berpengaruh untuk menurunkan emisi gas buang yang signifikan jika dibandingkan dengan kompor kayu konvensional sehingga lebih bersih dan hemat biaya serta memiliki efisiensi pembakaran sebesar 83% (Loo & Koppejan, 2012). Penambahan *flame connector cone* pada kompor biomassa dapat meningkatkan persentase pemanfaatan panas dan efisiensi termal yang signifikan serta dapat mengurangi terjadinya *heat loss* (kehilangan panas). Pengaruh efisiensi yang diperoleh setelah dipasang *flame connector cone* pada kompor biomassa adalah sebesar 55,4%, nilainya sangat jauh jika dibandingkan dengan kompor konvensional yang hanya memiliki efisiensi sebesar 17,9% (Igboanugo & Ajieh, 2017)

Proses pembakaran pada kompor biomassa memerlukan aliran udara untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan transfer kalor (Baldwin, 1988). Aliran udara yang sesuai akan meningkatkan performa pembakaran yang jauh lebih efisien. Ukuran dan geometri ruang bakar akan meningkatkan kontrol aliran udara dan memungkinkan api menyala pada nilai temperatur yang lebih tinggi serta juga menghasilkan efektifitas yang lebih tinggi terhadap pembentukan gas yang mudah terbakar (Bailis *et al.*, 2009). *Burning rate, thermal efficiency, fire power, percentage energy utilization* dan *fuel consumption* dipengaruhi oleh besarnya laju aliran udara pada saat proses pembakaran (Jain & Sheth, 2019).

Berdasarkan penjelasan di atas penambahan *flame connector cone* dan aliran udara yang sesuai pada proses pembakaran kompor biomassa dapat meningkatkan efisiensi termal dan peningkatan presentase pemanfaatan panas pada proses pembakaran kompor biomassa (*wood pellet stove*). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi kompor biomassa dan dapat dijadikan alternatif sebagai pengganti bahan bakar primer tak terbarukan seperti minyak mentah dan bahan bakar fosil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana pengaruh penambahan *flame connector cone* dengan variasi kecepatan aliran udara terhadap performansi kompor biomassa *wood pellet*.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini diperlukan Batasan masalah, supaya pembahasannya tidak meluas dan dapat lebih fokus pada masalah-masalah yang akan diteliti, yaitu sebagai berikut:

1. *Flame connector cone* yang digunakan berbahan plat besi.
2. Sudut dan ketirusan *flame connector cone* dianggap tidak berubah setelah dipanaskan.
3. Kecepatan aliran udara saat pengujian adalah 10 m/s dan 12 m/s.
4. Bahan bakar *wood pellet* saat pengujian menggunakan jenis yang sama.
5. Tidak membahas proses produksi *wood pellet* dan kompor biomassa

1.4 Tujuan Penelitian

Bertujuan untuk mengetahui pengaruh kompor biomassa dengan penambahan *flame connector cone* dengan variasi kecepatan aliran udara terhadap performansi kompor biomassa *wood pellet*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan tentang sistem pemanfaatan bahan bakar biomassa yang ramah lingkungan.
2. Memberikan referensi untuk penelitian selanjutnya tentang pengujian kompor biomassa dengan bahan bakar *wood pellet*.
3. Sebagai sarana untuk menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama menempuh perkuliahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian pengaruh penambahan *flame connector cone* dengan variasi kecepatan aliran udara terhadap performa kompor biomassa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan *flame connector cone* dapat meningkatkan *thermal efficiency*, *fire power*, *burning rate* pada saat pembakaran. Penambahan *flame connector cone* juga dapat mempercepat waktu pendidihan pada saat pengujian *water boiling test*. Hal ini disebabkan karena permukaan *flame connector cone* dapat menghambat keluarnya api yang berlebihan sehingga dapat menyimpan panas lebih besar dan jumlah *heat loss* lebih rendah.
2. Kecepatan aliran udara 10 m/s pada proses pengujian *water boiling test* secara keseluruhan mendapatkan performa terbaik dibandingkan dengan kecepatan aliran udara 12 m/s. Hal ini disebabkan karena semakin besar laju aliran udara yang diberikan, maka *fuel consumption* juga semakin besar dan sebaliknya.
3. Variasi penambahan *flame connector cone* menghasilkan tinggi api paling kecil jika dibandingkan tanpa menggunakan *flame connector cone*, tetapi jika dianalisa dari gambar, dapat dilihat bahwa penambahan *flame connector cone* dapat menstabilkan nyala api. Hal ini disebabkan oleh api yang keluar dari ruang pembakaran tertahan oleh *flame connector cone* sehingga tinggi api yang didapat tidak maksimal.
4. Temperatur tertinggi didapat pada variasi tanpa *flame connector cone*. Tetapi dari data temperatur yang telah dianalisa dapat disimpulkan bahwa, penambahan *flame connector cone* nilai temperatur yang didapat lebih stabil jika dibandingkan dengan tanpa *flame connector cone*. Hal ini disebabkan oleh nyala api yang didapat setelah kompor ditambahkan *flame connector cone* lebih stabil sehingga temperatur juga ikut stabil.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis bahan dasar *wood pellet* yang lain sehingga diperoleh performa kompor yang optimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pengaruh bahan *flame connector cone* yang lain sebagai pembanding dari penelitian ini
3. Menambah variasi kecepatan aliran udara untuk mengetahui performa terbaik pada kompor.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrochman, M. (2021). Pengaruh Penambahan *Flame Connector* Berbahan Katalis Kaolin dengan Variasi Geometri terhadap Performansi Kompor Biomassa *Wood Pellet*. *Jurnal Teknik Mesin Konsentrasi Teknik Konversi Energi*. Universitas Brawijaya.
- Anindhita. (2018). Outlook Energi Indonesia 2018: Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat. Jakarta: *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*.
- Anindhita. (2019). Outlook Energi Indonesia 2019: Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional. Jakarta: *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*.
- Bailis, R., Ogle, D., Maccarty, N., & Still, D. (2009). The Water Boiling Test Version 4.1.2. *Household Energy and Health Programmer*, Shell Foundation.
- Baldwin, S. F. (1988). Biomass stoves Engineering design, development. *VITA (with Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University)*.
- Buchmayr, M., Gruber, J., Hargassner, M. & Hochenauer, C. (2015). Experimental Investigation of the Primary Combustion Zone During Staged Combustion of Woodchips in a Commercial Small-scale Boiler. *Biomass and Bioenergy*.
- Daulay, L. R. (2009). Adhesi Penguat Serbuk Pulp Tandan Kosong Sawit Teresterifikasi dengan Matriks Komposit Polietilena. *Disertasi*. Universitas Sumatera Utara Medan.
- De Vires, P., Connors, M., & Jaliwala, R. (2011). Energi Yang Terbarukan. *Contained Energy Indonesia*.
- Fagi, F., & Hejo, K. (2018). Energi Baru dan Terbarukan Pelet Kayu Wood Pellet.
- Fisafarani, H. (2010). Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa dan Potensi Biopellet di Indonesia. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Gorritty. (2014). The Water Boiling Test Version 4.2.3 *Cookstove Emissions and Efficiency in a Controlled Laboratory Setting*. International Workshop Agreement.
- Herlambang, S. dkk. (2017). Biomassa sebagai Sumber Energi Masa Depan. *Buku Ajar*. Gerbang Media Aksara.
- Ibadurrohman, I. A. (2019). Karakteristik Pembakaran Wood Pellet Stove dengan Variasi Geometri dan Blockage Ratio Flame Connector. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(3), 327–338.

- Igboanugo, & Ajieh, M. (2017). Design and Construction of a Biomass Stove for Cooking in Rural Settlements in Nigeria. *Nigerian Research Journal of Engineering and Environmental Sciences*. 2 (2): 351-359.
- Jain, T., & Sheth, P. N. (2019). Design of Energy Utilization Test for a Biomass Cook Stove: Formulation of an Optimum Air Flow Recipe. *Energy*, 166: 1097–1105.
- Loo, S. van, & Koppejan, J. (2012). The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. *Earthscan in the UK and USA*.
- Lynd, L. R., Weimer, P. J., van Zyl, W. H., & Pretorius, I. S. (2002). Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66 (3): 506–577.
- Maryuningsih, Y. (2015). Analisis Dampak Industri Stockpile Batu Bara terhadap Lingkungan Dan Tingkat Kesehatan Masyarakat Desa Pesisir Rawaurip Kec. Pangenan Kab. Cirebon. *Scientiae Educatia*, 5(2).
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*. 5 (2): 88–92.
- PelHeat. Biomass Pellet Production Guide, <http://www.pelheat.com>. (diakses 5 april 2022).
- Prapas, J., Baumgardner, M. E., Marchese, A. J., Willson, B., & DeFoort, M. (2014). Influence of Chimneys on Combustion Characteristics of Buoyantly Driven Biomass Stoves. *Energy for Sustainable Development*, 23: 286–293.
- Purwanto, W. W., Supramono, D., & Fisafarani, H. (2010). Biomass Waste and Biomass Pellets Characteristics and Their Potential in Indonesia. *Chemical Engineering*, Makalah dalam *ISFACHE 2010*.
- Rizqiardihatno, R. F. (2009). Perancangan Kompor Berbahan Bakar Pelet Biomassa dengan Efisiensi Tinggi dan Ramah Lingkungan Menggunakan Prinsip Heat Recovery. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Roth, C. (2014). Micro-gasification: Cooking with Gas from Dry Biomass. *GIZ HERA (Vol. 2)*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Samlawi, A. K. (2017). Buku Ajar Teknik Pembakaran. Universitas Lambung Mangkurat.
- Saptoadi, H. (2008). The Best Biobriquette Dimension and its Particle Size. Makalah dalam *Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)*.
- Supramono, D., & Winata, R. (2012). Unjuk Kerja Kompor Gas Biomassa dengan Bahan Bakar Pellet Biomassa dari Limbah Bagas Tebu. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia dan Musyawarah Nasional*. Universitas Indonesia.

Warnatz. (2006). *Combustion Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Yang, H., *et al.* (2007). Characteristics of Hemicellulose, Cellulose and Lignin Pyrolysis. *Fuel*. 86 (12-13): 1781-1788.

