



Studi Perpindahan Panas pada Proses Pembakaran Briket Berbahan Dasar Pakis Hutan (*Dicksoniaceae*)

Jusuf Haurissa^{1*}, Mathinus Pembuaian²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin,

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

¹jhaurissa@yahoo.com

Abstract

There is an ongoing effort to develop and improve the quality of briquettes, which could become an alternative fuel source. This can be achieved by exploring the utilization of raw materials like kerosene. The goal of this study is to analyze the convection and conduction processes occurring in the combustion of tree ferns. It is conducted to explore the use of tree ferns as a raw material for the production of briquettes. The prototype briquette made using tree ferns is characterized by a honeycomb design with 14 holes and a diameter of 20 cm. It is made using a mixture of 20% adhesive and 80% tree fern charcoal. The various factors that influence the combustion process include the initial temperature, the pot wall temperature, the environmental temperature, and the moisture content of the briquette. Different instruments such as anemometer, an infrared thermometer, a stopwatch, and a moisture meter are also used in the study. The study revealed that the tree fern briquette made from 14 holes exhibited a convection heat transfer power of 4302.444watts and a conduction heat transfer power of 5106.5watts. The efficiency of the two processes allowed the briquettes to burn for about 2 hours and 30 minutes, and they could sustain a moisture content of 12%. The study indicates that tree ferns can serve as an energy source alternative to kerosene. This presents a sustainable and eco-friendly way of meeting energy demands.

Keywords: alternative energy, heat transfer rate, briquettes, onvection, conduction

Abstrak

Upaya peningkatan dan pengembangan kualitas briket sebagai bahan bakar alternatif terus dilakukan dengan mencari bahan dasar pembuatan briket, untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar saat ini, diantaranya adalah minyak tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perpindahan panas secara konduksi dan konveksi pada proses pembakaran briket berbahan dasar pohon pakis hutan. Dengan melakukan analisis, diharapkan pohon pakis hutan dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan briket. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium. Model briket yang digunakan berbentuk sarang lebah sebanyak 14 lubang, diameter briket 20 cm, tinggi briket 11 cm, diameter lubang 2 cm, dengan perbandingan arang pohon pakis dengan perekat tapioka 80% : 20%. Variabel penelitiannya adalah: suhu awal pembakaran, suhu permukaan briket, suhu dasar panci, suhu dinding panci, suhu lingkungan, waktu pembakaran, kadar air. Alat yang digunakan adalah termometer infra merah, moisture meter (kadar air), animo meter (kecepatan udara), stopwatch, timbangan, dan kompor briket. Hasil dari penelitian terkait perpindahan panas pada briket sarang lebah berlubang 14, yang terbuat dari bahan dasar pohon pakis hutan dengan kadar air sebesar 12%, menunjukkan perpindahan panas konduksi sebesar 5106,5 watt dan perpindahan panas konveksi sebesar 4332,4 watt. Kinerja perpindahan panas konduksi dan laju konveksi briket ini sangat efisien, memungkinkan briket untuk menyala selama 2 jam 30 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa briket yang terbuat dari pakis hutan memiliki potensi sebagai pengganti minyak tanah sebagai sumber energi. Hasil ini menandakan bahwa briket berbahan dasar pakis hutan memiliki kemampuan untuk menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam pemenuhan kebutuhan energi.

Kata kunci: energi alternatif, laju perpindahan panas, briket, konveksi, konduksi

1. Pendahuluan

Penggantian bahan bakar fosil terus dilakukan dengan mengembangkan teknologi baru yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satunya adalah penggunaan briket biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil. Briket biomassa dihasilkan melalui proses pengeringan dan pemadatan limbah biomassa sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar yang memiliki kandungan energi yang tinggi. Penggunaan briket biomassa sebagai bahan bakar dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Selain itu, penggunaan briket biomassa juga dapat membantu mengurangi limbah biomassa yang ada di sekitar lingkungan kita. Penggunaan briket biomassa dapat dilakukan di berbagai sektor seperti rumah tangga, industri, dan pertanian. Dengan penggunaan briket biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil, diharapkan dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang semakin menipis dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Untuk mengoptimalkan proses pembakaran briket biomassa, perlu dilakukan pengaturan suhu, kelembaban, dan kecepatan aliran udara atau gas. Pengaturan ini akan mempengaruhi laju perpindahan panas secara konduksi dan konveksi, sehingga dapat menghasilkan efisiensi pembakaran yang lebih baik dan mengurangi emisi polutan yang dihasilkan oleh pembakaran briket. Meskipun bahan biomassa memiliki cadangan yang melimpah, banyak di antaranya yang dibakar atau dibiarkan tidak dipanen setiap tahunnya [1]. Hal ini menyebabkan sejumlah besar limbah energi dan memberikan kontribusi untuk masalah lingkungan [2][3][4]. Karena eksploitasi bahan bakar fosil yang berlebihan, kekurangan energi diperkirakan akan menjadi lebih parah dalam waktu dekat. Hal ini mendorong kebutuhan akan sumber energi baru [5]. Penggunaan bahan biomassa dapat membantu meringankan beberapa masalah lingkungan dan memberikan metode baru untuk menemukan energi alternatif.

Proses pembuatan briket biomassa melibatkan penggunaan kompresi mekanis untuk meningkatkan densitas biomassa [6][7][8] [9] [10]. Teknik ini juga dapat menghasilkan briket dengan ukuran yang seragam. Hal ini karena lignin, yang banyak terdapat dalam bahan biomassa, menunjukkan termoset pada kondisi pemanasan eksternal dan dapat bertindak sebagai pengikat dalam pembentukan [11]. Lignin terdiri dari rangkaian polimer organik kompleks yang ada di dinding sel. Transisi kaca lignin memiliki rentang suhu dari 333,15 K hingga 413,15 K [11]. Namun, hemiselulosa dan selulosa dalam biomassa mulai terdekomposisi pada temperatur yang lebih tinggi. Nilai kalor dari briket biomassa akan berkurang. Karena dampak suhu yang cukup besar pada lignin dalam bahan biomassa, untuk

mendapatkan briket biomassa berkualitas tinggi, suhu pemanasan yang wajar harus digunakan.

Penelitian tentang briket biomassa dilakukan oleh Jusuf Haurissa dkk tahun 2018, meneliti tentang udara paksa untuk proses pembakaran briket. Penggunaan udara paksa dalam proses pembakaran briket meningkatkan efisiensi pembakaran. Udara paksa bertujuan untuk membantu mempercepat proses pembakaran dan meningkatkan suhu dalam ruang pembakaran. Dengan demikian, briket dapat terbakar secara optimal dengan menghasilkan panas dan energi yang lebih banyak. Dengan jumlah udara yang cukup, pembakaran briket dapat berlangsung secara sempurna. Namun, penggunaan udara paksa juga harus dikendalikan dengan baik agar tidak terjadi udara yang berlebihan, yang dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran. Selain itu, udara yang terlalu banyak juga dapat menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna [12]. Kemudian pada penelitian lanjutan Jusuf Haurissa dkk, menganalisa kestabilan jarak pembakaran, dengan menambah *adjuster* (pengatur). Penambahan *adjuster*, dapat disesuaikan secara signifikan meningkatkan efisiensi dan efektivitas kompor dan briket. Ini juga meningkatkan waktu didih air dan suhu pembakaran. Jarak pembakaran briket yang stabil membantu briket mendapatkan panas yang stabil sehingga lebih efektif bila digunakan bahan bakar. Ini juga membantu dalam mentransfer panas ke panci. Tingkat molekuler dari jarak pembakaran menunjukkan dapat melemahkan ikatan rantai karbon Van der Waals, yang membuat bahan bakar lebih mudah menguap dan mudah menyerap panas dan nilai kalor semakin tinggi [13][14]. Jumlah lubang briket dan tebal plat berpengaruh terhadap *boiling time*, lama nyala dan laju pembakar pada desain kompor biomassa [15][16].

Selanjutnya pada penelitian ini akan menganalisa proses perpindahan panas secara konveksi dan konduksi briket sarang lebah berbahan dasar pohon pakis hutan. Proses perpindahan panas sangat penting dalam pembakaran briket biomassa.

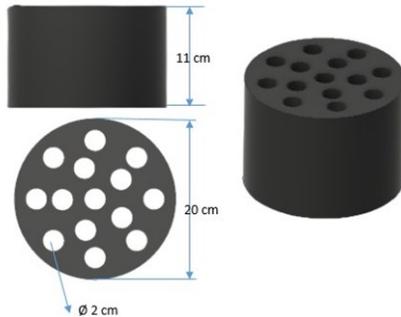
2. Metode Penelitian

Metode yang di gunakan pada penelitian ini adalah eksperimen laboratorium, dengan tahapan kerja dapat dilihat diagram alir pada Gambar 1. Model briket yang digunakan berbentuk sarang lebah 14 lubang berdiameter briket 20 cm, tinggi briket 11 cm, diameter lubang 2 cm (Gambar 2) [16]. Presentasi arang pohon pakis dengan perekat tapioca, 80%:20%. Bahwa penambahan perekat pada pembuatan briket meningkatkan kerapatan, menurunkan laju pembakaran, dan meningkatkan nilai kalor briket [17]. Sedangkan variabel penelitian yaitu temperatur awal pembakaran, temperatur permukaan briket, temperatur bagian bawa panci, temperature dinding panci, temperatur lingkungan, waktu penjalaaan, kadar air. Alat yang digunakan *thermometer infra red*,

moisture meter (alat pengukur kadar air), (mengukur kecepatan udara), stopwatch, timbangan (Gambar 3), kompor briket dan cetakan briket (Gambar 4). Jenis pohon pakis hutannya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Prototype briket 14 Lubang



Gambar 3. Alat ukur



Gambar 4. Kompor briket dan cetakan briket



Gambar 5. Pohon pakis hutan

Persamaan perpindahan panas secara konduksi [18]:

$$q_{konduksi} = -kA \frac{\Delta t}{\Delta x} \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan perpindahan panas secara konveksi [18]:

$$q_{konveksi} = hA(T_w - T_{\infty}) \dots\dots\dots (2)$$

Konduktivitas Termal Material.

Konduktivitas termal adalah sifat yang mengukur kemampuan suatu material dalam menghantarkan panas. Nilai konduktivitas termal mengindikasikan seberapa cepat panas dapat berpindah melalui bahan tersebut (Wibowo, 2008). Oleh karena itu, berbagai material memiliki nilai konduktivitas termal yang beragam. Untuk membandingkan sifat ini di antara berbagai jenis material. Nilai konduktivitas termal biomassa berbeda-beda tergantung pada jenis biomassa yang digunakan. Salah satunya pada penelitian ini menggunakan pohon pakis hutan. Konduktivitas pohon pakis hutan berkisar 0,048 hingga 0,055 W/mK (Rify 1*, Vazri Muharom 2)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Hasil Pengukuran

Data hasil pengukuran dan pengamatan ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data hasil pengujian

Jumlah lubang	Kadar air %	Jumlah Air (liter)	Temperatur (°C)				Lama Pembakaran Briket habis Terbakar (jam)
			T ₁	T ₂	T _w	T _∞	
14	12	5	256 °C	465 °C	548 °C	26 °C	2 jam 30 menit

Tabel 2. Pengambilan data per 30 menit selama 02.30 menit

Selang waktu	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit	150 menit
Derajat Celsius	256 °C	465 °C	584 °C	528 °C	414 °C

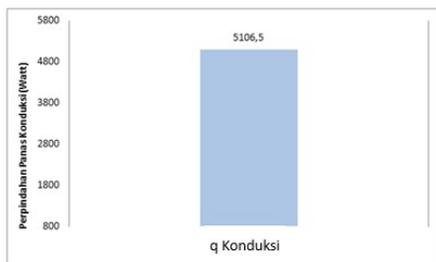
3.2. Pembahasan

Tabel 3 menunjukkan data hasil perhitungan dari proses perpindahan panas briket sarang lebah secara konduksi dan konveksi. Pada Gambar 6 dan Gambar 7 menGambarkan besarnya nilai perpindahan panas secara konduksi sebesar 5106,5 watt dan secara konveksi 4332,44 watt selama 2 jam 30 menit, dengan ukuran briket seperti pada Gambar 2. Waktu penyalaan briket cukup lama, sehingga briket

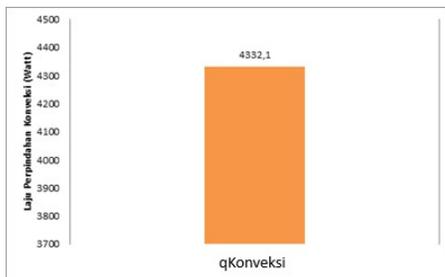
biomassa pohon pakis hutan dapat menjadi pilihan pengganti minyak tanah sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Briket biomassa pohon pakis hutan memiliki beberapa keuntungan: pengganti minyak tanah, memiliki nilai kalor yang tinggi, dapat menghasilkan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pemanasan pada rumah tangga, membantu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak terbarukan dan dapat menyebabkan polusi udara dan dampak lingkungan lainnya. Penggunaan briket ini juga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca karena pembuatan briket ini tidak menyumbang emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂) [19] dan metana CH₄) [20]. Hasil proses perpindahan panas briket dengan bahan dasar pakis hutan bila di bandingkan penelitian sebelumnya menggunakan bahan dasar ampas sagu lebih rendah, dan tempurung kelapa lebih tinggi. Panas yang dihasilkan dapat direkomendasikan sebagai energi alternatif [21][16][12].

Tabel 3. Perpindahan panas briket pakis hutan

qKonduksi (watt)	qKonveksi (watt)
5106,5	4332, 444



Gambar 6. Perpindahan panas konduksi

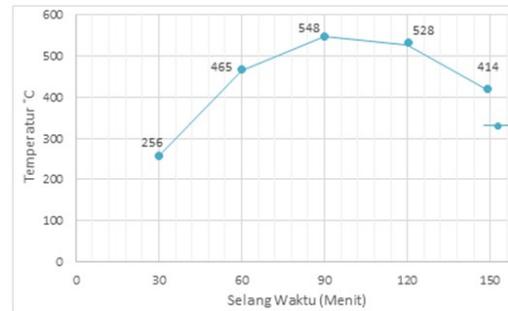


Gambar 7. Perpindahan panas konveksi

Berikut ini adalah proses penyalaan briket selama 2 jam 30 menit (Gambar 8 dan 9).



Gambar 8. Penyalaan briket sarang lebah pohon pakis selama 2 jam 30 menit



Gambar 9. Temperatur pembakaran briket pakis hutan

Perpindahan panas secara konduksi dan konveksi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, ukuran briket, kelembaban briket, dan kecepatan aliran udara. Semakin besar suhu briket, semakin cepat pula laju perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Semakin besar kecepatan aliran udara, semakin cepat pula laju perpindahan panas secara konveksi.

Karbon terkait adalah fraksi karbon (C) yang terkait dalam arang selain fraksi air, zat menguap dan abu. Keberadaan karbon dalam briket arang dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap. Kadarnya akan bernilai tinggi apabila kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap rendah. Semakin tinggi kandungan karbon pada briket arang semakin tinggi pula nilai kalor briket arang yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembakaran membutuhkan karbon yang akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor. Komposisi dan tekanan pada saat pengepresan sangat mempengaruhi kerapatan dan kuat tekan pada briket. Pengepresan dengan tekan yang tinggi tidak selalu menghasilkan briket dengan karakteristik yang baik.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: proses pembakaran briket sarang lebah 14 lubang berbahan dasar pohon pakis hutan dengan kandungan kadar air 12%, untuk laju perpindahan panas konduksi $q_{konduksi} = 5106,5$ watt, sedangkan laju perpindahan panas konveksi $q_{konveksi} = 4332,4$ watt. Perpindahan panas konduksi dan konveksi relatif tinggi, dengan waktu penyalaan briket 2 jam 30 menit. Dari hasil tersebut, briket berbahan dasar pakis dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah.

Ucapan Terimakasih.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rektor Universitas Sains dan Teknologi Jayapura yang telah memberikan dana penelitian dan surat penugasan melaksanakan penelitian, apresiasi juga kami kepada Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan

fasilitas laboratorium yang kami gunakan dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Manisha and S. K. Yadav, "Technological advances and applications of hydrolytic enzymes for valorization of lignocellulosic biomass," *Bioresour. Technol.*, vol. 245, pp. 1727–1739, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2017.05.066.
- [2] M. Sharholy, K. Ahmad, G. Mahmood, and R. C. Trivedi, "Municipal solid waste management in Indian cities - A review," *Waste Manag.*, vol. 28, no. 2, pp. 459–467, 2008, doi: 10.1016/j.wasman.2007.02.008.
- [3] A. S. Nizami *et al.*, "Developing waste biorefinery in Makkah: A way forward to convert urban waste into renewable energy," *Appl. Energy*, vol. 186, pp. 189–196, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.04.116.
- [4] A. S. Nizami *et al.*, "Waste biorefineries: Enabling circular economies in developing countries," *Bioresour. Technol.*, vol. 241, pp. 1101–1117, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2017.05.097.
- [5] M. Esen and T. Yuksel, "Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse," *Energy Build.*, vol. 65, pp. 340–351, 2013, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.06.018.
- [6] S. Mani, L. G. Tabil, and S. Sokhansanj, "An overview of compaction of biomass grinds," *Powder Handl. Process.*, vol. 15, no. 3, pp. 160–168, 2003.
- [7] K. Theeratrattananon *et al.*, "Physical properties of pellets made from sorghum stalk, corn stover, wheat straw, and big bluestem," *Ind. Crops Prod.*, vol. 33, no. 2, pp. 325–332, 2011, doi: 10.1016/j.indcrop.2010.11.014.
- [8] C. T. Cc and X. Cc, "Zagęszczanie Biomasy - Operacje Krojenia W Kostkę I Koszty Stover Kukurydzy (Ang. Biomass Densification - Cubing Operations and Costs for Corn Stover)," vol. 0, no. 4, pp. 1–4, 2003.
- [9] J. M. A. Haurissa, "Analisa Kinerja Mesin Pencetak Briket Sarang Tawon Berbahan Dasar Ampas Sagu Jusuf," vol. 1, no. 12, pp. 47–50, 2015, doi: DOI: <https://doi.org/10.58839/jd.v1i12.148>.
- [10] J. H. Peng, H. T. Bi, C. J. Lim, and S. Sokhansanj, "Study on density, hardness, and moisture uptake of torrefied wood pellets," *Energy and Fuels*, vol. 27, no. 2, pp. 967–974, 2013, doi: 10.1021/ef301928q.
- [11] H. Yang, R. Yan, H. Chen, D. H. Lee, and C. Zheng, "Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis," *Fuel*, vol. 86, no. 12–13, pp. 1781–1788, 2007, doi: 10.1016/j.fuel.2006.12.013.
- [12] H. R. Jusuf Haurissa, "Analisa Konveksi Paksa (Pemaksaan Udara Masuk) Pada Proses Pembakaran Briket Ampas Sagu," vol. 3, no. December 2019, pp. 339–345, 2020, [Online]. Available: <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/654>
- [13] J. Haurissa, H. Riupassa, N. J. M. Nanulaita, Trismawati, and H. Y. Nanlohy, "Development of Briquette Stove to Increase Heating Efficiency and Flame Stability of Sago Waste Briquette," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2440, no. January, 2022, doi: 10.1063/5.0075008.
- [14] A. Sabitah, A. Amrullah, and A. Syarief, "Uji Eksperimental Karakteristik Briket Arang Berbahan Baku Limbah Sekam Padi Siam Dan Pandak," *Info-Teknik*, vol. 20, no. 1, p. 47, 2020, doi: 10.20527/infotek.v20i1.6958.
- [15] I. W. Joniarta and M. Wijana, "Pengaruh variasi besar lubang dan tebal plat terhadap boiling time, lama nyala dan laju pembakaran pada desain kompor biomassa tongkol jagung," *Din. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, p. 46, 2018, doi: 10.29303/dtm.v8i1.168.
- [16] R. J. Jusuf Haurissa, Helen Riupassa, "Analisa energi panas pada lubang briket sarang tawon berbahan dasar ampas sagu sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah," *Dinamis*, vol. 1, no. 12, pp. 84–90, 2018, [Online]. Available: <http://ojs.ustj.ac.id/dinamis/article/view/71>
- [17] A. Ismayana and dan Moh Rizal Afriyanto, "the Effects of Adhesive Type and Concentration in the Manufacturing of Filter Cake Briquettes As an Alternative Fuel," *J. Tek. Ind. Pert.*, vol. 186, no. 3, pp. 186–193, 2011.
- [18] J. . Holman, "Perpindahan Panas". 1994.
- [19] R. Pratama, "Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi," *Cetak Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 1410–4520, 2019.
- [20] W. P. Cahayaningtyas and I. Sumantri, "Pengaruh Penambahan Biochar Limbah Pertanian Dan Pestisida Pada Inkubasi Tanah Inceptisol Untuk Menekan Emisi Gas Metana (Ch4) Sebagai Gas Rumah Kaca," *Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 521–527, 2012.
- [21] J. Haurissa and L. Rumabar, "Laju perpindahan panas briket sarang tawon berbahan dasar kayu merbau," *Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 14–21, 2016, [Online]. Available: <https://ojs.ustj.ac.id/mesin/article/view/396>