

JURNAL INOVASI ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI (JIPTEK)



Pengaruh Variasi Isolator Terhadap Kinerja Kompor Biomassa Sekam Padi

Nailul Atifah¹, Ilham Nugraha Putra²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00410@unpam.ac.id

Masuk : 26 September 2024

Direvisi: 10 Oktober 2024

Disetujui: 30 Oktober 2024

Abstract: Biomass is biological material derived from plants and animals. Biomass can be converted into biomass energy source. One example of agricultural waste biomass is rice husks. It has not been utilized. Rice husks can be used as fuel for cooking using a rice husk stove. In the design of rice husk stoves, one of the influencing factors is the isolator. This research aims to determine the effect of insulators on stove wall temperatures and the rate of natural convection heat transfer from the outer walls to the environment. There are three types of isolator materials used, namely air insulators, brick powder and rice husk ash. The insulating material is inserted into the space between the inner wall and the outer wall of the stove. The research results show that variations in insulators influence the stove wall temperature and heat transfer rate. The average external wall temperature with air insulator, brick dust, and husk ash is 170.14°C, 94.49°C, and 78.78°C, respectively. The average heat transfer rate using air insulator, brick powder, and husk ash respectively is 334.17 Watts, 96.14 Watts, and 95.70 Watts.

Keywords: Husk, Husk Stove, Insulator, Temperature, Heat Transfer, Natural Convection.

Abstrak: Biomassa adalah bahan biologis yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Biomassa dapat dikonversi menjadi sumber energi biomassa. Salah satu contoh biomassa sisa hasil pertanian yang belum dimanfaatkan adalah sekam padi. Sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memasak dengan menggunakan kompor sekam padi. Pada desain kompor sekam padi, salah satu faktor yang berpengaruh adalah isolator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi isolator terhadap temperatur dinding luar kompor dan laju perpindahan panas konveksi natural dari dinding luar ke lingkungan. Variasi bahan isolator yang digunakan ada tiga macam yaitu isolator udara, serbuk batu bata, dan abu sekam padi. Bahan isolator dimasukkan pada ruang yang berada antara dinding dalam dan dinding luar kompor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi isolator berpengaruh terhadap temperatur dinding kompor dan laju perpindahan panas. Temperatur dinding luar rata-rata dengan isolator udara, serbuk batu bata, dan abu sekam secara berturut-turut adalah 170,14°C, 94,49°C, dan 78,78°C. Rata-rata laju perpindahan panas menggunakan isolator udara, serbuk batu bata, dan abu sekam secara berturut-turut adalah 334,17 Watt, 96,14 Watt, dan 95,70 Watt.

Kata kunci: Sekam, Kompor Sekam, Isolator, Temperatur, Perpindahan Panas, Konveksi Natural.

PENDAHULUAN

Sumber energi biomassa adalah sumber energi terbarukan yang menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Sumber energi biomassa berasal dari bahan-bahan sisa makhluk hidup seperti hewan dan tumbuhan. Karena berasal dari sisa-sisa makhluk hidup maka sumber energi biomassa termasuk sumber energi yang terbarukan. Sedangkan sumber energi fosil merupakan sumber energi yang tidak bisa diperbaharui. Sumber energi biomassa menjadi salah satu pilihan bagi masyarakat Indonesia untuk pemanas dan memasak terutama di daerah pedesaan. Biomassa juga bisa digunakan untuk bahan bakar transportasi bahkan dapat digunakan untuk pembangkit listrik [1]. Biomassa yang berasal dari tumbuhan merupakan bahan organik hasil kegiatan fotosintesis tumbuhan baik yang bisa dimanfaatkan maupun yang tidak bisa dimanfaatkan atau dianggap limbah [2]. Salah satu bahan organik hasil fotosintesis yang dianggap sebagai limbah adalah sekam padi. Sekam padi merupakan kulit keras pembungkus beras. Sekam padi terdiri dari dua bagian yaitu lemma dan palea. Keduanya saling bertautan dan membungkus beras [3]. Sekam padi mengandung silika sebagai komponen

utamanya ketika sekam dibakar [4]. Dalam dunia industri, abu sekam padi dapat digunakan sebagai isolator panas [5]. Biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar pada kompor biomassa dengan pembakaran yang menghasilkan api berwarna biru. Pembakaran terjadi dalam dua tahap, yaitu pembakaran kayu, oksigen, metana, dan nitrogen yang menghasilkan api berwarna biru. Selanjutnya pembakaran arang dan oksigen yang menghasilkan pembakaran yang lebih baik dari pembakaran sebelumnya [6].

Sekam padi merupakan sisa proses pengolahan hasil pertanian yang jumlahnya melimpah, terutama di daerah kantong-kantong pertanian padi. Pulau Jawa merupakan penyumbang sekam padi terbesar di Indonesia. Sedangkan provinsi penyumbang sekam padi terbesar adalah Sumatra Utara. Tercatat sebesar 1.482.996 ton-GKG padi dihasilkan di Sumatra Utara pada tahun 2019. Seiring dengan banyaknya jumlah padi yang dihasilkan maka jumlah sekam padi yang dihasilkan juga banyak. Setelah proses penggilingan padi, jumlah sekam yang dihasilkan sebesar 370.749 ton atau sekitar 25% dari beras yang dihasilkan. Jumlah energi yang akan dihasilkan dari sekam tersebut sekitar 4.982.866.594 MJ untuk sekam padi yang memiliki kalori sekitar 13,44 MJ/kg. Dengan potensi energi yang begitu besar, sekam padi memungkinkan untuk dijadikan bahan bakar pembangkit listrik tenaga biomassa-PLTBm [7].

Jumlah alat penggilingan padi yang tersebar dari Sabang sampai Merauke kurang lebih mencapai 60.000 unit. Alat-alat tersebut beroperasi hampir sepanjang tahun untuk menggiling padi di seluruh Indonesia. Jumlah sekam padi yang dapat dihasilkan setiap tahunnya mencapai 15 juta ton. Jumlah tersebut dihasilkan dari operasi alat yang belum maksimum. Apabila alat penggilingan padi beroperasi pada kapasitas maksimum, maka jumlah sekam padi yang dihasilkan setiap harinya dapat mencapai 10 sampai 20 ton. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa limbah sekam padi menumpuk di penggilingan padi. Hal ini terjadi karena masih rendahnya pemanfaatan limbah sekam padi. Pemanfaatan sekam padi masih dalam skala kecil, misalnya untuk pembuatan media tanam, untuk campuran pupuk baik dengan pengolahan maupun tanpa pengolahan. Untuk mengurangi jumlah limbah sekam padi yang menumpuk di penggilingan, maka dilakukan pembakaran limbah sekam padi. Kegiatan ini dapat mengganggu kesehatan dan mencemari lingkungan [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh isolator terhadap temperatur dinding kompor luar kompor dan laju perpindahan panas konveksi natural dari dinding luar ke lingkungan. Variasi bahan isolator yang digunakan ada tiga macam yaitu isolator udara, serbuk batu bata, dan abu sekam padi. Bahan isolator dimasukkan pada ruang yang berada antara dinding dalam dan dinding luar kompor.

METODOLOGI

Perhitungan perpindahan panas konveksi natural ditunjukkan oleh persamaan-persamaan berikut:

$$T_f = \frac{T_{wall} + T_{air}}{2} \quad (1)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (2)$$

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot L^3 \cdot \Delta T}{v^2} \quad (3)$$

$$Pr = \frac{v}{\alpha} \quad (4)$$

Hasil kali bilangan Grashof terhadap bilangan Prandtl dinyatakan sebagai bilangan Rayleigh:

$$(5)$$

Sehingga Persamaan (5) dapat ditulis menjadi:

$$Ra = \frac{\beta \cdot g \cdot L^3 (T_{wall} - T_{air})}{v^2} \times Pr \quad (6)$$

Dengan menggunakan kriteria yang dibuat oleh Churchill dan Chu, pada $10^{-1} < Ra < 10^{12}$ maka bilangan Nu dihitung dengan persamaan berikut:

$$\frac{1}{Nu^2} = 0,825 + \frac{0,387 Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(\frac{0,0492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \quad (7)$$

Selanjutnya nilai koefisien perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\underline{h} = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad (8)$$

Laju panas yang dipindahkan dari dinding ke udara dinyatakan dalam persamaan berikut [9]:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (9)$$

Diagram alir penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

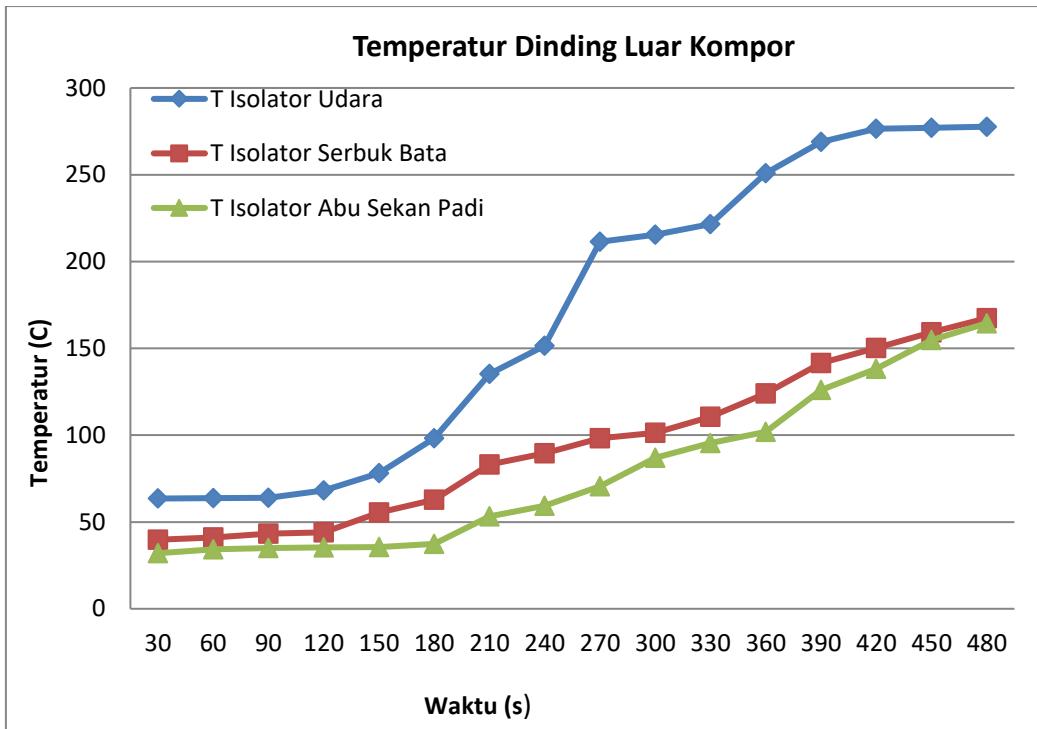
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari percobaan yang dilakukan, diperoleh data temperatur dinding luar kompor. Variasi percobaan yang dilakukan ada tiga macam kondisi yaitu kondisi menggunakan isolator udara, isolator serbuk bata dan isolator abu sekam padi. Pengambilan data dilakukan setiap 30 detik. Data pengukuran temperatur dinding luar kompor ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan grafik perubahan temperatur dinding luar kompor ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Perubahan suhu dinding luar kompor terhadap waktu

t (s)	T_{wall} (Isolator Udara) (°C)	T_{wall} (Isolator Serbuk Bata)(°C)	T_{wall} (Isolator Abu Sekam Padi)(°C)
30	63,50	39,80	32,00
60	63,80	41,00	34,20
90	64,00	43,30	34,90
120	68,10	44,10	35,30
150	78,10	55,40	35,50
180	98,30	62,90	37,30
210	135,30	83,10	53,30
240	151,60	89,60	59,30

t (s)	T_{wall} (Isolator Udara) (°C)	T_{wall} (Isolator Serbuk Bata)(°C)	T_{wall} (Isolator Abu Sekam Padi)(°C)
270	211,50	98,20	70,60
300	215,50	101,40	86,90
330	221,50	110,50	95,50
360	250,80	124,00	102,00
390	269,00	141,60	126,10
420	276,50	150,30	138,20
450	277,00	159,20	154,90
480	277,70	167,40	164,50



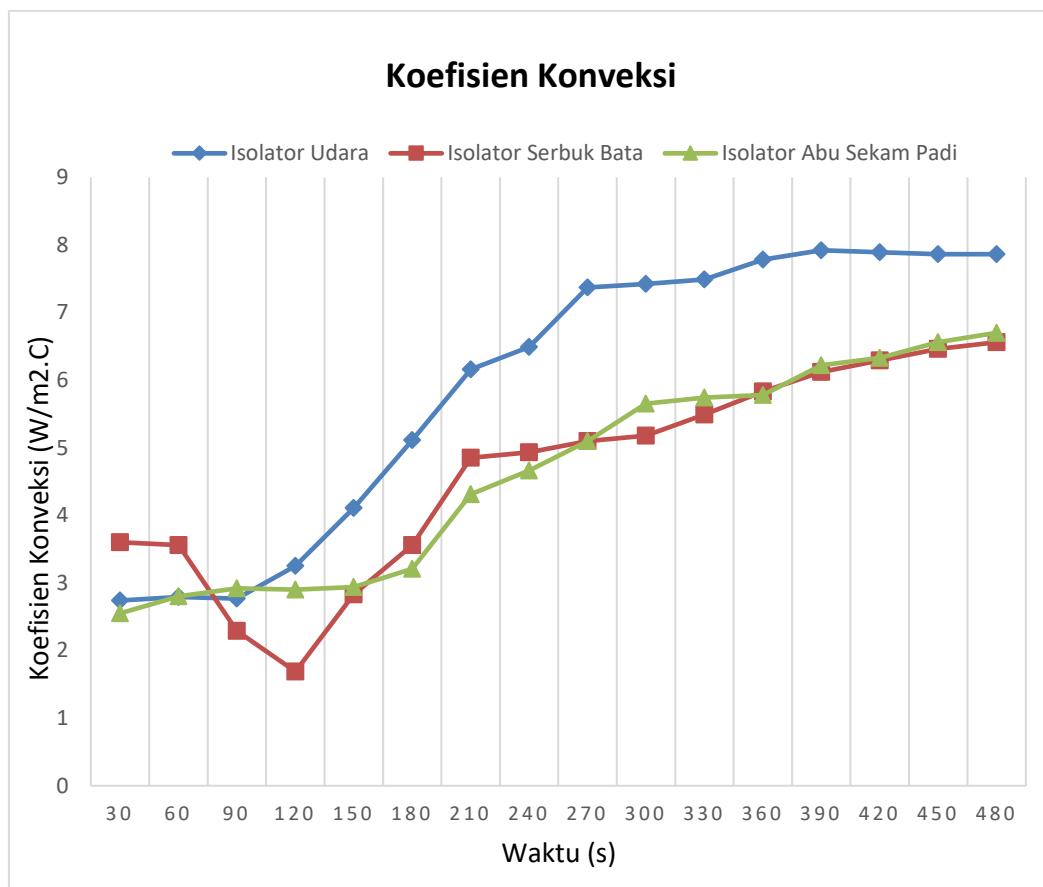
Gambar 2. Grafik Perubahan Temperatur Dinding Luar Kompor terhadap Waktu

Hasil pengukuran temperatur dinding luar kompor setelah 30 detik pertama sebesar 63,50 °C pada kondisi menggunakan isolator udara, 39,80 °C pada kondisi menggunakan isolator serbuk bata, dan 32 °C pada kondisi menggunakan isolator abu sekam padi. Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa sampai detik ke 90, perubahan temperatur dinding luar kompor sangat kecil bahkan untuk percobaan yang menggunakan isolator abu sekam padi, terjadi sampai pada detik ke 150. Temperatur dinding luar kompor mulai mengalami kenaikan signifikan pada detik ke 90 untuk isolator udara. Pada isolator serbuk bata, kenaikan signifikan mulai terjadi pada detik ke 120. Sedangkan pada isolator abu sekam padi terjadi pada detik ke 150. Dari Gambar 2. dapat diketahui bahwa gradien kenaikan temperatur terbesar terjadi pada isolator udara, sedangkan pada isolator serbuk bata dan abu sekam padi memiliki gradien kenaikan temperatur yang mirip. Temperatur dinding luar kompor rata-rata saat penyalaman kompor selama 480 detik secara berturut-turut sebesar 170,14 °C untuk isolator udara, 94,49 °C untuk isolator serbuk bata, dan 78,78 °C untuk isolator abu sekam padi. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk batu dan abu sekam padi memiliki kemampuan isolasi panas yang lebih baik dibandingkan isolator udara.

Gambar 3. menunjukkan koefisien konveksi natural antara dinding luar kompor dan udara. Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa karakter koefisien konveksi pada ketiga macam isolator memiliki pola yang sama dengan karakter temperatur dinding luar kompor. Pada detik ke 30, koefisien konveksi untuk isolator udara sebesar 2,74 W/m².C, koefisien konveksi untuk isolator serbuk batu sebesar 3,6 W/m².C, dan koefisien konveksi untuk isolator abu sekam padi sebesar 2,55 W/m².C. Pada detik ke 480, koefisien konveksi untuk isolator udara sebesar 7,86 W/m².C, koefisien konveksi untuk isolator serbuk batu sebesar 6,56 W/m².C, dan koefisien konveksi untuk isolator abu sekam padi sebesar 6,7 W/m².C.

Temperatur udara luar sekitar dinding luar kompor sebesar 59,00 °C pada detik ke 30 dan 70,60 °C pada detik ke 480 untuk isolator udara. Temperatur udara luar sekitar dinding luar kompor sebesar 29,50 °C pada

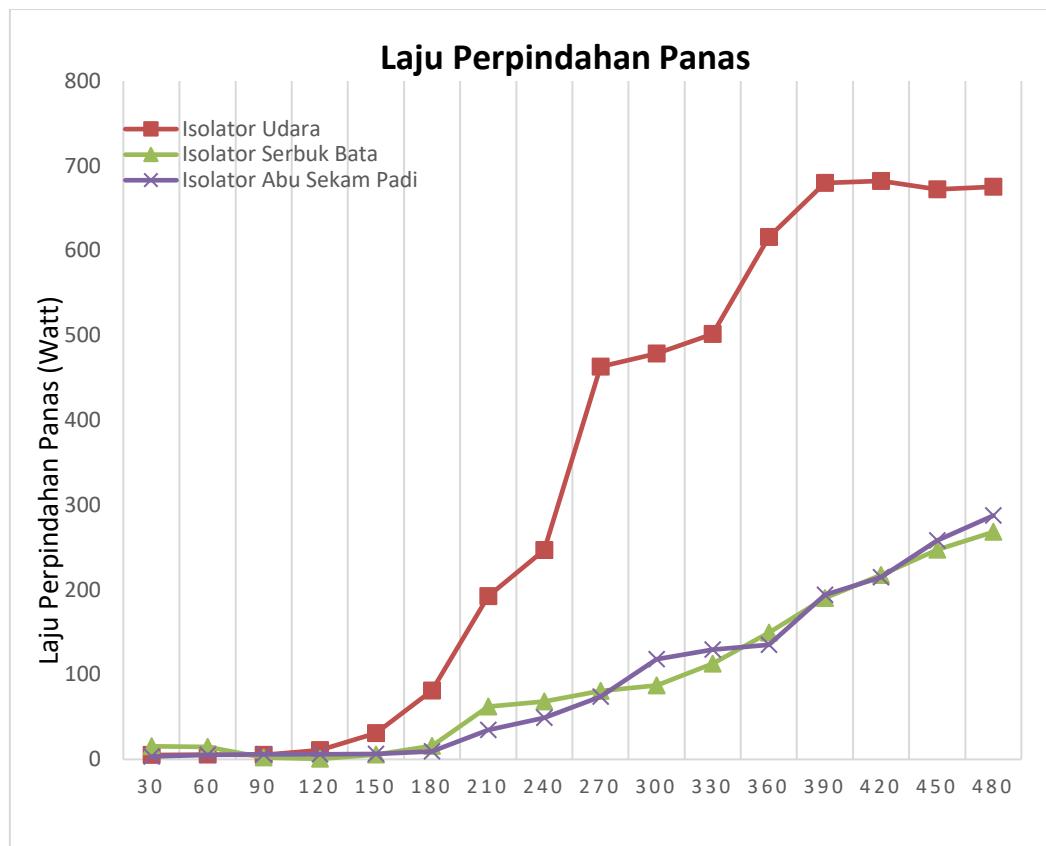
detik ke 30 dan 68,90 °C pada detik ke 480 untuk isolator serbuk bata. Temperatur udara luar sekitar dinding luar kompor sebesar 28,80 °C pada detik ke 30 dan 61,00 °C pada detik ke 480 untuk isolator serbuk bata. Temperatur udara luar sekitar dinding luar kompor dipengaruhi oleh temperatur dinding luar kompor. Pada kompor dengan isolasi udara, temperatur udara sekitar dinding luar kompor mencapai 70,60 °C sedangkan pada kompor dengan isolasi yang lain, temperatur udara sekitar dinding luar kompor lebih rendah. Hal ini membuktikan terjadinya perpindahan panas secara konveksi natural dari dinding luar kompor ke udara sekitar dinding luar kompor. Besarnya laju perpindahan panas konveksi berbanding lurus dengan koefisien konveksi.



Gambar 3. Grafik Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

Besarnya laju perpindahan panas berbanding lurus dengan koefisien konveksi, luas area perpindahan panas dan beda temperatur. Besarnya laju perpindahan panas pada dinding luar kompor ditunjukkan pada Gambar 4. Dari Gambar 4. Dapat diketahui untuk isolator udara, dari awal sampai detik ke 90, laju perpindahan panas tidak mengalami kenaikan yaitu sekitar 5 watt. Kenaikan signifikan mulai terjadi setelah 120 detik yaitu menjadi 10,9 watt. Pada isolator serbuk bata, dari awal sampai detik ke 150, laju perpindahan panas terjadi fluktuasi sekitar 15 watt. Kenaikan signifikan mulai terjadi setelah 210 detik yaitu 62,29 watt. Pada isolator abu sekam padi, dari awal sampai detik ke 150, laju perpindahan panas terjadi kenaikan dari 3,3 watt sampai 9,3 watt. Kenaikan signifikan mulai terjadi setelah 210 detik yaitu 34,69 watt.

Pada kompor dengan isolator udara, laju perpindahan panas mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan kompor dengan isolator serbuk batu dan isolator serbuk abu sekam padi. Pada detik ke 480, laju perpindahan panas untuk isolator udara sebesar 675,17 watt sedangkan pada isolator serbuk bata sebesar 268,14 watt dan pada isolator abu sekam padi sebesar 287,48 watt. Laju perpindahan panas pada isolator serbuk batu dan isolator abu sekam padi memiliki grafik kenaikan yang mirip. Rata-rata laju perpindahan panas untuk isolator udara sebesar 334,17 watt. Rata-rata laju perpindahan panas untuk isolator serbuk bata sebesar 96,14 watt. Rata-rata laju perpindahan panas untuk isolator abu sekam padi sebesar 95,70 watt. Berdasarkan laju perpindahan panas yang terjadi, abu sekam padi memiliki kemampuan isolasi yang terbaik dibanding udara dan serbuk batu.



Gambar 4. Grafik Laju Perpindahan Panas dari Dinding Luar Kompor ke Lingkungan

KESIMPULAN

- Temperatur rata-rata dinding luar kompor dengan isolator udara adalah 170,14°C, isolator serbuk bata adalah 94,49°C, isolator abu sekam padi adalah 78,78°C. Temperatur dinding luar kompor dengan isolator abu sekam padi paling rendah dibandingkan temperatur dinding luar kompor dengan isolator udara dan serbuk bata. Hal ini menunjukkan abu sekam padi memiliki kemampuan isolasi paling baik dibandingkan udara dan serbuk bata.
- Laju perpindahan panas rata-rata menggunakan isolator udara adalah 334,17 Watt, isolator serbuk bata adalah 96,14 Watt, dan isolator abu sekam adalah 95,70 Watt. Laju perpindahan panas pada dinding luar kompor dengan isolator abu sekam padi paling rendah dibandingkan laju perpindahan panas dinding luar kompor dengan isolator udara dan serbuk bata.
- Abu sekam padi memiliki kemampuan isolasi panas yang lebih baik daripada udara dan serbuk bata.

DAFTAR PUSTAKA

- R. Wakur, H. Rawung, R. Molenaar, and D. P. Ludong, "Kompor Biomassa Menggunakan Bahan Bakar Kayu Cengkeh (*Syzygium Aromaticum* (L.) Merr) sebagai Sumber Energi," *COCOS*, vol. 6, no. 13, 2015, doi: 10.35791/cocos.v6i13.8665.
- I. Qistina, D. Sukandar, and Trilaksono, "Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa," *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 2, pp. 136–142, 2016, doi: 10.15408/jkv.v0i0.4054.
- I. N. S. Winaya, I. N. G. Sujana, and I. G. N. P. Tenaya, "Formasi Gas Buang Pada Pembakaran Fludized Bed Sekam Padi," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 83–87, 2010.
- A. D. Yusandika, "Sintesis Keramik Coerdierite Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Material Isolator Listrik," *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*, vol. 5, no. 2, pp. 161–172, 2016, doi: 10.24042/jipfalbiruni.v5i2.116.
- W. Edika, D. Rizkiyanto, H. Setyawan, and S. Affandi, "Pembuatan Isolator Panas Silika dari Water Glass Menggunakan Metode Deposi Elektroforesis," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 2–4, 2013.

- [6] M. Kamba and R. Djafar, "Kompor Biomassa Sistem Batch Menggunakan Bahan Bakar Sekam Padi," *JTPG (Jurnal Teknol. Pertan. Gorontalo)*, vol. 4, no. 1, pp. 15–25, 2019, doi: 10.30869/jtpg.v4i1.339.
- [7] T. Udjianto, T. Sasono, and B. P. Manunggal, "Potensi Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Alternatif PLTBm di Sumatera Barat," *J. Tek. Energi*, vol. 11, no. 1, pp. 11–18, 2021, doi: 10.35313/v11i1.3499.
- [8] I. Pujotomo, "Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik melalui Teknologi Gasifikasi," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 9, no. 2, pp. 126–135, 2017, doi: 10.33322/energi.v9i2.44.
- [9] V. Holman, "Introduction," *Vis. Resour.*, vol. 15, no. 3, pp. ix–x, Jan. 1999, doi: 10.1080/01973762.1999.9658510.