

**PENGARUH PERBANDINGAN KOMPOSISI TERHADAP ANGKA KONDUKTIVITAS  
TERMAL PAPAN PARTIKEL CAMPURAN SEKAM PADI DENGAN TIGA JENIS  
SERBUK KAYU**

Hary Wibowo<sup>1</sup>, Lilik Cahyo Nugroho<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 8 Mei 2013, revisi masuk: 5 Juni 2013, diterima: 21 Juli 2013

**ABSTRACT**

*Rice husk and wood sawdust produced in many parts of Indonesia as forest and agricultural waste. Both of these types of waste materials that can potentially be improved benefits and economic value, one way to be further processed into particle board. Particle board from a mixture of rice husk and sawdust than required strength properties, it is also necessary to study the nature of the heat transfer capability. The purpose of this study to determine the value of the thermal conductivity of a mixture of rice husk particle board with three types of sawn wood dust. Three kinds of powder sawdust wood is teak, mahogany wood powder, sawdust and coconut. The study was conducted by means of modifications based on ASTM C177. Test particle board made from a mixture of rice hulls - three types of wood dust by weight of the composition of each mixture 1:1, 2:1, 4:1 and 3:1 with density. The results showed that the rate of thermal conductivity ( $k$ ) of the lowest  $0.997 \text{ W / m } ^\circ \text{ C}$  obtained in a mixture of rice husk particle board with teak wood powder with 1:1 composition. While the largest numbers conductivity obtained in a mixture of rice husk particle board - sawdust coconut (glugu) of  $1.315 \text{ W / m } ^\circ \text{ C}$  with a 2:1 composition.*

**Keyword :** thermal conductivity, rice husk, sawdust wood, composition of mixtures.

**INTISARI**

Sekam padi dan serbuk gergaji kayu banyak dihasilkan di wilayah Indonesia sebagai limbah hasil hutan dan pertanian. Kedua jenis bahan limbah ini mempunyai potensi yang dapat ditingkatkan manfaat dan nilai ekonominya, salah satunya dengan cara diproses lebih lanjut menjadi papan partikel. Papan partikel dari campuran sekam padi dan serbuk gergaji selain dibutuhkan sifat kekuatannya, juga perlu diteliti sifat kemampuan perpindahan panasnya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai konduktivitas termal dari papan partikel campuran sekam padi dengan tiga jenis serbuk kayu gergajian. Tiga macam serbuk kayu tersebut adalah serbuk kayu jati, serbuk kayu mahoni, dan serbuk kayu kelapa. Penelitian dilakukan dengan alat modifikasi berdasar ASTM C177. Papan partikel uji terbuat dari campuran sekam padi – tiga jenis serbuk kayu dengan komposisi campuran berat masing-masing 1:1, 2:1, dan 3:1 dengan kepadatan 4:1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa angka konduktivitas termal ( $k$ ) terendah sebesar  $0,997 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  diperoleh pada papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu jati dengan komposisi 1:1. Sedangkan angka konduktivitas terbesar diperoleh pada papan partikel campuran sekam padi – serbuk kayu kelapa (glugu) sebesar  $1,315 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  dengan komposisi 2:1.

**Kata kunci:** konduktivitas termal, sekam padi, serbuk kau gergaji, komposisi campuran.

**PENDAHULUAN**

Tanah air Indonesia yang membentang luas digaris katulistiwa mempunyai kekayaan alam yang berlimpah. Hutan pepohonan dan aneka

tanaman merupakan jenis kekayaan alam bumi Indonesia yang beriklim tropis. Kayu hasil hutan dimanfaatkan untuk bahan bangunan perlu diolah secara langsung langsung maupun tidak

<sup>1</sup>[harywib@akprind.ac.id](mailto:harywib@akprind.ac.id)

langsung diawali proses penebangan dan penggergajian. Tanaman padi merupakan salah satu aneka tanaman, menghasilkan bahan makanan pokok rakyat Indonesia. Butiran padi yang sudah tua dan kering perlu dikupas untuk menghasilkan beras.

Peningkatan kebutuhan kayu sebagai bahan bangunan maupun bahan baku industri juga semakin meningkat. Akibatnya kegiatan penebangan dan penggergajian kayu semakin meningkat pula. Proses penggergajian akan menghasilkan serbuk kayu sebagai hasil sampingan dari penggergajian kayu yang jumlahnya sangat besar. Begitu pula dalam kebutuhan padi sebagai makanan pokok semakin meningkat dan proses pengolahan padi untuk menghasilkan beras juga menghasilkan limbah berupa sekam padi. Limbah serbuk kayu dan sekam padi di daerah penghasil serta pengolah kayu dan padi jumlahnya sangat melimpah. Sebagian besar serbuk kayu dan sekam padi sebagian besar oleh masyarakat hanya dipergunakan sebagai bahan bakar.

Bahan-bahan limbah ini mempunyai potensi yang dapat ditingkatkan manfaat dan nilai ekonominya, salah satunya dengan cara diproses lebih lanjut menjadi papan partikel. Untuk mengetahui karakteristik papan partikel dari sekam maupun serbuk gergaji kayu perlu dilakukan penelitian terlebih dulu. Penelitian sekam padi menunjukkan bahwa kepadatan dan ketebalan berpengaruh terhadap angka konduktivitas papan sekam padi (Ikhsan, 2007). Kandungan silika dalam

Penelitian yang dilakukan Azhar (2007) pada papan partikel sekam padi untuk kepadatan 4 – 1 dengan sumber kalor 80 watt menghasilkan angka konduktivitas termal sebesar 0,094 W/m°C, sedangkan dengan sumber kalor 70 watt menghasilkan angka konduktivitas sebesar 0,117 W/m°C. Penelitian Ikhsan (2007) menghasilkan nilai konduktivitas termal dari papan Partikel sekam padi pada ketebalan 1 cm dan kepadatan 6:1 sebesar 0,0798 W/m°C. Sedangkan Sujatmiko (2008) dari penelitian papan partikel sekam padi dengan kepadatan 4:1 dihasilkan

sekam padi diketahui berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termal bahan. Nilai konduktivitas termal dari bahan akan semakin kecil apabila kandungan silika bahan tersebut semakin besar, sehingga sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan isolator.

Serbuk kayu dan sekam padi keduanya mempunyai bentuk fisik yang berbeda untuk dapat dijadikan bahan komposit papan partikel. Serbuk kayu berbentuk butiran sedangkan sekam padi berbentuk serpihan sehingga dapat dipadukan bahan sebagai isian dan serat dalam komposit untuk dibentuk menjadi papan partikel. Kondisi itu menjadi pemikiran untuk melakukan penelitian karakteristik papan partikel campuran serbuk kayu dengan sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran sekam padi dengan tiga macam serbuk kayu sebagai papan partikel terhadap konduktivitas termalnya.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbandingan komposisi campuran terhadap angka konduktivitas termal pada papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan akan menghasilkan data nilai konduktivitas termal yang terdapat pada papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk gergaji. Nilai konduktivitas tersebut akan memberikan informasi bahwa benda tersebut mempunyai sifat penghantar panas yang baik (isolator) atau tidak.

angka konduktivitas termal rendah terbaik yaitu sebesar 0,0945 W/m°C pada pengujian dengan sumber kalor 100 W.

Perpindahan kalor adalah ilmu yang menjelaskan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu benda atau material, bagaimana dan laju perpindahan yang terjadi. Laju perpindahan energi dalam bentuk panas atau kalor (*heat*) dipengaruhi pula oleh nilai konduktivitas termal bahan yang menjadi tujuan pokok penelitian ini. Perpindahan kalor yang kita kenal ada 3 mode, yaitu Konduksi (hantaran),

konveksi (ilian), dan radiasi (sinaran). Hukum pertama thermodynamika menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan tetapi hanya dapat dirubah dari bentuk satu ke bentuk yang lainnya, mendasari ketiga asas mode tersebut. Namun hukum ini tidak mengatur arah perubahan bentuknya. Dalam perpindahan panas akan diketahui bahwa perpindahan panas akan berlangsung dari daerah bertemperatur lebih tinggi ke daerah yang temperaturnya lebih rendah.

Perpindahan panas konduksi atau hantaran adalah perpindahan energi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah apabila terdapat perbedaan temperatur atau gradien temperatur. Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi diusulkan oleh Fourier (1822). Hubungan ini menyatakan bahwa laju aliran panas ( $q$ ) dengan cara konduksi dalam suatu bahan sama dengan hasil kali besaran  $k$  (Konduktivitas termal bahan),  $A$  (luas penampang yang dilalui panas yang mengalir dengan cara konduksi dan diukur tegak lurus terhadap arah aliran panas), serta  $\frac{dT}{dx}$  (Gradien

temperatur pada penampang tersebut yaitu laju perubahan temperatur  $T$  terhadap jarak dalam arah aliran panas arah  $x$ ). Persamaan dasar untuk konduktivitas termal satu dimensi dalam

kondisi *steady state* ditulis Kreith, (1986:7) sebagai berikut:

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$q_k$  : Laju aliran panas (W)

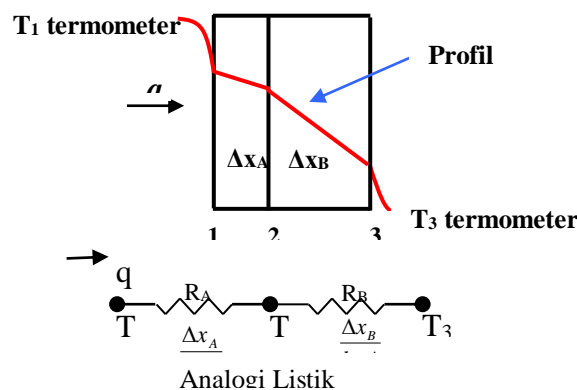
$k$  : Konduktivitas termal bahan (W/m.°C)

$A$  : luas penampang (m<sup>2</sup>)

$\frac{dT}{dx}$  : Gradien temperatur (°C/m)

Konduktivitas termal ( $k$ ) merupakan sifat bahan yang menunjukkan kemampuan bahan itu menghantarkan energi panas. Hukum Fourier merupakan persamaan dasar laju perpindahan panas konduksi dan dengan persamaan tersebut dapat dilakukan perhitungan dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal suatu bahan.

Untuk mendapatkan harga konduktivitas termal ( $k$ ) pada papan partikel dalam penelitian ini dengan cara menguraikan persamaan (1) disertai dengan melihat laju perpindahan kalor pada papan partikel sehingga akan didapatkan rumus untuk mencari besarnya angka konduktivitas termal. Gambar (1) menunjukkan gambaran pengukuran perpindahan panas yang sesuai dengan susunan alat uji (gambar 2a).



Gambar 1. Laju perpindahan panas pada papan partikel dan analogi listrik.

Keterangan :

- |                                     |       |                     |       |
|-------------------------------------|-------|---------------------|-------|
| $\Delta x_A$ : Tebal plat aluminium | ( m ) | $T_1$ : Kalor awal  | (°C ) |
| $\Delta x_B$ : Tebal papan partikel | ( m ) | $T_3$ : Kalor akhir | (°C ) |

- q : Laju aliran kalor ( Watt )
- k<sub>A</sub> : Konduktivitas termal plat aluminium ( W/m°C )
- k<sub>B</sub> : Konduktivitas termal papan partikel ( W/m°C )

Persamaan dasar (persamaan 1) yang diterapkan pada susunan gambar konduksi papan berlapis beserta rangkaian termal analogi listrik (Gambar 1) akan menghasilkan persamaan besarnya laju perpindahan kalor antara T<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub> menghasilkan persamaan (2).

$$q = \frac{T_1 - T_3}{\frac{\Delta x_A}{k_A A} + \frac{\Delta x_B}{k_B A}} \dots\dots\dots (2)$$

$$q \frac{\Delta x_A}{k_A A} + q \frac{\Delta x_B}{k_B A} = T_1 - T_3 \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{\Delta x_A}{k_A A} + \frac{\Delta x_B}{k_B A} = \frac{T_1 - T_3}{q} \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{\Delta x_B}{k_B A} = \frac{T_1 - T_3}{q} - \frac{\Delta x_A}{k_A A} \dots\dots\dots (5)$$

$$k_B A = \frac{\Delta x_B}{\frac{T_1 - T_3}{q} - \frac{\Delta x_A}{k_A A}} \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan (2) berturut-turut diurai menjadi persamaan (3), (4), (5), dan (6) sehingga akhirnya akan didapatkan persamaan (7) yang digunakan untuk mendapatkan nilai konduktivitas k berdasar data-data hasil pengukuran.

$$k_B = \frac{\Delta x_B}{\frac{T_1 - T_3}{q} A - \frac{\Delta x_A}{k_A}} \dots\dots\dots (7)$$

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental. Sekam padi dicampur dengan masing-masing serbuk gergaji kayu jati, mahoni, dan glugu (pohon kelapa) dengan komposisi yang telah ditentukan untuk dibuat papan partikel. Papan partikel yang terbuat dari campuran sekam padi dan serbuk kayu dengan jenis dan komposisi sesuai rencana tersebut dicampur dengan bahan resin sebagai bahan pengikat. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan perlu bahan tambahan pengikat yaitu kobalt. Campuran sekam padi dan serbuk kayu mempunyai komposisi perbandingan berat 1:1, 2:1, dan 3:1. Bahan campuran tersebut kemudian dipres dengan perbandingan 4:1, yaitu penekanan bahan campuran yang tebal awalnya 4 cm menjadi 1 cm untuk dicetak menjadi papan partikel berukuran 20 cm x 20 cm dengan ketebalan 1 cm . Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

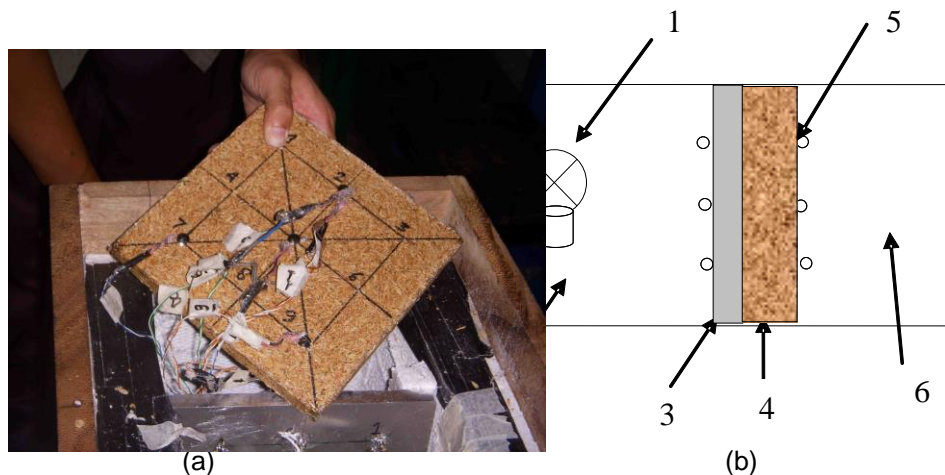


Gambar 2. Bentuk dan susunan titik pengambilan data pada spesimen papan partikel campuran

Selanjutnya konduktivitas termal sebagai sifat yang menunjukkan kemampuan bahan memindahkan panas melalui bahan (bahan uji papan partikel), diuji dengan menggunakan alat modifikasi berdasar ASTM (*American Society For Testing and Material*) dengan kode C177. Alat ini terdiri dari kotak yang didalamnya diisolasi dengan styrofoam, lampu sebagai sumber kalor, plat aluminium sebagai penghantar panas agar merata, serta termokopel (Gambar 3a). Papan partikel dengan hasil

pengepresan ditempatkan pada ruang benda uji, menempel pada plat aluminium di ruang sumber panas. Sumber panas dibutuhkan agar ada beda temperatur sehingga terjadi laju perpindahan panas, yaitu energi kalor akan mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur lebih rendah. Pengukuran temperatur pada sembilan titik di sisi plat dan sisi permukaan papan partikel dilakukan

dengan menempelkan termokopel yang terhubung dengan alat baca temperatur. Spesimen papan partikel masing-masing komposisi campuran diuji pada alat pengujian konduktivitas termal modifikasi tersebut.



Gambar 3. Alat uji modifikasi (a) dan bagan alat pengujian konduktivitas termal, hasil modifikasi metode ASTM C 177 (b)

Keterangan :

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. Lampu sumber panas.              | 4. Papan partikel yang diuji             |
| 2. Ruang sumber panas terisolasi.   | 5. Titik pengukuran temperatur benda uji |
| 3. Plat aluminium penghantar panas. | 6. Ruang benda uji terisolasi            |

## PEMBAHASAN

Pengambilan data pengujian ini dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin IST AKPRIND. Harga temperatur diperoleh dengan melakukan pengukuran pada sembilan titik di permukaan plat aluminium ( $T_1$ ) dan pada permukaan papan partikel sekam padi ( $T_3$ ) dengan termokopel, sedangkan untuk  $T_0$  ruang sumber panas dan  $T_4$  ruang isolasi diukur langsung dengan thermometer. Hasil pengukuran papan partikel masing-masing campuran disajikan dalam Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Besarnya nilai  $k$  diperoleh dari perhitungan dengan persamaan (7), berdasar hasil pengukuran data. Hasil perhitungan masing-masing campuran disajikan dalam Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Untuk keperluan pembahasan selanjutnya, hasil nilai konduktivitas termal masing-masing papan partikel dengan pengepresan 4:1 disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 4).

Sifat isolator nilai konduktivitas terendah ( $0,997 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ) yang ditunjukkan pada Gambar 4 dihasilkan oleh papan partikel campuran sekam padi dan serbuk kayu jati dengan komposisi 1:1. Nilai terbesar ( $1,086 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ) dihasilkan oleh papan partikel dengan komposisi 3:1. Jumlah campuran serbuk kayu jati (1:1) berpengaruh pada kemampuan bahan sebagai penghantar panas.

Tabel 1. Data temperatur rata-rata pengujian papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu jati

Komposisi papan partikel Sekam : Serbuk Jati	Temperatur (°C)			
	T <sub>1</sub> pada Plat	T <sub>3</sub> pada papan partikel	T <sub>0</sub> ruang sumber panas (termometer)	T <sub>4</sub> ruang isolasi (termometer)
1 : 1	73,6	35,8	89,3	50
2 : 1	70,5	33,6	91	33
3 : 1	68,2	33,5	95	34,3

Tabel 2. Data temperatur rata-rata pengujian papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu mahoni

Komposisi papan partikel Sekam : Serbuk Mahoni	Temperatur (°C)			
	T <sub>1</sub> pada Plat	T <sub>3</sub> pada papan partikel	T <sub>0</sub> ruang sumber panas (termometer)	T <sub>4</sub> ruang isolasi (termometer)
1 : 1	71,8	35,2	87,3	35
2 : 1	69,7	34	88,6	32,3
3 : 1	70	33,6	84,6	31,3

Tabel 3. Data temperatur rata-rata pengujian papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu kelapa

Komposisi papan partikel Sekam : Serbuk Kelapa	Temperatur (°C)			
	T <sub>1</sub> pada Plat	T <sub>3</sub> pada papan partikel	T <sub>0</sub> ruang sumber panas (termometer)	T <sub>4</sub> ruang isolasi (termometer)
1 : 1	65,1	35,1	93,6	37,6
2 : 1	65,7	35,1	92	33,6
3 : 1	67	33,9	93,6	34,3

Tabel 4. Nilai konduktivitas termal papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu jati

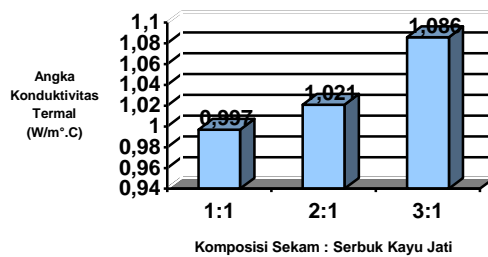
Kepadatan	Komposisi Sekam : Serbuk Kayu Jati	Nilai Konduktivitas Termal (W/m°C)
4 – 1	1 : 1	0,997
4 – 1	2 : 1	1,021
4 – 1	3 : 1	1,086

Tabel 5. Nilai konduktivitas termal papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk mahoni

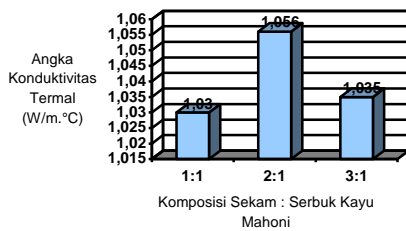
Kepadatan	Komposisi Sekam : Serbuk Kayu Mahoni	Nilai Konduktivitas Termal (W/m°C)
4 – 1	1 : 1	1,030
4 – 1	2 : 1	1,056
4 – 1	3 : 1	1,035

Tabel 6. Nilai konduktivitas termal papan partikel campuran sekam padi dengan serbuk kayu kelapa

Kepadatan	Komposisi Sekam : Serbuk Kayu Kelapa	Nilai Konduktivitas Termal (W/m°C)
4 – 1	1 : 1	1,25
4 – 1	2 : 1	1,315
4 – 1	3 : 1	1,063



Gambar 4. Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Sekam + Serbuk Kayu Jati

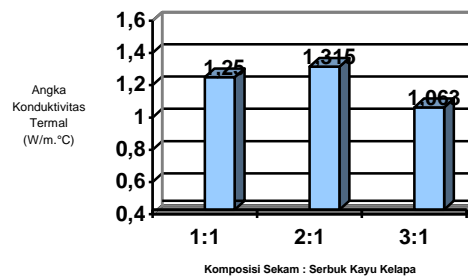


Gambar 5. Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Sekam + Serbuk Kayu Mahoni

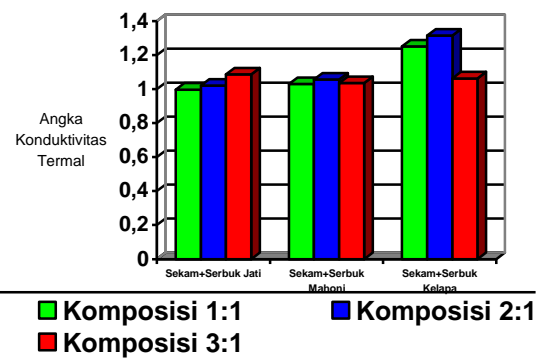
Pada Gambar 5 menunjukkan nilai konduktivitas termal papan partikel campuran sekam padi – serbuk kayu mahoni. Angka terendah diperoleh pada komposisi 1:1 sebesar 1,03 W/m.°C, sedangkan pada komposisi 2:1 menghasilkan angka sebesar 1,056 W/m°C. Kayu mahoni yang bersifat keras mempengaruhi sifat kemampuan menghantarkan kalor dari papan partikel. Komposisi serbuk kayu mahoni yang lebih besar (1:1) mempengaruhi nilai konduktivitas kalor papan partikel campuran untuk menjadi isolator.

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa komposisi terendah kandungan serbuk kayu glugu menghasilkan nilai

konduktivitas kalor bahan paling rendah. Sifat lunak dari serbuk kayu glugu mempengaruhi sifat dari papan partikel ini.



Gambar 6. Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Sekam + Serbuk Kayu Kelapa.



Gambar 6. Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Campuran Sekam Dengan Serbuk Kayu

Hasil pengujian ketiga papan partikel campuran tersebut bersama-sama disajikan dalam Gambar 6. Pada grafik tersebut dapat terlihat bahwa nilai konduktivitas terendah adalah papan partikel campuran sekam padi – serbuk kayu jati, sedangkan nilai konduktivitas

tertinggi adalah papan partikel campuran sekam padi – serbuk kayu kelapa (glugu).

#### KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian tentang angka konduktivitas termal papan partikel campuran sekam padi dengan tiga jenis serbuk kayu, maka dapat diambil kesimpulan bahwa konduktivitas termal tertinggi diperoleh pada campuran sekam padi dengan serbuk kayu kelapa dengan komposisi 2:1. Sedangkan konduktivitas termal terendah terjadi pada campuran sekam padi dan serbuk kayu jati komposisi 1:1. Dari campuran sekam padi dan ketiga macam serbuk kayu dipilih campuran sekam padi dengan serbuk kayu jati komposisi 1:1 dengan nilai k terendah, sebesar 1,030 W/m°C, sebagai bahan yang mempunyai sifat isolator panas yang baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Azhar, S., 2007, *Pengaruh Kepadatan Terhadap Angka Konduktivitas*

*Thermal Papan Partikel Sekam Padi Dengan Menggunakan Metode ASTM Yang Dimodifikasi*, Skripsi, Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta.

Ikhsan, Manarul, 2007. *Pengaruh Variasi Tebal Papan Terhadap Unjuk Kerja Papan Sekam Sebagai Isolator Panas*. Skripsi, Teknik Mesin IST AKPRIND.

Kreith, Frank, 1986., *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, edisi ketiga, penerjemah Prijono, Arko, Msc, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Sujatmiko, Andhi., 2008, *Penelitian Tentang Perbandingan Konduktivitas Thermal Pada Kotak Gabus Dengan Papan Partikel Sekam Padi*, Skripsi-Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta.

Vlack, 1983, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi keempat, Alih Bahasa : Sriati Djaprie, Penerbit Erlangga, Jakarta.