

UJI KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT POLIESTER *FILLER* SERBUK KAYU ULIN (*EUSIDEROXYLON ZWAGERI*)

Fakhdilah Bustumi¹⁾, Abdul Ghofur²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

E-mail: Fakhdilah@gmail.com

Abstract

To find out the best thermal conductivity value on the volume fraction of ironwood polyester filler composite (*Eusideroxylon Zwageri*) and to determine the effect of the number of voids on the value of the thermal conductivity of the ironwood polyester composite composite (*Eusideroxylon Zwageri*). This study uses an experimental method by conducting thermal and microstructure conductivity tests to see the many voids that have formed. The object in this study uses ironwood powder. Data analysis techniques in this study used descriptive data analysis which is describing research results graphically in a table. Input parameters in analyzing data include variations in the mixture of ironwood powder and resin (20% -80%, 25%: 75% and 30%: 70%), and 100% resin. The results of the study of the effect of the volume fraction of ironwood polyester composite composites on the value of thermal conductivity decreased with increasing volume of ironwood powder with the smallest thermal conductivity value at 30% volume fraction of ironwood powder : 70% polyester resin matrix that is 0.041 W/m°C. The influence of the amount of voids on the thermal conductivity value of ironwood polyester composite composites can be seen that the more voids the smaller the thermal conductivity values. The number of voids along with the increasing volume of ironwood powder.

Keywords: Composite, Ironwood, Thermal Conductivity, Void

PENDAHULUAN

Dunia industri memerlukan material material baru yang berlimpah ketersediannya dan mampu memenuhi standart material. Sehingga perkembangan ilmu material sangatlah menarik karena memiliki nilai ekonomi yang bagus. Salah satu rekayasa material saat ini adalah Komposit karena komposit mampu mengatasi kekurangan material baik secara mekanik maupun fisika. Komposit terdiri dari dua bagian yaitu matrik sebagai pengikat atau pelindung komposit dan filler sebagai pengisi komposit. Serat alam merupakan alternatif filler komposit untuk berbagai komposit polimer karena keunggulannya dibanding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga yang murah dan tentunya mampu memenuhi standart material.

Industri otomotif dinilai membutuhkan material yang mempunyai spesifikasi khusus seperti sebagai isolasi panas ,tahan air, anti karat dan tentunya memenuhi dari segi standart umum lainnya. Untuk memenuhi salah satu karakteristik material tersebut penulis mencoba melakukan penelitian dalam rekayasa material dibidang komposit poliester atau resin. Penulis mencoba menggunakan serat serbuk kayu ulin karena serbuk kayu ulin dikalimantan masih

sangat minim pemanfaatannya. Dari penelitian Samuel (2017) yang telah mencoba menggunakan serat serbuk kayu ulin didapatkan hasil uji mekanis yang baik tapi belum ada yang meneliti nilai konduktivitas termal dari komposit serat serbuk kayu ulin. Dari hasil pengujian nilai konduktivitas termal nantinya didapatkan karakteristik komposit yang diharapkan sebagai insulasi panas yang baik. Diharapkan nantinya mampu meningkatkan nilai ekonomis dari limbah serbuk kayu ulin.

Serbuk kayu Ulin

Ulin adalah pohon berkayu dan merupakan tanaman khas Kalimantan. Ulin (*Eusideroxylon Zwageri Teijsm*) atau kayu besi adalah jenis pohon asli Indonesia (*indigenous tree species*) yang digolongkan ke dalam suku *Lauraceae*. Kayu ulin sangat terkenal akan kekuatan dan kekerasannya sehingga sangat sukar dipaku serta tahan terhadap air sehingga dibanjarmasin kayu ulin satu satunya pilihan sebagai pondasi bangunan untuk daerah lahan basah. Dari proses pengolahan kayu ulin inilah dihasilkan limbah serbuk gergaji yang masih minim dalam pemanfaatannya.

Komposit

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala mikroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara mikroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriksnya (komposit serat) sedangkan pada *alloy*/paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975). Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

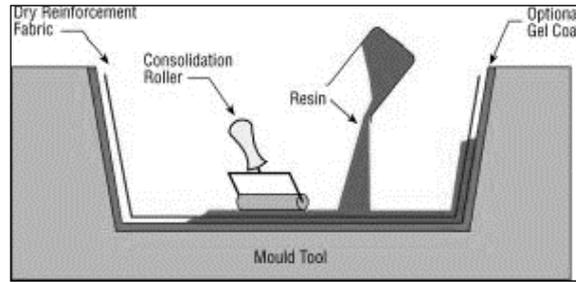
1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Fraksi volume

Fraksi volume adalah perbandingan komposisi antara serat dan matriks sehingga komposisi pada komposit sangat menentukan Karakteristik material tersebut. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (*vf*) atau fraksi massa serat (*wf*). Namun formulasi komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat.

Proses Cetakan Terbuka

Resin dituangkan diatas serat didalam rongga cetakan seperti Gambar 1. dengan cara manual. Resin langsung berkontak dengan udara, biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.



Gambar 1. Proses Pencetakan dengan *Contact Molding/Hand Lay Up*

Uji Konduktivitas Termal

Pengujian menggunakan alat uji insolation house yang mana dinding samping yang dapat diganti digunakan untuk menentukan koefisien transisi panas (nilai k) dari berbagai dinding dan jendela dan untuk menetapkan konduktivitas panas dari berbagai bahan. Untuk tujuan ini suhu di bagian dalam dan luar dinding diukur pada suhu udara dalam dan luar yang konstan (dalam kondisi tunak).

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboraturium Material dan Fisika Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat pada bulan September 2019.

Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan yang digunakan dalam membuat sampel komposit pada penelitian ini sebagai berikut:
 - a. Serbuk kayu ulin
 - b. Resin Poliester
 - c. Katalis
 - d. Release agent (lilin dan minyak goreng, 4:1)
2. Peralatan yang digunakan untuk membuat sampel komposit pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Cetakan 25 cm x 25 cm x 0,8 cm
 - b. Timbangan Digital
 - c. Gelas ukur
 - d. Suntikan
 - e. Jangka sorong
 - f. Kuas
 - g. Amplas
 - h. Gergaji besi
3. Peralatan uji konduktivitas thermal dan foto mikro pada penelitian ini seperti berikut:
 - a. High Insulation House Heat Conduction series of publications Laboratory Experiments Physics Phywe Systeme GMBH 37070 Göttingen, Germany.
 - b. Thermocouple.
 - c. Stopwatch.

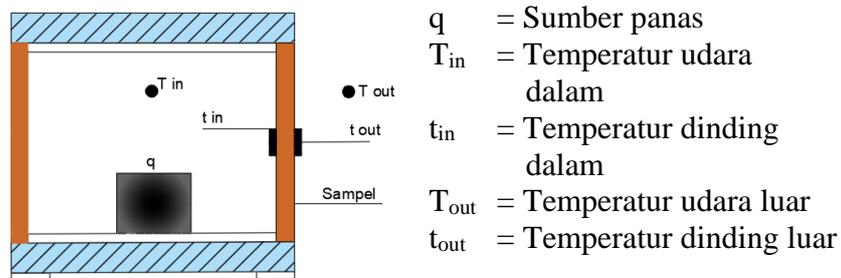
- d. Mikroskop digital.

Prosedur Penelitian

1. Persiapan awal untuk bahan material komposit
 - a. Serbuk serbuk kayu ulin dijemur hingga kering.
 - b. Perhitungan volume variasi komposisi material komposit serbuk kayu ulin dengan matrik resin poliester.

2. Proses pembuatan spesimen
 - a. Mempersiapkan alat dan bahan.
 - b. Mengoleskan wax pada cetakan.
 - c. Mencampurkan resin dan katalis 1% dari massa resin kedalam gelas pencampur kemudian aduk hingga merata.
 - d. Memasukkan serbuk kayu ulin sebanyak yang diperlukan, kedalam gelas pencampur kemudian aduk hingga merata.
 - e. Menuangkan campuran ke cetakan komposit.
 - f. Setelah \pm 24 jam mengeluarkan sampel dari cetakan dan mengeringkan selama 48 jam dalam suhu ruang.

3. Pengujian spesimen
 - a. Melakukan pengujian *konduktivits termal*
 1. Mempersiapkan alat pegujian konduktivitas termal.
 2. Siapkan 3 sampel dengan material komposit yang sama yang akan di uji konduktivitas termalnya.
 3. Memasang sampel di setiap sisi alat *Heat Insulation House*
 4. Memasang termokopel pada masing-masing dinding (sisi dalam dan luar) sampel 1A , 1B dan 1C untuk diukur temperaturnya.



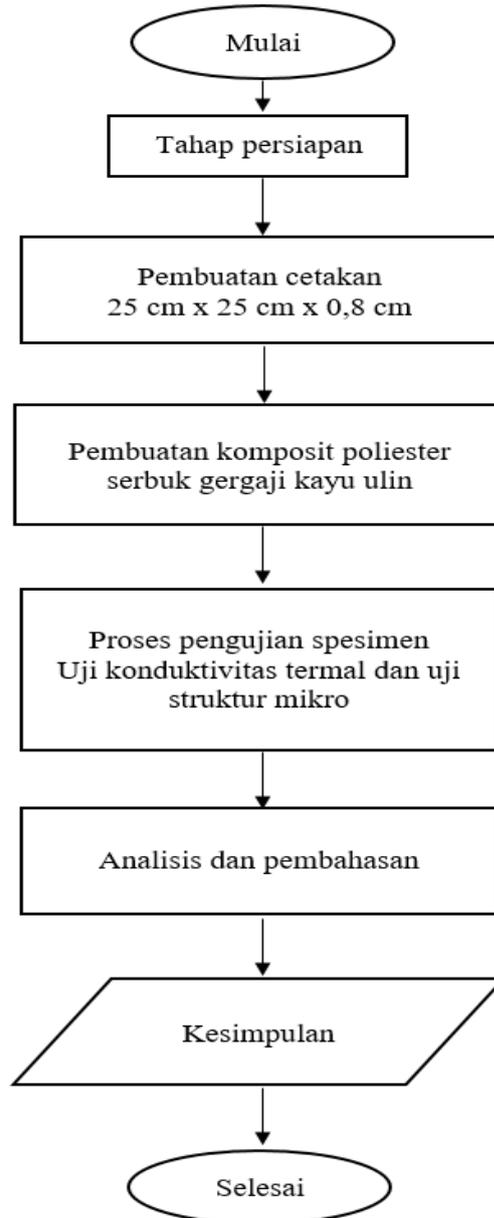
Gambar 2. Prosedur Pengambilan Data Temperatur

5. Hidupkan alat heat conduction selama 40 menit pemanasan kemudian ambil data temperatur dinding luar dan dalam setiap lima menit pada semua sampel. dan juga temperatur udara dalam dan luar (lingkungan).
6. Pegujian untuk sampel material komposit pertama selesai. Ulangi langkah a sampai f untuk semua sampel material komposit.

- b. Pengujian sampel uji mikro struktur
 1. Siapkan sampel uji mikro struktur dengan masing-masing variasi diambil 1 sampel.
 2. Potong sampel pada titik penelitian konduktivitas termal.
 3. Siapkan mikroskop digital dan laptop/notebook.
 4. Letakkan sampel uji pada tempat penelitian mikro struktur.
 5. Ambil gambar sampel pada titik penelitian konduktivitas termal

Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini seperti yang terlihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Visualisasi Sampel Uji

Komposit poliester filler fly ash cangkang sawit secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.



20% serbuk kayu ulin : 80% matrik resin poliester



25% serbuk kayu ulin : 75% matrik resin poliester



30% serbuk kayu ulin : 70% matrik resin poliester

Gambar 4. Visualisasi sampel komposit poliester serbuk kayu ulin

Data Hasil Penelitian

Untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal dari sampel komposit, pada penelitian ini diukur beberapa parameter seperti yang ada pada tabel berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal dari sampel komposit komposisi 20% serat – 80% resin.

Diketahui :

$$H_{conv} = 8,1 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$L = 0,008 \text{ m}$$

$$T_{out} = 28,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{out} = 36,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{in} = 44,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1. Untuk langkah awal kita harus mengetahui nilai laju perpindahan panas ($q_{conv} = q/A$) untuk tiap-tiap material seperti ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

$$q_{conv} = hc (t_{out} - T_{out}) = 8,1 (36,3 - 29,3) = 56,8 \text{ W/m}^2$$

2. Pada langkah kedua menghitung nilai konduktivitas termal.

($q_{cond} = q_{conv}$) dari tiap-tiap sampel dengan cara ditunjukkan dibawah ini:

$$q_{cond} = \frac{k (t_{in} - t_{out})}{L}$$

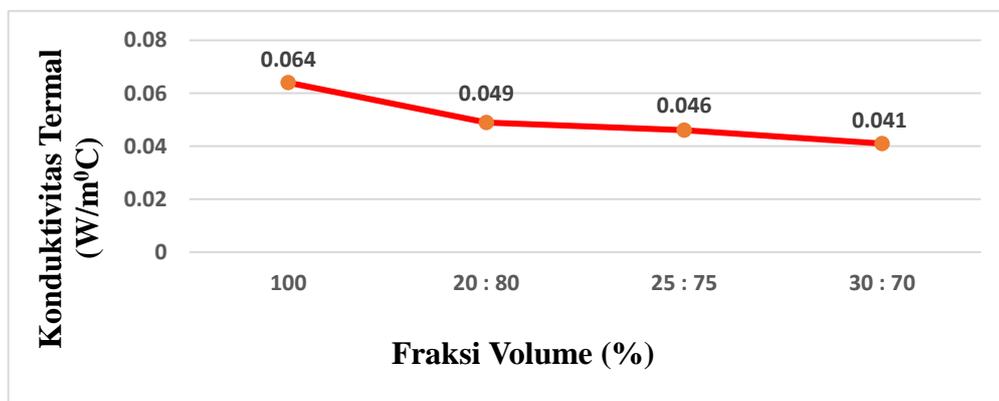
$$56,8 = \frac{k (45,7 - 36,3)}{0,008}$$

$$K = 0,0486 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk semua sampel.

Hasil Analisis Nilai Uji Konduktivitas Termal

Hasil analisis nilai konduktivitas termal yang dilakukan pada 12 sampel komposit dari 4 variasi dapat dilihat pada gambar 4. Grafik yang digambarkan dalam diagram garis berikut. Berdasarkan data penelitian konduktivitas termal komposit poliester serbuk kayu ulin diperoleh kurva pengaruh variasi fraksi volume terhadap nilai konduktivitas termal yang digambarkan melalui diagram garis seperti ditunjukkan grafik di bawah ini. Nilai konduktivitas termal mengalami penurunan mengikuti variasi fraksi volume komposit semakin tinggi komposisi serbuk kayu ulin semakin turun nilai konduktivitas termalnya.



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi fraksi volume komposit poliester filler serbuk kayu ulin terhadap nilai konduktivitas termal

Dari Gambar 5 terlihat bahwa nilai konduktivitas termal komposit serbuk kayu ulin berada dibawah nilai konduktivitas dari 100% resin. Hal ini dikarenakan massa jenis dari serbuk kayu ulin yaitu $800 - 1100 \text{ kg/m}^3$ lebih kecil dari masa jenis resin 1230 kg/m^3 . Semakin besar nilai massa jenis atau *density* maka semakin besar nilai konduktivitas suatu material. Massa jenis dari kayu ulin lebih kecil dibandingkan dengan massa jenis resin hal ini menyebabkan semakin bertambahnya serbuk kayu ulin maka semakin rendah nilai konduktivitas termal material tersebut.

Penggunaan resin dan serbuk kayu ulin merupakan bahan non logam yang merupakan jenis material yang bersifat isolator atau penghambat panas tentunya punya nilai konduktivitas termal yang kecil. Sehingga laju aliran panas dengan penambahan serbuk kayu ulin menghambat laju aliran panas atau nilai konduktivitas komposit tersebut akan menurun.

Distribusi serat mempengaruhi laju aliran panas suatu material komposit yang mana penggunaan serat serbuk kayu ulin yang punya struktur halus membuat distribusi serat tersebar secara merata sehingga laju aliran panas merata pada setiap sisi suatu material komposit. Jika distribusi serat tidak merata mengakibatkan laju aliran panas ikut tidak merata sehingga pada sisi yang kurang terdistribusi oleh serat akan punya nilai konduktivitas yang lebih besar.

Salah satu faktor yang mempengaruhi konduktivitas termal suatu material adalah porositas dan kepadatan material tersebut (Hidayat, 2000). Apabila pori-pori bahan semakin banyak maka konduktivitas termalnya makin kecil. Sebagaimana yang telah diketahui bahwa udara adalah pemindah kalor yang buruk dibandingkan cairan atau padatan. Sehingga laju aliran panas turun sebanding dengan banyaknya porositas atau *void*. Penggunaan serat kayu ulin yang punya karakteristik kasar tentunya akan menimbulkan banyak porositas.

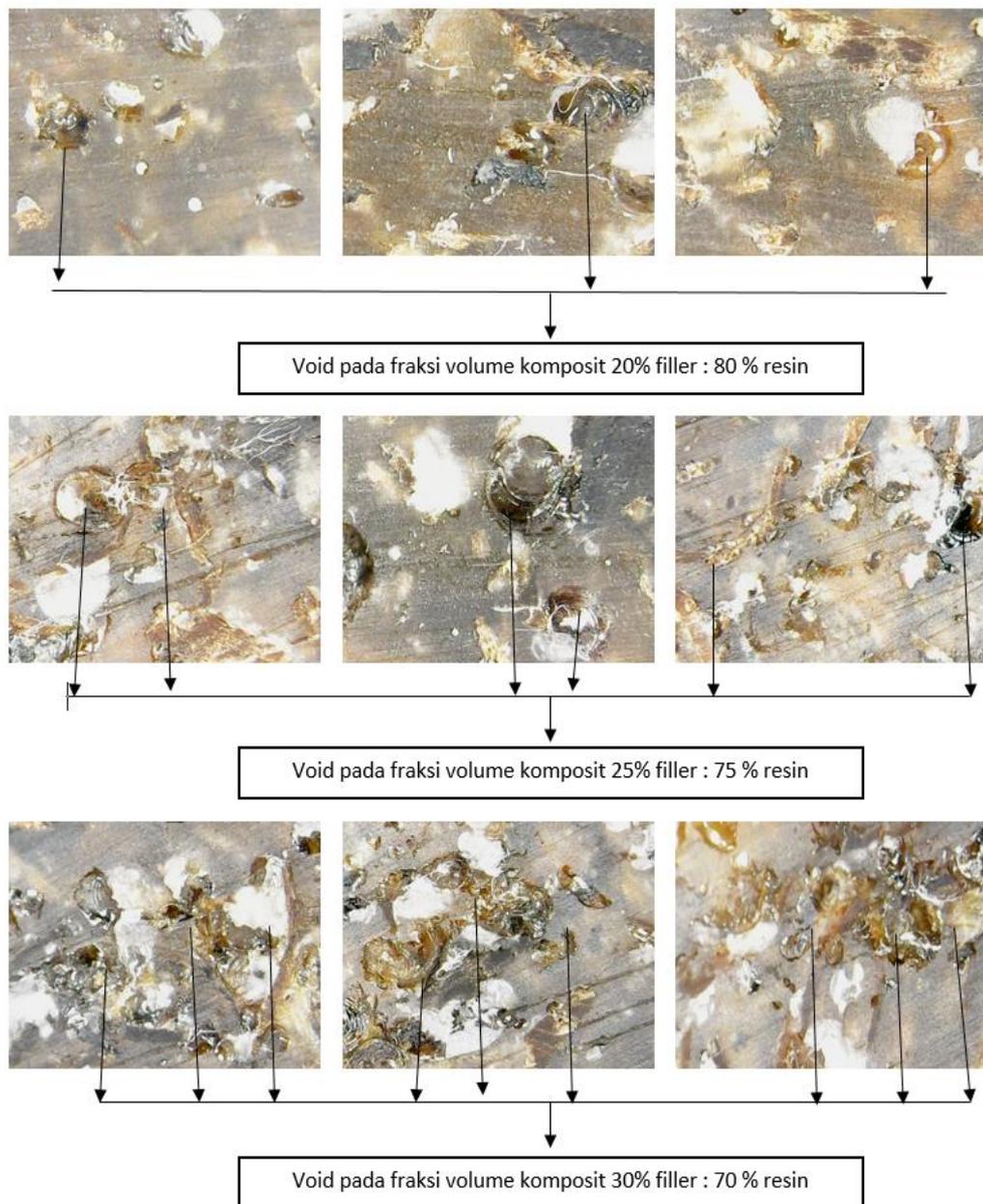
Nilai kekasaran suatu material juga mempengaruhi nilai konduktivitas termal suatu material. Dimana semakin besar nilai kekasaran suatu material maka konduktivitas termalnya akan semakin kecil dikarenakan panas akan diserap maksimal pada semua bagian luasan material. hal ini menyebabkan laju panasnya semakin besar. Maka semakin besar nilai kekasaran suatu material juga menyebabkan konduktivitas thermal akan semakin besar.

Pengamatan Pengaruh Variasi Fraksi Volume dan Susunan Serat Terhadap Mikro Struktur Komposit Poliester Serbuk Kayu Ulin

Berdasarkan pengamatan mikrostruktur pada penelitian ini menggunakan mikroskop digital dengan perbesaran 100x dengan posisi pengambilan gambar yang sama untuk mempermudah menganalisis penyebab turunnya nilai konduktivitas termal.

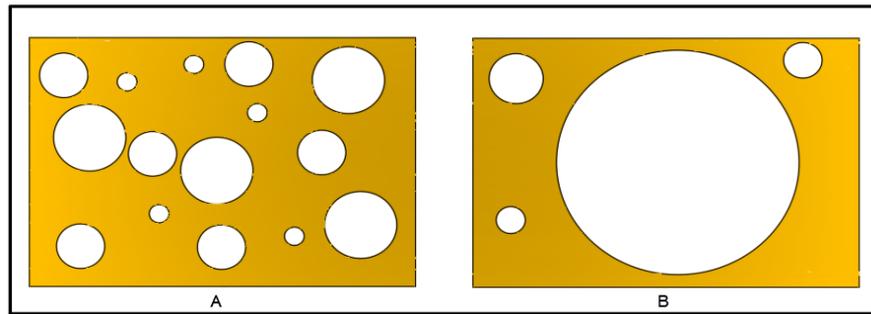
Dari hasil pengamatan fotomikro pada titik pengambilan data terlihat semua sampel memiliki rongga dan semakin tinggi volume serbuk kayu ulin semakin banyak *void* yang terbentuk pada komposit serbuk kayu ulin. Seperti yang sudah kita ketahui nilai konduktivitas termal material komposit dipengaruhi *void* semakin banyak *void* maka semakin rendah nilai konduktivitas termal material tersebut. Hal ini dikarenakan perpindahan panas yang terjadi tidak hanya secara konduksi tapi juga disertai konveksi udara yang mana udara merupakan penghantar panas yang buruk.

Void ini terbentuk dari udara yang terperangkap dari proses pencampuran resin dan serbuk kayu ulin yang mana serbuk kayu ulin sendiri mempunyai struktur serbuk yang kasar yang memungkinkan udara ikut terbawa pada campuran komposit. Udara tersebut tidak bisa keluar dikarenakan viskositas resin yang cukup tinggi. Terbentuknya *void* pada material komposit yang seratnya berasal dari alam memang sulit untuk dihindari. Tapi jika material yang diinginkan bersifat insulasi maka penambahan jumlah *void* diperlukan tentu diperhatikan *void* juga menyebabkan kurangnya kemampuan material secara mekanis.



Gambar 6. Hasil pengamatan fotomikro sampel komposit poliester serbuk kayu ulin

Dari Gambar 6 terlihat bahwa banyaknya jumlah *void* dengan besarnya ukuran *void* punya pengaruh berbeda semakin banyak *void* maka semakin kecil nilai konduktivitas termal suatu material tapi berbeda pada material yang punya *void* sangat besar sebaliknya akan meningkatkan nilai konduktivitas termal suatu material karena perpindahan panas terjadi secara konveksi akan cepat merambat dari sisi ke sisi sebelahnya sehingga nilai konduktivitas termalnya meningkat, lebih jelasnya bisa kita lihat pada Gambar 7. skema *void* yang terbentuk pada material komposit berikut.



Gambar 7. Skema *Void* Yang Terbentuk Pada Suatu Komposit

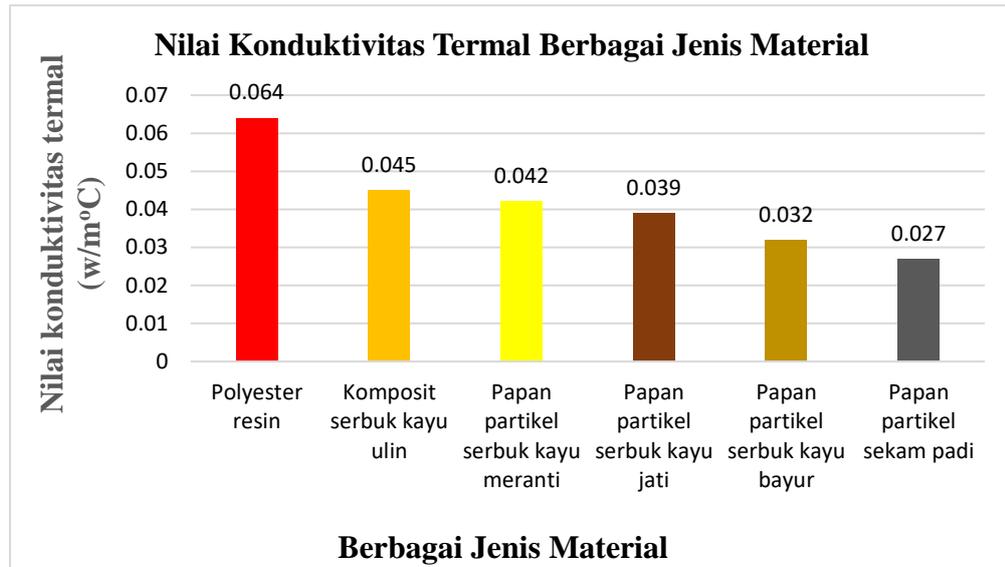
Dari Gambar 7 terlihat bahwa distribusi matriks tidak memenuhi seluruh sampel dengan merata dikarenakan dari karakteristik serbuk kayu ulin sendiri yang sifatnya kasar maka distribusi matriks tidak dapat menembus serat dan mengakibatkan bagian sampel memiliki rongga. Distribusi matriks tidak merata juga disebabkan perbandingan persentase antara jumlah resin dan serbuk kayu ulin, yang mana semakin banyak jumlah serat atau serbuk kayu ulin maka semakin sulit matriks terdistribusi merata akhirnya *void* ikun semakin banyak mengikuti pertambahan jumlah serbuk kayu ulin.

Konduktivitas Termal Berbagai Jenis Material

Tabel 1. Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Jenis Material

Material	Konduktivitas Termal (W/m°C)	Massa jenis kg/m ³
Poliester resin	0,064	1230
Komposit serbuk kayu ulin	0,045	900 -1100
Papan partikel serbuk kayu meranti	0,042	470 - 830
Papan partikel serbuk kayu jati	0,039	630 -720
Papan partikel serbuk kayu bayur	0,032	350 -700
Papan partikel sekam padi	0,027	70 -110

Penelitian ini jika dibandingkan dengan nilai konduktivitas termal 100% resin, nilai konduktivitas termal papan partikel serbuk kayu meranti (Armiya, 2014), dan nilai Ternyata nilai konduktivitas termal komposit yang diuji lebih kecil dari nilai konduktivitas termal 100% resin, dan lebih tinggi dibandingkan nilai konduktivitas termal papan partikel serbuk kayu meranti hal ini dikarenakan massa jenis kayu ulin lebih besar dibandingkan dengan kayu meranti. Semakin besar massa jenis material semakin besar nilai konduktivitas termalnya. Dibandingkan dengan papan partikel lainnya seperti papan partikel serbuk kayu jati, serbuk kayu bayur, serta serbuk sekam padi, komposit serbuk kayu ulin punya nilai konduktivitas termal yang lebih besar untuk lebih jelasnya kita lihat pada grafik berikut:



Gambar 8. Grafik Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Jenis Material

Berdasarkan Gambar 8 penurunan nilai konduktivitas material sebanding dengan massa jenis material tersebut. Komposit kayu ulin memang punya nilai konduktivitas thermal yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan serbuk kayu jenis lainnya namun nilai konduktivitas termal komposit *filler* serbuk kayu ulin lebih rendah dari nilai konduktivitas termal dari resin.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian mengenai komposit poliester filler serbuk kayu ulin dengan variasi fraksi volume dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Pengaruh fraksi volume komposit poliester serbuk kayu ulin terhadap nilai konduktivitas termal mengalami penurunan dengan bertambahnya volume serbuk kayu ulin dengan nilai konduktivitas termal paling kecil pada variasi fraksi volume 30% serbuk kayu ulin : 70% matrik resin poliester yaitu 0,041 W/m°C.
2. Pengaruh jumlah *void* terhadap nilai konduktivitas termal komposit poliester serbuk kayu ulin dapat dilihat bahwa semakin banyak void maka semakin kecil nilai konduktivitas termalnya. Banyaknya void seiring dengan bertambahnya volume serbuk kayu ulin.

DAFTAR PUSTAKA

- Apryadi, Roy. (2019). Jurnal Teknik Mesin. Universitas Lambung Mangkurat. *“Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Letak Serat Pada Komposit Serat Daun Nanas (Ananas Comosus) Terhadap Nilai Konduktivitas Termal”*. Banjarmasin.
- Armiya. (2014). *“Uji Konduktivitas Termal Papan Partikel”*. Teknik Mesin Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Campbell, F C. (2010). *“Introduction to Composite Materials”*.ASM International.
- Cengel, Yunus A. (1998). *“Heat and Mass Transfer”*. New York: Prentice Hall Publisher.
- Incropera, Frank P., Dewitt., David P (2002). *“Fundamental of Heat and Mass Transfer”*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Gibson, F R. (1994). *“Principle of Composite Meterial Mechanis”*. International Edition. New York: McGraw-Hill Inc.
- Holman, J P, dan Jasjfi. (1997). *“Perpindahan Kalor”*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Ilham, Akbar M. (2019). Jurnal Teknik Mesin. Universitas Lambung Mangkurat *“Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Susunan Serat Komposit Polyester-Serat Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Terhadap Nilai Konduktivitas Termal dan Struktur Mikro”*.Banjarmasin.
- Ilham, Leody. (2016). Jurnal Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta. *“Analisis Komposit Dengan Penguat Serat Rami 40% Dan Serbuk Kayu Sengon 60% Pada Fraksi Volume 40%, 50%, 60% Bermatrik Resin Polyester Untuk Panel Akustik”*.Surakarta.
- Manurung, T H. (2017). Jurnal Teknik Mesin. Universitas Lambung Mangkurat *“Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Hasiluji Karakteristik Papan Komposit Polyester – Serbuk Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri)”*. Banjarmasin.
- Palangan. (2010). Jurnal Insitute Sepuluh November *“Pengaruh Jenis Serbuk Kayu Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyethylene serbuk Kayu”*.Surabaya.