

PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN SUSUNAN SERAT KOMPOSIT POLYESTER-SERAT ECENG GONDOK TERHADAP NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL

EFFECT OF VOLUME FRACTION AND FIBER ARRANGEMENT OF POLYESTER-HYACON FIBER COMPOSITE ON THERMAL CONDUCTIVITY VALUE

Muhammad Ilham Akbar Saputera¹⁾, Rachmat Subagyo¹⁾, Muchsin²⁾

¹⁾Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

²⁾Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

email: akbarsaputera08@gmail.com, rachmatsubagyo@ulm.ac.id*, muchsin1978@yahoo.com

Abstract

Received:
02 Desember
2023

Accepted:
20 Januari
2024

Published:
20 Januari
2024

Composites are made using polyester resin as a matrix and hyacinth fiber as reinforcement. From the testing of conductivity values carried out on the water hyacinth fiber composites obtained the highest thermal conductivity value in the composition of 15% fiber-85% resin with a variation of random fiber location of 0.063 W/m°C, followed by 20% fiber-80% resin random fiber location of 0.060 W/m°C, then followed by 25% fiber-75% resin random fiber location of 0.050 W/m°C. For the composition of 15% fiber-85% resin with variations in the location of parallel fibers obtained a value of 0.059 W/m°C, followed by 20% fiber-80% resin where the fiber is equal to 0.056 W/m°C, then followed by 25% fiber-75% resin location parallel fiber of 0.043 W/m°C. In testing the microstructure it can be seen that the more varied the volume fraction, the more void that is present in the composite. The value of thermal conductivity and microstructure makes the water hyacinth fiber composite can be the latest reference as a raw material for furniture or buildings that are quite good.

Keywords: Volume Fraction, Fiber Location, Conductivity Value, Water Hyacinth Composite, Microstructure

Abstrak

Komposit dibuat dengan menggunakan resin poliester sebagai matriks dan serat eceng gondok sebagai penguat. Dari pengujian nilai konduktivitas yang dilakukan pada komposit serat eceng gondok diperoleh nilai konduktivitas termal tertinggi pada komposisi 15% serat-85% resin dengan variasi acak letak serat sebesar 0,063 W/m°C, disusul serat 20%- Lokasi serat acak resin 80% sebesar 0,060 W/m°C, kemudian disusul serat acak resin 25%-75% lokasi serat acak sebesar 0,050 W/m°C. Untuk komposisi resin 15% serat-85% dengan variasi letak serat sejajar diperoleh nilai sebesar 0,059 W/m°C, disusul resin 20% serat-80% dimana seratnya sebesar 0,056 W/m°C, disusul kemudian dengan 25% fiber-75% resin letak parallel fiber sebesar 0,043 W/m°C. Pada pengujian struktur mikro terlihat bahwa semakin bervariasi fraksi volume maka semakin banyak void yang terdapat pada komposit. Nilai konduktivitas termal dan struktur mikro menjadikan komposit serat eceng gondok dapat menjadi referensi terkini sebagai bahan baku furniture atau bangunan yang cukup baik.

Kata kunci: Fraksi Volume, Lokasi Serat, Nilai Konduktivitas, Komposit Eceng Gondok, Struktur Mikro

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v6i1.11111

How to cite: Saputera, M. I. A., Subagyo, R., & Muchsin., "Pengaruh Fraksi Volume Dan Susunan Serat Komposit Polyester-Serat Eceng Gondok Terhadap Nilai Konduktivitas Termal". *JTAM ROTARY*, 6(1), 71-84, 2024.

PENDAHULUAN

Keadaan hutan Indonesia saat ini menunjukkan produktivitas yang semakin menurun, sementara kebutuhan bahan baku kayu masyarakat semakin meningkat. Papan partikel adalah suatu produk komposit *polymeric foam* yang dibuat dengan merekatkan partikel berupa potongan kayu kecil atau material lain yang mengandung *lignoselulosa*.

Eceng gondok dengan nama ilmiah *Eichhornia crassipes* merupakan tumbuhan yang dapat beradaptasi dengan baik di air dan memiliki kecepatan pertumbuhan yang tinggi dan dapat menjadi gulma sehingga dapat merusak lingkungan perairan. Kandungan yang ada pada serat eceng gondok ini mencapai 20% dari berat keringnya, sehingga tanaman ini berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan komposit. Selain itu, peningkatan kebutuhan eceng gondok sebagai bahan baku untuk pembuatan komposit tidak akan mempengaruhi stabilitas sandang dan pangan karena tanaman ini bukan merupakan komoditas primer masyarakat.

Melimpahnya pertumbuhan eceng gondok ini menjadikan suatu pemikiran yang inovatif untuk memanfaatkan serat eceng gondok menjadi papan komposit guna menambah persediaan bahan baku serat olahan untuk dimanfaatkan diberbagai bidang untuk kebutuhan di masa yang akan datang. Oleh karena itu industri-industri meubel nantinya akan menghadapi masalah dengan semakin berkurangnya bahan baku kayu. Oleh karena itu perlu adanya alternatif baru dalam industri meubel misalnya papan komposit, sebagai alternatif seperti flywood, hardboard, fiberboard dan lain sebagainya.

Pada pemanfaatannya untuk bahan dinding ataupun *plafon* pada sebuah bangunan bertingkat merupakan suatu potensi karena bahannya yang ringan dan konduktivitas termalnya yang kecil. Pada bangunan bertingkat akan menerima lebih banyak radiasi matahari dibandingkan bangunan tidak bertingkat. Oleh karena itu diperlukan bahan yang mampu memperkecil laju aliran panas yang disebabkan oleh radiasi matahari sehingga dapat memperkecil penggunaan daya pada alat *Air Conditioner* (AC) (Purwaningsih, 2007). Dengan kata lain, energi panas radiasi matahari sangatlah besar, sehingga temperatur udara lingkungan menjadi tinggi, dengan demikian perpindahan panas dari lingkungan luar ke dalam ruangan sangatlah besar. Hal ini akan mengakibatkan temperatur ruang dalam bangunan bertingkat menjadi tinggi (Frank *et al.*, 2002). Dengan bahan bangunan yang berkonduktivitas termal yang rendah atau kecil maka perpindahan panas dari luar bangunan ke dalam bangunan dapat diperkecil atau bisa disebut sebagai isolator panas pada bangunan (Holman, 1997).

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui apakah penggunaan komposit serat eceng gondok dapat menghasilkan konduktivitas termal yang cukup kecil sebagai alternatif bahan dinding atau *plafon* pada suatu bangunan.

Komposit

Kata komposit berasal dari kata kerja dan kata sifat, yaitu “to compose” yang berarti menyusun atau menggabung dan “composite” yang berarti susunan atau gabungan. Jadi, pengertian komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan matriks dan bahan penguat yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan-bahan pembentuknya dan secara makroskopis dicampur dengan tetap memiliki batas fasa yang jelas dan teridentifikasi (Chawla, 1987). Komposit adalah suatu gabungan material yang berasal dari dua atau lebih bahan dengan skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang memiliki karakteristik tertentu dari bahan penggabungannya dan lebih bermanfaat. Komposit sendiri terdiri dari dua material pembentuk yaitu:

1. Matriks, umumnya bersifat lebih elastis tetapi mempunyai kekuatan yang lebih rendah.

2. Penguat (*reinforcement*), pada umumnya merupakan serat yang mempunyai sifat kurang elastis namun mempunyai kekuatan yang lebih tinggi.

Klasifikasi Komposit

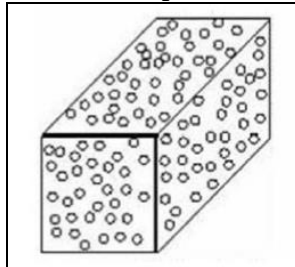
Material komposit dapat diklasifikasikan menjadi empat menurut bentuk struktur dari penyusunnya (Ariyansah, 2019)) yaitu:

1. Komposit serat (*fibre composites*)

Komposit serat adalah komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan karena komposit serat lebih kuat daripada komposit partikel.

2. Komposit partikel (*particulate composites*)

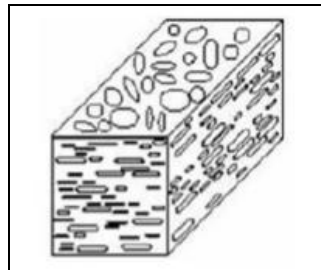
Komposit partikel adalah komposit yang terdiri dari partikel dan matriks yaitu butiran (batu, pasir) dengan diperkuat oleh semen. Komposit partikel dibuat dengan menempatkan partikel dan mengikatnya bersama matriks dengan satu atau lebih unsur lain dengan perlakuan seperti katalisator, tekanan, panas, dan kelembaban.



Gambar 1. Komposit Partikel

3. Komposit serpih (*flake composites*)

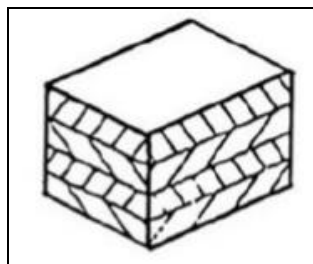
Komposit serpih adalah komposit yang terdiri dari serpihan-serpihan yang ditambahkan ke dalam matriks untuk saling menahan dengan mengikat permukaan.



Gambar 2. Komposit Serpih

4. Komposit laminat (*laminated composites*)

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang tersusun atas dua atau lebih lapisan/lamina yang digabung menjadi satu yang memiliki karakteristik tertentu pada setiap lapisannya.



Gambar 3. Komposit Laminat

Serat Alami

Serat alami yang telah dikaji penggunaannya sebagai serat penguat material komposit antara lain kenaf, flax, rami atau henep, selulosa, ijuk, serat daun aren dan pelepah kurma, bambu, sabut kelapa, pandan dan serat pohon pisang. Kualitas serat alami ini umumnya tergantung dari umur pohon, tempat menanam, prosedur ekstraksinya dan perlakuan yang diberikan pada pohon tersebut. Serat-serat tersebut pada umumnya diperoleh dengan cara pelarutan lignin atau bahan pengikat serat dengan cara merendam dalam air selama beberapa hari atau dengan menggunakan bahan alkali (pada umumnya larutan sampai dengan 15% NaOH pada 160°C–180°C selama 45 menit sampai dengan kurang dari satu jam), sehingga tersisa seratnya. Serat tersebut kemudian disisir dan dicuci sehingga relatif bersih dari unsur bukan serat. Serat basah yang telah bersih tersebut kemudian dikeringkan dengan cara dijemur atau dioven pada suhu sampai dengan 60°C selama beberapa jam. perlu dicatat bahwa suhu oven tidak boleh terlalu tinggi agar tidak merusak struktur dan kualitas seratnya (Achmad, 2011).

Serat alam memiliki kelebihan diantaranya:

1. Bahan baku yang terbarukan.
2. Massa jenisnya rendah.
3. Tidak sensitif terhadap retakan.
4. Tidak abrasif.
5. Limbahnya mudah terurai di alam.

Sedangkan kekurangan yang dimiliki serat alam diantaranya:

1. Ukuran serat yang tidak seragam.
2. Sifat mekanisnya relatif rendah dibandingkan serat sintetis.
3. Tidak tahan terhadap suhu tinggi.
4. Laju penyerapan air yang relatif tinggi.
5. Meskipun dari satu jenis, namun sifat yang dimiliki sangat bervariasi.

Eceng gondok (nama latin: *Pontederia crassipes*, sinonim: *Eichornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Selain dikenal dengan nama eceng gondok, di beberapa daerah di Indonesia, eceng gondok mempunyai nama lain seperti di daerah Palembang dikenal dengan nama Kelipuk, di Lampung dikenal dengan nama Ringgak, di Dayak dikenal dengan nama Ilung-ilung, di Manado dikenal dengan nama Tumpe. Eceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Carl Friedrich Philipp von Martius, seorang ahli botani berkebangsaan Jerman pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon Brasil. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya (Aini, 2023).



Gambar 4. Eceng Gondok

Eceng gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai. Tumbuhan ini dapat beradaptasi dengan perubahan yang ekstrem dari ketinggian air, arus air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur, dan racun-racun dalam air. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan nitrogen, fosfat, dan potasium (Laporan FAO). Kandungan garam dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok seperti yang terjadi pada danau-danau di daerah pantai Afrika Barat, di mana eceng gondok akan bertambah sepanjang musim hujan dan berkurang saat kandungan garam naik pada musim kemarau (Heri, 2016).

Konduktivitas Termal

Ketika terdapat perbedaan suhu antara dua buah titik pada suatu benda, maka kalor akan mengalir dari ujung yang bersuhu lebih tinggi menuju ujung yang bersuhu lebih rendah. Hal yang sama juga terjadi ketika dua buah benda yang memiliki perbedaan suhu tertentu disentuhkan sama lain. Perpindahan kalor tersebut sering disebut dengan konduksi. Pada proses konduksi, kalor dihantarkan melalui interaksi antar atom-atom dalam medium tersebut. Proses ini tidak disertai dengan perpindahan atom-atom dalam medium tersebut. Ketika suatu bagian dalam suatu medium dipanaskan, atom-atom pada bagian tersebut akan bergetar. Hal ini diakibatkan atom-atom tersebut mengalami kenaikan suhu, sehingga energi kinetik atom-atom tersebut bertambah. Akibatnya, atom-atom tersebut menumbuk atom-atom di sekitarnya. Atom-atom yang tertumbuk mengalami kenaikan suhu dan energi kinetiknya juga bertambah. Proses tersebut terjadi secara berantai, sehingga terjadi aliran energi dari ujung yang bersuhu tinggi menuju ujung yang bersuhu rendah. Energi yang dialirkan akibat proses tersebut adalah kalor (Kreith, 1958 ; Tipler, 1998)

Apabila ada dua benda atau lebih yang berkontak termal maka akan terjadi aliran kalor dari benda yang memiliki temperatur lebih tinggi ke benda yang memiliki temperatur lebih rendah, sampai adanya kesetimbangan termal. Proses konduktivitas termal ini dapat terjadi dalam 3 mekanisme, yaitu :

1. Konduksi

Konduksi merupakan proses perpindahan kalor melalui suatu jenis zat sehingga konduksi adalah suatu proses pendalaman karena proses perpindahan kalornya hanya pada bagian dalam bahan saja.

2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor dengan cara gerakan partikel yang telah dipanaskan dikatakan perpindahan kalor secara konveksi.

3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan kalor. Keadaan ini baru terbukti setelah adanya peningkatan suhu.

Nilai konduktivitas termal suatu material dapat diperoleh melalui pengukuran secara langsung terhadap beberapa besaran lain, dengan kata lain nilai konduktivitas termal dapat dihitung melalui persamaan:

$$k = \frac{\Delta Q \cdot h}{A \cdot \Delta T \cdot \Delta t} \quad (1)$$

Atau kita bisa menghitung nilai konduktivitasnya menggunakan hukum fourier:

$$q_{cond}'' = k \frac{(T_1 - T_2)}{L} = k \frac{(T_{in} - T_{out})}{L} \quad (2)$$

Untuk laju aliran panas per satuan panas ($q/A = q''$) dapat dihitung dengan rumus konveksi pada persamaan:

$$q_{cond}'' = (T_s - T_\infty) = h_c (t_{out} - T_{out}) \quad (3)$$

Dimana:

T_{in} = Temperatur Udara Dalam ($^{\circ}\text{C}$)

T_{out} = Temperatur Udara Luar ($^{\circ}\text{C}$)

L = Tebal Sampel (m)

k = Koefisien Perpindahan Panas ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

h_c = Koefisien Perpindahan Panas ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)

q/A = q'' = Laju Aliran Panas Per Satuan Luas (W/m^2)

t_{in} = Temperatur Dinding Dalam ($^{\circ}\text{C}$)

t_{out} = Temperatur Dinding Luar ($^{\circ}\text{C}$)

Koefisien perpindahan panas dalam kasus aliran panas alami (*natural convection*) di dalam ruangan tertutup adalah untuk semua bahan dinding sebesar $h_c = 8.1$ ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$).

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal (k) merupakan besaran intensif suatu bahan yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan panas. Nilai konduktivitas termal pada masing-masing material memiliki perbedaan secara signifikan. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor utama yaitu ada pada nilai densitas dan porositas material. Untuk faktor densitas merupakan ukuran kemampatan pada material, jadi semakin besar densitasnya, maka nilai konduktivitas termalnya juga semakin besar. Kemudian yang kedua yaitu porositas. Dimana porositas merupakan adanya ruang kosong pada suatu material. Porositas selalu berbanding terbalik dengan densitas, maka pada nilai konduktivitas termal nilainya juga akan berbanding terbalik. Berdasarkan hal tersebut tentunya nilai konduktivitas termal pada berbagai material akan memiliki nilai yang berbeda-beda.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konduktivitas termal suatu material antara lain sebagai berikut (Hidayat, 2000):

1. Suhu

Nilai konduktivitas termal berbanding terbalik oleh pengaruh suhu, secara umum ketika suhu meningkat maka konduktivitas termalnya akan semakin menurun.

2. Kandungan uap air

Konduktivitas termal akan semakin meningkat seiring meningkatnya nilai kelembaban. Bila nilai (k) semakin besar maka merupakan konduktor yg baik, namun apabila nilai (k) semakin kecil merupakan isolator yg baik.

3. Berat Jenis

Nilai konduktivitas termal juga bergantung pada berat jenis bahan. Semakin tinggi berat jenis maka semakin baik pengalir konduktivitas tersebut.

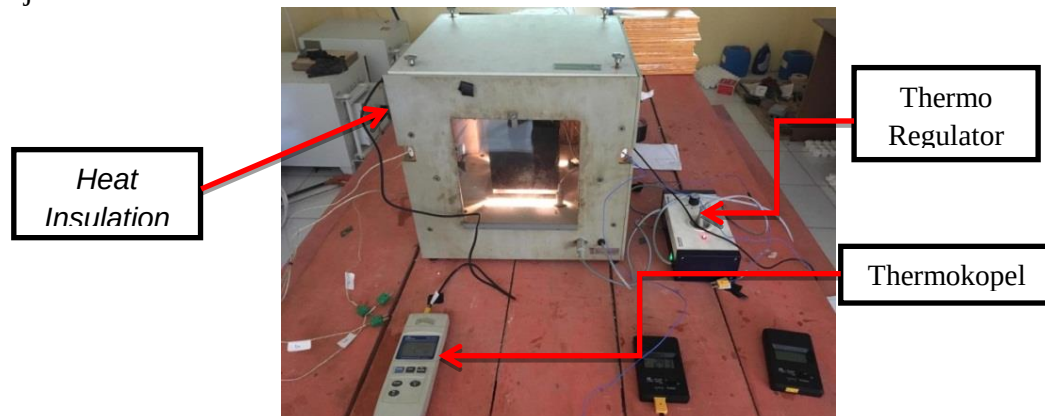
4. Kerapatan dan Porositas Bahan

Semakin banyak rongga yang terdapat pada bahan maka akan semakin buruk konduktivitas termalnya.

METODE PENELITIAN

Gambar 4 menunjukkan keseluruhan alat *heat conduction* yang digunakan untuk penelitian “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit *Polyester*-Serat Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Terhadap Nilai Konduktivitas Termal” pada laboratorium material

dan fisika Fakultas Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.



Gambar 5. *Heat Insulation/Heat Conduction PHYWE*

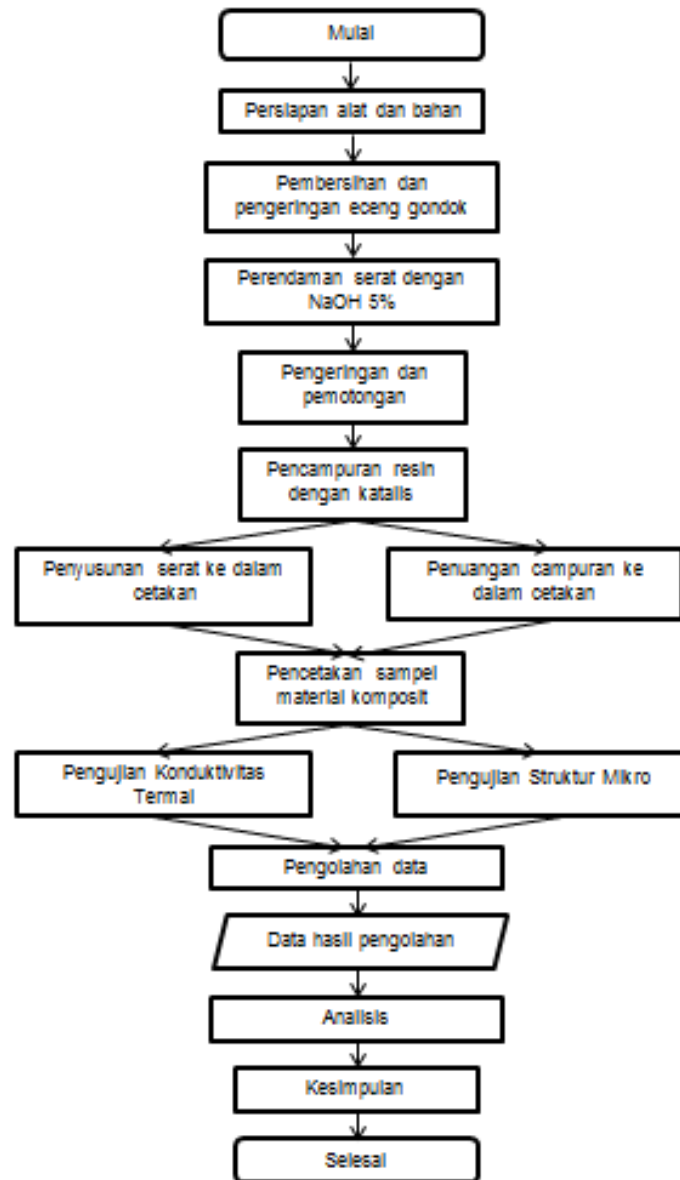
Sebelum dilakukan penelitian/pengambilan data temperatur terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat yaitu alat ukur temperatur (termokopel digital) dan alat ukur konduktivitas termal (*Heat Insulation*), hal ini bertujuan agar menjamin hasil pengukuran sesuai dengan standar.

Data temperatur diperoleh dengan menggunakan termokopel digital. Data temperatur dicatat pada saat temperatur di dalam ruang isolasi (*Insulation House*) dalam keadaan setimbang (*steady state*), dimana keadaan ini dicapai pada ± 70 menit pemanasan.

Pengambilan data temperatur dilakukan pada keadaan tunak (*steady state*). Pengujian ini melibatkan 3 sampel untuk sekali pengujian dengan sumber panas yang dihasilkan oleh *lamp socket* sebesar 100 Watt. Dari data pengujian yang telah dilakukan didapatkan data temperatur dinding dalam, dinding luar, udara dalam dan udara luar yang dimasukkan ke dalam Tabel pengamatan.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian komposit serat eceng gondok seperti yang terlihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian nilai konduktivitas termal ini didapatkan data hasil pengujian dari masing-masing sampel ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter yang diketahui untuk menghitung nilai konduktivitas termal

Susunan Serat	Fraksi Volume/Sampel	L (m)	T in (°C)	T out (°C)	t in (°C)	t out (°C)	h_c (W/m ² °C)
Sejajar	15 serat - 85 resin						
	Sampel 1A	0,008	49,7	28,5	44	35,1	8,1
	Sampel 1B	0,008	49,6	29,1	44,5	38,7	8,1
	Sampel 1C	0,008	50,0	29,9	45	36,9	8,1
	20 serat - 80 resin						
	Sampel 2A	0,008	50,5	28,9	44,9	35,9	8,1
	Sampel 2B	0,008	50,0	30,1	45,5	37,6	8,1
	Sampel 2C	0,008	50,8	30,0	46,3	37,3	8,1

Acak	25 serat - 75 resin						
	Sampel 3A	0,008	51,3	30,5	45,0	36,3	8,1
	Sampel 3B	0,008	50,7	31,0	46,4	37,6	8,1
	Sampel 3C	0,008	49,8	30,8	47,7	36,2	8,1
	15 serat - 85 resin						
	Sampel 4A	0,008	51,5	29,1	44,9	36,7	8,1
	Sampel 4B	0,008	51,1	30,0	44,3	37,2	8,1
	Sampel 4C	0,008	50,9	29,2	45,0	36,7	8,1
	20 serat - 80 resin						
	Sampel 5A	0,008	50,3	29,5	46,6	38,3	8,1
	Sampel 5B	0,008	50,9	31,2	44,6	37,4	8,1
	Sampel 5C	0,008	50,8	29,8	45,5	37,8	8,1
	25 serat - 75 resin						
	Sampel 6A	0,008	50,1	29,9	47,0	37,5	8,1
	Sampel 6B	0,008	51,6	30,3	47,4	37,1	8,1
	Sampel 6C	0,008	51,0	31,0	48,1	37,2	8,1

Konduktivitas Termal

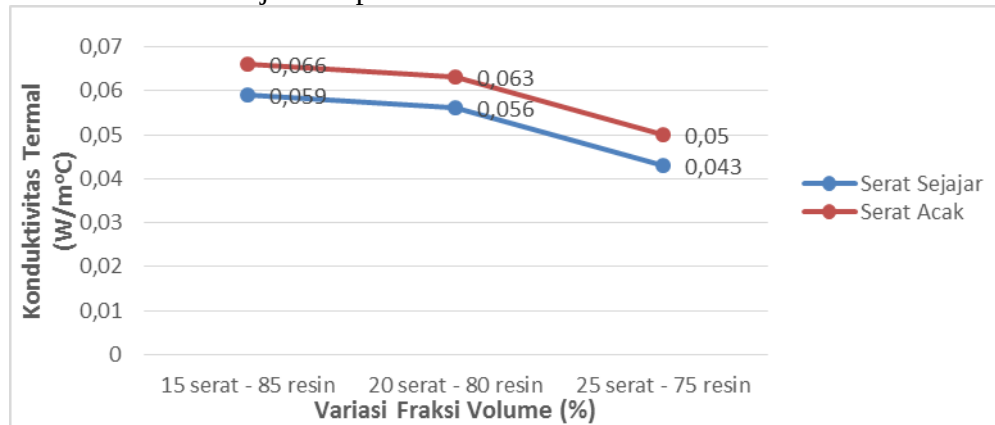
Tabel 2 menunjukkan besarnya koduktivitas termal rata-rata dari sampel yang diuji berdasarkan dari data pengukuran parameter penentu nilai konduktivitas termal material.

Tabel 2. Nilai koduktivitas termal rata-rata dari masing-masing sampel

Susunan Serat	Fraksi Volume/Sampel	Konduktivitas Termal (W/m°C)	Konduktivitas Termal Rata-Rata (W/m°C)
Sejajar	15 serat - 85 resin		
	Sampel 1A	0,064	0,059
	Sampel 1B	0,058	
	Sampel 1C	0,056	
	20 serat - 80 resin		
	Sampel 2A	0,053	0,056
	Sampel 2B	0,062	
	Sampel 2C	0,053	
	25 serat - 75 resin		
	Sampel 3A	0,043	0,043
	Sampel 3B	0,049	
	Sampel 3C	0,036	
Acak	15 serat - 85 resin		
	Sampel 4A	0,060	0,063
	Sampel 4B	0,066	
	Sampel 4C	0,062	
	20 serat - 80 resin		
	Sampel 5A	0,069	0,060
	Sampel 5B	0,044	
	Sampel 5C	0,067	
	25 serat - 75 resin		
	Sampel 6A	0,053	0,050
	Sampel 6B	0,051	
	Sampel 6C	0,047	
Tanpa	100 resin		

perlakuan	Sampel 7A	0,055	
	Sampel 7B	0,063	0,060
	Sampel 7C	0,063	

Perbandingan antara pengaruh variasi fraksi volume dan susunan serat terhadap nilai konduktivitas termal ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Konduktivitas Termal Rata-Rata Dari Masing-Masing Sampel

Gambar 7 menunjukkan nilai konduktivitas termal dengan variasi letak serat sejajar mengalami penurunan dari komposisi serat 15% ke komposisi serat 20% dan 25% dari angka 0,059 W/m°C menjadi 0,056 W/m°C dan 0,043 W/m°C, dan nilai konduktivitas termal untuk variasi letak serat acak juga mengalami penurunan dari komposisi serat 15% ke komposisi serat 20 % dan 25% dari angka 0,063 W/m°C menjadi 0,060 W/m°C dan 0,050 W/m°C dan berada di antara nilai konduktivitas sampel kontrol (tanpa serat) yaitu sebesar 0,060 W/m°C.

Hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain, nilai konduktivitas termal yang berubah dikarenakan berat jenis serat yang cukup rendah, semakin tinggi berat jenis serat maka semakin baik serat tersebut sebagai pengalir konduktivitas (Tripler, 1998). Pada penelitian ini diketahui bahwa nilai massa jenis serat eceng gondok sebesar 0.4 g/cm², nilai ini cukup rendah dibandingkan beberapa serat lainnya.

Kelembaban dari serat yang digunakan yang mengakibatkan adanya penurunan nilai konduktivitas. Pada serat eceng gondok ini didapatkan nilai kelembaban serat berada pada nilai 35.8% yang dapat diartikan bahwa serat eceng gondok yang digunakan pada penelitian kali ini masih memiliki tingkat kelembaban yang cukup tinggi.

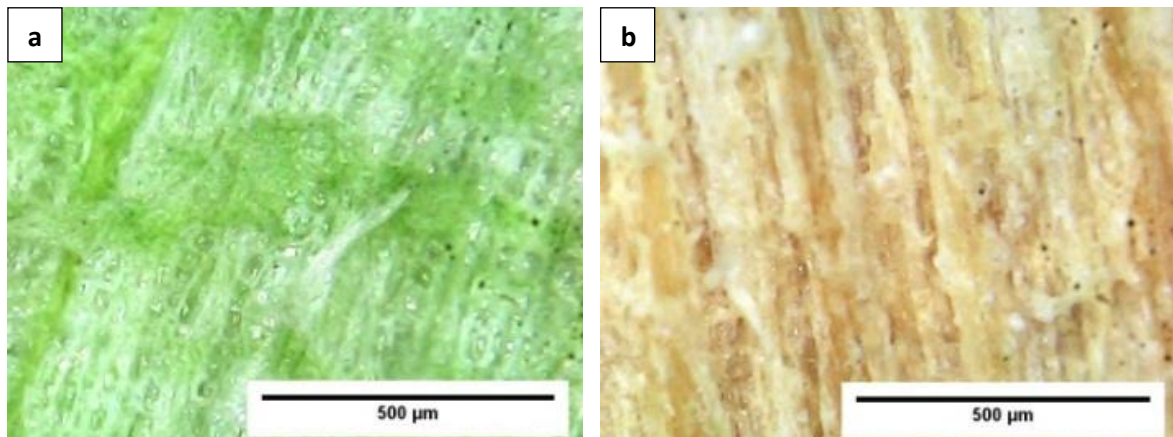
Adanya susunan serat yang kurang rapat memungkinkan terdapat celah kosong yang tidak terisi oleh resin yang menimbulkan gelembung-gelombang udara yang terjebak (void) sehingga saat dialiri panas konduksi yang terjadi penghambatan rambatan panas. Secara umum, komposit ataupun bahan keramik tak dapat dilepaskan dari masalah porositas karena dalam bahan-bahan tersebut selalu terbentuk pori. Perumusan konduktivitas termal efektif bahan semacam ini dapat dijelaskan dengan menggunakan model komposit dengan pori sebagai fasa terdispersinya (sisipan). Konduktivitas termal bahan berpori bergantung pada fraksi, bentuk, orientasi, dan konfigurasi pori (Tzou, 1996). Kesulitan yang muncul dalam kasus ini adalah penentuan bentuk dan orientasi pori yang ada dalam suatu bahan secara eksperimen.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi konduktivitas termal suatu material adalah kepadatan dan adanya porositas pada material tersebut (Sardjito, 1989). Apabila adanya rongga atau pori pada bahan semakin banyak maka konduktivitas termalnya akan semakin

rendah. Material yang memiliki pori dapat mengandung gas di dalam rongga atau porinya. Telah kita ketahui bahwa gas merupakan pemindah kalor yang buruk dibandingkan cairan atau padatan. Rendahnya nilai konduktivitas tersebut disebabkan oleh rendahnya konduktivitas udara yang terjebak di dalam rongga atau pori yang ada pada bahan (Yunus, 1998).

Struktur Mikro

Struktur mikro komposit eceng gondok seperti yang terlihat dalam gambar 8.



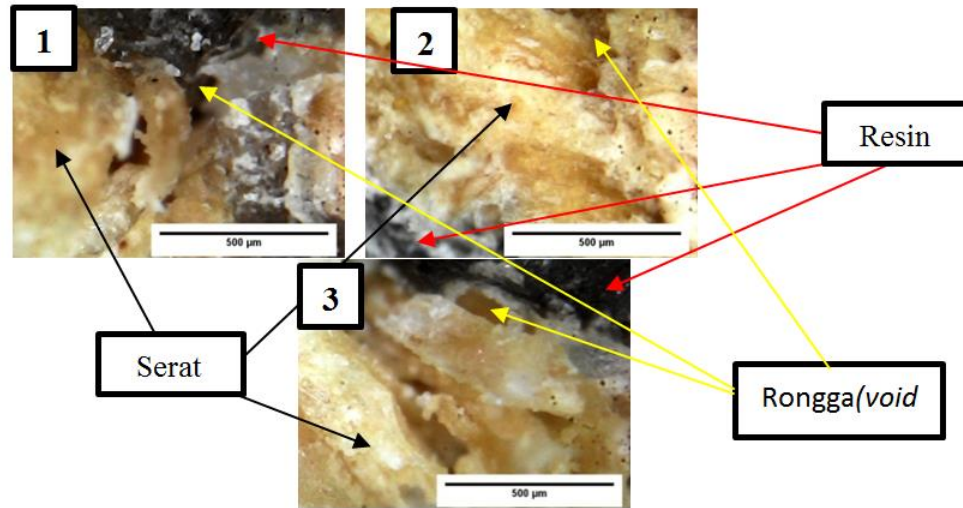
Gambar 8. Foto Mikro Serat Eceng Gondok (a) Sebelum Diberi Perlakuan Dan (b) Sesudah Diberi Perlakuan Dengan 5% NaOH Selama 120 Menit

Dapat dilihat pada Gambar 8 bahwa pelakuan alkalisasi ini dapat merubah sifat dari permukaan dan komposisi serat secara kimiawi sehingga menjadikan permukaan serat lebih bersih dan cenderung lebih kasar. Komposisi serat pada kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin dan kandungan air juga mengalami perubahan, sehingga mempengaruhi sifat fisik dan mekanik serat, dimana serat eceng gondok ini menjadi lebih kaku dan kekuatan lenturnya meningkat.

Dari hasil pengamatan pada daerah titik pengambilan data dapat dilihat kondisi serat memiliki rongga yang disebabkan resin yang tidak dapat terserap oleh serat, walaupun serat sudah dilakukan alkalisasi untuk mengurangi lapisan lilin (lignin) yang terdapat di bagian permukaan serat. Hal ini dikarenakan kerapatan permukaan serat yang cukup tinggi serta nilai viskositas resin yang lebih tinggi.

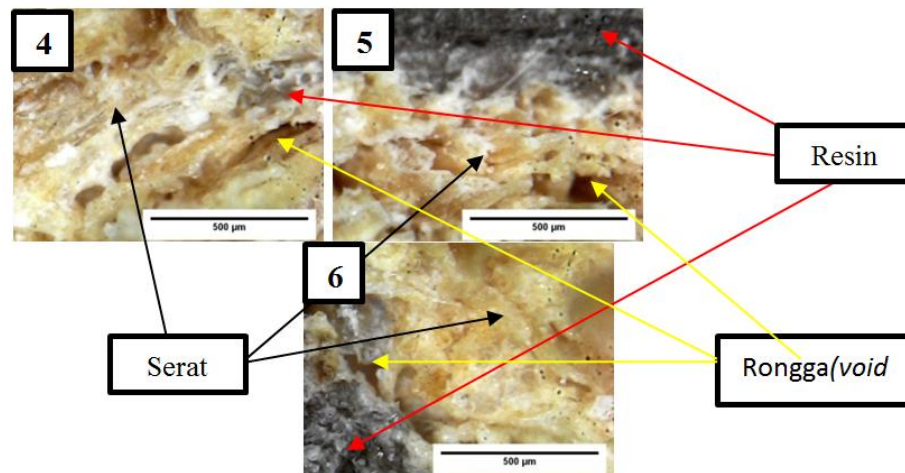
Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa sampel komposit komposisi 15% serat-85% resin dengan letak serat sejajar, menunjukkan bahwa kepadatan dan kerapatan pada sampel ini tidak terdapat rongga sehingga distribusi aliran panas konduksi lebih cepat. Jika dibandingkan dengan sampel komposit dengan komposisi serat lebih banyak yaitu 20% serat-80% resin dan 25% serat-85% resin letak serat sejajar. Dimana serat yang tersusun sangat berdekatan membuat matriks tidak dapat mengisi secara rapat dan juga melihat dari karakteristik serat eceng gondok yang tidak dapat menyerap resin. Hal ini membuat matriks tidak dapat mengisi secara rapat dan terdapat rongga yang semakin besar, hal ini menyebabkan perambatan panas berkontak langsung pada sebagian besar dari serat eceng gondok, kemudian berkontak dengan rongga atau gelembung-gelembung, dan sisanya berkontak resin sehingga perambatan penghambatan panas mengalami peningkatan (Schwardz, 1984). Apabila pori-pori dari bahan semakin banyak mengakibatkan konduktivitas termalnya akan semakin menurun. Pada proses pencampuran dengan polyester dan Metil Etil Keton Peroksida (MEKPo) sebagai katalisnya, mengakibatkan

panas dan menyebabkan uap air yang ada pada serat keluar dan menyatu dengan matrik dan mengakibatkan adanya rongga atau pori yang terperangkap di dalam material dikarenakan tekanan udara luar yang lebih tinggi. Selain itu, proses pengadukan antara campuran resin dan katalis yang telalalu cepat juga bisa mengakibatkan munculnya gelembung pada cairan matrik.



Gambar 9. Foto Mikro Struktur Komposit *Polyester Resin*-Serat Eceng Gondok Dengan Variasi Letak Serat Sejajar (1) Komposisi 15% Serat-85% Resin, (2) Komposisi 20% Serat-80% Resin, Dan (3) Komposisi 25% Serat-75% Resin

Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa sampel komposit komposisi 15% serat-85% resin dengan variasi letak serat acak, menunjukkan bahwa kepadatan dan kerapatan pada sampel ini terdapat rongga sehingga distribusi aliran panas konduksi mengalami penurunan dibandingkan komposit dengan letak serat acak. Jika dibandingkan dengan sampel komposit dengan komposisi serat lebih banyak yaitu 20% serat-80% resin dan 25% serat-75% resin, yang menunjukkan kepadatan dan kerapatan seratnya lebih jauh jaraknya sehingga aliran panas yang menjadi semakin lambat. Dimana serat tersusun tidak beraturan juga panjang serat yang lebih pendek dari pada susunan serat sejajar membuat matriks lebih dapat mengisi secara rapat dan adaya rongga yang semakin sedikit, hal ini menyebabkan perambatan panas berkontak langsung pada sebagian besar dari serat eceng gondok sisanya resin sehingga perambatan panas mengalami penurunan dan menimbulkan rongga (*void*) semakin sedikit (Roseno, 2008).



Gambar 10. Foto Mikro Struktur Komposit *Polyester Resin*-Serat Eceng Gondok Dengan Variasi Letak Serat Acak (4) Komposisi 15% Serat-85% Resin, (5) Komposisi 20% Serat-80% Resin, Dan (6) Komposisi 25% Serat-75% Resin

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, yaitu nilai konduktivitas termal tertinggi pada komposisi 15% serat-85% resin dengan variasi acak letak serat sebesar 0,063 W/m°C. Nilai konduktivitas termal dan struktur mikro komposit serat eceng gondok dapat menjadi referensi terkini sebagai bahan baku furniture atau bangunan yang cukup baik.

REFERENSI

- Achmad, B., & Gigih, E. P. (2011). Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Komposit. *eprints.undip.ac.id*
- Aini, F. N., & Kuswyasari, N. D. (2013). Pengaruh penambahan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap pertumbuhan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(2), E116-E120.
- Ariyansah, M., & Samlawi, A. K. (2019). Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Kain Polypropylene. *JTAM ROTARY*, 1(1), 33-38.
- Chawla, K.K. (1987). *Composite Materials*, First Ed. Berlin. New York : Springer VerlagInc
- Frank P Incropera., Dewitt., David P. 2002. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*. New York : John Wiley & Sons Inc
- Hidayat, Syarif. 2000. Pusat Pengembangan Bahan Ajar. Fisika Bangunan. UMB.
- Holman, J. P., dan Jasfji. 1997. *Perpindahan Kalor*. Edisi Keenam. Erlangga : Jakarta.
- Kreith, Frank dan Arko Priyono. 1997. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Edisi ketiga. Erlangga : Jakarta.
- Purwaningsih, S. S., & Sardjito, S. (2007). Penentuan Konduktivitas Termal Efektif Bahan Komposit secara Analitik. *Sigma-Mu*, 1(1), 1-7.
- Heri Setyawan, R., & Wijianto, S. T. (2016). Karakteristik Komposit Serat Enceng Gondok Dengan Fraksi Volume 15%, 20%, 25% Terhadap Uji Bending, Uji Tarik Dan Daya Serap Bunyi Untuk Dinding Peredam Suara (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Roseno, S. (2008). *Serat Alam Sebagai Penguat Produk Komposit Ramah Lingkungan*. Pusat Teknologi Material, BPPT, Jakarta.

- Sardjito. 1989. Penentuan Konduktivitas Termal Komposit Campuran Kontinu secara Macro, Tugas Akhir S-2, ITB
- Schwardz, MM. 1984. Composites Material Handbook. New York : McGrawHill Inc.
- Tripler, Paul A. 1998. Fisika Untuk Sains dan Teknik. Jilid I. Edisi Ketiga. Diterjemahkan Oleh : Lea presetyo dan Rahmad W. Adi. Jakarta : Erlangga
- Tzou DY. 1996. "The Anisotropic Overall Thermal Conductivity", Int. J. Heat Mass Transfer, 38, 23 - 30.
- Yunus A Cengel. 1998. "Heat and Mass Transfer. New York: Prentice Hall Publisher.