

PENGARUH DAYA PEMANASAN *MICROWAVE OVEN* TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT BAMBU WULUNG (*GIGANTOCHLOA ATROVIOLACEA*) DENGAN MATRIKS *POLYESTER*

Fajar Dian Syahputra

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: fajarsyahputra16050754029@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan kesadaran lingkungan mendorong penelitian dan pengembangan bahan ramah lingkungan seperti komposit berpenguat serat alam. Pemakaian plat besi pada bagian belakang kursi mobil sangat tidak efisien. Perlu dilakukan inovasi material salah satunya menggunakan komposit serat bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*). Masalah paling umum terjadi pada komposit berpenguat serat alam adalah ikatan yang lemah antara serat dengan matriks sehingga sifat mekanisnya menurun yang menyebabkan pengaplikasian yang kurang sesuai. Proses pemanasan serat menggunakan *microwave oven* diharapkan mampu memperbaiki ikatan antara serat dan matriks. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh serat bambu wulung tanpa pemanasan dan serat bambu wulung pemanasan dengan daya 180 W, 300 W, dan 450 W dengan *microwave oven* selama 15 menit dengan matriks *Polyester* terhadap kekuatan tarik dan mekanisme kegagalan komposit. Pembuatan spesimen menggunakan fraksi volume serat 40% dan menggunakan metode *hand lay up* kemudian dilakukan *press mold*. Pengujian Tarik menggunakan standar ASTM D-638. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar daya pemanasan *microwave oven* semakin meningkat kekuatan tarik yang disebabkan menurunnya kelembapan serat dan zat penyusun alami pada serat. Hasil pengujian tarik komposit serat bambu wulung tanpa pemanasan dengan *microwave oven* sebesar 9,4791 MPa, pemanasan dengan daya 180 W sebesar 26,8639 MPa, pemanasan dengan daya 300 W sebesar 43,9685 MPa, dan pemanasan dengan daya 450 W sebesar 58,2884 MPa. Data pengamatan visual pada spesimen uji tarik menunjukkan bentuk mekanisme kegagalan yang paling sering terjadi adalah adalah *fiber pull out*, yaitu jenis mekanisme kegagalan yang diakibatkan ketidakmampuan matriks menahan beban yang diterima berupa gaya searah pada komposit sehingga serat terlepas dari matriks dan kemudian putus.

Kata Kunci: Komposit, *Microwave oven*, Uji tarik, Serat bambu wulung, *Polyester*

Abstract

Increased environmental awareness is driving research and development of environmentally friendly materials such as natural fiber reinforced composites. The use of metal plates on the back of the car seat is very inefficient. Material innovation is needed, one of which is using Wulung bamboo fiber composite (*Gigantochloa Atroviolacea*). The most common problem that occurs in natural fiber reinforced composites is the weak bond between the fiber and the matrix so that the mechanical properties decrease which causes inappropriate applications. The process of heating the fiber using a microwave oven is expected to improve the bond between the fiber and the matrix. This study was conducted to determine the effect of wulung bamboo fiber without heating and heating wulung bamboo fiber with a power of 180 W, 300 W, and 450 W in a microwave oven for 15 minutes with a Polyester matrix on the tensile strength and failure mechanism of the composite. Specimens were prepared using a fiber volume fraction of 40% and using the hand lay up method and then a press mold was carried out. Tensile Test using ASTM D-638 standard. The results showed that the greater the heating power of the microwave oven, the higher the tensile strength due to decreased fiber moisture and natural constituents in the fiber. The results of the tensile test of the wulung bamboo fiber composite without heating with a microwave oven were 9.4791 MPa, heating with a power of 180 W was 26.8639 MPa, heating with a power of 300 W was 43.9685 MPa, and heating with a power of 450 W was 58.2884 MPa. Visual observation data on tensile test specimens show that the most common form of failure mechanism is fiber pull out, which is a type of failure mechanism caused by the inability of the matrix to withstand the load received in the form of a unidirectional force on the composite so that the fiber is detached from the matrix and then breaks.

Keywords: Composite, Microwave oven, Tensile test, Wulung bamboo fiber, Polyester

PENDAHULUAN

Meningkatnya kesadaran lingkungan di seluruh dunia mendorong penelitian dan pengembangan bahan ramah lingkungan. Saat ini, serat sintesis seperti serat gelas, serat

karbon, dan serat aramid banyak digunakan dalam komposit polimer karena sifat kekakuan dan kekuatannya yang tinggi (Rout et al., 2001). Namun, serat tersebut memiliki kelemahan dalam hal biodegradabilitas (mudah terurainya limbah oleh mikroorganisme), biaya

pengolahan awal yang tinggi, daur ulang, konsumsi energi, keausan peralatan dan bahaya kesehatan (Bledzki dan Gassan, 1999). Efek berbahaya bagi lingkungan mengubah penggunaan serat sintetis menjadi alami. Pengenalan serat biologis, seperti serat alami dari sumber daya terbarukan, menjadi penguat komposit polimer menjadi semakin menarik setiap tahun untuk memberikan manfaat lingkungan dalam hal degradasi dan pemanfaatan bahan terbarukan (Rout et al., 2001).

Semua jenis tumbuhan tumbuh subur di Indonesia karena iklimnya yang tropis. Bambu adalah salah satu tanaman yang tumbuh dengan baik. Bambu memiliki potensi yang sangat luas di Indonesia. Bambu merupakan tanaman yang mudah tumbuh dengan siklus hidup yang relatif cepat, hanya membutuhkan waktu 3-4 tahun untuk dapat dipanen. Bambu adalah tanaman yang menjanjikan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan baku kayu secara komersial karena produksi dan biaya relatifnya menurun selama bertahun-tahun. Dibandingkan kayu, bambu memiliki keunggulan tersendiri karena bambu lebih mudah dikembangkan dibandingkan kayu, mudah dibentuk, sangat lentur, mudah dibentuk, dan relatif murah dibandingkan kayu (Effendi, 2015). Oleh karena itu, bambu memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi dan manfaatnya.

Bambu yang mulai mendapat perhatian khusus adalah bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*). Bambu ini terdapat di Jawa dan sebagian kecil Sumatera. Di luar India, bambu wulung juga ditanam di kebun raya Calcutta, India dan Peradeniya, Sri Lanka. Belum lama ini, bambu wulung juga diperkenalkan ke negara lain seperti Thailand dan Filipina. Saat ini pemanfaatan bambu wulung hanya sebatas untuk pembuatan alat musik tradisional seperti Anglong, Kalong, Gambang dan Celempung. Selain itu, bambu ini juga digunakan sebagai bahan industri kerajinan dan mebel. Bambu wulung memiliki panjang serat rata-rata 3,6 mm dan diameter serat rata-rata 25,9 mikron. Kadar air pada batang berkisar antara 120% (atas) sampai 154% (bawah), dan rata-rata kadar air batang bambu kering adalah 16,8% (Widjaja, 1995). Berdasarkan luasnya persebaran dan karakteristik bambu wulung, bambu wulung dapat dimanfaatkan sebagai serat penguat pada komposit serat alam untuk meningkatkan nilai jual dan manfaat bambu wulung.

Saat ini berbagai penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan potensi komposit bertulang serat alam berdasarkan dampak negatif penggunaan serat sintetis. Karena kelebihan yang tidak dimiliki serat sintetis, serat alam mulai menggantikan serat sintetis sebagai bahan komposit di berbagai industri. Industri yang menggunakan serat alam sebagai penguat komposit antara lain industri otomotif, pesawat terbang, dan kelautan. Misalnya, penggunaan serat alami sebagai pengganti serat sintetis sebagai penguat komposit telah digunakan untuk memproduksi komponen sandaran kendaraan Toyota dan Mercedes Benz (Layth Mohammed et al., 2017). et al., 2015). Rakitan ini membutuhkan bahan yang sangat kuat untuk menopang beban orang dewasa. Penggunaan serat bambu wulung (*Gigantochloa Atriviolacea*) sebagai penguat komposit komponen bagian belakang kursi mobil

cocok karena sifatnya yang fleksibel, namun sangat tahan lama. Selain itu, berat bambu yang ringan dapat mengurangi berat mobil sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar. Dengan meningkatkan efisiensi bahan bakar, juga mengurangi emisi gas buang. Berbagai metode pengolahan telah digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik serat alam untuk mencapai sifat mekanik yang tinggi.

Contoh pengolahan serat alami adalah proses pengeringan untuk mengurangi kadar air serat, yang mempengaruhi daya rekat antara serat dan substrat. Pengeringan di bawah sinar matahari langsung merupakan proses yang sangat sederhana yang tidak memerlukan energi fosil untuk menghasilkan panas. Namun cara ini membutuhkan waktu yang lama (2-7 hari tergantung produk yang akan dikeringkan), dan akibat perubahan cuaca alam, kualitas produk yang dihasilkan tidak merata dan membutuhkan biaya tenaga kerja yang tinggi (Aji Prasetyaningrum, 2010). Cara lain untuk mengeringkan serat adalah dengan menggunakan tenaga panas oven microwave. Penelitian yang dilakukan Pudya Heryana (2019) Peningkatan efek termal serat alam meningkatkan daya rekat antara serat dan matriks, sehingga kekuatan tarik komposit meningkat. Daya panas oven microwave dapat diatur sesuai kebutuhan sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang seragam dan waktu pemanasan yang singkat sehingga dapat menghemat waktu dibandingkan dengan menjemur di bawah sinar matahari (Belwal et al., 2022).

Faktor lain yang meningkatkan sifat mekanik komposit adalah jenis matriks yang digunakan. Dalam beberapa penelitian, penggunaan epoksi masih kurang optimal karena adanya cacat rongga pada komposit akibat ketidakmampuan epoksi untuk menembus serat. Upaya telah dilakukan untuk menggunakan resin jenis lain dengan nilai viskositas rendah, seperti poliester. Resin poliester memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan resin lainnya, sehingga mudah menembus dan mengisi substrat (Willy Arta Wirawan, 2017).

Dari uraian diatas, penulis tertarik untuk memberi perlakuan penggunaan daya pemanasan pada *microwave oven* terhadap penggunaan serat bambu wulung sebagai bahan penguat komposit sehingga diharapkan mampu meningkatkan nilai kekuatan tarik serat bambu wulung dan penerapannya semakin luas di bidang industri. Komposit serat bambu wulung nantinya akan menggunakan matriks *polyester* dan pembuatan spesimen dilakukan dengan metode *hand lay up*.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari pengaruh dari perlakuan yang telah ditentukan. (Sugiyono, 2018). Penelitian dilakukan dengan peralatan yang sudah disesuaikan dan kondisi yang sudah dikontrol guna memperoleh data yang valid.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari pengaruh daya pemanasan *microwave oven* terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*) dan jenis kegagalan yang terjadi pada spesimen uji.

Waktu dan Tempat Penelitian

- **Waktu**
Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2023 sampai Maret 2023.
- **Tempat**
Pembuatan spesimen komposit serat bambu wulung dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Pengujian tarik komposit dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.

Variabel Penelitian

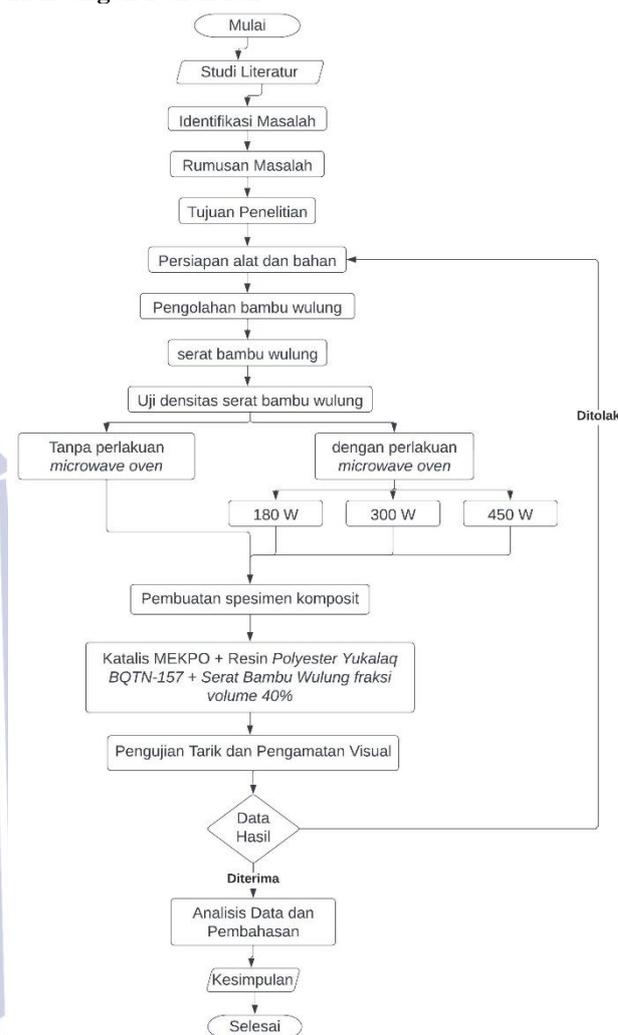
Menurut Sugiyono, variabel penelitian adalah segala jenis variabel penelitian yang diidentifikasi oleh peneliti untuk memperoleh informasi terkait kasus dan menarik kesimpulan.

- **Variabel Terikat**
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil dari pengujian tarik komposit serat bambu wulung.
- **Variabel Bebas**
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah serat bambu wulung tanpa perlakuan didalam *microwave oven* dan serat bambu wulung perlakuan didalam *microwave oven* dengan daya pemanasan sebesar 180 W, 300 W, dan 450 W.
- **Variabel Kontrol**
Variable kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - a. Matriks yang digunakan adalah *polyester* tipe Yukalac BQTN-157 dengan katalis MEKPO (*methyl ethyl ketone peroxide*).
 - b. Jumlah katalis adalah 1% dari matriks.
 - c. Serat komposit bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*) disusun dengan arah orientasi serat searah.
 - d. Fraksi volume serat 40%.
 - e. Lama proses perebusan bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*) adalah selama 3 jam.
 - f. Kadar larutan NaOH untuk proses perebusan bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*) adalah sebesar 5%.
 - g. Proses pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up*.

Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- **Alat**
 - Timbangan
 - Gerinda
 - Penggiling Adonan
 - Kuas
 - Pisau
 - Gelas Ukur
 - Sarung Tangan
 - Cetakan
 - Panci
- **Bahan**
 - Air
 - NaOH
 - *Unsaturated Resin Polyester Yukalac BQTN-157*
 - *Methyl Ethyl Keton Peroxide (MEKPO)*
 - Bambu Wulung
- **Instrumen**
 - *Universal Testing Machine*
 - Mikroskop Digital

Rancangan Penelitian



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Penulis melakukan penelitian eksperimen dengan membuat bahan komposit serat bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*). Jenis matriks yang digunakan adalah *polyester* merek Yukalac BQTN-157 dengan katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Keton Peroxide*).

Penguat komposit yang akan dibuat akan melalui proses pengeringan menggunakan *microwave oven* divariasikan dengan tanpa perlakuan, dan dengan perlakuan dalam daya pemanasan *microwave oven* sebesar 180 W, 300 W, dan 450 W selama 15 menit.

Setelah proses pengeringan selesai, dilakukan proses pembuatan komposit serat bambu wulung. Dalam pembuatan komposit serat bambu wulung, susunan orientasi menggunakan jenis orientasi searah dengan fraksi volume serat 40%. Proses pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up* kemudian dilakukan *press mold* terhadap bahan komposit. Tahap selanjutnya adalah menunggu bahan komposit mengering.

Setelah proses pembuatan komposit selesai dilakukan, Langkah berikutnya adalah memotong bahan komposit menjadi spesimen uji sesuai dengan standart ASTM D-368. Selanjutnya, masing-masing spesimen akan diuji tarik dengan lima spesimen untuk masing-masing variabel. Kemudian, hasil uji tarik dari spesimen akan

dilakukan pengamatan visual untuk menentukan jenis kegagalannya.

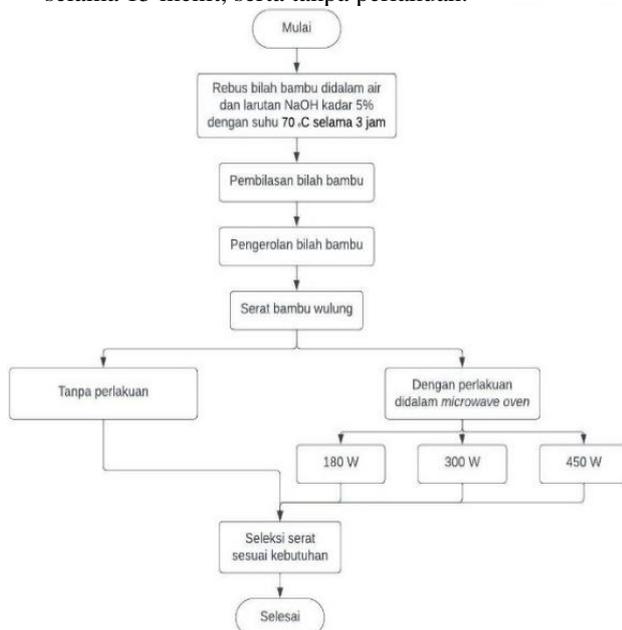
Hasil dari proses pengujian tarik adalah data uji tarik dalam satuan Kg yang kemudian dikonversikan dalam satuan Mpa. Dari data uji tarik yang ada kemudian dianalisa pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Variabel bebas meliputi tanpa perlakuan dan menggunakan perlakuan didalam *microwave oven* dengan variabel daya pemanasan sebesar 180 W, 300 W, dan 450 W. Penentuan variabel berdasarkan studi literatur dan penelitian relevan. Selain itu dilakukan pengamatan visual untuk mengetahui jenis kegagalan yang dialami oleh spesimen komposit serat bambu wulung guna mendukung hasil uji tarik. Pengamatan visual berupa hasil foto makro dan mikro.

Tahap akhir dari proses penelitian ini adalah menarik kesimpulan berdasarkan analisis data dan pembahasan yang sudah ada serta menyertakan saran untuk penelitian selanjutnya.

Proses pengolahan serat bambu wulung

Proses pengolahan serat bambu wulung dilakukan dengan cara yaitu sebagai berikut :

- merebus bilah bambu didalam air dengan suhu 70 °C selama 3 jam dengan ditambahkan larutan NaOH dengan kadar larutan sebesar 5%. Proses ini bertujuan melunakkan bilah bambu guna membantu melepaskan ikatan antar serat bambu.
- Setelah melalui proses perebusan bilah bambu, proses berikutnya adalah proses pembilasan bambu dengan cara direndam dalam air yang bertujuan menghilangkan kandungan NaOH yang tersisa secara bertahap.
- Tahap terakhir untuk proses pengambilan serat bambu adalah teknik pengerolan secara perlahan guna memecahkan ikatan antar serat bambu. Serat bambu wulung yang sudah didapatkan kemudian diberi perlakuan didalam *microwave oven* dengan variasi daya pemanasan sebesar 180 W, 300 W, dan 450 W selama 15 menit, serta tanpa perlakuan.



Gambar 2 Flowchart pengolahan serat bambu wulung

Proses Uji Densitas serat bambu wulung

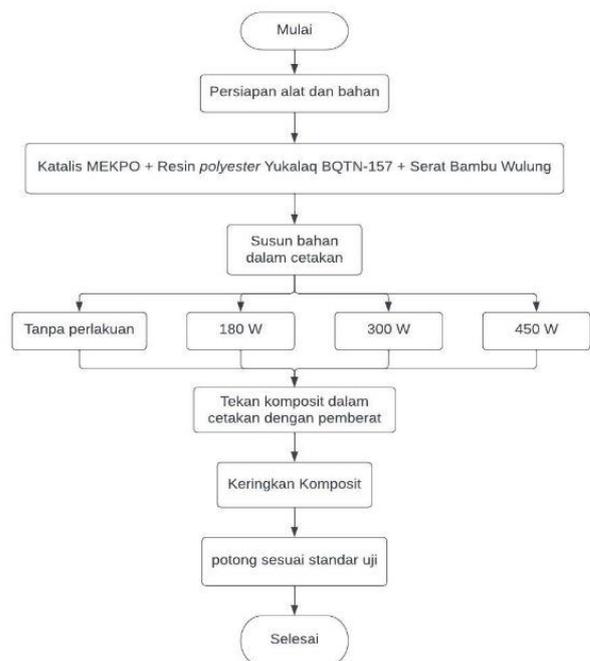
Untuk mengetahui volume serat bambu wulung secara pasti sangat sulit karena bentuk serat alam tidak beraturan. Untuk memudahkan menghitung kebutuhan serat yang diperlukan sebagai bahan komposit, diperlukan perubahan kebutuhan serat berdasarkan volume yang telah ditentukan menjadi kebutuhan serat berdasarkan massa yang telah ditentukan. Untuk merubah volume serat menjadi massa serat diperlukan uji densitas terhadap serat bambu wulung yang hasilnya digunakan untuk merubah kebutuhan serat berdasarkan volume menjadi kebutuhan serat berdasarkan massa. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Persiapkan serat yang massanya telah ditentukan
- Persiapkan gelas ukur yang telah diisi air dengan volume yang telah ditentukan
- Masukkan serat kedalam gelas ukur yang berisi air, kemudian catat pertambahan volumenya
- Ulangi Langkah c sebanyak 3x
- Hitung densitas serat bambu wulung dengan cara membagi hasil pertambahan volume air dalam gelas ukur yang telah dimasukkan serat bambu wulung dibagi massa serat sebelum dimasukkan kedalam gelas ukur.

Proses pembuatan komposit serat bambu wulung

Proses pembuatan bahan komposit dilakukan dengan metode *hand lay up* lalu dilakukan *press mold* terhadap bahan komposit. Resin yang digunakan adalah *polyester yukalac BQTN-157* dengan katalis *Methyl Ethyl Ketone Proxide (MEKPO)* dengan perbandingan resin dan katalis sebanyak 99 : 1 dengan fraksi volume serat sebesar 40%. Pembuatan komposit bambu wulung dilakukan berdasarkan variasi daya pemanasan *microwave oven* 180 W, 300 W, dan 450 W.

Langkah-langkah pembuatan komposit serat bambu wulung adalah sebagai berikut :



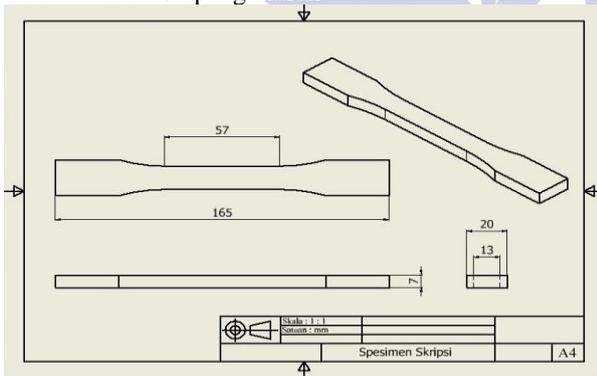
Gambar 3 Flowchart Proses pembuatan komposit serat bambu wulung

- Mempersiapkan bahan dan alat.
- Oleskan *mirrow glaze* pada seluruh permukaan cetakan yan akan terkena resin guana memudahkan pembongkaran cetakan komposit.
- Susun serat dalam cetakan sesuai dengan jenis orientasi dan fraksi volume serat yang telah ditentukan lalu, tuangkan resin campuran *polyester* dan katalis sesuai perbandingan yang telah ditentukan kedalam cetakan.
- Tutup cetakan dan beri pemberat untuk proses cetak tekan lalu biarkan sampai resin mengering.
- Keluarkan komposit dari cetakan kemudian potong komposit menggunakan gerinda sesuai dengan desain spesimen yang telah ditentukan
- Ulangi langkah c, d, dan e untuk membuat spesimen yang lain.

Prosedur Pengujian Tarik

Pengujian tarik dalam penelitian ini menggunakan standart *ASTM D638 "Standart Test Methode fot Tensile Properties of Plastic"*. Bentuk spesimen uji yaitu panjang dengan ukuran lebih lebar pada kedua ujung. Langkah yang dilakukan dalam uji tarik adalah sebagai berikut :

- Spesimen spesimen uji.
- Siapkan mesin uji tarik lalu dikalibrasi dahulu.
- Letakkan spesimen uji pada pada mesin uji tarik pastikan tercengkram dengan sempurna.
- Memutar pengontrol kecepatan pada *control panel*.
- Mengamati hasil pengukuran pada *monitor control*.
- Mencatat hasil pengukuran.



Gambar 4 Desain Spesimen Uji Sesuai Standar ASTM D-638

Prosedur Pengamatan Visual

Pengamatan visual dalam penelitian menggunakan metode foto mikro. Spesimen yang diamati yaitu spesimen uji setelah dilakukan uji tarik hingga putus. Langkah yang dilakukan dalam foto mikro adalah sebagai berikut :

- Letakkan spesimen pada meja pengamatan.
- Sambungkan kabel USB mikroskop digital dengan laptop.
- Buka aplikasi *Plugable Digital Viewer*.
- Atur fokus mikroskop digital sesuai perbesaran yang diinginkan,
- Ambil foto jika gambar sudah nampak jelas untuk diamati,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian Tarik

Tabel 1 Data pengujian kekuatan tarik komposit serat bambu wulung variasi tanpa perlakuan dan perlakuan dengan *microwave oven*

Variasi	Nomor Spesimen	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Tarik Rata-Rata (MPa)
Tanpa Perlakuan	1	9,3325	9,4791
	2	10,0007	
	3	8,9877	
	4	9,2894	
	5	9,7851	
Perlakuan Dengan Daya 180 W	1	26,144	26,8639
	2	26,9415	
	3	27,3725	
	4	27,3079	
	5	26,5535	
Perlakuan Dengan Daya 300 W	1	43,7314	43,9685
	2	44,572	
	3	43,3435	
	4	43,9254	
	5	44,2702	
Perlakuan Dengan Daya 450 W	1	57,547	58,2884
	2	58,4738	
	3	57,9565	
	4	58,8833	
	5	58,5816	

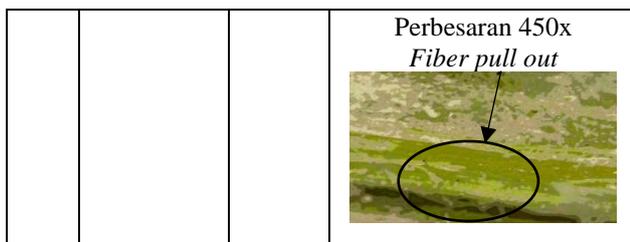
Pengujian dilakukan lima kali setiap variabel perlakuan serat Nilai kekuatan tarik komposit serat tanpa perlakuan dengan *microwave oven* pada spesimen 1 adalah 9,3325 MPa, spesimen 2 adalah 10,0007 MPa, spesimen 3 adalah 8,9877 MPa, spesimen 4 adalah 9,2894 MPa, dan spesimen 5 adalah 9,7851 MPa. Nilai kekuatan tarik komposit serat perlakuan dengan *microwave oven* dengan daya sebesar 180 W pada spesimen 1 adalah 26,144 MPa, spesimen 2 adalah 26,9415 MPa, spesimen 3 adalah 27,3725 MPa, spesimen 4 adalah 27,3079 MPa, dan spesimen 5 adalah 26,5535 MPa. Nilai kekuatan tarik komposit serat perlakuan dengan *microwave oven* dengan daya sebesar 300 W pada spesimen 1 adalah 43,7314 MPa, spesimen 2 adalah 44,572 MPa, spesimen 3 adalah 43,3435 MPa, spesimen 4 adalah 43,9254 MPa, dan spesimen 5 adalah 44,2702 MPa. Nilai kekuatan tarik komposit serat perlakuan dengan *microwave oven* dengan daya sebesar 450 W pada spesimen 1 adalah 57,547 MPa, spesimen 2 adalah 58,4738 MPa, spesimen 3 sebesar 57,9565 MPa, spesimen 4 adalah 58,8833 MPa, dan spesimen 5 adalah 58,5816 MPa. Rata-rata (*Mean*) nilai kekuatan tarik komposit serat bambu wulung tanpa perlakuan dengan *microwave oven* adalah 9,4791 MPa, komposit serat bambu wulung perlakuan dengan *microwave oven* dengan daya sebesar 180 W adalah 26,8639 MPa, komposit serat bambu wulung perlakuan dengan *microwave oven* dengan daya sebesar 300 W adalah 43,9685 MPa dan, komposit serat bambu wulung perlakuan dengan *microwave oven* dengan daya sebesar 450 W adalah 58,2884 MPa.

Data Pengamatan Visual

Pengambilan data pengamatan visual terhadap spesimen komposit serat bambu wulung dilakukan guna membantu analisa jenis kegagalan komposit serat bambu wulung dengan *matriks Polyester*. Hasil data pengamatan visual berupa foto makro dan foto mikro.

Tabel 2 Data Pengamatan Visual

No.	Variasi		Hasil Foto
1.	Tanpa Perlakuan Dengan Microwave Oven	Foto Makro	
		Foto Mikro	Perbesaran 50x <i>Debonding Fiber pull out</i>
			Perbesaran 250x <i>Fiber pull out</i>
			Perbesaran 450x <i>Fiber pull out</i>
2.	Perlakuan Dengan Microwave Oven Daya 180 W	Foto Makro	
		Foto Mikro	Perbesaran 50x <i>Void Debonding Fiber pull out</i>
			Perbesaran 250x <i>Debonding Fiber pull out</i>
		3.	Perlakuan Dengan Microwave Oven Daya 300 W
Foto Mikro	Perbesaran 50x <i>Debonding Fiber pull out</i>		
	Perbesaran 250x <i>Fiber pull out</i>		
	Perbesaran 450x <i>Fiber pull out</i>		
4.	Perlakuan Dengan Microwave Oven Daya 450 W	Foto Makro	
		Foto Mikro	Perbesaran 50x <i>Debonding Fiber pull out</i>
			Perbesaran 250x <i>Fiber pull out</i>



Analisa Statistik

• **Uji Normalitas**

Tabel 3 Uji Normalitas
Tests of Normality

Variasi	Statistic	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
KekuatanTarik	KekuatanTarik 1	.240	5	.200 [*]	.946	5	.708
	KekuatanTarik 2	.204	5	.200 [*]	.926	5	.572
	KekuatanTarik 3	.137	5	.200 [*]	.991	5	.984
	KekuatanTarik 4	.236	5	.200 [*]	.952	5	.751

Tabel uji normalitas menginformasikan masing-masing variabel terdistribusi normal atau tidak. Acuan untuk menentukan data tersebut terdistribusi normal atau tidak adalah sebagai berikut :

- Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka, data dinyatakan tidak terdistribusi normal.
- Jika nilai signifikansi lebih dari 0,05 maka, data terdistribusi normal.

Hasil pengujian normalitas data dengan metode Shapiro-Wilk menunjukkan masing-masing variabel memiliki nilai signifikansi diatas 0,05 sehingga dapat disimpulkan data hasil pengujian tarik komposit berpenguat serat bambu wulung terdistribusi normal.

• **Uji Homogenitas**

Tabel 4 Uji Homogenitas
Test of Homogeneity of Variances

KekuatanTarik	Based on	Levene	df1	df2	Sig.
		Statistic			
	Based on Mean	.203	3	16	.893
	Based on Median	.106	3	16	.955
	Based on Median and with adjusted df	.106	3	14.897	.955
	Based on trimmed mean	.190	3	16	.901

Tabel uji homogenitas menginformasikan sampel uji homogen atau tidak. Acuan untuk menentukan data tersebut homogen atau tidak adalah sebagai berikut :

- Jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka, berarti data tidak homogen.
- Jika nilai signifikansi lebih dari 0,05 maka, berarti data homogen.

Hasil pengujian homogenitas data menunjukkan nilai signifikansi sampel diatas 0,05 sehingga dapat dinyatakan data hasil pengujian tarik komposit berpenguat serat bambu wulung adalah homogen.

• **Uji Anova**

Tabel 5 Uji Anova
ANOVA

KekuatanTarik	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6699.042	3	2233.014	9454.100	.000
Within Groups	3.779	16	.236		
Total	6702.821	19			

Sebelum melakukan analisa dengan menggunakan anova tunggal peneliti terlebih dahulu menentukan

hipotesa berdasarkan studi literatur sebelum dapat menarik sebuah kesimpulan berdasarkan analisa anova, hipotesa yang diajukan adalah :

- Ho = Tidak ada pengaruh yang signifikan besar daya pemanasan *microwave oven* terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung dengan matriks *Polyester*.
- Ha = Ada pengaruh yang signifikan besar daya pemanasan *microwave oven* terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung dengan matriks *Polyester*.

Acuan untuk menentukan hipotesis dapat diterima atau tidak berdasarkan uji anova tunggal adalah membandingkan hasil F hitung pada uji anova dengan F tabel pada tabel F statistik. Dengan ketentuan sebagai berikut :

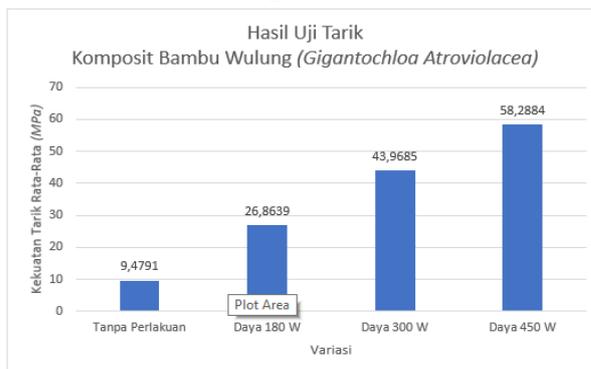
- Jika F hitung > F tabel, maka hipotesis dapat diterima.
- Jika F hitung < F tabel, maka hipotesis ditolak.

Nilai F hitung pada tabel 4.5 adalah 9454,100 dengan nilai signifikansi 0,000 sementara nilai F tabel ditentukan berdasarkan tabel F. Dalam uji anova ini menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang diperoleh dengan menghitung jumlah variabel kelompok dikurangi 1 sehingga nilai dk pembilang adalah 4 - 1 = 3; sedangkan dk penyebut diperoleh dengan total sampel dikurangi jumlah variabel kelompok sehingga nilai dk penyebut adalah 20 - 4 = 16. Dengan nilai dk pembilang 3 dan dk penyebut 16 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 3,24.

Berdasarkan analisa diatas, nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel pada masing-masing variabel sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima atau dengan kata lain ada pengaruh yang signifikan besar daya pemanasan *microwave oven* terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung dengan matriks *Polyester*.

Analisa Kekuatan Tarik

Gambar 5 Diagram Nilai Kekuatan Tarik Rata-Rata Komposit Serat Bambu Wulung Tanpa Perlakuan dan Perlakuan Dengan *Microwave Oven*



Nilai rata-rata kekuatan tarik berdasarkan nilai masing-masing daya pemanasan *microwave oven* memiliki nilai yang berbeda dari yang terendah sampai tertinggi yaitu, tanpa perlakuan sebesar 9,4791 MPa , dengan daya 180 W sebesar 26,8693 MPa , dengan daya 300 W

sebesar 43,9685 MPa dan, dengan daya 450 W sebesar 58,2884 MPa.

Perbedaan nilai kekuatan tarik dipengaruhi besar daya pemanasan didalam *microwave oven* yang dilakukan pada masing-masing variabel serat. Semakin besar daya pemanasan *microwave oven* yang diatur untuk memanaskan serat mengakibatkan peningkatan pada kekuatan tarik komposit. Hal tersebut terjadi karena daya pemanasan yang besar membantu membersihkan permukaan serat dari lapisan penyusun alami seperti lapisan lignin, dan hemiselulosa. Selain itu, kelembapan pada serat juga berkurang seiring dengan bertambahnya daya pemanasan *microwave oven*. Pada skala mikro terjadi proses vibrasi antar molekul serat akibat gelombang mikro yang dipancarkan oleh *microwave oven* yang mengakibatkan lapisan lignin terdegradasi dan pecahnya lapisan hemiselulosa (Romero et. al., 2023).

Perlakuan serat didalam *microwave oven* dengan daya 180 W menyebabkan sifat mekanik komposit mengalami peningkatan dibanding dengan tanpa perlakuan dengan *microwave oven*. Peningkatan kuat tarik disebabkan kekasaran permukaan yang lebih baik, yang meningkatkan ikatan antara serat dan matriks (Yudhanto, 2016). Namun, beberapa faktor berkontribusi terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung yang kurang optimal. Salah satunya adalah serat bambu wulung menumpuk di beberapa titik, sehingga menghasilkan kekuatan tarik antar titik yang berbeda sehingga menimbulkan tegangan geser pada sampel komposit. Selain itu, adanya rongga pada beberapa titik komposit juga menyebabkan penurunan kekuatan material komposit. (Ardianti, 2016).

Pada pemanasan serat dengan daya 300 W komposit serat bambu wulung mengalami peningkatan kekuatan tarik yang besar dibanding dengan komposit tanpa perlakuan. Hal ini disebabkan terjadinya penurunan kelembapan yang menjadikan permukaan serat menjadi lebih kasar sehingga meningkatkan ikatan antara serat dan matriks. Akan tetapi, masih ditemui penumpukan serat pada beberapa titik tertentu yang menyebabkan kekuatan tarik antara satu titik dan titik lainnya berbeda sehingga membentuk patahan secara acak.

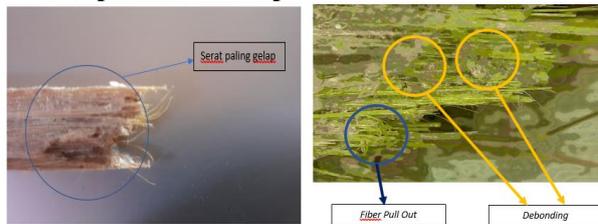
Perlakuan serat dengan daya 450 W mengakibatkan komposit serat bambu wulung menghasilkan kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 58,2884 MPa dibanding dengan komposit tanpa perlakuan yaitu sebesar 9,4791 MPa. Hal ini disebabkan serat tanpa perlakuan masih memiliki zat penyusun alami seperti lapisan lignin, lilin, dan lain-lain sehingga menutupi permukaan serat (Muhajir, 2016). *Microwave oven* mampu membersihkan permukaan serat dari zat penyusun alami sehingga menurunkan kelembapan pada serat dan meningkatkan kekasaran permukaannya (Mohammed, 2018). Serat dengan permukaan kasar menghasilkan ikatan yang lebih baik dengan matriks (Chalid, 2015).

Komposit serat bambu wulung dengan perlakuan serat dengan daya 450 W menghasilkan kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 58,2884 MPa. Dengan kekuatan tarik yang tinggi, komposit serat bambu wulung bisa direkomendasikan sebagai bahan untuk membuat bagian belakang kursi mobil yang selama ini terbuat dari plat besi.

Analisa Mekanisme Kegagalan

Untuk menentukan mekanisme kegagalan pada setiap spesimen setelah dilakukan pengujian tarik adalah melakukan pengamatan visual secara makro dan mikro.

• Komposit Serat Tanpa Perlakuan



Gambar 6 Foto Makro dan Foto Mikro spesimen uji tarik komposit tanpa perlakuan

Hasil foto makroskopis dan mikroskopis di atas menunjukkan bentuk patahan benda uji komposit serat bambu wulung tanpa perlakuan gelombang mikro. Patahan ini diawali retaknya matriks (*matrix crack*) kemudian terjadi *debonding* dan *fiber pull out* pada spesimen komposit. *fiber pull out* terjadi akibat serat tidak mampu mengikat matriks pada saat menerima beban yang menyebabkan serat terlepas kemudian patah (Wirawan, 2017). Sedangkan pada beberapa bagian patahan mengalami *debonding* karena ketidakmampuan matriks mengikat serat dengan baik sehingga ikatan antara serat dan matriks terlepas (Nugroho, 2017). Pada pengamatan makro patahan terjadi secara acak yang disebabkan penyusunan serat yang kurang rapi pada saat proses penyusunan serat pada cetakan komposit yang menyebabkan terjadinya tegangan geser pada komposit. Warna serat tampak cerah yang disebabkan serat memiliki zat penyusun alami dan kelembapan pada serat masih tinggi sehingga kekuatannya sangat rendah.

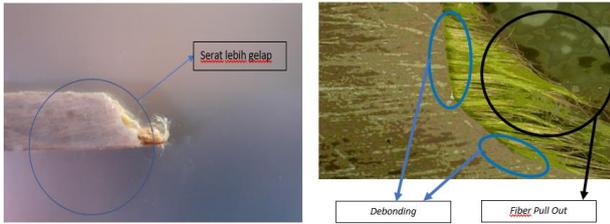
• Komposit Serat Dengan Perlakuan Daya 180 W



Gambar 7 Foto Makro dan Foto Mikro spesimen uji tarik komposit perlakuan daya 180 W

Hasil pengamatan mikro dan makro di atas menunjukkan bentuk patahan spesimen uji tarik komposit serat bambu wulung perlakuan dengan *microwave oven* daya 180 W. Berdasarkan pengamatan makro masih terdapat cacat *void* pada spesimen. Selain itu, patahan terjadi mendekati area penjepit mesin uji tarik akibat konsentrasi tegangan yang cukup besar pada area yang dijepit oleh mesin uji tarik pada saat dilakukan pengujian tarik. Warna serat sedikit lebih gelap yang menandakan kelembapan dan zat alami penyusun serat berkurang. Pada pengamatan mikro kegagalan diawali dengan retaknya matriks kemudian spesimen mengalami cacat *fiber pull out* dan *debonding* yang terjadi meskipun tidak terlalu sebesar spesimen komposit tanpa perlakuan karena adhesi antara serat dan matriks yang membaik.

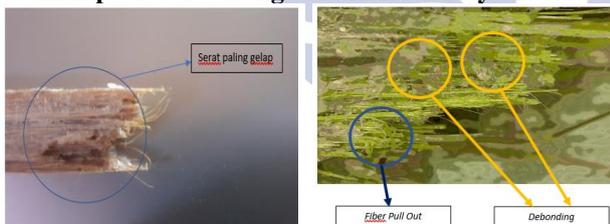
• **Komposit Serat Dengan Perlakuan Daya 300 W**



Gambar 8 Foto Makro dan Foto Mikro spesimen uji tarik komposit perlakuan daya 300 W

Hasil pengamatan mikro dan makro diatas menunjukkan bentuk patahan spesimen uji tarik komposit serat bambu wulung perlakuan dengan *microwave oven* daya 300 W. Pada pengamatan mikro kegagalan diawali dengan retaknya matriks kemudian terjadi cacat *fiber pull out* dan *debonding* yang terjadi meskipun lebih sedikit dibanding spesimen perlakuan dengan *microwave oven* daya 180 W. Hal ini disebabkan membaiknya ikatan antara serat dan matriks serta kelembapan serat yang berkurang. Pada pengamatan makro patahan acak terjadi karena beban geser yang terjadi tidak mampu diterima dengan baik oleh matriks sehingga serat tercabut secara acak (Armelia, 2010). Selain itu, terjadi penumpukan serat pada titik tertentu dikarenakan penyusunan serat kurang rapi pada saat proses penataan serat pada cetakan komposit yang menyebabkan terjadinya tegangan geser pada spesimen komposit sehingga terjadi patahan secara acak. Warna serat sedikit lebih gelap yang menandakan kelembapan dan zat alami penyusun serat berkurang.

• **Komposit Serat Dengan Perlakuan Daya 450 W**



Gambar 9 Foto Makro dan Foto Mikro spesimen uji tarik komposit perlakuan daya 450 W

Hasil pengamatan mikro dan makro diatas menunjukkan bentuk patahan spesimen uji tarik komposit serat bambu wulung perlakuan dengan *microwave oven* daya 450 W. Berdasarkan pengamatan makro masih terjadi patahan acak yang disebabkan penumpukan serat pada titik titik tertentu dan ketidakmampuan matriks menerima beban geser sehingga serat tercabut secara acak. Pada pengamatan mikro kegagalan diawali dengan retaknya matriks kemudian terjadi cacat *fiber pull out* dan *debonding* yang terjadi meskipun lebih sedikit dibanding spesimen uji tarik variasi perlakuan *microwave oven* dengan daya 300 W. Hal ini disebabkan daya pemanasan yang lebih tinggi dalam oven *microwave* dapat mengurangi kelembapan serat dan menurunkan penyusun alami serat seperti lignin dan lilin (Patra, 2012). Berkurangnya kelembapan dan terdegradasinya zat penyusun alami pada serat ditunjukkan dengan

warna serat yang dipanaskan dengan *microwave oven* lebih gelap dibanding serat yang tidak dipanaskan sehingga menjadikan permukaan serat menjadi kasar dan mampu meningkatkan adhesi antara serat dan matriks (Nafisah, 2019).

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh daya pemanasan *microwave oven* terhadap kekuatan tarik komposit bambu wulung (*Gigantochloa Atroviolacea*) dengan matriks *Polyester* dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penggunaan *microwave oven* berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung. Penggunaan *microwave oven* mampu menghilangkan zat penyusun alami pada permukaan serat yang menyebabkan permukaan serat menjadi kasar. Selain itu, *microwave oven* juga dapat menurunkan kelembapan pada serat yang menyebabkan ikatan antara serat dan matriks membaik sehingga nilai kekuatan tarik meningkat dibanding dengan serat tanpa pemanasan dalam *microwave oven*.
- Peningkatan daya *microwave oven* berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit serat bambu wulung. Semakin meningkatnya daya pemanasan *microwave oven* nilai kekuatan tarik semakin meningkat yang disebabkan kelembapan pada serat semakin turun dan permukaan serat semakin bersih dari zat penyusun alaminya sehingga permukaan serat semakin kasar. Hasil kekuatan tarik rata-rata komposit serat bambu wulung dengan perlakuan daya 180 W sebesar 26,8639 MPa, dengan perlakuan daya 300 W sebesar 43,9685 MPa, dan dengan perlakuan daya 450 W sebesar 58,2884 MPa.
- Mekanisme kegagalan pada komposit serat bambu wulung diawali dengan retaknya matriks kemudian terjadi cacat *fiber pull out* dan *debonding*. Hal ini disebabkan rendahnya kemampuan matrik mengikat serat ketika spesimen menerima gaya sehingga serat terlepas kemudian putus. Semakin besar daya pemanasan *microwave oven* semakin kecil cacat *fiber pull-out* dan *debonding* yang disebabkan membaiknya ikatan antara serat dan matriks. Bentuk patahan terjadi secara acak yang disebabkan matrik tidak mampu menerima beban geser sehingga serat tercabut secara acak.

Saran

- Saat proses pengolahan serat sebaiknya menggunakan alat pelindung diri yang lengkap karena uap NaOH yang ditimbulkan saat proses perebusan serat dan pemanasan serat dalam *microwave oven* dapat menimbulkan efek negatif bagi kesehatan.
- Proses pengerolan bilah bambu sebaiknya menggunakan mesin pengerol untuk mempercepat dan mengefisiensi tenaga yang dikeluarkan.

- Proses pencetakan komposit sebaiknya menggunakan metode *vacuum* untuk mengurangi cacat *void* pada spesimen komposit.
- Hindari penggunaan *microwave oven* dengan jumlah serat yang sedikit karena dapat menyebabkan serat terbakar dan bisa merusak *microwave oven* itu sendiri.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai lama pemanasan *microwave oven*, jenis serat yang dipanaskan dalam *microwave oven*, jenis matriks yang digunakan untuk bahan komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiati, Maya. 2016. Sintetis dan Karakterisasi Komposit Polyester Serat Daun Lontar Dengan penambahan Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄). Skripsi. Universitas Airlangga : Surabaya.
- Armelia, A., 2010. Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu Laminat Helai dan Wooven yang dibuat dengan Metode Manufaktur Hand Lay-Up. *ITB. Bandung*.
- ASTM International. 2003. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, Pennsylvania. West Conshohocken.
- Belwal, T., Cravotto, C., Prieto, M.A., Venskutonis, P.R., Daglia, M., Devkota, H.P., Baldi, A., Ezzat, S.M., Gómez-Gómez, L., Salama, M.M. and Campone, L., 2022. Effects of different drying techniques on the quality and bioactive compounds of plant-based products: A critical review on current trends. *Drying Technology*, 40(8), pp.1539-1561.
- Bledzki, A. K., Gassan J. 1999. *Composites reinforced with cellulose based fibres*, Jurnal Progress in Polymer Science, Volume 24 (02).
- Chalid, M. and Prabowo, I., 2015. The effects of alkalization to the mechanical properties of the ijuk fiber reinforced PLA biocomposites. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 9(2), pp.342-346.
- Efendi, N., 2015. Kaji Eksperimental Performansi Pengeraman Kampas Rem Serbuk Bambu sebagai Suplemen Materi Kajian Mata Kuliah Komposit di Prodi PTM JPTK FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Heryana, Pudya. 2019. Pengaruh Daya Pemanasan *Microwave Oven* Pada Serat Daun Nanas (*Agave Cantala*) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Dengan Matriks *Epoxy*. Universitas Brawijaya.
- Mohammed, A.A., Bachtiar, D., Rejab, M.R.M. and Siregar, J.P., 2018. Effect of microwave treatment on tensile properties of sugar palm fibre reinforced thermoplastic polyurethane composites. *Defence Technology*, 14(4), pp.287-290.
- Mohammed, Layth & Ansari, M.N.M & Pua, Grace & Jawaid, Mohammad & Islam, Md. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of Polymer Science*. Selangor: Departement of Chemistry Faculty of Science, Universiti Putra Malaysia
- Muhajir, M. 2016. Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. Universitas Negeri Semarang: Semarang
- Nafisah, H., 2019. *Pengaruh Alkalisasi Dengan Larutan Naoh Berbantu Gelombang Mikro Terhadap Sifat Mekanik Dan Morfologi Serat Sabut Kelapa* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Nugroho, G.E. 2017. Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Tandani Kosong Kelapa Sawit Menggunakan NaOH dengan fraksi Volume 4%, 6% dan 8%. Skripsi. Universitas Santa Dharma : Yogyakarta.
- Patra, A., Bisoyi, D.K., Manda, P.K. and Singh, A.K., 2013. Effect of microwave radiation on the macromolecular, morphological and crystallographic structures of sisal fiber. *Applied Physics A*, 112, pp.1063-1071.
- Romero-Zúñiga, G.Y., Sánchez-Valdés, S., Sifuentes-Nieves, I., Yáñez-Macías, R., González-Morones, P. and Hernández-Hernández, E., 2023. Study of the microwave-assisted hydrothermal extraction of polysaccharides from agave fiber: production of hollow cellulose fibers. *Cellulose*, pp.1-13.
- Rout, J., Misra, M., Tripathy, S. S., Nayak, S. K., Mohanty, A. K., "The Influence of Fibre Treatment on The Performance of Coir-Polyester Composites". *Composites Science and Technology*. Volume 61 (09).
- Sugiyono, 2018, *Metode penelitian, kualitatif, kuantitatif dan R&D*. cetakan ke-28, bandung: Alfabeta
- Widjaja, E.A. 2001. Identifikasi Jenis-Jenis Bambu Di Jawa. Bogor: Laporan Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi LIPI.
- Wirawan, W.A., Setyabudi, S.A. and Widodo, T.D., 2017, October. Pengaruh Jenis Matrik Terhadap Sifat Tarik pada Natural Fiber Komposit. In *Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN)* (Vol. 3, No. 01, pp. 29-34).
- Yudhanto, F. and Wisnujati, A., 2016. Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Wettability Serat Alam Agave Sisalana Perrine. *ReTII*.