



Analisis Sifat Mekanik Material Berpenguat Serbuk Biji Alpukat dan Serbuk Tempurung Kelapa Bermatriks Getah Pinus

Arif Firmansyah, Indah Nurpriyanti, SPd., MSc.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email:@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik material komposit berbasis resin alami getah pinus dengan penguat berupa serbuk tempurung kelapa dan serbuk biji alpukat. Kedua serbuk tersebut merupakan limbah biomassa yang memiliki kandungan lignoselulosa tinggi dan potensial sebagai filler ramah lingkungan. Serbuk diayak pada ukuran mesh 200–300 dan dicampur dalam resin dengan variasi fraksi berat 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Proses pembuatan komposit menggunakan metode cetak terbuka (open molding), kemudian dilakukan pengujian mekanik berupa uji impact. Hasil menunjukkan bahwa serbuk biji alpukat memberikan peningkatan stabil dan signifikan terhadap daya serap energi komposit, dengan performa terbaik pada variasi 10% dan 20% (rata-rata 1,843 Joule). Sebaliknya, serbuk tempurung kelapa menghasilkan energi serap yang cenderung tidak konsisten, menunjukkan keterbatasan dalam kemampuan ikatan antar komponen komposit. Penelitian ini membuktikan bahwa serbuk biji alpukat lebih efektif dibandingkan serbuk tempurung kelapa sebagai filler dalam komposit berbasis resin alami.

Kata kunci: material komposit, serbuk biji alpukat, serbuk tempurung kelapa, getah pinus, uji impact

ABSTRACT

This research aims to analyze the mechanical properties of composite materials based on natural pine resin, resin with reinforcers in the form of coconut shell powder and avocado seed powder. Both powders are biomass waste which has a high lignocellulose content and has potential as an environmentally friendly filler. The powder was sieved at a mesh size of 200-300 and mixed in resin with varying weight fractions of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. The composite manufacturing process uses an open molding method, the mechanical testing is carried out in the form of an impact test. The results show that avocado seed powder provides a stable and significant increase in the energy absorption capacity of the composite, with the best performance at variations of 10% and 20% (average 1,843 joules). In contrast, coconut shell powder produces absorption energy that tends to be inconsistent, indicating limitations in the bonding ability between composite components. This research proves that avocado seed powder is more effective than coconut shell powder as a filler in natural resin based composites.

Keywords: composite material, avocado seed powder, coconut shell powder, pine resin, impact test



PENDAHULUAN

Material komposit belakangan ini sangat ramai dibicarakan, dari material komposit ini dapat melahirkan material baru yang dapat menggantikan material yang tidak ramah lingkungan. Komposit dari matrik epoksi dengan penguat serat alam sedang dikembangkan, karena serat sintetis sulit terurai secara alami (Suryawan *et al.*, 2019). Mengingat bumi sudah menua dan terlalu banyaknya sampah yang sulit untuk terurai. Akibat dari bahan yang sulit terurai sangat berbahaya untuk kelangsungan bumi saat ini dan di masa mendatang, banyak dampak yang sering ditimbulkan yakni bencana alam, dan membuat kerusakan bumi lainnya.

Di antara sekian banyak manfaat material komposit adalah peningkatan kekuatannya, kemampuannya menahan korosi dalam kondisi tertentu, dan penggunaan bahan baku yang mudah diakses. Material komposit mengungguli material logam dalam hal kekuatan tarik. Material komposit memiliki banyak keunggulan, termasuk kepadatan rendah, kualitas mekanis yang baik, kinerja seperti logam, ketahanan terhadap korosi, dan kemudahan pembuatan. Karena material komposit yang diperkuat serat, khususnya fiberglass, bersifat inert secara kimia (dapat diaplikasikan di lingkungan umum maupun kelautan), ringan, kuat, mudah dibentuk, dan harganya terjangkau, material ini menjadi sangat istimewa dan populer di industri kelautan dan perikanan untuk pembuatan kapal (Ruzuqi & Waas, 2021). Penggunaan material komposit terbesar yaitu pada tahun 1985.

Dibutuhkannya pengetahuan mengenai material komposit sangat penting, dalam penelitian ini material komposit yang digunakan yaitu dari bahan baku getah pinus dan serbuk biji alpukat dengan serbuk tempurung kelapa. Penggunaan bahan pembasah diperlukan karena komposit antar bahan penyusunnya harus terikat kuat karena perbedaannya Wibowo, R. D. (2016). Dari bahan baku tersebut dapat menghasilkan produk pengganti plastik dan besi yang ramah lingkungan akan tetapi tetap memperhatikan ketahanan produk. Bahan baku yang digunakan cukup mudah ditemui, sehingga masyarakat dapat mengikuti dengan mudah. Material komposit hanya dikenal untuk menjadi karbon kevlar yang harganya sangat tinggi. Akan tetapi, material komposit ini juga dapat diubah menjadi sesuatu yang berguna dalam kehidupan sehari-hari dengan harga yang terjangkau.

Komposit adalah jenis material manufaktur baru yang terdiri dari dua atau lebih komponen yang karakteristik fisik dan kimianya berbeda satu sama lain dan tetap terlihat jelas pada produk jadinya (material komposit). Bahan pembasah harus digunakan karena komposit antar komponen harus terikat kuat akibat variasi material penyusunnya Wibowo, R. D. (2016).

Banyak metode yang digunakan dalam pembuatan material komposit, sehingga material komposit ini tidak sembarang menggunakan metode dalam prosesnya. Metode dalam proses tersebut yaitu *spray lay-up*, *vacuum bag moulding*, *filament winding*, *resin transfer molding*, *resin injection molding*, *resin film infusion*, *compression molding*, *injection molding*, *hybrid injection-molding*, dan *pultrusion*. Dalam bahan baku juga harus memiliki

dua komponen yang wajib ada yaitu matriks dan penguat. Hal tersebut saling mendukung dalam pembentukan material komposit yang unggul.

Tujuan dari penelitian ini yaitu dapat menemukan material komposit yang baru dan dapat mengetahui tingkat kualitas material komposit. Dengan menggunakan metode Tarik dan *impact*, dengan menggunakan bahan baku, dan proses yang sudah dijelaskan peneliti.

Penjelasan Langkah proses penelitian:

a. Mulai

Dimulai di awal percobaan tugas pendahuluan dan penelitian.

b. Ide Penelitian

Mencari, membaca, membandingkan dan mengkaji dari setiap jurnal, halaman web, artikel ilmiah, buku dan beberapa narasumber yang berkaitan dengan material komposit

c. Studi Literatur

Mencari literatur tentang material komposit yang bisa didapatkan dari jurnal yang ada di google scholar

d. Studi Lapangan

Mencari literatur yang sudah menguji coba dari material komposit dan dilakukan pengecekan terhadap bahan fenomena yang ada

e. Rumusan Masalah

Menentukan rumusan masalah bagaimana aspek getah pinus dan juga serbuk alpukat dalam membentuk material komposit

f. Uji Coba Material Komposit

Melakukan uji coba dengan menggunakan beberapa petunjuk atau referensi dari berbagai jurnal dan literatur.

g. Variabel Pengujian

Menentukan variabel pengujian dengan perbedaan massa serbuk alpukat dan juga massa getah pinus dalam mendapatkan hasil yang maksimal dengan pengujian *impact* dan juga uji tarik

h. Pengambilan Data

Mengambil dan mengumpulkan data dari beberapa percobaan.

i. Analisa Data dan Pembahasan

Menganalisa dan mengolah data dari hasil percobaan, kemudian didapatkan hasil yang kemudian dirapikan dengan tabel.

j. Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan hasil percobaan, dan memberikan saran kepada pengujian selanjutnya.

k. Selesai

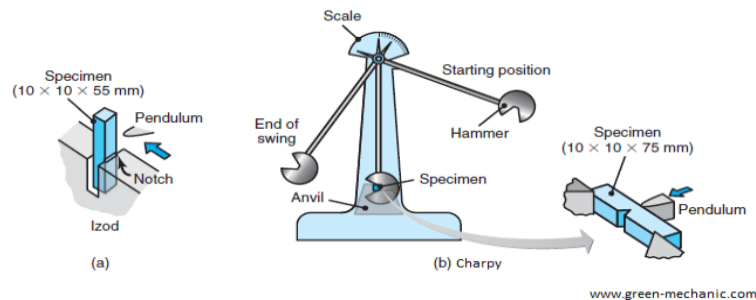
Pengujian telah selesai dimana tujuan dan manfaat telah tercapai.

1. Perencanaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh performa optimal dari material komposit. Saat ini, pengembangan material komposit berbasis bahan alam masih tergolong langka. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pencampuran bahan yang memiliki sifat mengeras pada suhu ruang sesuai kebutuhan, namun akan mencair apabila terkena panas berlebih. Sifat ini berbeda dengan resin konvensional yang justru mengeras saat terpapar suhu tinggi. Material ini sangat cocok digunakan dalam kondisi suhu ruang, sehingga berpotensi menggantikan fungsi kayu sebagai bahan dasar furnitur seperti meja dan kursi. Hal ini penting

mengingat ketersediaan kayu di Indonesia semakin menurun, sementara limbah plastik terus meningkat dan sulit terurai secara alami. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, dengan berbagai uji laboratorium untuk mendapatkan hasil terbaik sesuai spesifikasi yang diinginkan. Diharapkan, material ini dapat dimanfaatkan secara luas untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia serta memberikan dampak positif bagi lingkungan dan kehidupan sehari-hari.

Uji *Impact* Pengujian *Impact* adalah eksperimen yang digunakan untuk mengukur kemampuan material dalam menahan beban kejut. Beban bandul yang diayunkan dari ketinggian tertentu, menghantam benda kerja dan menyebabkannya mengeras, merupakan dasar untuk uji impak ini. Uji impak dapat dilakukan dengan dua cara berbeda: teknik Charpy dan metode Izod, yang dapat digunakan dengan atau tanpa takik-V pada spesimen yang telah dimodifikasi untuk memenuhi persyaratan pengujian material. (Suarsono, 2017)



Gambar 1 Pengujian *impact*

Ketahanan benturan (HI) ditentukan oleh uji yang mengukur jumlah energi yang diserap material untuk pecah. ASTM D256 setara dengan peringkat ketahanan benturan material yang dievaluasi menggunakan teknik Charpy:

Takikan digunakan untuk memberikan titik fokus patah dan menjadikan spesimen lebih sensitif untuk patah.

a. Luas Penampang

Luas Penampang adalah bagian spesimen yang diukur setelah pengujian.

Persamaannya sebagai berikut :

$$A = L \times T \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

A = Luas penampang (mm²)

L = Lebar spesimen (mm)

T = Tebal spesimen (mm)

b. Energi yang diserap Selain itu juga pengujian impak ini juga dapat mengetahui berapa energi yang diserap oleh spesimen. Persamaannya sebagai berikut:

$$E = M. g. (h-h') \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

E = Energi (joule)

M = Massa pendulum (kg)

h = Tinggi jatuh (m)

h' = Tinggi ayun (m)

2. Proses Pembuatan

Proses pembuatan sendiri hal yang pertama timbang resin getah pinus lalu panaskan oven sebelumnya tempatkan bahan getah pinus kedalam bahan yang anti panas dan lengket kemudian campurkan kedua bahan serbuk biji alpukat dan serbuk tempurung kelapa kemudian panaskan kedua bahan untuk mencairkan getah pinus dan ketika sudah terlihat mencair dari getah

pinus pada suhu 130c selama 10 menit kemudian campurkan kedua bahan lalu aduk supaya hasil kedua bahan merata kemudian masukan ke dalam cetakan dan tunggu hingga mengeras untuk kedua bahan tersebut.

3. Uji Coba Bahan

Pengujian sendiri yaitu uji *impact* pengujian tersebut menggunakan pengujian yang berstandar (ASTM) untuk mendapatkan kekuatan yang berstandar *international* dari material komposit tersebut. diuji dengan standar uji *impact* ASTM D256 (Untuk metode izod) dan ASTM D5942 (untuk metode *charpy*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut Tahapan dalam pembuatan spesimen komposit

1. Persiapan Alat



Gambar 2 Pengayakan serbuk

Pada bagian ini pertama kita melakukan pengayakan terhadap serbuk biji alpukat dan serbuk tempurung kelapa untuk pembuatan spesimen uji dimesh 200-300



Gambar 3 Proses penimbangan spesimen

Bagian ini merupakan penimbangan resin getah pinus untuk dicampur dengan serbuk biji alpukat dan serbuk tempurung kelapa dengan berat partikel 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.



Gambar 4 oven

Setelah proses penimbangan resin getah pinus dan serbuk biji alpukat lalu kita panaskan di oven dengan suhu 130°C selama 10 menit



Gambar 5 cetakan spesimen

Kemudian setelah dioven selama 10 menit di suhu 130° c tuangkan spesimen yang cair kedalam cetakan dan tunggu sampai dingin lalu diproses menjadi spesimen

Gambar 6 pengujian *impact*

Setelah sudah menjadi spesimen kemudian kita ke pengujian *impact* ASTM D256.

2. Pengujian *Impact*

Dengan spesimen uji ASTM D4812 yang dibuat di laboratorium komposit teknik mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, pengujian impak dilakukan menggunakan metode Charpy di laboratorium material Departemen Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang (POLINEMA). Hasil pengukuran sebelum dan sesudah pengujian dicatat dalam tabel di bawah ini:

Tabel 1 Analisis Data

Ukuran partikel (mesh)	Variasi penguat	Spesimen	p (mm)	b (mm)	t (mm)	A (mm ²)	Sudut Awal	Sudut Akhir
200-300 mesh		Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	89,1
	5%	Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	89,0
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	89,6
		Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	88,8
	10%	Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	88,5
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	88,7
		Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	89,0
	15%	Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	89,1
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	89,4
		Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	88,9
	20%	Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	88,8
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	88,6
		Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	88,8
	25%	Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	89,0
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	88,4

Note :

M : 8,3 kg

L : 0,62

Serbuk Tempurung Kelapa

1. Energi yang diserap

Data perhitungan energi yang diserap oleh spesimen dari berbagai macam variasi dengan ukuran *mesh* 200-250, 250-300 dengan variasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% mur melalui perlakuan uji *impact*. Pembuatan spesimen ini dengan cara pengadukan 15 rpm Dalam mencari nilai energi yang diserap menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = m \times g \times h(\cos\beta - \cos\alpha)$$

Keterangan:

- E : Energi yang diserap
 m : berat pendulum 8,3 kg
 h : Lengan pendulum 0,62
 mg : Gravitasi bumi 9,81 m/s²
 $\cos \alpha$: Sudut awal pendulum
 $\cos \beta$: Sudut akhir pendulum

Setelah mendapatkan data nilai dari perhitungan dan penerapan rumus dalam mencari nilai energi yang diserap dan harga impact, nilai yang didapat akan dicantumkan ke dalam tabel hasil perhitungan uji dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 2 hasil perhitungan data impact semua variasi

Ukuran partikel (mesh)	Variasi penguat	Spesimen	E (joule)	HI (j/mm ²)
200-300 mesh	5%	Spesimen 1	0,79	0,00
		Spesimen 2	0,88	0,01
		Spesimen 3	0,35	0,00
		Rata-rata	0,673	0,004
	10%	Spesimen 1	1,05	0,01
		Spesimen 2	1,32	0,01
		Spesimen 3	1,14	0,01
		Rata-rata	1,17	0,007
	15%	Spesimen 1	0,88	0,01
		Spesimen 2	0,79	0,00
		Spesimen 3	0,52	0,00
		Rata-rata	0,73	0,004
	20%	Spesimen 1	0,96	0,01
		Spesimen 2	1,05	0,01
		Spesimen 3	1,23	0,01
		Rata-rata	1,08	0,007
	25%	Spesimen 1	1,05	0,01
		Spesimen 2	0,88	0,01
		Spesimen 3	1,40	0,01
		Rata-rata	1,11	0,007

Gambar 7 hubungan energi yang diserap terhadap serbuk tempueung kelapa 5 variasi

Dari grafik tabel 7 pada spesimen dengan pembentukan menggunakan ukuran partikel termoset 200-300 mesh dengan variasi penguat termoset 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, Spesimen memiliki nilai rata - rata energi yang diserap tertinggi yaitu 1,17 Joule. Sedangkan pada variasi penguat 5% mengalami penurunan drastis energi yang diserap menjadi 0,673 Joule. Hal ini kurang sempurna matrix dalam mengikat jumlah partikel penguat sehingga ketika terkena hantaman pendulum matrix dan filler tidak begitu mampu menahan Table 7 yang besar

Serbuk Biji Alpukat**1. Energi yang diserap**

Data perhitungan energi yang diserap oleh spesimen dari berbagai macam variasi dengan ukuran *mesh* 200-250,250-300 dengan variasi 5%,10%,15%,20%,25% mur melalui perlakuan uji *impact*. Pembuatan spesimen ini dengan cara pengadukan 15 rpm Dalam mencari nilai energi yang diserap menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = m \times g \times h (\cos\beta - \cos\alpha)$$

Gambar 8 Analisa Data

Ukuran partikel (mesh)	Variasi penguat	Spesimen	p (mm)	b (mm)	t (mm)	A (mm ²)	Sudut Awal	Sudut Akhir
200-300 mesh	5%	Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	88,8
		Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	88,2
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	88,4
	10%	Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	87,8
		Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	88,0
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	87,9
	15%	Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	88,0
		Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	88,2
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	88,6
	20%	Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	87,9
		Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	87,8
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	88,0
	25%	Spesimen 1	63,5	12	12	144	90	88,4
		Spesimen 2	63,5	12	12	144	90	88,0
		Spesimen 3	63,5	12	12	144	90	87,7

Note :

M : 8,3

kgL : 0,62

$$E = m \times g \times h (\cos\beta - \cos\alpha)$$

Keterangan:

E : Energi yang diserap

m : berat pendulum 8,3 kg

h : Lengan pendulum 0,62

mg : Gravitasi bumi 9,81 m/s²

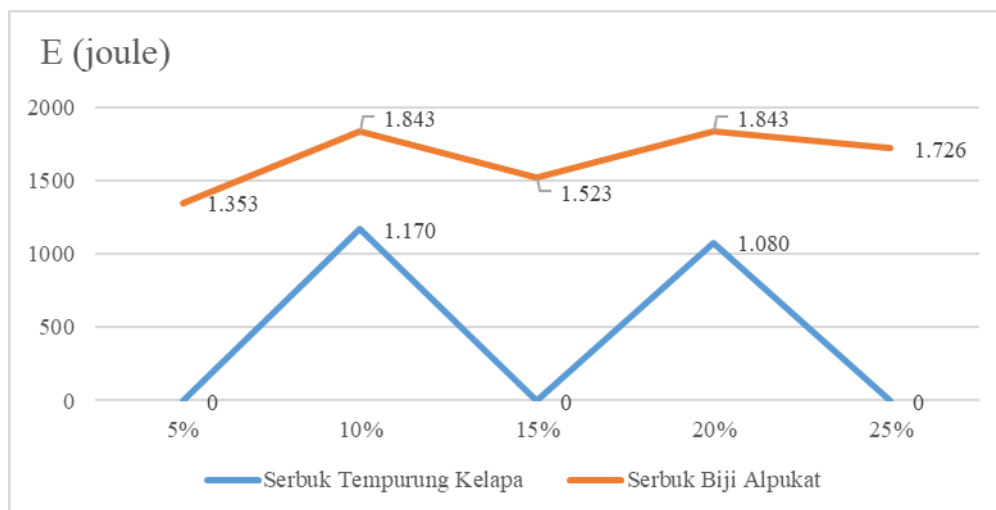
$\cos\alpha$: Sudut awal pendulum

$\cos\beta$: Sudut akhir pendulum

Setelah mendapatkan data nilai dari perhitungan dan penerapan rumus dalam mencari nilai E yang diserap dan harga impact, nilai yang didapat akan dicantumkan ke dalam tabel hasil perhitungan uji dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 3 hasil perhitungan data impact semua variasi

Ukuran partikel (mesh)	Variasi penguat	Spesimen	E (joule)	HI (j/mm^2)
200-300 mesh	5%	Spesimen 1	1,08	0,01
		Spesimen 2	1,58	0,01
		Spesimen 3	1,40	0,01
		Rata-rata	1,353	0,026
	10%	Spesimen 1	1,93	0,01
		Spesimen 2	1,76	0,01
		Spesimen 3	1,84	0,01
		Rata-rata	1,843	0,012
	15%	Spesimen 1	1,76	0,01
		Spesimen 2	1,58	0,01
		Spesimen 3	1,23	0,01
		Rata-rata	1,523	0,001
	20%	Spesimen 1	1,84	0,01
		Spesimen 2	1,93	0,01
		Spesimen 3	1,76	0,01
		Rata-rata	1,843	0,012
	25%	Spesimen 1	1,40	0,01
		Spesimen 2	1,76	0,01
		Spesimen 3	2,02	0,01
		Rata-rata	1,726	0,011



Gambar 9 hubungan energy yang diserap terhadap serbuk biji alpukat dengan 5 variasi

Grafik menunjukkan hubungan antara variasi kadar penguat (dalam persen) terhadap energy serap dalam satuan joule pada material komposit dengan dua jenis penguat yang berbeda serbuk tempurung kelapa (garis biru) dan serbuk biji alpukat (garis merah) variasi penguat 5%, 10%, 15%, 20% dan 25 %. energi yang ditampilkan adalah energy serap saat uji impact seberapa besar energy yang diserap material sebelum patah. hasil pengujian impact serbuk tempurung kelapa (garis biru) (5% 0 joule), (10% 1,17 joule), (15% 0 joule), (20% 1,080), (25% 0 joule) kesimpulan material dengan serbuk tempurung kelapa menunjukan struktur komposit sangat dipengaruhi oleh kadar filler dan kurang

konsisten. serbuk biji alpukat (garis merah), (5% 1,353 joule), (10% 1,843 joule), (15% 1,523 joule), (20% 1,726 joule) komposit dengan serbuk biji alpukat menunjukkan performa lebih stabil dan tinggi, energi serap tertinggi pada kadar 10% dan 20% dengan nilai 1,823 joule fluktuasi energi relatif kecil dan cenderung stabil. ukuran partikel 200-300 mesh serbuk biji alpukat lebih efektif sebagai penguat dibandingkan serbuk tempurung kelapa, energi serap menurun drastis pada kadar 5% karena pengisi terlalu sedikit dan tidak mampu menyatu dengan matrik dan kadar penguat yang terlalu banyak menyebabkan struktur komposit menjadi rapuh dan tidak menyerap secara optimal. komposit dengan serbuk biji alpukat terutama 10% dan 20% menunjukkan performa terbaik dalam uji impact dan komposit dengan serbuk tempurung kelapa menunjukkan hasil yang tidak konsisten dan cenderung lemah pemilihan jenis filler dan kadar penguat sangat mempengaruhi kemampuan material dalam menyerap energi benturan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Material komposit berbasis getah pinus dengan serbuk biji alpukat menunjukkan daya serap energi tertinggi pada variasi 10% dan 20%, masing-masing sebesar 1,843 Joule, menjadikannya pilihan optimal sebagai penguat.
2. Serbuk tempurung kelapa menghasilkan hasil yang fluktuatif dan kurang konsisten dalam menyerap energi benturan, terutama pada kadar 5% dan 15%.
3. Ukuran partikel 200–300 mesh terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja filler, terutama serbuk biji alpukat yang menghasilkan struktur komposit lebih stabil.
4. Kombinasi limbah organik dan resin alami dapat menjadi alternatif material komposit berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: uji impact tertinggi memiliki nilai tegangan maksimum rata-rata sebesar 1.823 MPa pada variasi 10% dan 20%. Hasil terbaik diperoleh pada uji impact, khususnya variasi 10% dan 20%, dengan nilai rata-rata sebesar 1.823 Joule. Nilai impact terendah diperoleh pada variasi 5%, dengan nilai rata-rata sebesar 0,637 Joule. Parameter kecepatan pengadukan adalah 15 putaran per menit, dan waktu pengadukan adalah 10 menit, dan suhu 150°C, kekuatan impact dengan variasi tertinggi 10% dan 20% kekuatan impact, setelah spesimen dimasukkan ke dalam cetakan, cairan penguat dan matriks yang diambil secara manual sebelum dimasukkan ke dalam cetakan hingga mengeras, akibatnya banyak debonding dan pull out terlihat pada pengujian impact, pada penelitian ini limbah biji alpukat dan tempurung kelapa yang digunakan hanya berfungsi sebagai pengisi (filler) bukan sebagai penguat (reinforcement).

Saran untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan mesin pengaduk otomatis dan tungku anti-lengket untuk meningkatkan homogenitas campuran dan menghindari pengerasan dini sebelum proses pencetakan. Perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pengaruh kecepatan pengadukan, waktu pencampuran, dan desain mata pengaduk agar distribusi filler lebih merata. Pengembangan material komposit serupa dapat diperluas untuk aplikasi struktural ringan atau pengganti plastik konvensional, sehingga mendukung upaya pengurangan limbah dan material sintetis

REFERENSI

- Beghuis, N. T., Tamako, P. D., & Supriadin, A. (2019). Pemanfaatan limbah biji alpukat (*Persea americana*) sebagai bahan baku biodiesel. *Jurnal AlKimiya*, 6(1), 36–45.
- Bledzki, A. K., Mamun, A., & Volk, J. (2010). Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Composites Science and Technology*, 70, 840–846.
- Feliana, K., Mursiti, S., & Harjono, H. (2018). Isolasi dan elusidasi senyawa flavonoid dari biji alpukat (*Persea americana* Mill.). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 153–159.
- Kusriani, R. H., Rahmawati, I., & Musfiroh, I. (2014). Karakterisasi pati biji buah durian, biji buah nangka, dan biji buah alpukat. *Jurnal Farmasi Galenika*, 1(1).
- Maryono, S., & Rahmawati. (2013). Pembuatan dan analisis mutu briket arang tempurung kelapa ditinjau dari kadar kanji. *Jurnal Chemica*, 14, 74–83.
- Nayiroh, N. (2013). *Teknologi material komposit*. Yogyakarta: Ebaltadi. Diakses dari <http://www.ebalta.de/rs/datasheet>
- Pugersari, D., Syarief, A., & Larasati, D. (2015). Eksperimen pengembangan produk fungsional bernilai komersial berbahan baku tempurung kelapa berusia muda dengan teknik pelunakan. *ITB Journal of Visual Art and Design*, 5, 74–91.
- Putra, F. G., Yusuf, A. A., & Wibowo, R. D. (2016). Pengaruh variasi berat filler karbon aktif tempurung kelapa terhadap struktur dan kekuatan tarik komposit.
- Ruzuqi, R., & Waas, V. D. (2021). Analisis kekuatan tarik dan impak material komposit polimer dalam aplikasi fiberboat. *ALE Proceeding*, 4, 121–126.
- Suryawan, I. G. P. A., Suardana, N. P. G., Suarsana, I. K., Lokantara, I. P., & Lagawa, I. K. J. (2019). Kekuatan tarik dan lentur pada material komposit berpenguat serat jelatang. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 12(1), 7–12.
- V. Mahendra, “Rosin Product Review,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 890, hal. 77–91, 2019.