

# ANALISIS KEKUATAN *IMPACT* KOMPOSIT *POLYESTER* BERPENGUAT SERBUK KAYU JATI DENGAN VARIASI FRAKSI VOLUME MATRIKS DAN *REINFORCEMENT*

Kadek Ariantika<sup>1</sup>, I Gede Wiratmaja<sup>2</sup>, I Nyoman Pasek Nugraha<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha

<sup>1</sup>[ariantikakadek2@gmail.com](mailto:ariantikakadek2@gmail.com)

<sup>2</sup>[wiratmaja@undiksha.ac.id](mailto:wiratmaja@undiksha.ac.id)

<sup>3</sup>[paseknugraha@undiksha.ac.id](mailto:paseknugraha@undiksha.ac.id)

**Abstrak**— Masalah terbesar yang dihadapi industri otomotif saat ini adalah terbatasnya sumber daya alam dan perlindungan lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan dan melaksanakan penelitian dan pemetaan bahan alternatif yang dapat mengurangi penggunaan bahan tidak terbarukan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serbuk kayu jati terhadap kekuatan impact komposit dengan matriks polimer polyester serta mengidentifikasi pola patahan. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen yang dikombinasikan dengan analisis statistik varian satu jalur untuk menguji hipotesis penelitian. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan kekuatan impact yang signifikan antara ketiga variasi spesimen yang diuji. Spesimen dengan variasi fraksi volume 20%:80% untuk serbuk kayu jati dan rejsinpolyestermempunyai kekuatan impact paling tinggi, sedangkan spesimen dengan variasi fraksi volume 30%:70% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester mempunyai kekuatan impact paling rendah. Selain itu dari pemeriksaan struktur mikroskopis pola patahan menunjukkan perbedaan pola patahan antar spesimen. Spesimen dengan variasi fraksi volume 0% (100% resin poliester) menunjukkan mekanisme patahan getas, sedangkan spesimen 10%:90%, 20%:80%, 30%:70% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester menunjukkan bahwa pola patahan yang muncul merupakan kombinasi kerapuhan dan patahan fibula yang disebut juga dengan patahan berserat.

**Kata Kunci**— Fraksi Volume; Impact Komposit; Matriks Polyester

**Abstract**— *The biggest problem facing the automotive industry today is limited natural resources and environmental protection. Therefore, it is very important to conduct and carry out research and mapping of alternative materials that can reduce the use of non-renewable materials. The aim of this research is to determine the effect of variations in the volume of teak wood powder on the impact strength of composites with a polyester polymer matrix and identify fracture patterns. This research uses an experimental design combined with one-way statistical analysis of variance to test the research hypothesis. The results showed that there were significant differences in impact strength between the variations of the three specimens tested. Specimens with variations in volume fraction of 20%:80% for teak wood powder and polyester resin have the highest impact strength, while specimens with variations in volume fraction of 30%:70% for teak wood powder and polyester resin have the lowest impact strength. Apart from that, examination of the microscopic structure of the fracture patterns shows differences in fracture patterns between specimens. Specimens with variations in volume fraction of 0% (100% polyester resin) show a brittle fracture mechanism, while specimens of 10%:90%, 20%:80%, 30%:70% for teak wood powder and polyester resin show that the fracture pattern that appears is a combination of fragility and fibular fracture which is also called a fibrous fracture.*

**Keywords**— *Volume Fraction; Composite Impact; Polyester matrix.*

## PENDAHULUAN

Masalah terbesar yang dihadapi industri otomotif saat ini adalah terbatasnya sumber daya alam dan perlindungan lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan dan melaksanakan penelitian dan pemetaan bahan alternatif yang dapat mengurangi penggunaan bahan tidak terbarukan. Penetapan tahun 2009 sebagai Tahun Serat Alam Internasional oleh PBB dan FAO mendorong Indonesia untuk memanfaatkan

potensi besar dan keserbagunaan serat alam. Karena potensi serat alam Indonesia yang besar dan serbaguna, negara ini mempunyai peluang untuk memanfaatkannya berdasarkan rencana aksi FAO, misalnya dengan meningkatkan penggunaan serat alam dalam industri komponen otomotif melalui teknologi desain.

Meskipun serat sintetis masih mendominasi dalam banyak penerapannya, penggunaan serat alami menjadi lebih umum sebagai langkah positif menuju perlindungan lingkungan.

Meski belum sepenuhnya menggantikan serat sintesis, namun penggunaan serat alami merupakan pilihan cerdas untuk mendukung kelestarian lingkungan. Keuntungan menggunakan serat alami dibandingkan serat sintesis adalah ketersediaan sumber alami yang mudah, ringan, ramah lingkungan sehingga mudah terurai secara hayati, dapat didaur ulang, dan kekuatan yang cukup tinggi. Salah satu contoh serat alam yang dapat digunakan pada material komposit adalah serbuk kayu jati.

Studi sebelumnya telah menginvestigasi penggunaan serat bambu dengan perlakuan alkali, seperti yang dilakukan oleh Kosjoko [1] yang meneliti tentang pengaruh Perendaman (NaOH) terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Tali Bambu (*Gigantochloa Apus*) dengan Matriks Poliester. Dari hasil pengujian diketahui bahwa komposit serat tali bambu yang tidak diberi perlakuan alkali memperoleh hasil terbaik dengan fraksi volume 20%, kuat tarik 14,1 kN/mm<sup>2</sup>, dan kuat lentur 20%. 6,2 kN/mm<sup>2</sup>. Sedangkan komposit tali serat bambu yang diberi perlakuan NaOH 5% selama 120 menit pada fraksi volume 40% menunjukkan peningkatan kinerja dengan kuat tarik 44,7 kN/mm<sup>2</sup> dan kuat lentur 21,9 kN/mm<sup>2</sup>. Hasil penelitian ini mengkonfirmasi bahwa perlakuan basa dengan larutan NaOH 5% dapat meningkatkan daya rekat fibromatriks per liter air suling yang digunakan.

Selanjutnya, Yudistira [2] melakukan analisis pengaruh perubahan waktu pada kegiatan alkali terhadap kekuatan impact komposit poliesteryang diperkuat dengan serat dari bambu. Penelitian ini melibatkan perlakuan dengan basa 5% selama 1 jam hingga 4 jam dan pemeriksaan mikroskopis terhadap pola patahan spesimen tumbukan. Kekuatan tumbukan eksperimental dan pola rekahan mikroskopis digunakan sebagai variabel terikat, dan durasi perlakuan basa sebagai variabel bebas. Hasil dari pengujian efek menunjukkan adanya peningkatan hingga 2 jam perlakuan basa, namun kemudian menurun setelah 3 jam dan 4 jam perlakuan.

Berikutnya Kusumastuti [3] melakukan penelitian tentang penggunaan serat sisal sebagai komposit polimer. Penelitian ini membuktikan bahwa serat sisal dapat berfungsi sebagai penguat yang efektif untuk polimer. Sifat mekanis dan sifat fisik serat sisal tidak hanya bergantung pada asal, posisi, dan usia tanaman tetapi juga tergantung pada kondisi eksperimen seperti diameter serat, panjang alat ukur, kecepatan, dan suhu pengujian. *Treatment* terhadap permukaan serat akan meningkatkan daya adhesi serat sisal terhadap matriks polimer serta menurunkan daya serap air

Nurhidayat [4] melakukan penelitian mengenai pengaruh fraksi volume serat cantula terhadap kekuatan impact komposit cantula-HDPE daur ulang sebagai bahan inti lantai yang ramah lingkungan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai massa jenis komposit HDPE limbah-cantula meningkat sebesar 10,86% dengan fraksi volume serat cantula antara 10%-90%. Dengan demikian, semakin tinggi fraksi volume HDPE limbah-cantula, maka nilai massa jenisnya juga akan meningkat. Dalam hal kekuatan dampak, peningkatan ketahanan sebesar 23,2% terjadi pada fraksi volume serat cantula antara 10% hingga 40%, sementara mengalami penurunan sebesar 20,48% pada fraksi volume serat cantula antara 40% hingga 90%.

Mastur [5] melakukan pembuatan pengaruh komposit serat pandan samak terhadap kekuatan tarik dan bending pada material bodi kendaraan. Adapun pengolahan serat daun pandan dengan membersihkan cara alami. Dari hasil uji tarik diketahui bahwa dengan bertambahnya presentase fraksi berat berpengaruh terhadap kekuatan tariknya. Komposit yang memiliki kekuatan tarik tertinggi pada fraksi berat adalah komposisi 40% nilai kekuatan tariknya sebesar 9,49 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah pada fraksi berat serat 30% sebesar 7,01 MPa.

Gapsari [6] meneliti tentang pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan lentur komposit resin berpenguat serbuk kayu. Hasil penelitian didapatkan bahwa komposit resin serbuk kayu ini cukup memadai untuk topeng komposit, komposisi terbaik adalah fraksi volume 30% *filler* kayu mahoni, dengan kekuatan tarik 2,082 kg/mm<sup>2</sup> modulus elastisitas paling tinggi 635,464 kg/mm<sup>2</sup>, kekuatan lentur tertinggi 45,68 N/mm<sup>2</sup>.

Mamur [7] melakukan pemanfaatan limbah serat tangkai sagu dipadukan denganserbuk gergaji kayu jati. Adapun pengujian yang digunakan adalah kekuatan bending dan kekuatan tarik, dari hasil kekuatan tarik tertinggi berada pada komposisi campuran 30:30 sebesar 31,059 N/mm<sup>2</sup> , yang terendah terdapat pada komposisi campuran 40:10 sebesar 18,136 N/mm<sup>2</sup>.

Penelitian ini dilakukan dalam rangka untuk mengetahui kekuatan impact pada bodi kendaraan khususnya E-Gadis (*Electric Ganesha Disabilities*) yang dikembangkan oleh mahasiswa pendidikan teknik mesin Undiksha angkatan 2018. Bodi kendaraan ini dibuat dengan menggunakan campuran serbuk kayu jati sebagai *reinforcement* dan resin polyester sebagai matriks. Dikarenakan belum adanya informasi mengenai tingkat keamanan bodi kendaraan E-Gadis saat mengalami benturann, maka penelitian ini dianggap penting untuk dilakukan sebagai salah satu kajian kekuatan bodi kendaran berbahan komposit berpenguat serat alam demi penyempurnaan penelitian kedepannya.

Dalam penelitian ini dipergunakan 3 variasi fraksi volume serbuk kayu jati dan resin polyester dengan variasi fraksi volume 10%:90%, 20%:80 dan 30%:70% dengan menggunakan metode susunan komposit jenis partikel. Nantinya akan didapatkan perbandingan kekuatan impact antara setiap variasi fraksi volume serbuk kayu jati dan resin poliester. Spesimen uji impact yang digunakan sudah sesuai dengan standar ASTM D6110-04.[8]

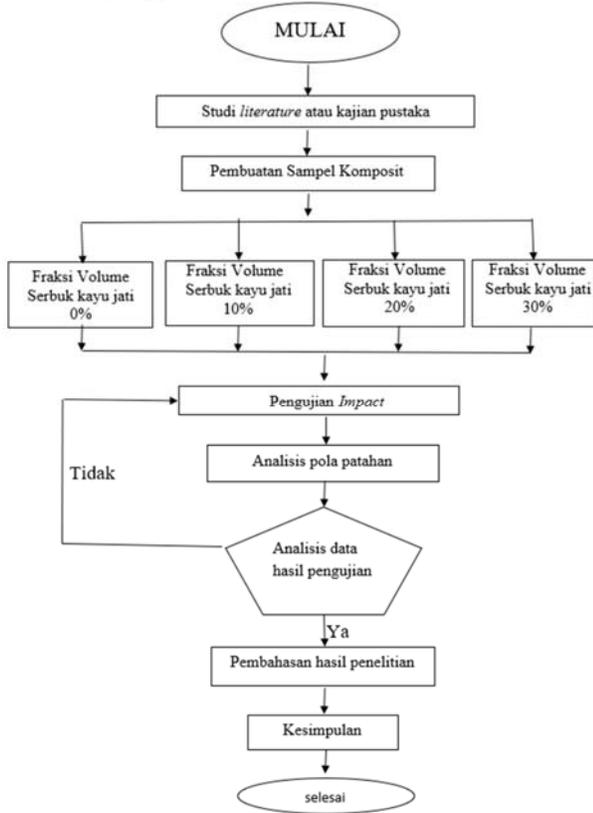
## METODE

Dalam menentukan metode penelitian, penting untuk merancang secara terperinci bagaimana penelitian akan dilaksanakan. Fred N. Kerlinger [9] dalam karyanya menjelaskan desain penelitian, juga dikenal sebagai rancangan penelitian, merupakan suatu strategi dan struktur investigasi yang disusun secara sistematis untuk memungkinkan peneliti mendapatkan jawaban dari aneka pertanyaan yang diajukan dalam penelitiannya. Rencana ini adalah kerangka kerja

menyeluruh yang mencakup semua aspek dari program penelitian secara keseluruhan.

Struktur karya penelitian dirancang sedemikian rupa sehingga peneliti mampu memberikan jawaban yang valid, obyektif, tepat dan efektif terhadap pertanyaan penelitian. Rencana penelitian merupakan kerangka acuan pendekatan penelitian dan dasar analisis data. Selain itu, desain penelitian memberikan pedoman dalam menentukan sampel yang tepat. Metode dalam penelitian eksperimental menggunakan dalam penelitian ini. Penelitian eksperimental yaitu jenis penelitian yang variabel-variabelnya sengaja diubah untuk menilai pengaruh manipulasi tersebut terhadap perilaku senyawa yang diteliti.

Dalam penelitian ini alur proses setiap tahapan penelitian dapat disajikan dengan jelas melalui diagram alur penelitian sesuai dengan gambar 1.



Gbr 1. Diagram Alir Penelitian (Sumber : Dok. Pribadi, Dok. 14, 2022)

**HASIL DAN DISKUSI**

**A. Hasil Pengujian Impact**

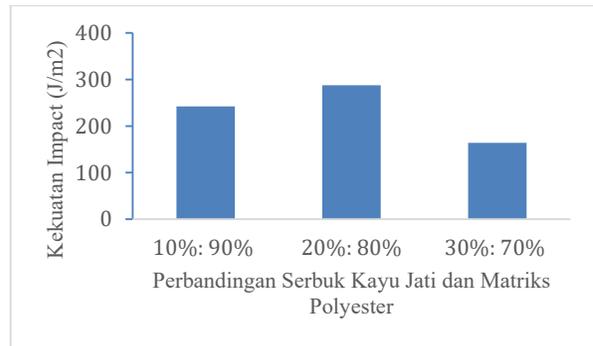
Untuk menilai berapa banyak energi yang dapat diserap sampel, dilakukan uji impak/tumbukan. Pada pengujian ini terdapat tiga variasi fraksi volume: 10%:90, 20%:80, 30%:70% untuk serbuk kayu jati dan resin poliester. Setiap variasi fraksi volume dibuat 15 spesimen, sehingga jumlah spesimen uji

impak untuk keseluruhan varisi berjumlah 45 spesimen. Setelah itu, dihitung rata-rata data hasil kekuatan impak seluruh dari sampel, dan ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Perbandingan Kekuatan Impact dengan Variasi Fraksi Volume Serbuk Kayu Jati-Resin Poliester.

(Sumber : Pengujian Spesimen di Lab. Teknik Universitas Udayana)

No. Spesimen	Data Hasil Kekuatan Impact			
	0% (Resin Polyester) (A1)	10% (Serbuk Kayu Jati) - 90% (Resin Polyester) (A2)	20% (Serbuk Kayu Jati) - 80% (Resin Polyester) (A3)	30% (Serbuk Kayu Jati) - 70% (Resin Polyester) (A4)
1	228,571 J/m <sup>2</sup>	228,571 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	200 J/m <sup>2</sup>
2	228,571 J/m <sup>2</sup>	200 J/m <sup>2</sup>	285,714 J/m <sup>2</sup>	171,429 J/m <sup>2</sup>
3	171,429 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
4	171,429 J/m <sup>2</sup>	285,714 J/m <sup>2</sup>	314,286 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
5	200 J/m <sup>2</sup>	228,571 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	171,429 J/m <sup>2</sup>
6	200 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	342,857 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
7	228,571 J/m <sup>2</sup>	228,571 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	171,429 J/m <sup>2</sup>
8	171,429 J/m <sup>2</sup>	285,714 J/m <sup>2</sup>	314,286 J/m <sup>2</sup>	200 J/m <sup>2</sup>
9	200 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	285,714 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
10	228,571 J/m <sup>2</sup>	228,571 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	171,429 J/m <sup>2</sup>
11	200 J/m <sup>2</sup>	200 J/m <sup>2</sup>	285,714 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
12	171,429 J/m <sup>2</sup>	228,571 J/m <sup>2</sup>	285,714 J/m <sup>2</sup>	200 J/m <sup>2</sup>
13	200 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	342,857 J/m <sup>2</sup>	171,429 J/m <sup>2</sup>
14	228,571 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	314,286 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
15	228,571 J/m <sup>2</sup>	228,571 J/m <sup>2</sup>	257,143 J/m <sup>2</sup>	142,857 J/m <sup>2</sup>
<b>Rata-rata</b>	<b>203,809 J/m<sup>2</sup></b>	<b>241,905 J/m<sup>2</sup></b>	<b>287,619 J/m<sup>2</sup></b>	<b>163,81 J/m<sup>2</sup></b>



Gbr 2. Perbandingan Nilai Kekuatan Impact Untuk Setiap Variasi Fraksi Volume

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dari gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa kekuatan impak tertinggi diperoleh pada variasi A3 (20%:80%) untuk serbuk kayu jati dan resin poliester dan kekuatan impak terendah diperoleh pada variasi A4 (30%:70%) untuk serbuk kayu jati dan resin poliester. Sementara itu untuk spesimen dengan 100% resin poliester tanpa campuran serbuk kayu jati diperoleh kekuatan impak sebesar 203.809 J/m<sup>2</sup> dimana secara persentase variasi A3 (20%:80%) mengalami peningkatan kekuatan impak sebesar 41% jika dibandingkan dengan variasi A1 (100% resin poliester).

**B. Gambar Makroskopik Pola Patahan Spesimen**

Setelah pengujian impak dilakukan, dilanjutkan dengan pemeriksaan struktur makroskopis untuk mengevaluasi pola patahan sampel. Uji makroskopis ini dilakukan untuk setiap variasi fraksi volume yang meliputi: 0% (Resin Poliester), 10% (Serbuk Kayu Jati) - 90% (Resin Poliester), 20% (Serbuk Kayu Jati) - 80% (Resin Poliester), dan 30% (Serbuk Kayu Jati) - 70% (resin poliester).

**Pola Patahan Spesimen Dengan Variasi Fraksi Volume 0% (100 % Resin Polyester)**

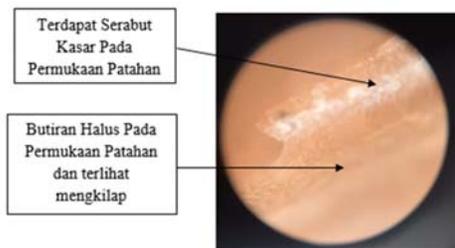
Pengujian struktur makro dengan fraksi volume 0% (resin poliester) menghasilkan permukaan patahan getas yang ditandai dengan permukaan patahan yang lebih halus dibandingkan dengan pola patahan puncak yang ditandai dengan butiran halus pada permukaan patahan benda uji yang sering disebut biasanya disebut *granular fracture* atau *cleavage fracture*. Gambaran struktur makro variasi fraksi volume 100 % resin polyester ditunjukkan pada gbr 3.



Gbr 3. Variasi Fraksi Volume yaitu 0% (Resin Polyester) (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

**Pola Patahan Spesimen Dengan Variasi Fraksi 10%:90% Untuk Serbuk Kayu Jati Dan Resin Polyester**

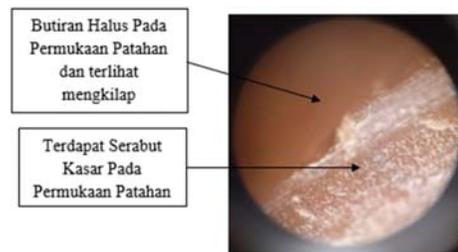
Pengujian struktur makro pada variasi fraksi volume yaitu 10% (Serbuk Kayu Jati) - 90% (Resin Polyester) memiliki kombinasi pola patahan yang terdiri dari patahan getas dan patahan serat, yang juga dikenal sebagai patahan sikat, yang mana merupakan karakteristik yang dimiliki oleh patahan ini. Patahan ini ditandai dengan keberadaan butiran halus pada permukaan spesimen yang patah, permukaan patahannya memancarkan kilau, dan terdapat serat-serat kasar yang berbentuk seperti sikat pada permukaan patahannya. Struktur makro fraksi volume 10%:90% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester ditunjukkan pada gambar 4.



Gbr 4. Variasi Fraksi Volume 10%:90% Serbuk Kayu Jati dan Resin Poliester (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

**Pola Patahan Spesimen Dengan Variasi Fraksi 20%:80% Untuk Serbuk Kayu Jati Dan Resin Polyester**

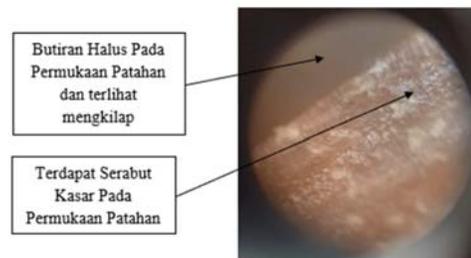
Pengujian struktur makro pada variasi fraksi volume yaitu 20% (Serbuk Kayu Jati) - 80% (Resin Polyester) memiliki pola patahan yang terdiri dari kombinasi patahan getas dan patahan serat atau yang biasa disebut sebagai patahan sikat. Hal ini dikarenakan patahan tersebut menunjukkan ciri-ciri tertentu, seperti terdapat butiran halus pada permukaan patahan spesimen, permukaan uji yang berkilauan, dan terdapat serat kasar yang menyerupai sikat pada permukaan patahan. Gambaran struktur makro fraksi volume 20%:80% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester ditunjukkan pada gambar 5.



Gbr 5. Variasi Fraksi Volume yaitu 20%:80% untuk Serbuk Kayu Jati dan Resin Poliester (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

**Pola Patahan Spesimen Dengan Variasi Fraksi 30%:70% Untuk Serbuk Kayu Jati Dan Resin Polyester**

Pengujian struktur makro pada variasi fraksi volume yaitu 30% (Serbuk Kayu Jati) - 70% (Resin Polyester) memiliki pola patahan sikat, kombinasi patahan getas dan serat. Hal ini disebabkan oleh karakteristik yang ditunjukkan oleh patahan tersebut, seperti permukaan yang berkilauan, butiran halus, dan serat kasar yang menyerupai sikat. Gambaran struktur mikro fraksi volume 30%:70% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester ditunjukkan pada gambar 6.



Gbr 6. Variasi Fraksi Volume 30%:70% untuk Serbuk Kayu Jati dan Resin Poliester (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

**KESIMPULAN**

Terdapat pengaruh variasi fraksi volume serbuk kayu jati terhadap kekuatan *impact* komposit bermatrik polyester. Dari hasil pengujian terlihat bahwa Spesimen dengan variasi fraksi volume 20%:80% untuk serbuk kayu jati dan

resin polyester mempunyai kekuatan impact paling tinggi, sedangkan spesimen dengan variasi fraksi volume 30%:70% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester mempunyai kekuatan impact paling rendah. Selain itu dari pemeriksaan struktur pola patahan menunjukkan perbedaan pola patahan antar spesimen. Spesimen dengan variasi fraksi volume 0% (100% resin poliester) menunjukkan mekanisme patahan getas (*brittle fracture*). Sedangkan spesimen dengan variasi 10%:90%, 20%:80%, 30%:70% untuk serbuk kayu jati dan resin polyester menunjukkan kombinasi pola patahan antara patahan getas (*brittle fracture*) dan *fibers fracture* yang lebih sering dikenal dengan patahan sikat (*brush fracture*).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. I Nyoman Pasek Nugraha, S.T., M.T. dan I Gede Wiratmaja, S.T., M.T yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian artikel ilmiah ini.

### REFERENSI

- [1] Kosjoko. (2014). Pengaruh Perendaman (NaOH) Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Bahan Komposit Serat Bambu Tali (Gigantochloa Apus) Bermatriks Polyester. *Info Teknik*, 15(2), 139–148.
- [2] Yudistira, 2020. P. H. (2021). *Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Impact Komposit Polyester Yang Diperkuat Serat Bambu*.
- [3] Kusumastuti, A., (2009), *Aplikasi Serat Sisal Sebagai Komposit Polimer*, Jurnal Kompetensi Teknik Vol 1.No.1. Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi, Universitas Negeri Semarang.
- [4] Nurhidayat. (2014). Pengaruh Fraksi Volume Serat Cantula Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Cantula-HDPE Daur Ulang Sebagai Bahan Core Lantai Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi*, vol. 7, 2014.
- [5] Mastur, Khanif Setiyawan., (2016), *pengaruh komposit serat pandan samak terhadap kekuatan tarik dan bending pada material bodi kendaraan*, Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto.
- [6] Gapsari, F., Setyarini P. H. , (2010), Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu, *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.1, No. 2 Tahun 2010 : 59-64, Teknik Mesin, Universitas Brawijaya*.
- [7] Mamur, La Ode, Muhammad Hasbi, Prinob Aksar, (2016), *Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Material Komposit Serat Tangkai Sagu Dipadukan Dengan Serbuk Gergaji Kayu Jati*, Fakultas Teknik Halu Oleo.
- [8] ASTM D6110-04, (2017) *Standard Test Methods for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics*.
- [9] Fred N. Kerlinger. (2000). *Asas-Asas Penelitian Behavioral*, terj., Drs. Landung R. Simatupang. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2000. Hlm: 483.