

## Pengaruh Susunan Hybrid Serat Resam Dan Ijuk Pada Matriks Polyester Untuk Mengetahui Nilai Impak

Roperiadi<sup>1\*</sup>, Robert Napitupulu<sup>1</sup>, Juanda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\* E-mail : ropeerwin@gmail.com

Received: 16 Mei 2023; Received in revised form: 14 Juli 2023; Accepted: 3 Agustus 2023

### Abstract

Synthetic composite materials have strong strength, synthetic composite materials are less environmentally friendly and have an expensive price. Natural fibres are an alternative to synthetic fibres in order to reduce natural pollution and reduce production costs. Example palm fibre and resam. The purpose of this research is to find out whether mixing between resam fibre and palm fibre to make a car dashboard has reached the standardised value of making a car dashboard. The hand lay-up method will be combined with the Taguchi method in the  $L_9(3^4)$  orthogonal matrix design used as a guide for making test specimens. With tensile and impact testing. This study used variations in volume fraction of 25%, 30%, 35% fibre, as well as variations in fibre length of 30mm, 40mm, 50mm with 2h NaOH immersion. The highest average value of impact test strength was at 30% volume fraction of fibre with 30mm fibre length with a value of 0.0617 Joule and the lowest average value was at 25% volume fraction of fibre with 50mm fibre length with a value of 0.0307 joule.

**Keywords:** Car Dashboard; Ijuk, Resam; Impact Testing.

### Abstrak

Material komposit sintesis memiliki kekuatan yang kuat, akan tetapi material komposit sintesis ini memiliki sifat kurang ramah terhadap lingkungan serta memiliki harga yang mahal. Serat alam merupakan salah satu alternatif sebagai pengganti serat sintesis demi mengurangi pencemaran alam serta mengurangi biaya produksi. Contohnya serat ijuk dan resam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah mencampurkan diantara kedua serat resam dengan serat ijuk sebagai pembuatan dashboard mobil sudah mencapai nilai standarisasi pembuatan dashboard mobil. Metode *hand lay-up* akan dikombinasikan dengan metode Taguchi pada rancangan matriks orthogonal  $L_9(3^4)$  digunakan sebagai panduan pembuatan spesimen uji. Dengan pengujian uji tarik dan impact. Penelitian ini menggunakan variasi fraksi volume 25%, 30%, 35% serat, serta variasi panjang serat 30mm, 40mm, 50mm dengan perendaman NaOH 2jam. Nilai rata-rata kekuatan uji impact tertinggi pada fraksi volume 30% serat dengan 30mm panjang serat dengan nilai 0,0617 Joule dan nilai rata-rata terendah pada fraksi volume 25% serat dengan 50 mm panjang serat dengan nilai 0,0307 joule.

**Kata kunci:** Dashboard Mobil; Ijuk; Resam; Uji Impak.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dunia industri saat ini, cukup banyak bahan komposit dari alam yang digunakan dalam industri. Bahan komposit adalah jenis bahan yang tersusun dari dua bahan atau lebih. Material komposit ini terdiri dari dua komponen, yaitu matriks dan filter. Pengisi adalah bahan penguat yang digunakan dalam bahan komposit. Serat alami adalah bahan pengisi yang dapat digunakan untuk membuat komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan dan

ekonomis. Hal ini karena serat alami dapat diperoleh dari alam atau dari limbah pertanian yang melimpah. Jenis serat alami yang digunakan, seperti sisal, serat berkas kelapa sawit dan jerami, semakin banyak digunakan untuk memperkuat komposit polimer [1].

Resam (*Dicranopteris linearis*) adalah jenis tumbuhan pakis hutan yang hidup di daerah semak belukar. Tumbuhan ini biasanya tumbuh pada bekas lahan perkebunan dan banyak ditemukan di daerah Indonesia salah satu terdapat di

kepulauan Bangka Belitung. Biasa digunakan sebagai bahan kerajinan tangan seperti kopiah resam dan lain sebagainya. Serat ijuk (arenga pennata) adalah serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren. Serat yang memiliki karakteristik tahan lama yang biasanya di manfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pembuatan alat rumah tangga salah satunya seperti sapu ijuk, kemoceng ijuk, dan memiliki banyak kegunaan lainnya [2].

Herwandi dan Napitupulu [3] melakukan penelitian dengan judul Pengaruh kekuatan tarik terhadap peningkatan kualitas fiber resam, sifat, tarik, lentur, dan ketahanan benturan matriks poliester sebagai bahan untuk produksi dasbor mobil. Bahan spesimen meliputi serat, matriks Yukalac 157 BQTN-EX, pengeras MEKPO, 5% NaOH dan wax glasses untuk mencegah melekatnya resin pada cetakan. Spesimen uji dibuat dengan mencampurkan serat secara acak ke dalam resin. Sebelumnya, serat dijadikan dalam tiga ukuran yang berbeda, yakni 20 mm, 40 mm dan 60 mm. Kemudian serat-serat tersebut ditimbang sesuai dengan persentase yang dibutuhkan. Persentase fiber adalah 25%, 30% dan 35% dan persentase pengeras adalah 1,5%. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik (ASTM 638), uji tekuk (ASTM 790) dan uji benturan (ISO-179). Nilai tertinggi pada uji tarik adalah 30.750 Mpa, modulus elastisitas 9400 Mpa dan elongasi 0,315%. Nilai tertinggi tegangan lentur adalah 138 Mpa dengan modulus lentur 4480 Mpa, sedangkan nilai tertinggi uji impact adalah 54,14 kJ, yaitu uji tarik (ASTM 638), uji lentur (ASTM 790) dan uji impact (ISO-179). Nilai tertinggi pada uji tarik adalah 30.750 Mpa, modulus elastisitas 9400 Mpa dan elongasi 0,315%. Adapun nilai tertinggi tegangan lentur sebesar 138 Mpa dan modulus lentur sebesar 4480 Mpa, sedangkan nilai tertinggi pada uji impact sebesar 54,14 kJ.

Suwanto dkk., [4] pernah meneliti dengan judul Pengaruh Variasi dari Fraksi Volume Serat Resam Serta Serbuk Batang Kayu Seruk/Medang Gatal T Pada Pengujian Tarik Dan Pengujian Impact Komposit. Bahan serat yang digunakan berupa serat resam dan serbuk kayu medang gatal. komposit poliester serta wax glasses sebagai alat pelumas pada cetakan agar tidak menempel.

Metode yang digunakan eksperimen factorial. Jenis fraksi volumetrik yang digunakan adalah 8% serat, 4% serbuk gergaji, 6% serat: 6% serbuk gergaji, 4% serat: 8% serbuk gergaji. Hasil pengujian tarik menunjukkan kuat tarik tertinggi pada serat 8%: 4% serbuk gergaji yaitu 14,5 Mpa dan kekuatan tarik terendah pada serat 4%: 8% serbuk gergaji yaitu 12,64 Mpa. Sedangkan hasil uji impact menunjukkan bahwa kekuatan impact tertinggi pada serat 8%: 4% serbuk gergaji yaitu 35,52328 kg dan kekuatan impact terendah terdapat pada serat 4%: 8% serbuk gergaji yaitu 23,4041 kg.

Masdani dan Yulidarta, [5] pernah melakukan penelitian tentang serat kulit gaharu. Studi ini bertujuan agar memperoleh nilai mampu mekanik berupa daya tarik, daya impact dan sifat fisik serat kulit pohon gaharu dengan memakai pengikat polyester BQTN 157 dengan fraksi volume yang berbeda dengan menggunakan metode hand lay-up. Diharapkan bahwa studi ini akan berguna untuk sektor otomotif, industri manufaktur dan perabotan alat rumah tangga yang tidak mencemar lingkungan. Kekuatan tarik sebesar 34,574 MPa pada persentase volume serat 45%. Namun, pada persentase volume serat 50%, kekuatan tarik menurun menjadi 22,635 MPa karena kandungan serat yang tinggi, yang mengakibatkan distribusi matriks yang tidak merata di antara serat. Nilai maksimum kekuatan impact sebesar Dari hasil pengujian, jelas bahwa rasio fraksi volume serat dan matriks memiliki pengaruh yang besar pada gaya tarik dan impact. Hasil ini membuktikan bahwa pengujian tarik serta pengujian impact sesuai dengan standar plastik untuk *dashboard* mobil.

Achmad Kusairi Samlawi dkk., [6] pernah meneliti dengan judul Pembuatan dan Karakterisasi Material Komposit Serat Ijuk (Arenga pinnata) Sebagai Bahan Baku Cover Body Sepeda Motor. Memakai *fiber* (arenga pinnata) dengan matriks resin poliester sebagai bahan pengisi. Adapun beberapa fraksi volume yang digunakan yaitu perbandingan serat dan resin adalah 30% : 70%, 40% : 60%, dan 50% : 50%, dengan sudut serat orientasi: 0; 0; 0; 0, dengan metode Metode Hand Lay Up. Uji *impact* menggunakan standar ASTM D5942-96 dan Uji tarik dengan standar ASTM D638-

03. Hasil uji *impact* yang memiliki kekuatan tertinggi pada fraksi volume 50 % : 50 % dengan nilai kekuatan sebesar 198,75 *joule/cm<sup>2</sup>*. Sedangkan untuk uji tarik kekuatan dengan fraksi volume 50 % : 50 % memiliki kekuatan tarik sebesar 27,09 MPa, yang paling mendekati nilai kekuatan tarik bahan perbandingan 30,24 Mpa, komposisi fraksi massa 50% : 50% menghasilkan persentase terbesar yaitu 4,02%. Kesimpulan pada penelitian ini bahwa bahan komposit serat (arenga pinnata) dengan komposisi fraksi massa 50 % : 50 % layak digunakan sebagai alternatif bahan *Cover Body* Sepeda Motor.

I Putu Gede Suartama dkk., [7] pernah meneliti tentang serat pelepah gebang dengan judul Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Pelepah Gebang. Serat yang digunakan ialah pelepah gebang dengan matriks polyester. Sifat mekanik ialah dampak hasil uji *impact* gambar mikro permukaan kekuatan dan patahan pada komposit. Peresentase yang digunakan ialah 0 % (tanpa serat), 20 %, 40 %, dan 60 % serat pada komposit menurut ASTM D 6110-04 dengan analisis ANAVA. Fraksi volume yang memiliki pengaruh paling tinggi yaitu pada fraksi volume 60 % yaitu sebesar 4495,04383 *J/m<sup>3</sup>*, sedangkan kekuatan *impact* terendah pada fraksi 0 % (tanpa serat) sebesar 604,50120 *J/m<sup>3</sup>*. Pada fraksi volume serat 0 % - 60 % rata-rata patah getas (*brittle*), serat *puul out* dan dikategorikan memiliki pola patahan sikat (*brush fracture*) pada fraksi serat 60%.

Kris Witono dkk., [8] pernah melakukan penelitian pada bahan kimia dengan judul Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong. Modifikasi kimia pada serat dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) berdampak langsung untuk struktur serat seperti mengubah komposisi kimia dari serat dan meningkatkan kinerja serat alam sebagai penguat komposit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh larutan NaOH terhadap kekuatan tarik dan morfologi Mendong serat. Konsentrasi larutan NaOH adalah 2,5% v/v; 5% v/v; dan 7,5% v/v untuk ini percobaan. Serat mendong direndam selama 2, 4 dan 6 jam dalam larutan NaOH. Suhu pada penelitian ini adalah 26 °C.

Kekuatan tarik serat mendong meningkat dengan bertambahnya Konsentrasi larutan NaOH dan lama perendaman setelah melebihi konsentrasi NaOH larutan dan lama perendaman kekuatan tarik akan menurun. Tarik tertinggi kekuatan 497,34 MPa dengan konsentrasi larutan NaOH 5 % v/v dan lama perendaman, 2 jam. Kekasaran serat mendong dengan perendaman dalam larutan NaOH lebih tinggi dibandingkan tanpa perendaman perendaman dalam larutan NaOH. Perendaman pada larutan NaOH konsentrasi tertinggi menyebabkan kekasaran tertinggi.

Efri Mahmuda dkk., [9] melakukan penelitian tentang panjang serat dengan judul Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan *Matrik Epoxy*. Serat yang digunakan ijuk (arenga pinnata) dengan perendaman NaOH sebanyak 5% dengan lama perendaman 2 jam kemudian dikeringkan selama 15 menit. Panjang serat yang digunakan ialah 30 mm, 60 mm, dan 90 mm. Pembuatan spesimen menggunakan metode *Hand Lay Up* dengan perbandingan 1:1 mengacu pada standar uji tarik STM D638. Dengan fraksi volume serat dan resin 80% : 20% menggunakan variasi panjang serat. Kemudian dipanaskan didalam oven dengan suhu 70°C selama 10 menit. Panjang serat yang memiliki kekuatan tarik dan regangan paling tinggi terdapat pada 90 mm dengan kekuatan tarik sebesar 36,37 Mpa dan regangan sebesar 9,34%. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit ialah daya ikat serat dengan matrik, pendistribusian serat yang merata, dan panjang kritis serat. Hal ini menunjukkan bahwa daya ikat antara matrik dan serat yang cukup baik, tetapi sebaran serat pada matrik tidak merata yang mengakibatkan kekuatan tarik komposit yang optimal tidak bisa dicapai.

Gede Aprianto dkk., [10] pernah melakukan penelitian tentang fraksi volume serat dengan judul Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Agave Sisal. Serat yang digunakan agave sisal dengan matriks polyester. Fraksi volume yang digunakan ialah 0 %, 20 %, 40 %, dan 60 % menggunakan metode *Hand Lay Up*. Fraksi volume yang paling baik pada 40 % yang memiliki kekuatan *impact* sebesar

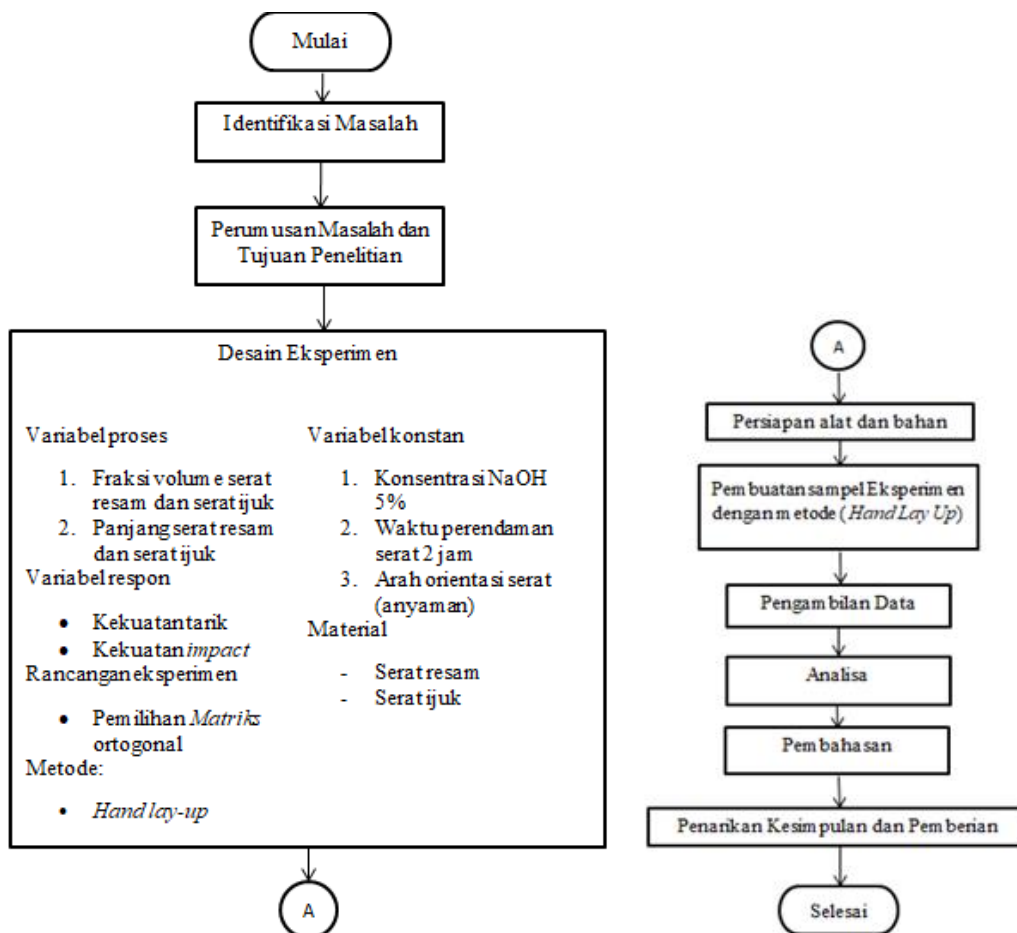
4.092,00818 J/m<sup>2</sup>, sedangkan fraksi volume serat terendah adalah fraksi volume serat 0% dengan kekuatan impact sebesar 604,50120 J/m<sup>2</sup>. Kesimpulan dari penelitian ini adalah fraksi volume serat 40% memiliki sifat mekanik terbaik dibandingkan dengan fraksi volume serat lainnya sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu bahan baku alternatif pengganti serat gelas, dimana kekuatan impact yang dihasilkan sebesar 4.092,00818 J/m<sup>2</sup>.

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, maka penulis melakukan

penelitian tentang pencampuran serat resam dan serat ijuk dengan Matriks poliyester dengan fraksi volume 25 % : 75 %, 30 % :70 %, 35 % : 65 %. Maka diharapkan tema ini dapat mendapatkan hasil yang terbaik sehingga dapat dijadikan bahan alternatif pembuatan *dashboard* mobil.

## 2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan dalam diagram alir.

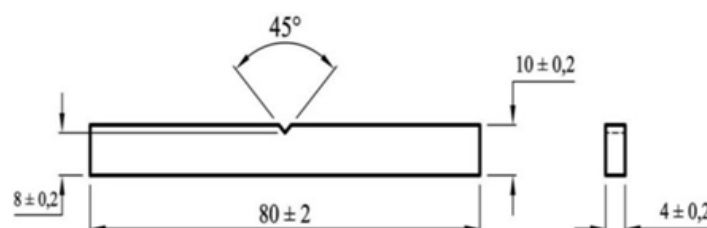


Gambar 1. Diagram Alir

### 2.1. Proses Pembuatan Spesimen Uji Impact

Pembuatan model spesimen uji dibuatkan sesuai standar ukuran yang

dipakai yaitu ISO 179-1 dengan tipe 1 untuk uji impact. Spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

Berikut ini langkah-langkah pembuatan spesimen uji impact:

1. Siapkan serat yang telah selesai dikeringkan.
2. Penimbangan volume serat dan matriks yang sudah ditentukan.
3. Lapiskan cetakan dengan wax agar spesimen tidak melekat di saat spesimen dilepaskan.
4. Susunkan serat secara vertikal pada cetakan .

5. Gabungkan matriks dan hardener yang sudah ditimbang di dalam wadah, setelah itu aduk sampai merata.
6. Tuangkan matriks ke dalam cetakan.
7. Tunggu spesimen sampai mengering kemudian lepaskan.

### 2.2. Matrik *Orthogonal*

Pada penentuan komposit, penelitian ini menggunakan metode taguchi dengan perancangan model matrik orthogonal L9(3<sup>3</sup>) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matrik *Orthogonal* L9(3<sup>3</sup>)

Eksperimen	Fraksi Volume serat resam :Volume Resin	Panjang serat
1	25% : 75%	30 mm
2	30% : 70%	40 mm
3	35% : 65%	50 mm
4	30% : 70%	30 mm
5	30% : 70%	40 mm
6	30% : 70%	50 mm
7	35% : 65%	30 mm
8	35% : 65%	40 mm
9	35% : 65%	50 mm

Komposisi bahan-bahan dari komposit yang akan dibuat akan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi bahan-bahan komposit

No.	Panjang Serat (mm)	Fraksi Volume Serat (%)	Berat Serat (g)	Berat Resin (g)	Berat Katalis (g)
1	30 mm	25%	0,12	2,92	0,06
2	30 mm	30%	0,12	2,92	0,06
3	30 mm	35%	0,12	2,92	0,06
4	40 mm	25%	0,15	2,72	0,05
5	40 mm	30%	0,15	2,72	0,05
6	40 mm	35%	0,15	2,72	0,05
7	50 mm	25%	0,17	2,53	0,05
8	50 mm	30%	0,17	2,53	0,05
9	50 mm	35%	0,17	2,53	0,05

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini ingin mengetahui nilai optimum dari campuran serat resam dan ijuk dengan fraksi volume 25%, 30%, dan 35% serta dengan panjang serat 30mm, 40mm, dan 50mm. Pengujian yang dilakukan yaitu uji impact. Sampel yang akan diuji sebanyak 9 sampel dengan fraksi volume dan panjang serat yang bervariasi sehingga jumlah semua sampel uji impact sebanyak 27 sampel. Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada tabel beserta grafik yang

ditampilkan di bawah. Proses pengambilan data menggunakan gabungan serat resam dengan ijuk dengan variasi fraksi volume serta dan resin. Pengujian impact dilakukan dengan menggunakan mesin *GOTECH TESTING MACHINES INC* yang dilakukan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Kemudian, data yang diperoleh diolah untuk mendapatkan indikasi variasi faktor yang mengarahkan pada nilai kekuatan impact takik yang sesuai.

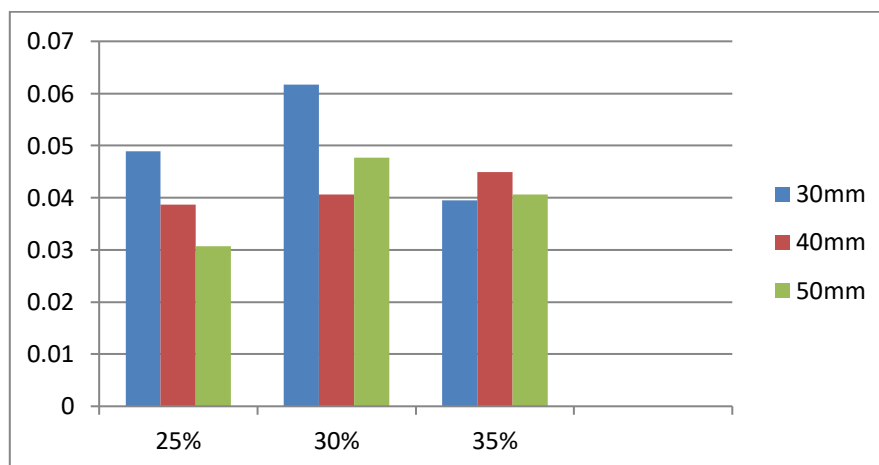
#### 3.1. Hasil Pengujian Impact Campuran Serat

Resam dan Ijuk  
 Pengujian menggunakan mesin uji impact sehingga data yang diperoleh data pada Tabel 3 dan juga disajikan dalam grafik seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Berdasarkan dari hasil pengujian impact yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai kekuatan impact campuran serat resam dan ijuk dari masing-masing fraksi dan panjang serat.

Tabel 3. Hasil uji impact

No	Panjang Serat (mm)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Impact (J/mm <sup>2</sup> )			Rata-rata (J/mm <sup>2</sup> )
			Spesimen			
			1	2	3	
1	30	25 : 75	0,0534	0,0534	0,0399	0,0489
2	40	25 : 75	0,0346	0,0399	0,0418	0,0387
3	50	25 : 75	0,0346	0,0399	0,0178	0,0307
4	30	30 : 70	0,0275	0,0575	0,1003	0,0617
5	40	30 : 70	0,0456	0,0381	0,0381	0,0406
6	50	30 : 70	0,0381	0,0399	0,0653	0,0477
7	30	35 : 65	0,0346	0,0346	0,0493	0,0395
8	40	35 : 65	0,0456	0,0493	0,0399	0,0449
9	50	35 : 65	0,0418	0,0456	0,0346	0,0406



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Impact

Berdasarkan grafik di atas maka terlihat rata-rata maka didapatkan nilai kekuatan impact yaitu pada spesimen yang menggunakan variasi pengaruh fraksi volume serat dan panjang serat memiliki kekuatan impact yang bervariasi. Dimana nilai kekuatan impact tertinggi berada pada spesimen fraksi volume 30% dengan panjang serat 30mm memiliki kekuatan sebesar 0,0617 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kekuatan impact terendah terdapat pada fraksi volume 25% dengan panjang serat 50mm sebesar 0,0307 J/mm<sup>2</sup>.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian serta pembahasan, diketahui sampel yang memiliki kekuatan tertinggi pada pengujian impact terdapat di fraksi volume 30% serat

dan panjang serat 30mm, lama perendaman serat menggunakan NaOH selama 2 jam yang memiliki nilai kekuatan impact sebesar 0,0617 J/mm<sup>2</sup> dan pada fraksi volume 25% dengan panjang serat 50mm memiliki kekuatan impact terendah sebesar 0,0307 J/mm<sup>2</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maryanti, Budha, Ahmad As' ad Sonief, and Slamet Wahyudi. "Pengaruh alkalisasi komposit serat kelapa-poliester terhadap kekuatan tarik." *Jurnal Rekayasa Mesin* 2.2 (2011): 123-129.
- [2] Rodiawan, Rodiawan, Suhdi Suhdi, and Firllya Rosa. "Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik." *Turbo*:

- Jurnal Program Studi Teknik Mesin 5.1* (2017).
- [3] Herwandi, Herwandi, and Robert Napitupulu. "Peningkatan Kualitas Serat Resam untuk Bahan Komposit sebagai Bahan Pembuatan Komponen Kendaraan Bermotor." *Prosiding Semnastek* (2015).
- [4] Suwanto, Dewa Eza Adriyan, Muhammad Subhan, and Indah Riezky Pratiwi. "PENGARUH VARIAN FRAKSI VOLUME SERAT RESAM DAN SERBUK KAYU SERUK/MEDANG GATAL TERHADAP UJI TARIK DAN UJI IMPACT KOMPOSIT." *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*. Vol. 2. No. 01. 2022.
- [5] Masdani, Masdani, and Yuli Dharta. "Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Gaharu Sebagai Material Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Dashboard." *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur* 10.01 (2018): 33-38.
- [6] Samlawi, A. K. (2018, October). Pembuatan dan karakterisasi material komposit serat ijuk (arenga pinnata) sebagai bahan baku cover body sepeda motor. In *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 3, No. 2).
- [7] Suartama, I. P. G., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2016). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Pelepah Gebang. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 4(1).
- [8] Witono, K., Irawan, Y. S., Soenoko, R., & Suryanto, H. (2013). Pengaruh perlakuan alkali (NaOH) terhadap morfologi dan kekuatan tarik serat mendong. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(3), 227-234.
- [9] Mahmuda, E., & Savetlana, S. (2013). Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk dengan matrik epoxy. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(3).
- [10] Aprianto, G., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2016). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Agave Sisal. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 4(1).