

ANALISIS KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN Matriks GONDORUKEM PADA FRAKSI MASSA 15% DAN 30%

*Tricho Hermawan¹, Sulardjaka², Norman Iskandar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: tricho.cho.herma1@gmail.com

Abstrak

Pembuatan komposit didasari pada gagasan mengenai *greencomposite*. *Greencomposite* adalah komposit yang ramah lingkungan yang dibuat dari gabungan resin alami (gondorukem) dengan penguat diperoleh dari alam (serat rami). Tujuan dari penelitian ini untuk membuat komposit dengan menggunakan penguat serat rami dan matriks gondorukem. Perbedaan variasi massa diterapkan dalam pembuatan material komposit ini, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh fraksi massa serat terhadap kekuatan impact dari material komposit. Variasi persentase fraksi massa serat yang digunakan adalah 15 dan 30 wt%. Spesimen dibuat dengan dua metode yaitu *hand lay-up* dan *compression molding*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E23-18. Diperoleh hasil bahwa kekuatan impact komposit mengalami peningkatan dan seiring bertambahnya fraksi massa serat. Kekuatan impact cenderung mengalami peningkatan pada fraksi massa 15 wt% ke 30 wt%. Kekuatan impact tertinggi berada pada fraksi massa serat 30 wt% sebesar 4,90 J/cm². Sementara itu kekuatan impact terendah berada pada spesimen dengan fraksi massa serat 15 wt% sebesar 2,53 J/cm². Analisis visual yang dilakukan pada patahan spesimen uji impact diketahui bahwa semakin besar fraksi massa dari matriks gondorukem yang dioleskan dapat membuat spesimen memiliki sifat lebih getas (*brittle*) dan mudah untuk mengalami kerusakan setelah dikenakan beban impact.

Kata kunci: fraksi massa; gondorukem; *greencomposite*, serat rami

Abstract

Composite fabricating based on the idea of green composite. Green composite is an environmentally friendly composite fabricated from a combination of natural resin (pine resin) with natural reinforcement (ramie fibre). The purpose of this research is to make composites using hemp fiber reinforcement and pine resin matrix. Differences in mass variations are applied in the manufacture of this composite material, this is done to find out how the influence of the fiber mass fraction on the impact strength of the composite material. Variations in the percentage of fiber mass fraction used were 15 and 30 wt%. Specimens were made using two methods, namely hand lay-up and compression molding. Tests were carried out using the ASTM E23-18 standard. The result showed that the impact strength of the composite increased as the fiber mass fraction increased. The impact strength tends to increase in the mass fraction of 15 wt% to 30 wt%. The highest impact strength is in the fiber mass fraction of 30 wt% of 4.90 J/cm². Meanwhile the lowest impact strength was in the specimen with a fiber mass fraction of 15 wt% of 2.53 J/cm². Visual analysis carried out on fractured impact test specimens found that the greater the mass fraction of the (pine resin) matrix that was smeared, the more brittle the specimen was and the easier it was to break after being subjected to an impact load.

Keywords: fiber mass fraction, *greencomposite*, pine resin, ramie fiber.

1. Pendahuluan

Komposit adalah gabungan antara dua atau lebih material dalam skala macroscopic untuk membentuk material baru yang lebih bermutu. Pencampuran kedua material yang berbeda sifat tersebut diharapkan dapat memberikan material yang lebih unggul dari material sebelumnya. Komponen komposit terdiri atas penguat dan matriks [6].

Komposit ekologis, yang disebut komposit hijau, adalah senyawa yang merupakan kombinasi dari resin alami dan penguat alami. Keuntungan menggunakan komposit hijau adalah sumber daya terbarukan, biodegradable dan hidrofobik (tidak suka air), tetapi komposit hijau juga memiliki beberapa kelemahan seperti keterbasahan yang rendah, tidak kompatibel dengan beberapa matriks polimer dan titik leleh yang rendah. Akan tetapi kelemahan yang ada bisa ditangani dengan beberapa proses kimiawi [1].

Komposit dalam penelitian ini digunakan serat sebagai elemen penguat dan gondorukem (getah pinus) sebagai matriks. Serat memiliki peran sebagai penguat pada sebuah komposit serta memiliki peran dalam menahan beban yang

utama. Serat alami yang dipakai sebagai penguat serat dalam material komposit dimana berasal dari tanaman antara lain serat kenaf, serat rami, serat daun aren, serat flax, serat ijuk, serat sabut kelapa, serat bambu [2].

2. Landasan Teori

Reinforced diartikan sebagai sebuah penguat yang diletakkan dengan matriks pengikat pada sebuah material komposit. Penguat diperlukan sifat kuat mekanik lebih besar daripada matriksnya. Selain berfungsi didalam meningkatkan sifat mekanik dari sebuah komposit penguat juga berperan dalam hal penguatan. Penguat juga berperan didalam mengubah sifat fisik dari sebuah material komposit seperti sifat tahan aus, koefisien friksi atau juga konduktivitas termal [4]

Serat alam pada saat ini menjadi satu inovasi untuk penguat material komposit. Suatu komposit biasanya diperkuat dengan serat, dimana serat sangat mempengaruhi dan menentukan kekuatan komposit. Bahan berserat ini bisa didapatkan dari bahan alami maupun tidak alami. Material komposit yang diperkuat dengan serat alam sedang gencar dikembangkan sehubungan dengan penggunaannya dalam berbagai bidang kehidupan dan sehubungan dengan permintaan akan bahan yang murah, mudah didapat, ringan, sifat mekanik yang kuat, tahan korosi dan ramah lingkungan, sehingga dapat tampil beda. bahan alternatif selain logam dan fiberglass, yang tidak ramah lingkungan. Serat alam adalah serat yang berasal dari sumber daya alam terbarukan, seperti serat kayu, serat ampas kelapa sawit, serat rami, serat sisal, serat bambu, serat pisang dan sebagainya. Sedangkan serat buatan (sintetis) diperoleh dari proses kimia, seperti serat boron, serat karbon atau serat grafit, serat kaca, serat aluminium oksida, serat aramid dan serat silikon karbida [10]

Matriks yang digunakan secara alami dalam biokomposit meliputi selulosa, kitin, kolagen, dan proteoglikan dan biasanya diperkuat dengan CaCO_3 , hidroksiapatit, dan silika. Di antara banyak lainnya, kayu dan tulang adalah contoh komposit alami yang terkenal. Kayu adalah komposit serat selulosa yang kuat dengan bahan penyemen yang dikenal sebagai lignin. Tulang adalah komposit organik-anorganik dari fibril kolagen (protein) yang kuat namun lembut dan pelat tipis hidroksiapatit (mineral) yang keras tetapi rapuh yang mengandung beberapa konfigurasi dengan berbagai arsitektur [5]

Seiring berjalannya waktu, industri juga mengembangkan material komposit untuk memudahkan masyarakat dalam memenuhi kebutuhannya. Bahan penguat komposit (matriks) banyak menggunakan resin sintetis. Oleh karena itu, senyawa ini memiliki kelemahan karena sifatnya yang dapat terurai secara hayati, tidak terurai atau hanya sulit terdegradasi [9]

Hand lay-up adalah teknik cetakan kontak terbuka untuk membuat komposit bahan. Resin diresapi dengan tangan menjadi serat yang berbentuk tenunan, rajutan, jahitan, atau kain terikat. Dalam teknik ini, cetakkannya yang pertama diperlakukan dengan pelepasan cetakan, serat kering atau kain kering diletakkan di atas cetakan, dan cairan resin kemudian dituangkan dan disebar ke permukaan serat. Ini biasanya dilakukan dengan roller atau sikat, dengan penggunaan impregnator tipe nip-roller dapat membantu untuk membuat resin meresap kedalam kain dengan cara memutar rol dan rendaman resin. Sebuah rol atau sikat digunakan untuk membasahi serat dan mengeluarkan udara yang terperangkap ke dalam lay-up. Beberapa lapisan serat dibasahi, dan laminasi dibiarkan mengering di bawah atmosfer standar kondisi. Setelah lapisan ini mengering, ditambahkan lebih banyak lapisan [7]

Compression molding adalah salah satu proses pembuatan komposit berkualitas tinggi dengan berbagai volume. Bahannya yaitu penguat dan matriks ditempatkan kedalam cetakan, kemudian cetakan tersebut ditutup dan diberikan tekanan dengan menggunakan mesin *press* hidrolik. Waktu pengepresan bergantung pada ukuran serta ketebalan dari komposit [8]

3. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain

- a. Gondrukem
- b. *Thinner*
- c. Katalis MEKPO
- d. Oli
- e. *Wax*

3.2 Alat

- a. Mortar
- b. Kaca
- c. Timbangan Digital
- d. Selotip
- e. Skrap
- f. Gunting
- g. Vernier Caliper
- h. *Cutter*

- i. Penggaris
- j. Gelas
- k. Kompor Listrik
- l. Teflon
- m. Sarung Tangan
- n. Pipet
- o. Aluminium Foil
- p. Cetakan
- q. *Hot Press*
- r. *Charpy Impact Testing*

3.3 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dimulai dengan penyusunan serat, serat yang sudah dipersiapkan dibersihkan dan kemudian dirapikan. Setelah serat tersebut dirapikan serat diukur dengan panjang yang dikehendaki dan disusun diatas kaca yang sebelumnya sudah diberi selotip pada dua sisi dari kaca. Kemudian setelah serat disusun diatas selotip diberikan selotip lagi diatas susunan serat agar terbentuk satu lapisan serat komposit. Tahap penyusunan serat ditunjukkan di Gambar 1.



Gambar 1. Penyusunan Serat

Setelah itu masuk pada tahap *hand lay-up* spesimen, dimulai pengolesan oli pada kaca. Kaca yang sudah dipersiapkan dioleskan oli diatasnya dengan menggunakan bantuan skrap. Selain kaca oli juga dioleskan pada skrap agar pada saat skrap digunakan untuk mengoleskan matriks gondorukem skrap tidak menempel pada serat. Tahap pengolesan oli pada kaca ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengolesan Oli

Setelah alas kaca diberi oli hingga merata, masuk ke tahap pencampuran matriks. Matriks sebelumnya sudah ditimbang dan ditentukan perbandingan antara *thinner*, katalis dan gondorukem sesuai dengan fraksi massa serat yang telah ditetapkan. Setelah itu ketiga bahan tersebut kemudian dituangkan pada teflon yang dipanaskan diatas kompor listrik. Tahap ini ditampilkan di Gambar 3.



Gambar 3. Pencampuran Matriks

Setelah matriks siap masuk tahap pengolesan, matriks yang telah mencair ke atas sebuah lapisan serat rami yang kemudian diratakan keseluruh permukaan serat dengan menggunakan skrap yang sudah dibasahi dengan oli, kemudian diletakkan lapisan serat kedua di atas lapisan yang sudah dioleskan matriks sehingga menempel pada serat di bawahnya. Proses tersebut diulang hingga jumlah lapisan yang dikehendaki atau setelah dilakukan proses pengepresan spesimen menjadi 10mm. Tahap ini ditampilkan di Gambar 4.



Gambar 4. Pengolesan Matriks

Selanjutnya masuk tahap *compression molding* dimulai dengan pemotongan pada spesimen komposit. Spesimen diukur dan dipotong sesuai dengan cetakan sehingga spesimen dapat masuk kedalam cetakan. Spesimen yang telah dipotong kemudian dibungkus dengan menggunakan *aluminium foil* yang sebelumnya lapisan dalam telah diolesi dengan *wax*. Tahap pemotongan ditampilkan di Gambar 5.



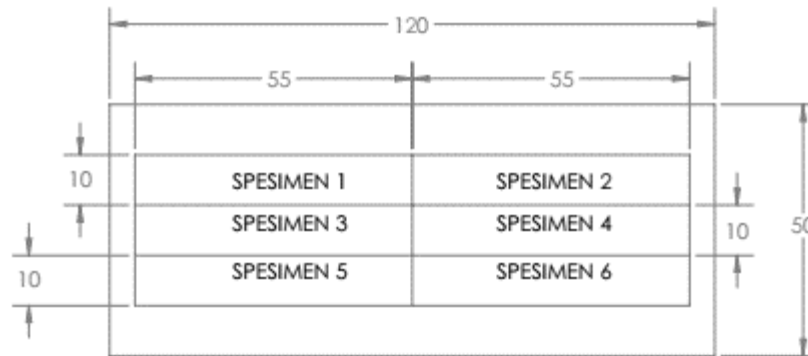
Gambar 5. Pemotongan

Setelah itu dilakukan pengepresan dengan menggunakan alat *hot press*. Alat dinyalakan kemudian ditunggu hingga suhu pemanas yang tertampil pada indikator suhu menunjukkan angka 65 °C. Setelah mencapai suhu tersebut kemudian spesimen komposit yang telah siap dimasukkan kedalam cetakan yang telah dioleskan oli pada bagian dalamnya. Kemudian cetakan diletakkan di alat yang selanjutnya diberikan tekan dengan dongkrak hidrolik hingga cetakan tertekan. Tahap pengepresan ini dilakukan selama kurang lebih 3 menit hingga spesimen mencair dan tertekan. Setelah itu dilakukan pelepasan spesimen dari cetakan yang kemudian setelah dirasa spesimen telah mengering dilakukan pengelupasan lapisan aluminium dari spesimen. Tahap pengepresan ditampilkan di Gambar 6.



Gambar 6. Pengepresan

Pemotongan spesimen yang disesuaikan dengan standar ASTM E23-18. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan *water jet cutting*. Dimensi pola pemotongan dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil dari pemotongan spesimen dapat dilihat pada Gambar 8. Berikut



Gambar 6. Pola pemotongan



Gambar 7. Hasil pemotongan

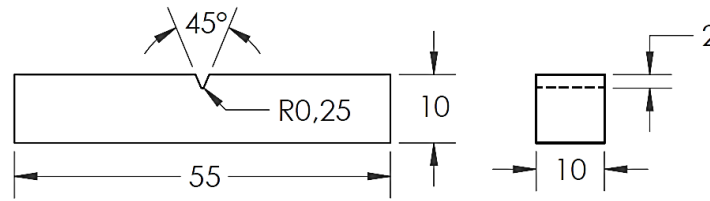
3.4 Pengujian Impak

Uji impak dilakukan di Laboraturium Material Teknik, Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Dasar dari uji impak menghantamkan pendulum beban pada benda spesimen uji. Energi yang diperlukan untuk membuat spesimen patah dihitung langsung dari perbedaan energi potensial pendulum pada posisi awal dan akhir (setelah menghantam spesimen). Takikan pada spesimen dibuat untuk mengidentifikasi bagian spesimen yang mengalami kerusakan berupa patahan. Pengukuran ketangguhan benda uji menggunakan alat uji impak dengan metode Charpy yang alatnya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Impact Testing Machine*

Pengujian kekuatan impak dilakukan mengacu pada ASTM E23-18. *Impact Testing Machine* dikalibrasi dengan sudut 140° dan beban pendulum sebesar 26,095 kg. Panjang lengan pendulum dari titik pusat adalah 0,75 meter. Spesimen yang diletakkan pada penahan *Impact Testing Machine* dibuat sesuai dengan ukuran yang ditentukan di ASTM E23-18, yaitu dengan ukuran 55 mm x 10 mm x 10 mm, serta memiliki takik berjenis V sebesar 45° dengan kedalaman 2 mm. Dimensi spesimen pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Dimensi spesimen uji impak (ASTM E23-18)

Pada pembebanan cepat ada proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik sebuah beban yang menumbuk spesimen uji. Proses penyerapan energi tersebut ditransformasikan dalam berbagai respons material, seperti efek histerisis, deformasi plastis, friksi, dan efek inersia. Dasar pengujian impak adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu lalu menumbuk spesimen yang akan diuji sehingga spesimen uji mengalami deformasi atau patah. Persamaan untuk mengetahui ketangguhan atau energi impak dari suatu material ada pada Persamaan 1 dan Persamaan 2

$$E = m \cdot g \cdot R(\cos\beta - \cos\alpha) \quad (1)$$

Keterangan:

- E = Energi patah (J)
- m = Massa pendulum (kg)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- R = Panjang lengan pendulum (m)
- α = Sudut awal pendulum
- β = Sudut akhir pendulum

Dari persamaan di atas dapat didapatkan besaran ketangguhan impak yang dinyatakan kedalam Persamaan 2:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

- HI = Ketangguhan impak (J/cm²)
- E = Energi impak (J)
- A = Luas penampang (cm²)

4. Hasil dan Pembahasan

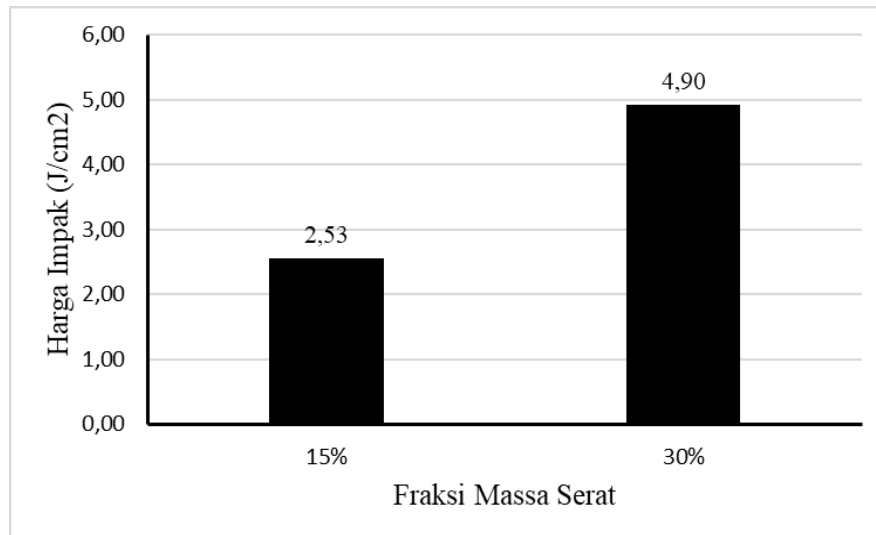
4.1 Hasil Pengujian Impak

Kekuatan impak pada material komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dilakukan dengan pengujian impak sesuai ASTM E23-18. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Impak Sesuai ASTM E23-18

| Variasi | Luas Penampang (cm ²) | α | β | Energi Terserap (Joule) | Harga Impak (J/cm ²) |
|---------|-----------------------------------|----------|---------|-------------------------|----------------------------------|
| 15% A1 | 1,00 | 137,00 | 135,90 | 2,54 | 2,53 |
| 30% D1 | 1,07 | 138,40 | 136,10 | 5,23 | 4,90 |

Dari data hasil pengujian impak yang telah dilakukan, apabila diubah menjadi diagram batang dapat dilihat pada gambar perbedaan kekuatan impak tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.

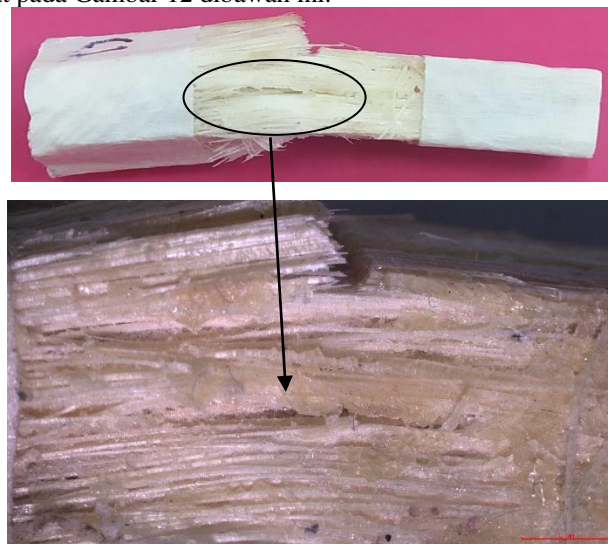


Gambar 11. Grafik nilai kekuatan impact untuk setiap variasi

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Pada gambar grafik nilai kekuatan impact diatas ditunjukkan nilai kekuatan impact komposit serat rami dengan matriks gondorukem untuk setiap variasi. Kekuatan impact pada setiap variasi memiliki nilai yang berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa nilai kekuatan impact paling rendah adalah pada komposit dengan fraksi massa serat 15% sebesar 2,53 J/cm². Sedangkan nilai kekuatan impact paling tinggi adalah komposit dengan fraksi massa serat 30% dengan nilai sebesar 4,90 J/cm². Harga impact dari fraksi massa serat 15% dan fraksi massa serat 30% mengalami *trend* naik seiring bertambahnya fraksi massa serat.

Secara umum hasil pengujian komposit yang telah dibuat disebabkan dari beberapa faktor yang diketahui maupun yang tidak diketahui. Faktor yang dapat diketahui diantaranya adalah terjadinya kerusakan berupa delaminasi. Delaminasi disebabkan karena adanya tegangan interlaminar yang tinggi pada masing-masing sudut, ataupun terjadi pemusatan tegangan pada sebuah retakan atau jenis kerusakan lamina lainnya. Contoh delaminasi terjadi pada salah satu spesimen komposit yang dilihat pada Gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Hasil Pengamatan Visual Patahan Spesimen

5. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan terkait dengan pengaruh dari variasi fraksi massa terhadap kekuatan impact komposit dengan penguat serat rami dan matriks gondorukem, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposit dengan penguat serat rami dan matriks gondorukem berhasil dibuat menggunakan dua metode yaitu, *hand lay-up* dan *compression molding*. Namun pada spesimen komposit masih terdapat *void* dan delaminasi pada beberapa spesimen.

2. Semakin besar fraksi massa dari matriks gondorukem yang dioleskan dapat membuat spesimen memiliki sifat lebih getas (*brittle*) dan juga mudah untuk mengalami kerusakan setelah dikenakan beban impak. Matriks tersebut tidak dapat mengikat serat dengan sempurna sehingga terjadi delaminasi interlaminar.

6. Daftar Pustaka

- [1] N. P. G. Suardana, C. Kencanawati, I. K. G. Sugita and I. W. B. Suyasa, "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impact Greencomposite Serat Kulit Buah Pinang dengan Matriks Getah Pinus," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, pp. 33-36, 2019.
- [2] M. M. Schwartz, *Composite Materials Handbook*, New York: McGraw-Hill Book Company, 1984.
- [3] ASTM E23-18, *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*, United States: ASTM International, 2019.
- [4] Sulistijono, *Mekanika Material Komposit*, Surabaya: ITS Press, 2012.
- [5] N. G. Shimpi, *Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites*, Elsevier, 2018.
- [6] R. M. Jones, *MECHANIS OF COMPOSIT MATERIALS*, Virginia: TAYLOR & FRANCIS, 1999.
- [7] K. K. Kar, *Composite Materials Processing, Applications, Characterizations*, Berlin: Springer, 2017.
- [8] T.-D. Ngo, *Introduction to Composite Materials*, IntechOpen, 2020.
- [9] T. B. Sirait, C. Kencanawati and I. Sugita, "Sifat Fisik Dan Kekuatan Tarik Bioresin Getah Pinus Dengan Variasi Temperatur Pemanasan," *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, vol. 7, pp. 28-33, 2018.
- [10] R. Manurung, S. Simanjuntak, J. Sembiring, E. Candra, Zaluku, R. A. M. Napitupulu and S. Sihombing, "Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang," 2020.