

Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Bermatriks Resin dengan Teknik *Vacuum Resin Infusion*

Rizki Gunawan Harahap^{1*}, Ari Rianto², Winda Apriani³, Ellys Mei Sundari⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas
Jl. Raya Sejangkung, Desa Sebeyan, Sambas, Kalimantan Barat

*Korespondensi: aripoltesa1124@gmail.com

(Diterima 05 Desember 2023; Disetujui 29 Januari 2024; Dipublikasi 30 Januari 2024)

Abstrak

Inovasi penggunaan serat alam pada pembuatan Biokomposit bermatrik resin masih terus dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanis dari produk biokomposit itu sendiri. Pembuatan biokomposit dengan metode *vacuum resin infusion* bisa menjadi solusi karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan teknik konvensional (*hand lay up*) khususnya yang secara langsung bisa menekan *void* yang terjadi dan diharapkan, memudahkan serat menyesuaikan bentuk dari molding. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari metode vakum infusio pada pembuatan biokomposit berpenguat serat ijuk dengan resin R108 dalam meningkatkan kekuatan mekanik komposit berpenguat serat ijuk. Metode penelitian ini menggunakan variasi lama perendaman serat ijuk pada larutan NaOH yaitu 2, 4, dan 6 jam. Selain itu digunakan variasi susunan ijuk pada pembuatan komposit serat ijuk, yaitu susunan acak dan kontinu. Komposit yang dihasilkan dilakukan uji kekuatan impak menggunakan standar pengujian impak charpy ASTM A370. Hasil dari pengujian impak terendah ditunjukkan pada komposit dengan perendaman serat ijuk selama 6 jam dan susunan acak yaitu 1,11 j/cm². Hasil dari pengujian impak tertinggi ditunjukkan pada komposit dengan perendaman serat ijuk selama 4 jam dan susunan kontinu yaitu 10,02 j/cm².

Kata kunci: kekuatan impak, NaOH, resin, serat ijuk, *vacuum infusion*

Abstract

Innovation in the use of natural fibers in the manufacture of resin-matrix biocomposites is still being carried out to improve the mechanical properties of the biocomposite product itself. Making biocomposites with vacuum resin infusion method can be a solution because it has many advantages compared to conventional techniques (*hand lay up*), especially those that can directly suppress voids that occur and are expected, making it easier for fibers to adjust the shape of the molding. This study aims to determine how much influence the vacuum infusion method has on the manufacture of fiber reinforced biocomposites with R108 resin in increasing the mechanical strength of fiber reinforced composites. This research method uses variations in the length of soaking of palm fiber in NaOH solvent, which are 2, 4, and 6 hours. In addition, a variation of palm fiber structure was used in the manufacture of palm fiber composites, which is a random and continuous arrangement. The resulting composite was tested for impact strength using the ASTM A370 charpy impact testing standard. The results of the lowest impact test were shown in the composite with palm fiber soaked for 6 hours and a random pattern of 1.11 j/cm². The result of the highest impact test is shown in the composite with palm fiber soaked for 4 hours and continuous arrangement which is 10.02 j/cm².

Keywords: impact strength, NaOH, palm fiber, resin, *vacuum infusion*

1. PENDAHULUAN

Material biokomposit pada penerapannya terus berinovasi terutama pemanfaatan penguat serat alam pada pembuatan biokomposit bermatrik resin untuk meningkatkan sifat mekanis dari material tersebut, baik itu dari sisi metode pembuatan, perlakuan serat dan pengolahan serat. Pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit perlu dianalisis lebih lanjut karena memiliki karakteristek tersendiri [1].

Metode pembuatan komposit yang sering dilakukan adalah dengan teknik konvensional atau *hand lay up*, namun penggunaan serat alam sebagai penguat pada pembuatan komposit dengan teknik konvensional ini belum mampu mewakili kekuatan dari serat yang cukup besar dikarenakan banyaknya permasalahan yang muncul pada hasil komposit yang telah dibuat.

Permasalahan yang terjadi yaitu banyaknya terjadi *void* pada saat pembuatan, ketebalan yang tidak konsisten, distribusi resin yang tidak merata, lebih boros resin, lemahnya *adhesive* antar serat dan resin. Pembuatan biokomposit dengan metode *vacuum resin infusion* bisa menjadi solusi karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan teknik konvensional (*hand lay up*) khususnya yang secara langsung bisa menekan *void* yang terjadi sehingga diharapkan memudahkan serat menyesuaikan bentuk profil dari molding. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari metode vakum infusio pada pembuatan biokomposit berpenguat serat ijuk dengan matrik resin poliester dalam meningkatkan kekuatan mekanik komposit berpenguat serat ijuk.

Luaran yang dihasilkan berupa mekanisme *vacuum resin infusion* dan desain cetakan pada pembuatan spesimen uji tarik dan uji impak, kedepannya akan jadi model penerapan dalam pembuatan komponen dari material komposit

berpenguat serat ijuk dengan teknik *vacuum resin infusion*. Penggunaan serat alam sebagai bahan penguat pada pembuatan komposit sudah banyak dimanfaatkan. Serat alam adalah bahan ramah lingkungan dengan banyak keunggulan dibandingkan bahan sintetis, seperti pemrosesan yang mudah, pengurangan emisi CO₂, massa jenis yang ringan, dapat terurai secara alami, dapat didaur ulang, memiliki sifat termomekanik yang baik, dan kompatibilitas yang lebih baik terhadap kesehatan manusia [2].

Oleh karena itu, serat tanaman banyak digunakan sebagai pengubah polimer. Kekurangan dari serat tanaman adalah adanya gugus OH dalam struktur dasarnya dan adanya komponen *amorf*. Kedua kelemahan ini dapat dikurangi dengan memperlakukan serat secara kimiawi. Agen penghubung lebih lanjut dapat digunakan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat dan polimer. Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon aren yang dapat dimanfaatkan sebagai penguat pada komposit. Selama ini serat ijuk juga banyak digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti pembuatan sapu, keset, tali, penyaring dan lain-lain. Kekuatan tarik serat ijuk dengan perlakuan NaOH selama 2 jam perendaman dengan konsentrasi 5% memiliki Kekuatan tarik terbesar pada kelompok serat ijuk berdiameter kecil (0.25-0.35 mm) adalah sebesar 208.22 MPa [3]. Penelitian lain berupa serat alam sisal dan didapatkan bahwa perlakuan dengan NaOH 5% dapat mengurangi kandungan zat ekstraktif. Jumlah pengotor dan lignin paling sedikit terdapat pada perlakuan 5 jam, temperatur 70°C, sebesar 1% dan 4% [4]. Kandungan selulosa terbanyak dan hemiselulosa paling sedikit terdapat pada serat dengan perlakuan 4 jam, temperatur 70°C yaitu 89% dan 5%.

Pengaplikasian metode vakum infusio perlu dikembangkan pada pembuatan komposit berpenguat serat ijuk. Kelebihan

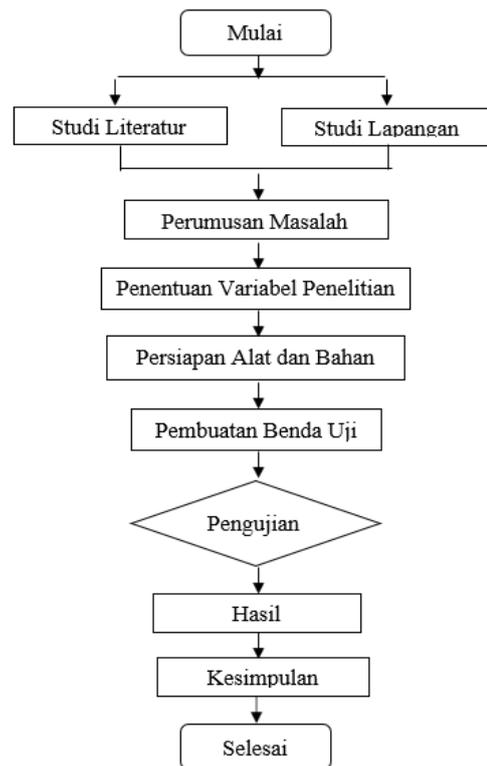
metode ini adalah pada perbaikan produk yang dihasilkan dibandingkan menggunakan teknik *hand lay up*. Kekuatan tarik komposit serat pisang abaca menggunakan teknik *vacuum resin infusion* dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik komposit menjadi sebesar 257 Mpa dan ini cukup signifikan dibandingkan menggunakan teknik *hand lay up* dengan kekuatan tarik hanya sebesar 50 MPa [5].

Telah diteliti kekuatan komposit serat rami dan serat sintetis dengan metode *vacuum infusion* pada pembuatan *exhaust cover*, memiliki kekuatan yang lebih besar dan lebih ulet dibandingkan produk asli dari cover knalpot honda beat [6]. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana pengaplikasian *vacuum infusion* pada pembuatan material menggunakan serat ijuk dengan matrik resin poliester agar hasilnya optimal dan seberapa besar kekuatan material komposit berpenguat serat ijuk menggunakan metode *vacuum resin infusion*.

2. METODOLOGI

Metode yang dilakukan menggunakan data eksperimental pengujian Impak dengan variable bebas adalah lama perendaman serat yang di variasikan selama 2,4,6 jam dengan susunan serat acak dan serat kontinu, masing masing spesimen uji akan dibuat 5 spesimen sehingga total specimen yang akan dibuat sebanyak 30 buah sedangkan variable terkontrol adalah kekuatan impak,

Metode penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pemecahan masalah yang dilakukan adalah dengan membuat desain cetakan yang dapat mengaplikasikan teknik *vacuum resin infusion* pada pembuatan komposit menggunakan serat ijuk dan dilakukan juga pengolahan serat dengan memberikan perlakuan perendaman NaOH selama 2, 4, 6 jam dengan konsentrasi NaOH sebesar 5%, serta mengatur arah serat yang divariasikan menggunakan serat acak dan serat kontinu untuk mencari kekuatan yang paling optimal.

a. Proses Persiapan Serat Ijuk

Tahapan selanjutnya yaitu persiapan serat ijuk, langkah-langkah persiapan ijuk dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

1. Memilih ijuk dengan ukuran diameter kurang lebih 5-7 mm.



Gambar 2. Proses persiapan ijuk dan pemilihan ijuk

2. Proses perendaman serat ijuk menggunakan campuran air dan NaOH dengan konsentrasi NaOH sebesar 5%



Gambar 3. Tahapan proses persiapan NaOH

3. Merendam ijuk yang sudah disiapkan ke dalam ember, untuk perendaman ada 3 variasi yaitu perendaman 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Setelah selesai perendaman lanjut dibilas sampai bersih.



Gambar 4. Tahapan proses perendaman

4. Mengeringkan ijuk yang sudah bersih kemudian ijuk dipotong-potong menjadi dua variasi, yaitu dipotong sepanjang 1 cm dan dan seukuran cetakan sepanjang 11 cm.



Gambar 5. Tahap pengeringan dan pemotongan



(a) (b)

Gambar 6. Susunan serat (a. serat acak, b. serat kontinu)

b. Pembuatan Komposit dengan Metode Vacuum Infusion

Proses pembuatan komposit ijuk melalui beberapa tahapan yaitu:

1. Ijuk disusun dalam cetakan dan ditekan dengan mesin press pada tekanan 10 bar agar membentuk pola cetakan dan menjadi padat, kemudian ijuk ditimbang.
2. Pemasangan sistem vakum dengan penempelan *seal tape* dan plastik *vacumm* pada batas tepi maupun penutup cetakan.
3. Pemberian *seal tape* pada bagian tepi cetakan lalu rakit dengan alas sambil ditekan-tekan agar menyatu dengan kuat.
4. Pemberian *mirror glass* dan cairan PVA keseluruhan bagian cetakan, dan tunggu sampai mengering.
5. Menimbang serat ijuk baik acak maupun kontinu.
6. Pemberian *seal tape* pada bagian atas cetakan. Kemudian masukkan serat ijuk ke dalam cetakan secara merata hingga cetakan penuh, lalu lanjut beri plastik vakum *infusion* dengan cara ditekan-tekan dan pastikan tidak ada celah untuk udara keluar.

7. Pemasangan selang ukuran 3/16 inchi untuk menyedot resin masuk ke cetakan dan 5/16 inchi untuk tempat keluar menuju resin trap. Berilah kran pada selang 3/16 inchi untuk mengatur dan menutup laju aliran resin. Lakukan pemakuman untuk menekan ijuk didalam cetakan agar merata. Kemudian lakukan proses vakum infusion.
8. Membuka cetakan untuk mengambil komposit serat ijuk yang sudah mengeras. Kemudian pisahkan komposit yang sudah mengeras tadi berdasarkan lama perendaman dan bentuk susunan.

c. Proses Pembuatan Spesimen Uji Impak

Tahapan penelitian selanjutnya adalah proses pembuatan spesimen. Langkah-langkah pembuatan spesimen dijelaskan dibawah ini.

1. Potong komposit dengan ukuran 13 mm sebagai toleransi pada saat memotong untuk menghindari kekurangan ukuran pada saat pemotongan. Kemudian untuk panjang spesimen dipotong sepanjang 55 mm.
2. Ukur dan berilah tanda dengan kikir tepat ditengah-tengah spesimen untuk pembuatan takik atau *notch*.
3. Selanjutnya buatlah kedalaman 2 mm pada spesimen yang telah ditandai tadi menggunakan gergaji besi. Untuk membuat sudut 45° amplas secara perlahan, lalu gunakanlah alat pembentuk takik untuk menyesuaikan takikan yang sudah dibuat.



Gambar 7. Spesimen uji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji impak komposit serat ijuk dan resin polyester 108 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut. Tabel 1 menunjukkan data rata-rata kekuatan impak dari hasil perendaman ijuk selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam baik itu susunan acak maupun kontinu.

Tabel 1. Nilai Energi yang diserap dan nilai kekuatan impak komposit serat ijuk dan resin Polyester 108

No	Lama Perendaman dengan NaOH (5%)	Bentuk Susunan Ijuk	Energi yang diserap (J)	Kekuatan Impak (J/cm ²)
1	2 jam	Acak	3,6755	3,68
2	2 jam	Kontinu	2,9561	3,27
3	4 jam	Acak	8,6749	7,72
4	4 jam	Kontinu	13,056	10,02
5	6 jam	Acak	1,2524	1,11
6	6 jam	Kontinu	3,0134	3,14

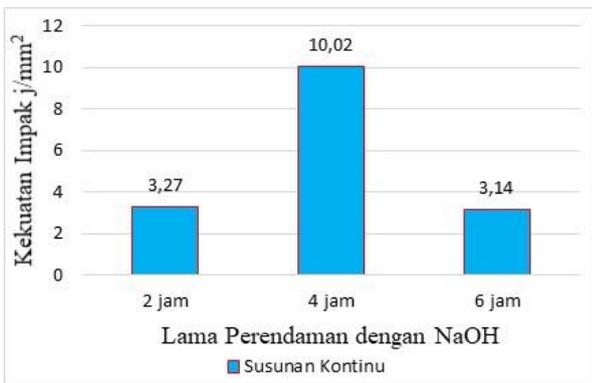


Gambar 8. Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan impak komposit serat ijuk acak

Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan impak komposit serat ijuk acak menunjukkan nilai tertinggi pada pengujian impak terdapat pada perlakuan perendaman serat selama 4 jam sebesar 7,72 J/cm².

Data pengujian impak menunjukkan peningkatan sebesar 52% dibandingkan pada perendaman ijuk selama 2 jam, akan tetapi menurun setelah dilakukan perendaman serat selama 6 jam sebesar 85 %. Kondisi ini bisa di analisa dari karakter grafik bahwa pada

perendaman selama 4 jam terjadi *adhesive* yang baik antara serat dan resin karena perlakuan NaOH dapat membersihkan lignin pada serat yang biasanya menjadi penghalang serat mengikat dengan baik bersama resin, pada perendaman 6 jam dari data menunjukkan penurunan yang cukup besar ini bisa menandakan perendaman NaOH menjadikan serat lebih rapuh karena sifat NaOH yang abrasif jika terlalu lama direndam dalam larutan NaOH.

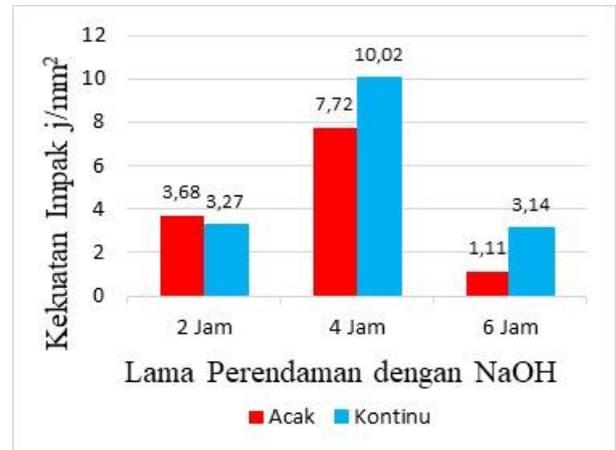


Gambar 9. Hubungan lama perendaman terhadap kekuatan impak komposit serat ijuk kontinu

Karakter yang sama juga ditunjukkan Pada grafik hubungan lama perendaman terhadap kekuatan impak komposit serat ijuk kontinu di atas menunjukkan nilai tertinggi pada pengujian impak terdapat pada perlakuan perendaman serat selama 4 jam sebesar 10,02 J/cm².

Data pengujian impak menunjukkan peningkatan sebesar 67% dibandingkan pada perendaman ijuk selama 2 jam, akan tetapi menurun setelah dilakukan perendaman serat selama 6 jam sebesar 67%. Kondisi ini bisa di analisa dari karakter grafik bahwa pada perendaman selama 4 jam terjadi *adhesive* yang baik antara serat dan resin karena perlakuan NaOH dapat membersihkan lignin pada serat yang biasanya menjadi penghalang serat mengikat dengan baik bersama resin, pada perendaman 6 jam dari data menunjukkan

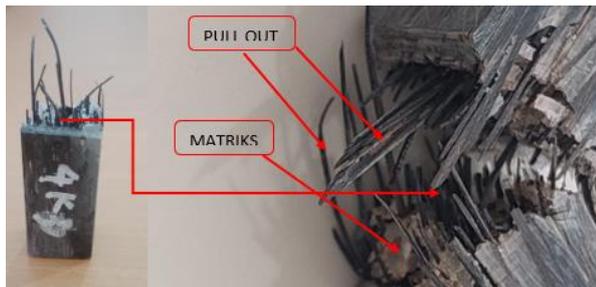
penurunan yang cukup besar ini bisa menandakan perendaman NaOH menjadikan serat lebih rapuh karena sifat NaOH yang abrasif jika terlalu lama direndam dalam larutan NaOH.



Gambar 10. Perbandingan Kekuatan impak serat acak dan serat kontinu

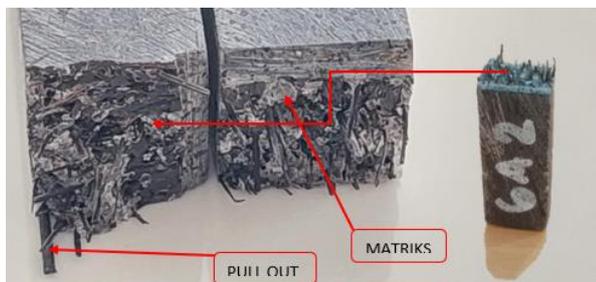
Perbandingan kekuatan impak serat acak dan serat kontinu dapat dilihat pada gambar di atas, dimana serat kontinu lebih unggul kekuatan impaknya terhadap serat acak, kondisi ini dapat terjadi karena serat kontinu memiliki kekuatan yang seragam karena arah serat yang sama dalam hal kekuatan optimal serat. Berbeda dengan serat acak yang memiliki arah yang berbeda-beda sehingga kemungkinan keseragaman kekuatan optimal berubah-ubah sehingga saat mendapatkan beban mekanik.

Kondisi spesimen yang telah dilakukan pengujian akan dibahas sesuai dengan bentuk perpatahan yang terjadi setelah dilakukan pengujian, sampel patahan yang diambil berdasarkan dari sampel uji yang memiliki kekuatan tertinggi dan kekuatan terendah serat aga bisa diketahui jenis perpatahan yang terjadi pada spesimen uji impak.



Gambar 11. Hasil perpatahan pada sampel uji dengan kekuatan impak tertinggi

Bentuk patahan cenderung berserat dan bersifat patah ulet yang memiliki ciri menyerap cahaya dan berpenampilan buram. Terjadi *pull out* (serat tercabut dari matriks) pada serat selama distribusi gaya dari serat yang tidak terdistribusi merata, dan ikatan antara serat dan *matriks* menjadi kurang baik. Kondisi ini dapat terjadi karena belum terserapnya serat ijuk dan resin dengan sempurna. Patahan ini kurang diharapkan karena patahan yang baik adalah patahan getas karena sifat kompak antara matriks dan serat ijuk. Dari banyaknya serat yang *pull out* menandakan bahwa kekuatan komposit masih berpotensi untuk ditingkatkan kekuatannya.



Gambar 12. Hasil perpatahan pada sampel uji dengan kekuatan impak tertinggi

Berdasarkan Gambar, bentuk patahan cenderung berserat dan bersifat patah ulet yang memiliki ciri menyerap cahaya dan berpenampilan buram. Terjadi *pull out* (serat tercabut dari matriks) pada serat selama distribusi gaya dari serat yang tidak terdistribusi merata, dan ikatan antara serat dan *matriks* menjadi kurang baik. Kondisi ini dapat terjadi karena belum terserapnya serat

ijuk dan resin dengan sempurna. Patahan ini kurang diharapkan karena patahan yang baik adalah patahan getas karena sifat kompak antara matriks dan serat ijuk. Dari banyaknya serat yang *pull out* menandakan bahwa kekuatan komposit masih berpotensi untuk ditingkatkan kekuatannya.

4. KESIMPULAN

Nilai tertinggi kekuatan impak komposit serat ijuk terjadi pada perendaman serat ijuk dengan NaOH selama 4 jam pada susunan serat kontinu sebesar 10,02 J/cm².

Perendaman 4 jam menghasilkan sifat kompak antara resin dan serat paling optimal karena kekuatan dan morfologi serat yang paling baik. Karena dapat meningkatkan kekuatan Impak dari Komposit sebesar ± 60 % dibandingkan dengan perendaman 2 jam dan 6 jam NaOH

Pada perendaman 4 jam NaOH belum terjadi kerapuhan tetapi memiliki permukaan yang kasar sehingga resin dapat melekat dengan baik pada serat ijuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rianto, L. Dedy Anjiu, and S. Suhendra, "Pemanfaatan serat alam kulit terap sebagai bahan kombinasi pembuatan winglet sepeda motor," *TURBO*, vol. 9, no. 1, pp. 51–57, 2020.
- [2] J. Parameswaranpillai *et al.*, "Turning waste plant fibers into advanced plant fiber reinforced polymer composites: A comprehensive review," *Composites Part C: Open Access*, vol. 10, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.jcomc.2022.100333.
- [3] I. Munandar and S. Savetlana, "KEKUATAN TARIK SERAT IJUK (ARENGA PINNATA MERR)," 2013.
- [4] Meidina Fitriani, "TUGAS AKHIR-TM 141585," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018. Accessed:

- Apr. 09, 2023. [Online]. Available:
https://repository.its.ac.id/50136/1/2113100035-Undergraduate_Thesis.pdf
- [5] A. Dabet, T. Hafli, and J. Teknik Mesin, “Aplikasi Teknik Manufaktur Vacuum Assisted Resin Infusion (Vari) Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Plastik Berpenguat Serat Abaca (AFRP),” 2018.
- [6] A. Wisnujati and F. Yudhanto, “Analisis Kekuatan Mekanik Exhaust Cover Komposit Hybrid Untuk Sepeda Motor Dengan Metode Vacuum Infusion,” *TURBO*, vol. 7, no. 1, 2018, Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available:
<https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/article/view/710/0>