

## KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT MENGGUNAKAN MATRIKS EPOXY DENGAN REINFORCEMENT BAMBU, CARBON, PALF DAN SERAT BUNGA MALVA

Kelvin Fernando<sup>1)</sup>, Sofyan Djamil<sup>2)</sup>, Sobron Yamin Lubis<sup>3)</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

e-mail: <sup>1)</sup>kelvin.515160012@stu.untar.ac.id, <sup>2)</sup>sofyand@ft.untar.ac.id, <sup>3)</sup>sobronl@ft.untar.ac.id

### ABSTRAK

Perbandingan kekuatan lentur komposit matrik epoksi dengan tulangan yang berbeda. Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki sifat fisik dan sifat mekanik yang baik. Bahan penguat yang biasa digunakan dalam komposit polimer adalah bahan serat dan strip, serat bambu, karbon, serat PALF dan serat malva digunakan sebagai bahan penguat dan polimer resin epoksi digunakan sebagai matriks. Tahapan penelitian dimulai dengan menemukan jurnal yang menjelaskan tentang kuat lentur pada suatu komposit yang menggunakan resin epoksi sebagai matrik. Proses pembuatan komposit menggunakan metode hand lay-up. Data kekuatan lentur akan dibandingkan dan dianalisis. Sifat mekanik yang diuji menggunakan uji lentur dengan komposit plastik bertulang serat menggunakan ISO 14125:1998 – Penentuan sifat lentur dan ASTM D790/D790M-17 “Metode Uji Standar untuk Sifat Lentur dari Plastik Tanpa Penguat dan Penguat dan Bahan Isolasi Listrik”. Tulangan terkuat adalah karbon dengan 475,27 MPa, kedua serat malva 214,00 MPa, ketiga PALF 103,25 Mpa, terakhir bambu 80,30 Mpa.

**Kata kunci:** Bambu, karbon, PALF, serat malva, resin epoksi, kekuatan lentur

### ABSTRACT

The flexural strength comparasion of epoxy matrix composite with diferent reinforcement. Composite is a combination of two or more materials that have good physical properties and good mechanical properties. Reinforcement materials commonly used in polymer composites are fibers and strips material, bamboo fiber, carbon, PALF and malva fiber are used as reinforcement materials and epoxy resin polymer used as matrix. The research phase began with finding the journal which explain about flexural strength in a composite that using epoxy resin as matrix. The composite manufacturing process uses the hand lay-up method. The flexural strengths data will be compare and analyzed. The mechanical properties tested used flexural test with ISO 14125:1998 Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties and ASTM D790/D790M-17 “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”. The strongest reinforcement is carbon with 475,27 MPa, second is malva’s fiber 214,00 MPa, third is PALF 103,25 Mpa, the last one is bamboo 80,30 Mpa.

**Keywords:** Bamboo, carbon, PALF, malva fiber, epoxy resin, flexural strength

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin pesat setiap tahun, semua produsen berlomba-lomba untuk membuat suatu produk yang dapat bersaing di pasaran. Kualitas dan harga suatu produk menjadi acuan bagi produk tersebut dapat bersaing di pasaran, konsumen selalu mencari suatu produk yang memiliki kualitas tertinggi dan harga yang terendah. Hal ini menyebabkan banyak perkembangan terhadap material komposit, karena pengembangan produk dengan cara ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan material logam yang digunakan secara konvensional [1].

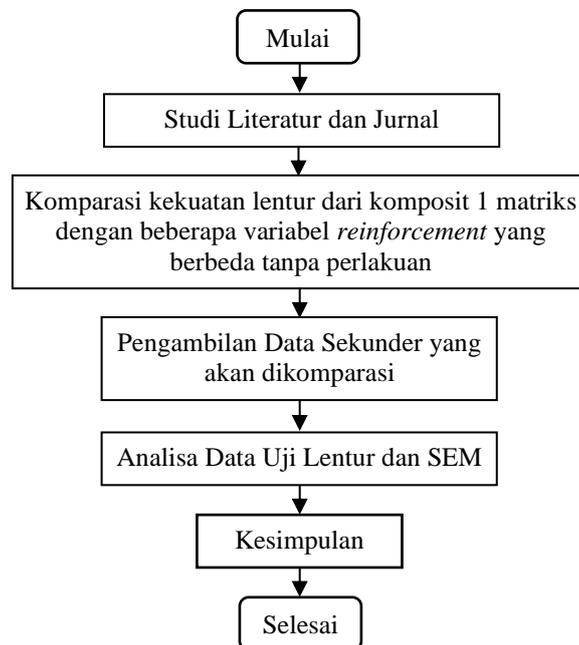
Material komposit adalah material hasil penggabungan antara dua fasa atau lebih, dengan menggunakan matriks sebagai pengikat dan *reinforcement* sebagai penguat untuk meningkatkan kekuatan material. Resin merupakan salah satu pilihan untuk dijadikan bahan matriks karena mempunyai sifat yang mudah dicetak, awet, kuat dan keras [1].

Banyak sekali penelitian yang sudah dilakukan selama ini mengenai material komposit, berbagai pengujian seperti uji tarik, uji beban kejut, uji lentur dan sebagainya

dilakukan untuk mengetahui nilai atau kekuatan material komposit yang telah dibuat. Meskipun demikian studi ini diharapkan dapat menambah khasanah pengetahuan mengenai material komposit dan bertujuan untuk membandingkan kekuatan lentur beberapa jenis *reinforcement* dengan menggunakan bahan matriks yang sama. Pengujian ini dilakukan dengan standar ISO 14125:1998 [2] dan ASTM D790/D790M-17 [3] untuk mendapatkan nilai kekuatan lentur dari komposit.

## **MATERIAL DAN METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan studi komparasi, dengan menggunakan data-data hasil penelitian dari artikel jurnal bereputasi yang relevan berdasarkan standarisasi pengujian yang sama dan proses pembuatan komposit yang sama dengan matriks *epoxy* dan menggunakan *reinforcement* bambu, *carbon*, PALF dan serat bunga malva. Data hasil uji dilakukan komparasi dan dianalisa dengan sistematika penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

### **Persiapan Material**

#### **1. Komposit Matriks *Epoxy* dengan *Reinforcement* Bambu**

Serat bambu yang digunakan pada penelitian ini memiliki ukuran 40 sampai 60 mm dan mempunyai diameter rata-rata 161,52 $\mu$ m. Matriks yang digunakan pada komposit ini adalah resin AROPOI. 1472/25P *Infusion* yang dipasok dari Nuplex Composites Australia, katalis yang akan digunakan adalah Butanox M-50 dengan perbandingan 1,5% dari berat resin yang digunakan.

Bambu akan di bersihkan dengan menggunakan air mengalir dan kemudian di jemur pada temperatur atmosfer 25°C. Lapisan komposit disiapkan dengan ukuran 400 mm x 400 mm dengan perbandingan serat bambu adalah 30%. Serat bambu yang sudah kering akan dicampurkan kedalam resin dan dituangkan ke dalam cetakan, kemudian akan dibiarkan 24 jam pada temperatur ruangan hingga komposit menjadi kering. Spesimen dipotong berdasarkan ketentuan ISO 14125:1998 *Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties* 120 mm x 15 mm x 5 mm. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan mesin MTS 3 *point bending test* yang dipasangkan *Wyoming Modified Celanese Compression*, spesimen ditekan dengan beban 10 kN.

## 2. Komposit Matriks *Epoxy* dengan *Reinforcement Carbon Fabric*

*Reinforcement* yang digunakan adalah *carbon* bertipe *plain weave T800HB 6K 40B* diproduksi oleh *Sigmatex Material Innovation* dan *Toray Innovation by Chemistry* dengan ukuran 200 gsm, dan *Epoxy* yang digunakan adalah *Cycom 890 RTM monocomponent epoxy resin* yang diproduksi oleh *Cytech Technology*.

*Carbon* akan dilapisi oleh resin dan katalis. Setelah pembuatan komposit selesai, komposit akan di potong berdasarkan ASTM D790/D790M-17 “*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*” dengan ukuran 94 mm x 12,7 mm x 3 mm. Pengujian ini dilakukan dengan metode *3 point bending test* menggunakan mesin *Shimadzu AG-X test machine*, spesimen ditekan dengan kecepatan *cross-head* 4,98 mm/s.

## 3. Komposit Matriks *Epoxy* dengan *Reinforcement PALF*

Serat daun nanas pada penelitian ini dipasok dari *Design Natural Fibers, Brazil*. Serat akan dipisahkan satu per satu dan dibersihkan menggunakan air yang mengalir, setelah itu akan dikeringkan di dalam panggangan dengan suhu 60°C. Serat daun nanas yang cocok digunakan pada pengerjaan ini adalah serat yang memiliki ukuran diameter 0.20 mm.

Serat yang sudah kering akan dicampur dengan *diglycidyl ether of the bisphenol A (DGEBA)* sebagai resin *epoxy* dan *triethylene tetramine (TETA)* sebagai katalis dengan perbandingan 30% *reinforcement* dan 70% resin *epoxy*, kemudian akan dituangkan kedalam cetakan. Setiap sisi akan ditekan dengan tekanan 3 MPa dan di biarkan pada temperatur ruangan selaman 24 jam. Spesimen akan dipotong berdasarkan ASTM D790/D790M-17 “*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*” dengan ukuran 122 mm x 25 mm x 10 mm. Pengujian ini dilakukan dengan metode *3 point bending test* menggunakan mesin *Instron 5582*.

## 4. Komposit Matriks *Epoxy* dengan *Reinforcement Serat Bunga Malva*

Pada pengujian ini, *reinforcement* serat bunga malva (*Urena lobata L*) yang digunakan di pasok dari Brazilian firm *Castanhal Textil* dan matriks yang digunakan adalah *diglycidyl ether of the bisphenol A (DGEBA)* sebagai resin *epoxy* dan *triethylene tetramine (TETA)* sebagai katalis. Bunga *urena lobata L* akan diekstrak sehingga menjadi serat dan kemudian dijemur sampai kering, kemudian serat bunga akan di bersihkan lagi menggunakan air yang mengalir kemudian di keringkan lagi. Serat yang sudah kering akan dicampur dengan *diglycidyl ether of the bisphenol A (DGEBA)* sebagai resin *epoxy* dan *triethylene tetramine (TETA)* sebagai katalis dengan perbandingan 30% *reinforcement* dan 70% resin *epoxy*, kemudian akan dituangkan kedalam cetakan yang berukuran 152 mm x 122 mm x 10 mm, cetakan kemudian diberikan tekanan sebesar 20 MPa dan didiamkan 24 jam pada temperatur ruangan untuk mengeringkan resin. Setelah komposit sudah jadi maka akan di potong sesuai ASTM D790/D790M-17 “*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*” dengan ukuran 122 mm x 25 mm x 10 mm. Pengujian ini dilakukan dengan metode *3 point bending test* menggunakan mesin *Instron 5582*, spesimen ditekan dengan beban 100 kN.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil dan Pembahasan Uji Lentur

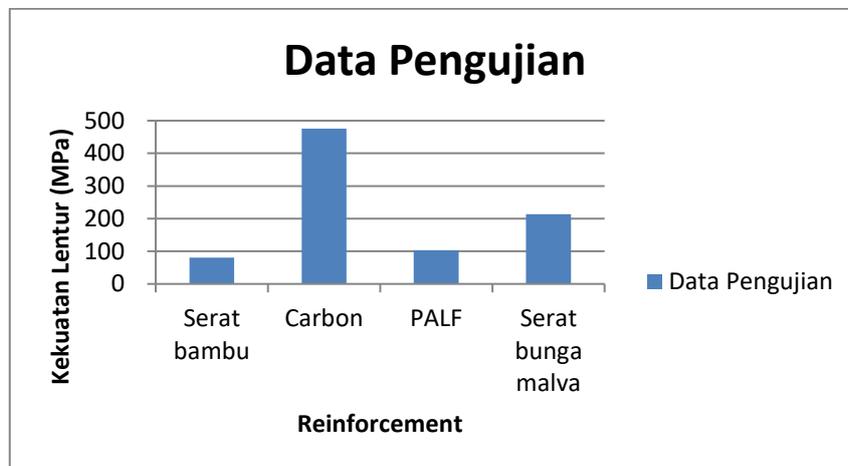
Berdasarkan data-data hasil pengujian lentur dari komposit matriks *epoxy* dengan menggunakan *reinforcement* bambu [2], *carbon* [3], PALF [4] dan serat bunga malva [5] yang didapat dari jurnal-jurnal internasional, maka dapat dibuat Tabel 1 yang membandingkan nilai hasil uji lentur.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin 3 point bending dan standarisasi ISO 14125:1998 *Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties* dan ASTM D790/D790M-17 “*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*”.

Tabel 1. Data hasil pengujian lentur

<b>Reinforcement</b>	<b>Vf (%)</b>	<b>Kekuatan Lentur (MPa)</b>
Serat bambu	30	80,30
Carbon	30	475,27
PALF	30	103,25
Serat bunga malva	30	214,00

Berdasarkan data-data hasil uji lentur yang didapat pada Tabel 1 maka dapat di buatkan sebuah grafik yang menunjukkan perbedaan kekuatan lentur dari komposit matriks epoxy dengan menggunakan reinforcement bambu, carbon, PALF dan serat bunga malva.



Gambar 2. Grafik kekuatan lentur komposit bambu, carbon, PALF dan serat bunga malva

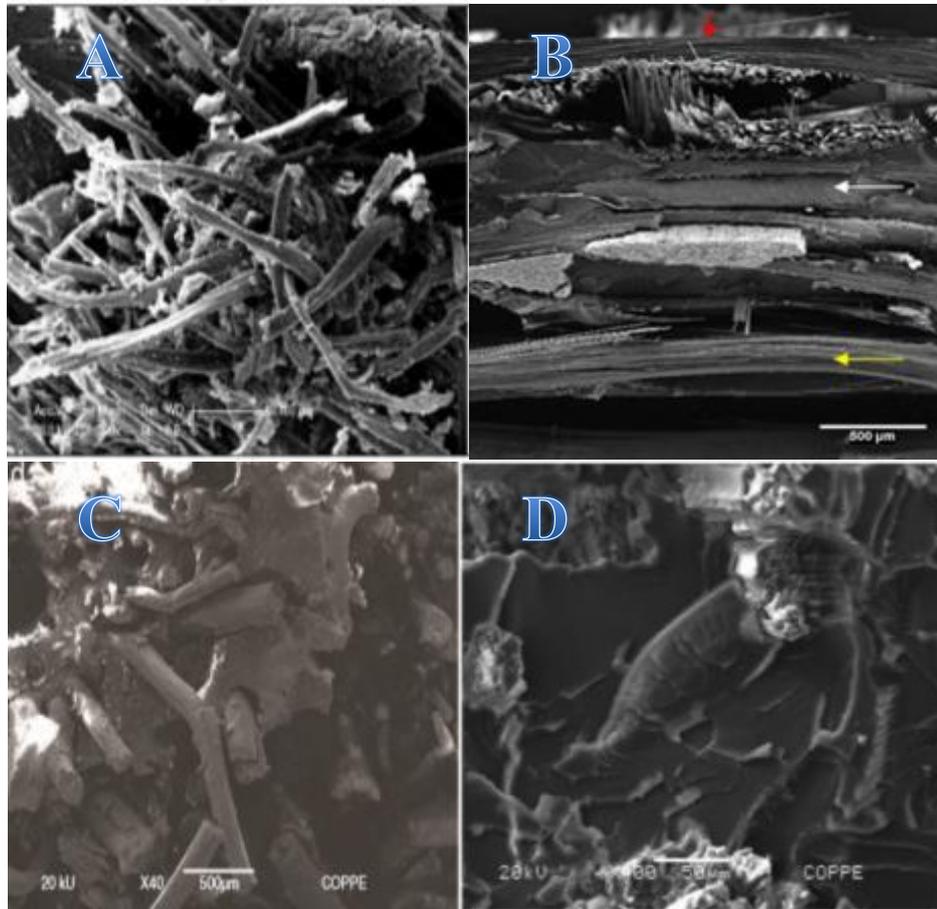
Hasil komparasi data pengujian lentur komposit matriks epoxy dengan menggunakan reinforcement yang berbeda menunjukkan jika kekuatan lentur tertinggi adalah komposit matriks epoxy dengan menggunakan reinforcement carbon yang memiliki nilai kekuatan lentur sebesar 475,27 MPa, dilanjutkan dengan reinforcement serat bunga malva 214,00 MPa, reinforcement PALF 103,25 MPa, dan yang terendah adalah reinforcement serat bambu 80,30 MPa. Meskipun dengan volume fraksi yang sama yaitu 70% resin dan 30% reinforcement dan metode pembuatan yang sama dengan menggunakan teknik hand lay-up, komposit serat alam masih belum bisa menandingi kekuatan dari komposit carbon.

Serat alam memiliki kandungan lignin di dalamnya sehingga menyebabkan reinforcement mempunyai sifat adhesi yang kurang baik terhadap matriks, hal ini dikarenakan kandungan lignin yang mempunyai fungsi untuk mengikat kandungan selulosa pada serat alam, lignin dan selulosa bersifat tidak larut di dalam air, selulosa yang terdapat pada dinding sel tanaman ini mempunyai molekul berbentuk linier. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut secara kimia maupun mekanis. Pada percobaan ini dapat dilihat pada serat bambu yang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi sekitar 42,4-53,6% dan kandungan lignin sebesar 19,8-26,6% [6], PALF memiliki kandungan selulosa sebesar 80% dan kandungan lignin sebesar 12% [7], dan serat bunga malva memiliki kandungan selulosa sebesar 94,74% dan kandungan lignin 7,08% [8], kandungan lignin pada reinforcement yang tidak dihilangkan terlebih dahulu dengan

perlakuan khusus menyebabkan *reinforcement* memiliki sifat tidak adhesi terhadap matriks dan menyebabkan terjadinya *debonding*.

### Hasil dan Pembahasan Pengamatan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Proses pengamatan dilakukan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengamati bentuk patahan yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan.



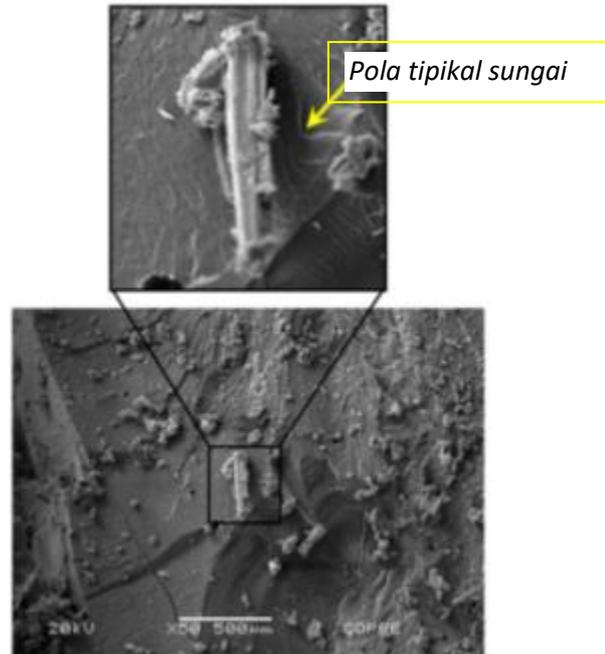
Gambar 3. Hasil SEM komposit matriks *epoxy* dengan *reinforcement* serat bambu (A) [2], *carbon* (B) [3], PALF (C) [4], dan serat bunga malva (D) [5]

Pada Gambar 3 (A) menunjukkan bahwa kurang baiknya rekatan yang terjadi antara *reinforcement* serat bambu dengan matriks *epoxy*, hal ini dapat dilihat dari sedikitnya jumlah matriks *epoxy* yang merekat pada serat bambu. Bambu yang tidak dilakukan perlakuan khusus cenderung masih memiliki kandungan lignin yang banyak sehingga mempersulit untuk merekatnya resin *epoxy* terhadap *reinforcement* serat bambu.

Pada Gambar 3 (B) serat PW-T800HB terlihat lebih kasar, hal ini menunjukkan bahwa serat *carbon* PW-T800HB mempunyai daya rekat atau daya ikat terhadap yang baik terhadap resin *epoxy*. *Surface roughness* yang dimiliki oleh serat *carbon* juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan ikatan resin dan serat *carbon* semakin kuat, hal tersebut dikarenakan semakin tinggi nilai kekasaran maka akan semakin baik juga sifat adhesi yang dimilikinya.

Pada Gambar 3 (C) dapat dilihat bahwa terdapat banyak PALF yang terlepas dari matriksnya (*debonding*), hal ini menunjukkan bahwa PALF merupakan *reinforcement* serat alam yang mempunyai sifat adhesi kurang baik sehingga mempengaruhi kekuatan dari komposit dikarenakan *reinforcement* yang tidak merekat dengan baik terhadap matriksnya.

Pada Gambar 3 (D) dapat dilihat bahwa serat bunga malva merekat dengan baik ke dalam matriks *epoxy*. *Epoxy* yang retak menunjukkan bukti retak ditangkap pada antarmuka serat. Distribusi serat yang homogen ke seluruh permukaan fraktur dan sifat rekat yang baik terhadap *epoxy* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Fraktograf SEM dengan perbesaran yang lebih rendah (x50) [5]

Pola tipikal sungai yang ditunjukkan arah panah kuning pada Gambar 3 menunjukkan serat bunga malva sesuai dengan mekanisme penguatan, yang meningkatkan sifat mekanik komposit polimer.

## **KESIMPULAN**

Kekuatan lentur tertinggi adalah komposit matriks *epoxy* dengan menggunakan *reinforcement carbon* yang memiliki nilai kekuatan lentur sebesar 475,27 MPa, dilanjutkan dengan *reinforcement* serat bunga malva 214,00 MPa, *reinforcement* PALF 103,25 MPa, dan yang terendah adalah *reinforcement* serat bambu 80,30 MPa. *Reinforcement* serat alam yang memiliki kandungan lignin seperti PALF (selulosa 80% dan lignin 12%) dan serat bambu (selulosa 42,4-53,6% dan lignin 19,8-26,6%) memiliki ikatan yang tidak baik terhadap matriksnya. Komposit serat alam cocok untuk menggantikan material plastik atau *polymer* murni pada bidang otomotif yang mempunyai nilai atau beban tidak terlalu berat, selain memunculkan nilai estetika komposit serat alam juga bersifat ramah lingkungan dibandingkan komposit *carbon* yang tidak dapat didaur ulang.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mendedikasikan makalah ini sebagai rasa terima kasih kepada Almarhum Dr. Ir. Sofyan Djamil untuk mengenang jasa beliau. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu penelitian dan penulisan ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B. Adjiantoro and B. Sriyono, "Pembuatan Material Komposit Matriks Paduan Al-6,2%Mg/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(p) dengan Proses STIRR-Casting," *Majalah Metalurgi*, Vol. 29, No. 1, pp. 63-70, 2014.

- [2] A. C. Manalo, E. Wani, N. A. Zukarnain, W. Karunasena, K. Lau., Effects of alkali treatment and elevated temperature on the mechanical properties of bamboo fibre-polyester composites,” *Composites Part B: Engineering*, Vol. 80, pp. 73–83, 2015.
- [3] T. Brocks, M. O. H. Cioffi, H. J. C. Voorwald., Effect of fiber surface on flexural strength in carbon fabric reinforced epoxy composites,” *Applied Surface Science*, Vol. 274, pp. 210–216, 2013.
- [4] G. O. Glória, M. C. A. Teles, A. C. C. Neves, C. M. F. Vieira, F. P. D. Lopes, M. de A. Gomes, F. M. Margem, S. N. Monteiro., “Bending test in epoxy composites reinforced with continuous and aligned PALF fibers,” *Journal of Materials Research and Technology*, Vol. 6, Issue 4, pp. 411–416, 2017.
- [5] J. I. Margem, V. A. Gomes, F. M. Margem, C. G. D. Ribeiro, F. O. Braga, S. N. Monteiro., “Flexural Behavior of Epoxy Matrix Composites Reinforced with Malva Fiber,” *Materials Research*, Vol. 18, No. 2, pp. 114–120, 2015.
- [6] W. Fatriasari dan E. Hermiati., Analysis of Fiber Morphology and Physical-Chemical Properties of Six Species of Bamboo as Raw Material for Pulp and Paper,” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, Vol. 1, No. 2, pp. 67–72, 2008.
- [7] H. Onggo dan J. T. Astuti., “Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida Terhadap Rendemen dan warna Pulp Dari Serat Nanas,” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, Vol. 3, No. 1, pp. 37–43, 2005.
- [8] E. Nurnasari dan Nurindah., “Karakteristik Kimia Serat Buah, Serat batang, dan Serat Daun,” *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, Vol. 9, No. 2, pp. 64–72, 2017.