

# Peningkatan Sifat Mekanis Biokomposit Diperkuat Serat Sabut Kelapa Melalui Proses Fibrilasi Serat

Indra Mawardi<sup>1</sup>, Jufriadi<sup>2</sup>, Hanif<sup>3</sup>, Nurdin<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Email: ddx\_72@yahoo.com

## ABSTRACT

*The strength of natural fiber composites is highly dependent on mechanical bonding between fibers and matrix. The smaller fiber diameter indirectly increases the matrix interface with fiber. This study aims to improve the mechanical properties of coir fiber reinforced biocomposites through the modification of fibers with the fibrillation process. The method began with chemical treatment using 5% NaOH solution and boiling at a temperature of 95 ° C for 10 and 15 minutes. The fibrillation process is done by blending the fibers at high speeds for 5 and 10 minutes. Biocomposite is reinforced with coir fiber with a matrix of epoxy resin and alumina as filler. Testing of mechanical properties in the form of tensile and bending tests. The results showed that coir fiber fibrillation treatment had an effect on increasing the mechanical properties of coir fiber reinforced biocomposites. Coir reinforced biocomposites that have undergone fibrillation treatment, EAC10-10 and EAC 15-10 have increased tensile strength up to 15% compared to fiber treated coir reinforced composites (EAC).*

**Keywords:** biocomposites, fibrillation, coir

## ABSTRAK

Kekuatan komposit serat alam sangat tergantung pada *mechanical bonding* antara serat dan matriks. Diameter serat yang semakin kecil secara tidak langsung akan meningkatkan interface matriks dengan serat. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis biokomposit yang diperkuat serat sabut kelapa melalui modifikasi serat dengan proses *fibrilasi*. Metode penelitian dimulai dengan perlakuan kimia menggunakan larutan NaOH 5% dan dipanaskan pada temperatur 95°C selama 10 dan 15 menit. Proses fibrilasi dilakukan dengan memblender serat pada kecepatan tinggi selama 5 dan 10 menit. Biokomposit diperkuat serat sabut kelapa dengan matriks dari epoxy resin dan alumina sebagai filler. Pengujian sifat mekanis berupa pengujian tarik dan lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fibrilasi serat sabut kelapa berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanis biokomposit yang diperkuat serat sabut kelapa. Biokomposit berpenguat SSK yang telah mengalami perlakuan fibrilasi, EAC10-10 dan EAC 15-10 mengalami peningkatan kekuatan tarik hingga 15% dibandingkan dengan komposit berpenguat SSK tanpa perlakuan serat (EAC).

**Kata Kunci:** biokomposit, fibrilasi, serat sabut kelapa

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam. Teknologi komposit pun sebenarnya mencontoh komposit alam yang sudah ada sebelumnya. Sebagai contoh, PT. Toyota di Jepang telah memanfaatkan bahan komposit berpenguat serat kenaf sebagai komponen panel interior mobil jenis sedan. Selain itu, produsen mobil *Daimler-Bens* pun telah memanfaatkan serat abaca sebagai penguat bahan komposit untuk *dashboard*. Pergeseran trend teknologi ini dilandasi oleh sifat komposit berpenguat serat alam yang lebih ramah lingkungan. Komposit ini juga memiliki rasio kekuatan dengan *density* yang tinggi sehingga komponen yang dihasilkan lebih ringan. Para industriawan menggunakan komposit tersebut sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya. Biokomposit merupakan salah satu *smart material* yang memiliki peluang untuk menggeser penggunaan bahan logam dan komposit sintetis. Produksi serat alam penguat biokomposit cukup berlimpah. Beberapa kelebihan serat alam, yaitu serat alam sangat mudah diperoleh, usia panen relatif pendek, penanamannya dapat dilakukan di lahan marjinal, teknologi untuk pengolahannya sangat sederhana, dan tingkat sustainabilitasnya sangat tinggi.

Serat sabut kelapa merupakan salah satu material serat alami (*natural fibre*) yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit. Serat kelapa ini mulai digunakan karena mudah didapat dan banyak tersedia. Serat sabut kelapa sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matriks. Serat sabut kelapa yang dikombinasikan dengan polimer sebagai matriks, akan menghasilkan komposit alternatif yang bermanfaat untuk dunia industri.

Sifat mekanis komposit selain dipengaruhi oleh pembentuk utamanya, yaitu : matriks dan serat juga dipengaruhi oleh ikatan antar muka (interface) antara keduanya (Verma D, 2013). Ikatan antar muka dapat ditingkatkan dengan penambahan *coupling agent* dan perlakuan kimia. Unsur kimia yang sering digunakan adalah NaOH atau alkali. Diharjo (2006) telah melakukan penelitian pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-*polyester*. Spesimen dilakukan *post cure* selama 4 jam pada suhu 62<sup>o</sup> C. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu  $\sigma = 190.27$  MPa dan  $\epsilon = 0.44\%$ . Perlakuan serat sisal pada 18% NaOH akan meningkatkan kekuatan tarik dan bending komposit dibandingkan 5%, 10% NaOH (Noorunnisa, 2011). Kekuatan komposit serat alam sangat tergantung pada *mechanical bonding* antara serat dan matriks. Hal ini didukung oleh Alex.S (2015) yang menyatakan bahwa kekuatan hybrid komposit tergantung pada sifat mekanis serat, rasio serat dengan matriks, orientasi serat, dan jumlah layer penguatnya.

Indra, dkk (2007) melaporkan kekuatan tarik dan bending komposit polimer diperkuat kombinasi serat sabut kelapa dan E-glass. Variasi WR+WR+SK+SK+WR+WR memiliki harga tegangan tarik rata-rata 309.54 MPa dan tegangan bending rata-rata 597,42 MPa. Vasanta *et al* (2013) telah mempublikasi hasil penelitiannya tentang karakteristik mekanis komposit polimer hibrid menggunakan penguat serat sabut kelapa dan sekam padi. Komposit menggunakan matriks dari vinylester, dengan persentase berat serat sabut kelapa 0, 5, 10, 15, dan 20. Hasil pengujian tarik menunjukkan terjadinya peningkatan kekuatan tarik dengan penambahan serat. Komposit dengan 15% berat serat sabut kelapa menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 22, 48 MPa.

Udaykumar P.A. *et al* (2014) telah mempublikasi hasil penelitiannya tentang komposit polimer berpenguat serat sabut kelapa. Komposit dibentuk dari matrik vinyl ester berpenguat serat pendek, dengan persentase berat serat 5, 10, 15, 20 dan 25% dengan variasi tebal 3, 3.5, 4, 4.5, dan 5 mm. Komposit dilakukan pengujian lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan serat memegang peranan penting terhadap sifat mekanis komposit. Komposit dengan kandungan 20% serat dengan ketebalan 4 mm menghasilkan kekuatan lentur tertinggi yaitu 69 MPa. Sakhivei M. *et al* (2013) juga melaporkan sifat mekanis dari komposit berpenguat serat alam (nenas, sabut kelapa dan sisal). Komposit menggunakan epoxy sebagai matriks dan serat berukuran 2 mm. Pengujian yang dilakukan antara lain uji lentur, impak, dan kekerasan. Dari hasil pengujian kekerasan, komposit yang diperkuat serat sabut kelapa mempunyai kekerasan hingga 76 HRc dan nilai kekuatan impak mencapai 5 joule. Dari hasil pengujian secara umum menyimpulkan bahwa komposit berpenguat serat alam dapat digunakan sebagai material otomotif.

Selain perlakuan awal serat, hal yang tidak kalah penting dalam meningkatkan ikatan antar muka adalah diameter serat. Penggunaan serat sebagai penguat pada komposit alam sangat dipengaruhi oleh ukuran diameter dan panjang serat. Semakin kecil diameter serat maka akan semakin banyak ikatan matriks dengan serat sehingga dapat meningkatkan sifat mekanis komposit dan sifat-sifat struktur komposit. Untuk mereduksi ukuran serat tidak cukup dengan perlakuan kimia dengan menggunakan NaOH akan tetapi diperlukan perlakuan lanjutan seperti proses *fibrilasi*.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis biokomposit yang diperkuat serat sabut kelapa melalui modifikasi serat dengan proses *fibrilasi*. Proses *fibrilasi* serat dilakukan secara semi mekanis menggunakan blender kecepatan tinggi. Proses ini dilakukan dalam upaya mereduksi diameter serat sehingga akan dapat meningkatkan sifat mekanis biokomposit serat sabut kelapa.

## 2. Metode

### 2.1 Material

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: serat sabut kelapa, alkali (NaOH), aquades, epoxy resin, dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

### 2.2 Prosedur Kerja

#### *Persiapan bahan baku*

Serat sabut kelapa yang berasal dari kelapa tua, terlebih dahulu disortir diameter dan panjang. Serat dibersihkan dan dijemur ± 2 hari untuk mengurangi kadar air. Serat lalu dipotong pendek-pendek dengan ukuran panjang 10-20 mm.

#### *Pelakuan fibrilasi*

Serat sabut kelapa terlebih dahulu dilakukan perlakuan secara kimia sebelum serat diproses fibrilasi. Fungsi dari perlakuan ini adalah untuk menghilangkan lapisan lignin. Proses perlakuan kimia menggunakan larutan dengan konsentrasi NaOH 5% pada suhu 95°C selama 10 menit dan 15 menit. Pemilihan konsentrasi NaOH 5% merujuk penelitian Indra (2009). Proses *fibrilasi* serat dilakukan dengan memblender serat pada putaran tinggi. Proses ini bertujuan untuk mereduksi diameter serat.

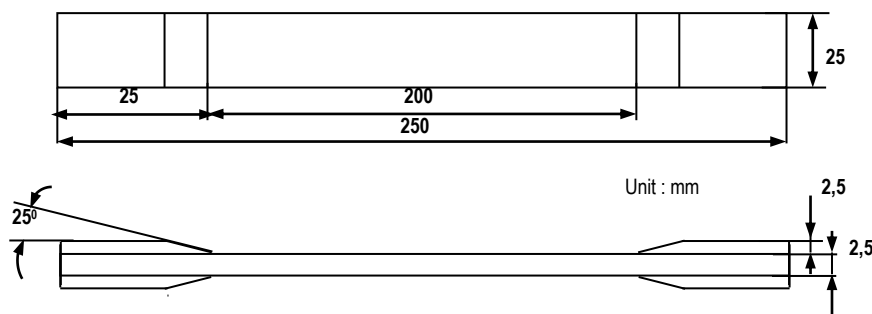
Serat sabut kelapa yang telah dipretreatmen selanjutnya diblender selama 5 dan 10 menit. Kecepatan putaran blender berkisar 15.000 s.d 20.000 rpm. Serat kemudian dilakukan pengeringan secara alami.

#### Pembentukan biokomposit

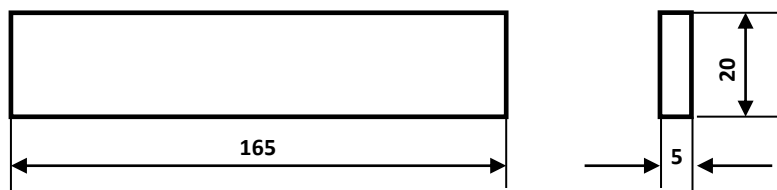
Pembentukan atau pencetakan panel hibrid komposit polimer-keramik dilakukan dengan menggunakan cetakan. Sebelum proses pencetakan, cetakan terlebih dahulu dibuat dari plat baja dengan dimensi 740x540x6 mm. Variasi unsur pembentuk material hibrid komposit polimer-keramik berdasarkan fraksi berat serat sabut kelapa dan epoksi, yaitu perbandingan 20:80, 30:70 dan 40:60. Penambahan alumina sebanyak 5% dari berat matriks (epoksi).

#### Uji mekanis

Pengujian mekanis yang dilakukan adalah uji tarik dan lentur. Dengan menggunakan mesin servo pulser jenis UCT Series, pengujian tarik dan lentur dilakukan pada temperatur 25°C, dengan kelembaban 50% RH. Untuk uji tarik, kecepatan penarikan sebesar 10 mm/menit. Pengujian lentur menggunakan metode *three point bending* dengan kecepatan penekanan 2 mm/menit. Untuk pengujian mekanis, spesimen uji tarik dibentuk sesuai standard ASTM D 3039 (Gambar 1) dan spesimen uji lentur mengikuti standar ASTM D 790-81 (Gambar 2).



Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik statik ASTM D 3039



Gambar 2. Dimensi spesimen uji lentur mengikuti standar ASTM D 790-81

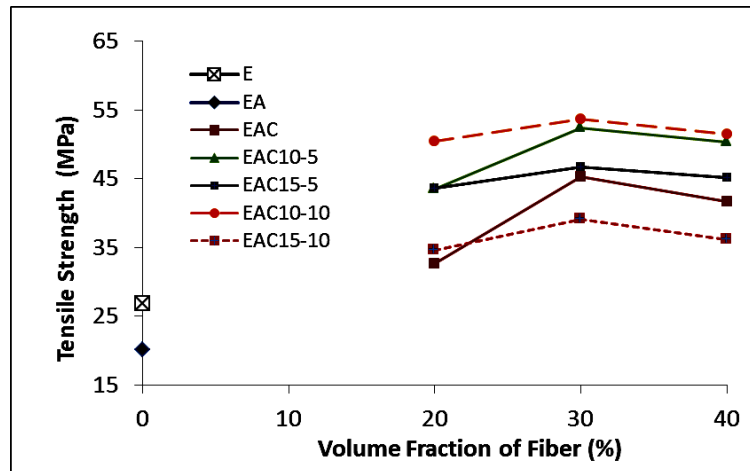
### 3. Hasil dan Pembahasan

Biokomposit diperkuat serat sabut kelapa dengan berbagai variasi perlakuan *fibrilasi* serat menggunakan blender kecepatan tinggi telah dilakukan pengujian mekanis (tarik dan lentur). Biokomposit dengan pemasakan 10 menit dan diblender selama 5 menit (EAC10-5), biokomposit dengan pemasakan 15 menit dan diblender selama 5 menit (EAC15-5) dan terdapat tiga pembanding untuk melihat hasil perlakuan serat, yaitu epoxy (E), komposit epoxy+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (EA) dan epoxy+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SSK tanpa perlakuan (EAC).

Hasil dari pengujian tarik, biokomposit yang diperkuat serat sabut kelapa (SSK) dengan perlakuan memasak serat selama 10 dan 15 menit dan proses blender selama 5 menit dan 10 menit untuk berbagai variasi fraksi volume diperlihatkan pada gambar 3.

Biokomposit EAC10-5 dan EAC 15-5 mengalami peningkatan kekuatan tarik sebesar 14% dibandingkan dengan biokomposit berpenguat SSK tanpa perlakuan serat (EAC). Peningkatan kekuatan tarik tersebut dipengaruhi oleh faktor tereduksinya diameter serat setelah mengalami proses fibrilasi menggunakan blender kecepatan tinggi. Diameter serat menjadi lebih kecil akan meningkatkan interface antara serat dan matrik. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada biokomposit diperkuat SSK, EAC10-5 dengan biokomposisi 30:70, yaitu 52.43 Mpa. Pada komposisi yang sama (30:70), biokomposit EAC10-5 menghasilkan kekuatan tarik yang lebih besar 11% dibandingkan

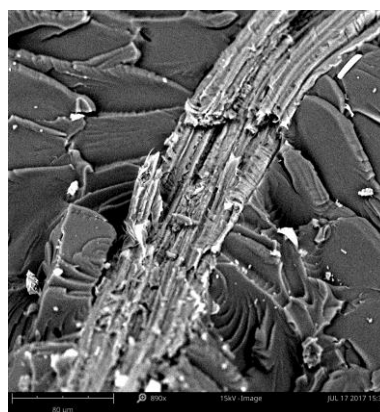
biokomposit EAC15-5 yang hanya 46.68 Mpa. Terjadinya penurunan kekuatan tarik pada biokomposit yang diperkuat SSK dengan perlakuan dimasak lebih lama, 15 menit, dikarenakan terjadinya degradasi pada struktur SSK. Fenomena yang hampir sama juga terjadi pada biokomposit yang diperkuat SSK dengan waktu blender 10 menit. Biokomposit diperkuat SSK dengan variasi EAC10-10 pada biokomposisi 30:70 memiliki kekuatan tarik tertinggi, yaitu 53.70 Mpa dan terendah 34.65 Mpa pada biokomposit EAC15-10 dengan fraksi volume 20:80. Biokomposit berpenguat SSK yang telah mengalami perlakuan fibrilasi, EAC10-10 dan EAC 15-10 juga mengalami peningkatan kekuatan tarik hingga 15% dibandingkan dengan biokomposit berpenguat SSK tanpa perlakuan serat (EAC).



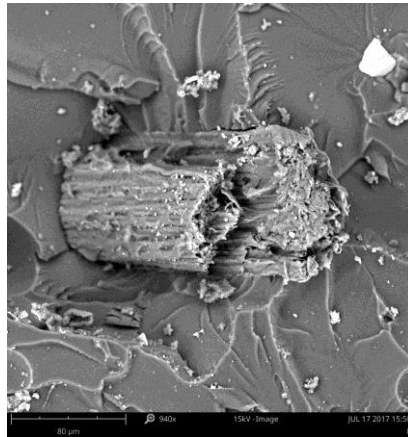
Gambar 3. Kekuatan tarik biokomposit dengan perlakuan proses blender serat selama 5 dan 10 menit

Pada kasus ini, peningkatan perlakuan SSK yang dimasak dari 10 menit menjadi 15 menit dapat menurunkan kekuatan tarik hingga 27%. Kontribusi waktu yang lebih lama akan merusak struktur serat sehingga menurunkan nilai kekuatan tarik dari komposit diperkuat SSK. Degradasi struktur SSK menyebabkan kekuatan SSK menjadi menurun. Fenomena ini dapat dilihat dari hasil SEM (Gambar 4). Jika dilihat dari variasi komposisi pembentuk komposit, SSK dan epoxy (20:80, 30:70, dan 40:60) dan perlakuan fibrilasi serat, komposisi dengan volume fraksi serat 30% dan epoxy 70% secara keseluruhan menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi 20:80 dan 40:60. Komposit yang diperkuat SSK, EAC10-10 menghasilkan kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan komposit dengan variasi perlakuan fibrilasi lain, EAC10-5, EAC15-5, dan EAC15-10.

Perlakuan serat dengan NaOH dan diikuti dengan proses fibrilasi menggunakan blender kecepatan tinggi dapat merubah dimensi atau morfologi serat SSK. Setelah proses fibrilasi diameter serat tereduksi sehingga kekuatan serat meningkat dan menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Hal ini tidak terlepas dari membaiknya antarmuka matriks-serat. Fenomena ini secara tidak langsung akan menaikkan properti dari biokomposit. Efek fibrilasi dalam memodifikasi permukaan serat dapat diamati dengan SEM seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Pada permukaan perpatahan, terlihat serat putus dan tidak terlihat adanya bekas lubang akibat terlepasnya serat (pull outs bonding).

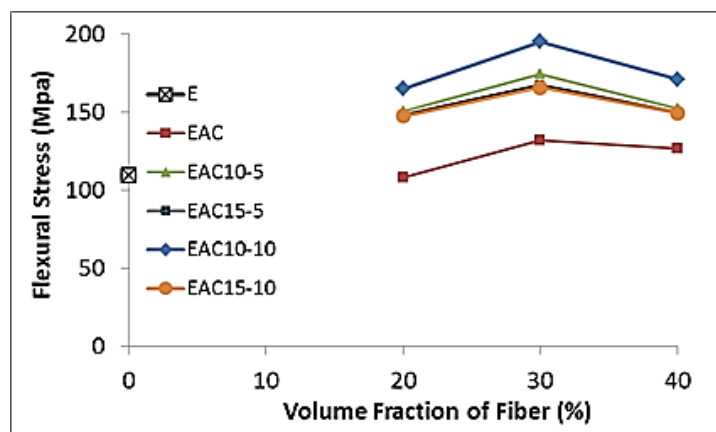


Gambar 4. Struktur SSK akibat fibrilasi selama 15 menit



Gambar 5. Topografi pull out bonding pada permukaan perpecahan

Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian flexural stress biokomposit yang diperkuat SSK yang telah mengalami proses fibrilasi selama 10 dan 15 menit pemasakan dengan waktu blender selama 5 menit dan 10 menit. Pada pemanasan 5 menit, nilai flexural stress tertinggi, yaitu 174,40 MPa diperoleh pada biokomposit EAC10-5 pada fraksi volume 30:70 dan terkecil pada biokomposit EAC15-5 pada fraksi volume 20:80 dengan nilai 148,28 MPa. Sedangkan pada pemanasan 10 menit, flexural stress tertinggi pada biokomposit EAC10-10 pada fraksi volume 30:70, yaitu 195,00 MPa dan terkecil pada biokomposit EAC15-10 pada fraksi volume 20:80 dengan nilai 147,33 MPa.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian flexural stress biokomposit SSK dengan waktu blender selama 5 dan 10 menit

Pada gambar 6 terlihat jika kita membandingkan biokomposit diperkuat SSK dengan waktu blender SSK 5 dan 10 menit, nilai flexural stress tertinggi diperoleh pada komposit EAC10-10 pada fraksi volume 30:70 yaitu 195,00 MPa dan terkecil pada komposit EAC15-10 pada fraksi volume 20:80 dengan nilai 147,33 MPa. Dari fenomena di atas menunjukkan adanya kontribusi perlakuan fibrilasi terhadap serat. Diameter serat menjadi lebih kecil sehingga meningkatkan interface antara serat dan matrik.

#### 4. Simpulan

Kontribusi waktu fibrilasi yang lebih lama akan merusak struktur serat sehingga menurunkan sifat mekanis biokomposit. Biokomposit berpenguat SSK yang telah mengalami perlakuan fibrilasi, EAC10-10 dan EAC 15-10 mengalami peningkatan kekuatan tarik hingga 15% dibandingkan dengan komposit berpenguat SSK tanpa perlakuan serat (EAC). Biokomposit dengan fraksi volume 30:70, dengan perlakuan serat yang dipanaskan selama 10 menit dan diblender 10 menit menghasilkan nilai kekuatan tarik lebih tinggi yaitu 53,70 Mpa dibandingkan dengan variasi perlakuan serat lainnya. Nilai flexural stress tertinggi 195 Mpa dihasilkan oleh biokomposit dengan fraksi volume 30:70, dengan proses fibrilasi serat yang dipanaskan selama 10 menit dan diblender selama 10 menit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio diameter serat akan berpengaruh terhadap sifat mekanis dari material komposit. Proses fibrilasi dengan variabel yang tepat dapat mereduksi diameter

SSK tanpa merusak dari struktur serat tersebut. Proses perlakuan awal SSK secara fibrilasi dapat meningkatkan sifat mekanis material biokomposit. Hasil ini dapat menjadi referensi dalam pembuatan produk-produk dari material biokomposit berpenguat SSK nantinya.

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kemenristek-dikti atas bantuan dana yang diberikan melalui skim Penelitian Strategis Nasional Institusi Tahun 2018.

### Daftar Rujukan

- Alex S, Stanly JR, Ramachandran M. 2015. A review on biodegradability of hybrid bamboo/glass fiber polymer composites. *International Journal of Applied Engineering Research* 2015;10(11);10565-10569
- Diharjo K. 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan KompositSerat Rami-Polyester. *Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No.1Tahun 2016. Universitas Kristen Petra*
- Indra M. 2007, Pengaruh Variasi Susunan Serat Sintetis Dan Serat Alam Sebagai Penguat Pada Komposit Polimer Terhadap Sifat Mekaniknya, *Jurnal Poros UNTAR Vol. 10 No. 2*
- Indra M, 2009, Pengaruh Perendaman Serat Alam Pada Larutan Alkali terhadap Peningkatan Ikatan Interface Material Komposit, *Prosiding Seminar Nasional, UISU, April 2009*
- Noorunnisa KP, Abdul K, Ramachandra R, Venkata N. 2011. Tensile, flexural and chemical resistance properties of sisal fibre reinforced polymer composites: effect of fibre surface treatment. *J Polym Environ* 2011;19:115-119.
- Sakthivei M, Ramesh S. 2013. Mechanical Properties of Natural Fibre (Banana,Coir, Sisal) Polymer Composites, *Jurnal SCIENCE PARK, Vol-1, Issue-1, July 2013*
- Udaykumar P.A., Rajanna S., Ramalingaiah. 2014. Studies on Effects of Short Coir Fiber Reinforcement on Flexural Prpperties of Polymer Matrix, *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume: 03 Issue: 02, Feb-2014*
- Vasanta V, Cholachagudda, Udayakumar P.A, Ramalingaiah. 2013.Mechanical Characterisation of Coir and Rice Husk Reinforced Hybrid Polymer Composite, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, Issue 8, August 2013*
- Verma D, Gope PC, Shandilya A, Gupta A. 2013. Coir fibre reinforcement and application in polymer composites. *J. Mater. Environ. Sci.* 2013;4(2):263-276.