

KARAKTERISTIK KEKUATAN TARIK DAN BENDING KOMPOSIT HYBRID SERAT DAN LIDI KELAPA

Eddi Dosoputranto¹, Imran Musanif^{1*}, Franklin Bawano¹, Erol F. Sumolang¹

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Jln. Politeknik Ds. Buha Manado 95254

*E-mail: immusanif@gmail.com

Diterima: 06-11-2020

Direvisi: 26-11-2021

Disetujui: 01-12-2021

ABSTRAK

Pemanfaatan dan eksploitasi serat alam sebagai penguat pada material komposit terus dikembangkan dengan tujuan untuk mereduksi penggunaan serat sintetis yang berdampak pada masalah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara eksperimen potensi serat dan lidi kelapa untuk pembuatan material komposit hibrid sebagai salah satu material komposit berbasis serat alam yang memiliki kinerja untuk aplikasi industri furnitur. Metode yang digunakan adalah pembuatan komposit hibrid dengan menvariasikan volume serat dan lidi dengan matrik resin polyester. Sedangkan pengujian sifat mekanis secara berturut-turut mengacu pada standar pengujian ASTM D 638 dan ASTM D 790 untuk pengujian kekuatan tarik dan kekuatan bending. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sifat kekuatan tarik dan bending paling optimal terjadi pada komposisi fraksi volume serat 50 %. Secara keseluruhan bahwa lidi kepala sebagai bahan penguat pada komposit hibrid belum memberikan penguatan berarti yang dikarenakan masih terdapat lapisan keras yang mengitari pada permukaan lidi walaupun telah dilakukan perlakuan alkali.

Kata kunci: *sabut kelapa; lidi; hibrid; zwick roell.*

ABSTRACT

The use and exploitation of natural fibers as reinforcement in composite materials continues to be developed with the aim of reducing the use of synthetic fibers which have an impact on environmental problems. This research aims to experimentally study the fiber potential and coconut sticks for the manufacture of hybrid composite materials as one of the natural fiber-based composite materials that have performance for industry furniture applications. The method used is the manufacture of hybrid composites by varying the volume of fiber and sticking with polyester resin matrices. While testing mechanical properties in succession refers to ASTM D 638 and ASTM 790 testing standards for tensile strength testing and bending strength testing. The results obtained show that the most optimal mechanical properties occur in the composition of the 50% reinforcement volume fraction. Overall, the head stick as a reinforcing material on hybrid composites has not provided significant reinforcement due to the presence of a hard layer around the surface of the stick even though alkaline treatment has been carried out.

Keywords: *coconut fiber; stick; hybrid; zwick roell.*

1. PENDAHULUAN

Tidak bisa dipungkiri bahwa serat alam adalah satu material dasar sebagai penyusun komposit berbasis serat alam yang memiliki banyak keunggulan untuk berbagai aplikasi terutama bahan non struktural pada komponen otomotif, perumahan, kereta api dan industri dirgantara [1]. Mercedes Benz, Toyota, dan Daimler Chrysler telah memanfaatkan serat alam sebagai bagian dari konstruksi otomotif pada penggunaan untuk interior/asesoris. Pemilihan serat alam didasarkan atas ketersediaannya yang melimpah, variasi serat, biaya rendah, density rendah, spesifik kekuatan dan modulus yang tinggi [2].

Dibalik keunggulan yang dimiliki serat alam sebagai penguat komposit, namun penggunaannya untuk bahan struktur masih terbatas. Keterbatasan ini disebabkan antara lain sifat hidrofilik yang merupakan masalah utama untuk semua serat selulosa jika digunakan sebagai penguatan di dalam polimer hidrophobik. Kandungan kelembaban dari serat-serat, tergantung pada bagian non-kristalin dan kandungan void/kekosongan dengan jumlah sampai dengan 10 wt% di bawah kondisi standar. Sifat hidrofilik dari serat-serat alam akan mempengaruhi sifat mekanis secara keseluruhan dan juga sifat fisika lain dari serat [3]. Sifat hidrofilik ini yang menyebabkan kompakabilitas antara serat dan matrik tidak maksimal yang disebabkan kemampuan penyerapan cairan pengikat ke dalam struktur serat kurang baik atau ikatan antara muka rendah. Informasi tentang ikatan antar muka (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks merupakan hal yang sangat penting untuk material komposit karena sangat berpengaruh terhadap sifat mekaniknya dimana *interface* yang lemah menyebabkan komposit mudah rusak dan kekuatan gesernya menjadi rendah [4]. Semua perlakuan awal (*pre-treatment*) terhadap serat alam bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, menguatkan sifat komposit dengan meningkatkan kekuatan *interfacial*, menurunkan daya serap air dan meningkatkan keseragaman serat alam [5]. Selain itu perlakuan kimia pada serat juga dapat mengakibatkan berhentinya proses *moisture absorption*, membersihkan dan mengubah topografi permukaan serat,

meningkatkan kekerasan permukaan serat sehingga dapat meningkatkan daya ikat *interfacial* antara serat dan matriks. Topografi permukaan serat yang kasar tersebut akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matriks. Walaupun demikian, perlakuan awal serat dengan perendaman larutan kimia tidak total efektif meningkatkan ikatan antara serat dan matrik [6].

Selain perlakuan dengan alkali, sifat mekanis komposit dapat ditingkatkan dengan menambahkan penguat lain atau memvariasikan orientasi serat seperti pada komposit hibrid. Jenis komposit ini adalah perpaduan dari dua atau lebih jenis serat dalam satu komposisi, dimana seratnya dapat berupa panjang serat yang berbeda pada satu jenis serat atau gabungan dari beberapa jenis serat [7]. Keberadaan komposit hibrid adalah untuk mengatasi kelemahan yang terjadi pada komposit serat tunggal seperti sifat mekanisnya yang rendah jika dibanding menggunakan serat sintesis. Beberapa penelitian tentang komposit hibrid berbasis serat alam telah dilakukan seperti pada serat sisal dan hemp dengan matrik HDPE. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan serat sisal dan hemp pada pembuatan komposit hibrid dapat meningkatkan kekuatan bending [8]. Komposit hibrid juga telah dibuat menggunakan serat kenaf, jute, dan anyaman serat glass dimana kekuatan tariknya mencapai 124.05 Mpa dan terjadi peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan menyerap energi impak [9].

Di negara tropis, ketersediaan serat alam sangat melimpah namun eksplorasi tentang serat alam yang dapat digunakan sebagai material komposit belum seluruhnya diidentifikasi potensinya. Akan tetapi studi yang telah dilakukan oleh para peneliti yang menggunakan serat alam sebagai alternatif pengganti serat sintesis untuk bahan komposit telah banyak dikembangkan. Diantara serat alam yang banyak dilakukan pengkajian antara lain serat kenaf, jute, bamboo, flax, coir, banana, sansevieria, ramie, hemp, panacea, and sisal [10]. Serat sabut kelapa adalah salah satu produk turunan tanaman kelapa yang telah sukses digunakan untuk aplikasi otomotif,

industri kereta api, dan aplikasi gedung dan perumahan [11]. Disamping serat sabut kelapa, tanaman kelapa juga menghasilkan lidi kelapa namun pemanfaatannya belum maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara eksperimen sifat kekuatan tarik dan bending komposit hibrid serat dan lidi kelapa menggunakan matrik resin polyester.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Persiapan Material

Serat sabut dan lidi kelapa diperoleh dari petani kelapa di Kabupaten Minahasa propinsi Sulawesi Utara dengan ketinggian di atas permukaan sekitar 500 m. Selanjutnya serat dan lidi kelapa direndam secara terpisah menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 3% selama 2 jam. Hasil perendaman kemudian dicuci dengan air bersih yang mengalir yang dilanjutkan dengan pembilasan dengan aquades untuk menghilangkan efek kimia hingga kadar pH = 7. Pengeringan dilakukan di tempat terbuka selama 3 hari tanpa penyinaran langsung panas matahari.

2.2 Pembuatan panel komposit hibrid

Pada penelitian ini, komposit dibuat dengan serat yang didistribusikan secara acak pada resin polyester dengan fraksi volume 20%, 30%, 40%, 40%, dan 60% dan orientasi lidi 90°/0°. Susunan serat dan lidi pada pembuatan komposit seperti gambar 1 di bawah :



Gambar 1. Penampang susunan panel komposit hibrid serat dan lidi kelapa.

Komposit dibuat dengan cara dicetak pada cetakan baja yang dilengkapi dengan pengatur pembatas ketebalan untuk menyesuaikan dengan ketebalan yang direkomendasikan dalam standar ASTM D 638 dan ASTM D 790. Untuk memudahkan hasil cetakan dikeluarkan dari cetakan, cetakan diolesi terlebih dahulu

menggunakan wax. Resin dan katalis dicampur menggunakan mixer tangan selama ± 30 detik. Selanjutnya bagian dasar cetakan yang berdimensi (300 x 100) mm diolesi dengan kuas hingga rata yang dilanjutkan dengan pemberian serat – lidi – serat. Diantara serat dan lidi diberi resin hingga bagian atas serat. Penekanan dilakukan menggunakan mesin press hidrolik dengan pengatur/pembatas yang diatur pada ketebalan 8 mm dan dibiarkan selama 24 jam pada temperatur ruangan sebelum panel komposit dikeluarkan dari cetakan. Komposisi komposit hibrid yang dibuat ditunjukkan pada tabel 1. Komposit hibrid dibuat dengan panjang serat 5 – 10 mm dan panjang lidi 300 mm dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi komposit hibrid untuk pembuatan spesimen uji Tarik dan uji bending

Tipe	Serat (vf %)	Lidi (vf %)	Resin (vf %)	Katalis (vf %)
A	10	10	79	1
B	15	15	69	1
C	20	20	59	1
D	25	25	49	1
E	30	30	39	1

2.3 Pengujian Tarik

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap tipe panel komposit dengan menggunakan UTM kapasitas 100 kN merek Zwick Roell pada temperatur ruangan ±25° C yang mengacu pada standar ASTM D 638 tipe 1 dan pembuatan spesimen menggunakan mesin CNC milling. Tipikal grafik yang dihasilkan dari mesin uji tarik pada salah satu tipe panel komposit hibrid serat dan lidi kelapa ditampilkan dalam laporan ini. Setiap tipe panel dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk tabel hasil rata-rata untuk semua tipe panel komposit.

2.4. Pengujian Bending

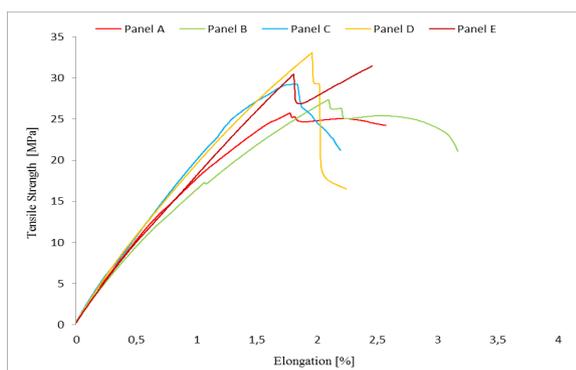
Pengujian bending menggunakan metode *three point bending* dan mengacu pada standar ASTM D 790. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap tipe panel komposit. Pengujian bending dilakukan dengan menggunakan mesin Zwick Roell tipe Z100

pada temperatur ruangan 25⁰ C. Salah satu tipe panel komposit hibrid uji bending yang dihasilkan dari mesin uji bending ditampilkan untuk mengetahui perilaku kekuatan bendingnya. Hasil secara menyeluruh akan ditampilkan dalam bentuk tabel berupa nilai rata-rata karakteristik uji bending.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Tarik

Tipikal data hasil uji tarik yang diperoleh dari UTM Zwick Roell Z100 dengan pemilihan standar uji ASTM D 638 untuk masing-masing tipe panel komposit diperlihatkan pada gambar 2. Sedangkan tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata hasil uji tarik dari lima spesimen untuk setiap tipe panel komposit hibrid serat dan lidi kelapa-resin polyester.



Gambar 2. Tipikal uji tarik komposit hibrid serat-lidi kelapa.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari data mesin uji tarik, kekuatan tarik dan regangan semakin meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat dan lidi hingga fraksi volume 50 %, sedangkan pada fraksi volume 60 % kekuatan tarik dan regangan mengalami penurunan. Peningkatan kekuatan tarik komposit sebanding dengan bertambahnya fraksi volume bahan penguat (serat dan lidi kelapa).

Tabel 2. Nilai rata-rata uji tarik komposit hibrid serat dan lidi kelapa

Tipe	Modulus (GPa)	Tegangan Tarik (MPa)	Tegangan Patah (MPa)	Regangan (%)
A	1,982	28,392	12,881	2,257

B	2,437	32,516	10,671	2,458
C	2,641	35,104	12,671	2,634
D	3,243	38,053	24,575	2,214
E	2,538	35,775	11,209	2,285

Kekuatan tertinggi diperoleh pada komposit hibrid tipe panel D yaitu sebesar 38,053 Mpa untuk tegangan tarik, tegangan patah 24,575 Mpa, regangan tarik 1,696 %, regangan patah 2,214 %, dan modulus tarik 3,243 GPa. Sedangkan sifat kekuatan tarik terendah diperoleh pada komposit tipe A dengan tegangan tarik, tegangan patah, regangan tarik, regangan patah, dan modulus berturut-turut sebesar 28,329 Mpa, 12,881 Mpa, 1,407 %, 2,257 % dan 1,982 GPa. Dibanding dengan riset sebelumnya tentang komposit serat sabut kelapa, maka hasil yang dicapai mengalami peningkatan kekuatannya jika ditambahkan lidi kelapa ke dalam komposisi komposit serat sabut menjadi komposit hibrid. Kekuatan tarik rata-rata komposit serat sabut kelapa berkisar 18 – 27 Mpa [12].

Secara umum, peningkatan kekuatan tarik pada komposit serat alam dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain fraksi volume, perlakuan awal serat, dan sifat mampu basah (wettability). Gambar 2 memperlihatkan perilaku kekuatan tarik komposit hibrid pada fraksi volume serat dan lidi yang berbeda. Nilai kekuatan tarik dan elongasi mengalami peningkatan seiring dengan penambahan fraksi volume [13]. Peningkatan nilai kekuatan ini dicapai hingga $v_f = 50\%$, sedangkan pada fraksi volume 60 % cenderung mengalami penurunan. Penurunan nilai kekuatan ini disebabkan karena semakin besar jumlah fraksi serat dan lidi dalam suatu komposit akan mengurangi jumlah matrik untuk mengikatnya sehingga ikatan antara penguat dan matrik tidak efektif. Faktor lain yang mengakibatkan peningkatan nilai kekuatan tersebut adalah adanya perlakuan awal yang diterapkan pada serat dan lidi. Perlakuan dengan larutan alkali akan menyebabkan permukaan serat menjadi lebih kasar dan menghilangkan beberapa unsur yang menghambat sistem pengikatan seperti adanya wax dan kotoran lain. Adanya perendaman dengan larutan alkali, serat akan menjadi lebih efektif untuk menyerap matrik karena dapat mengisi antara celah – celah antar serat sehingga mikro fibril yang menyusun serat sabut kelapa menjadi lebih kuat [13].

Adanya lidi kelapa dalam komposit hibrid tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik komposit. Hal ini dapat diamati dari struktur patahannya, dimana semua tipe sampel mengalami kegagalan *pull out* seperti ditunjukkan pada gambar 3. Walaupun lidi kelapa mendapatkan perlakuan awal berupa perendaman dengan larutan alkali, namun tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kekuatannya. Gambar 4 memperlihatkan penampang lidi yang ditanam pada resin polyester. Terlihat bahwa permukaan lidi terdapat lapisan bagian luar yang membungkus susunan mikro fibril. Lapisan ini yang menyebabkan matrik tidak bisa mengikat dengan efektif pada permukaan lidi untuk menghasilkan ikatan yang kuat antara matrik dan lidi kelapa. Kondisi ini memberikan informasi bahwa kemampuan daya serap lidi atau sifat wettability kurang baik walaupun telah dilakukan dengan perendaman NaOH



Gambar 3. Jenis patahan uji tarik komposit serat dan lidi kelapa

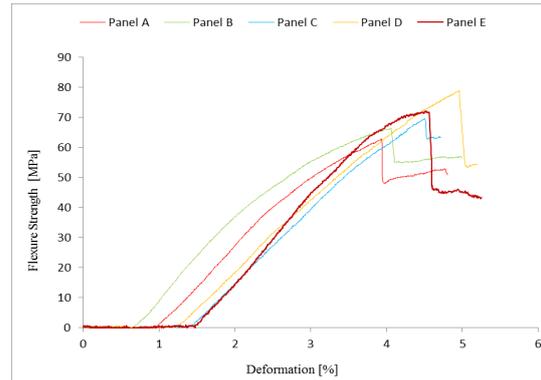
Lapisan yang mengitari lidi kelapa



Gambar 4. Penampang melintang lidi kelapa yang ditanam pada matrik (foto mikro pembesaran 50x)

3.2 Hasil Uji Bending

Pengujian kekuatan bending menggunakan metode *three point bending* untuk semua tipe panel komposit. Gambar 3 memperlihatkan tipikal grafik hasil uji bending menggunakan UTM Zwick Roell Z 100 dengan menggunakan standar uji ASTM D 790



Gambar 3. Tipikal uji bending komposit hibrid serat-lidi kelapa

Dari grafik hasil uji bending diamati nilai rata-rata kekuatan bending, modulus bending dan regangan maksimum bending seperti diperlihatkan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Nilai rata-rata uji bending komposit hibrid serat dan lidi kelapa

Tipe	Modulus Bending (MPa)	Tegangan Bending (MPa)	Regangan Bending (%)
A	32,56	39,44	3,029
B	42,67	44,48	3,304
C	48,21	52,12	3,425
D	62,45	69,73	3,509
E	53,12	62,43	3,489

Nilai kekuatan bending maksimum, modulus bending, dan regangan bending maksimum diperoleh pada panel komposit hibrid tipe D yaitu sebesar 69,73 Mpa, 62,45 Mpa, dan 3,509 % pada fraksi volume 50 %. Sedangkan nilai minimum diperoleh pada komposit panel A dengan kekuatan bending, modulus bending, dan regangan bending maksimum berturut-turut sebesar 39,44 Mpa, 32,56 Mpa, dan 3,029 % pada fraksi volume 20 %. Kekuatan bending menjadi meningkat dengan penambahan fraksi volume hingga fraksi volume 50 % dan cenderung menurun kekuatannya di atas fraksi volume tersebut. Trend kenaikan nilai kekuatan bending pada komposit hibrid serat dan lidi kelapa ini memiliki fenomena yang sama dengan komposit hibrid serat sabut kelapa dan serat sisal dimana kekuatan bending tertinggi dicapai pada fraksi volume 40 %, sedangkan fraksi volume di atas fraksi volume tersebut

kuatannya mengalami penurunan. Dilihat dari besarnya fraksi volume, komposit hibrid serat dan lidi kelapa memiliki kekuatan yang lebih baik dibanding dengan komposit hibrid serat sabut kelapa dan serat sisal. Perbedaan ini menunjukkan bahwa lidi kelapa dapat meningkatkan kekuatan bending hingga fraksi volume 50 % walaupun kompakabilitas antara lidi dan matrik kurang baik yang disebabkan lapisan keras yang mengelilingi lidi kelapa meskipun sudah mengalami perlakuan kimia. Peningkatan kekuatan bending ini disebabkan ikatan antara serat dan matrik menjadi efektif karena adanya modifikasi permukaan serat dengan larutan alkali. Perendaman dengan NaOH pada serat menyebabkan efektifitas ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat karena matrik. Kualitas ikatan ini dapat dinyatakan dengan kemampuan matrik dapat menyerap matrik membentuk sudut kontak yang kecil jika ditinjau dari kemampuan sifat basah serat (wettability) [14]. Meskipun lidi kelapa mendapatkan perlakuan awal dengan perendaman alkali, namun kemampuan mentransfer beban kurang efektif sehingga kurang memberikan peningkatan kekuatan secara signifikan. Secara keseluruhan, penggunaan lidi sebagai bahan komposit hibrid dapat memberikan peningkatan kekuatan tarik maupun bending

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, objek utama yang diselidiki adalah sifat mekanis berupa kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan impak dan kekerasan komposit hibrid serat dan lidi kelapa dengan matrik resin polyester. Hasil investigasi yang diperoleh dari penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik, kekuatan bending, dan kekuatan impak yang optimal pada komposit hibrid serat dan lidi kelapa terdapat pada fraksi volume 50%. Lidi kelapa tidak memberikan peningkatan yang signifikan pada kekuatan tarik dan bending. Untuk mendapatkan sifat mekanis yang optimal pada pembuatan komposit hibrid serat dan lidi kelapa, perlu dilakukan perlakuan khusus pada lidi sehingga dapat meningkatkan daya serap dengan matrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pimpinan Politeknik Negeri Manado melalui Kepala Pusat P3M yang telah mendanai penelitian ini hingga publikasi ilmiah. Penelitian ini dilegalisasi dengan kontrak penelitian nomor : 254 /PL12.11/2020 tentang kontrak penelitian wajib dosen Politeknik negeri Manado.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Giuseppe C, Alberta L, Giuseppe R, Gianluca C, Composites based on natural fibre fabrics, Woven fabric Engineering. Polona Dobnik Dubrovski (ed), ISBN, 2010: 978-953-307-194-7.
- [2] Joseph, K., Filbo, R.D.T., Thomas S., de Carvalho L.H., A Review on Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites, *Revista Brasileirade Engenharia e Ambiental*, Vol. 3, No.3, pp, 367-379, 1999.
- [3] Kelly C. C. Carvalho, Daniella R. Mulinari, Herman J. C. Voorwald, Maria O.H. Cioffi, Chemical Modification Effect on The Mechanical Properties of Hips/Coconut Fiber Composite, *BioResources*, vol. 5 no. 2, pp. 1143 – 1155, 2010.
- [4] T. Thangavel, K. Anand, S. Chandru, G. Chenna Krishnan, P. Boopathi, Flexural and Impact Behaviour of Kevlar/E-Glass Reinforced Epoxy Matrix Composites, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, vol. 6 No. 7, pp. 916-920, 2018.
- [5] A.F. M. Nor, M. T. H. Sultan, A. Hamdan , A. M. R. Azmi, K. Jayakrisn, Hybrid Composites Based On Kenaf, Jute, Fiberglass Woven Fabrics: Tensile And Impact Properties, *Materials Today: Proceedings* 5, pp. 11198–11207, 2018
- [6] S. Nunna, P. R. Chandra, S. Shrivastava, and a. Jalan, “A review on mechanical behavior of natural fiber based hybrid composites,” *J.Reinf. Plast. Compos.*, vol. 31, no. 11, pp. 759–769, 2012.
- [7] S. Mukhopadhyay and R. Fanguero, “Physical Modification of Natural Fibers and Thermoplastic Films for Composites -- A Review,” *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 22, no. 2, pp. 135–162, 2009.
- [8] Munawar, S.S., Umemura, K., Kawai, S., Characterized the Morphological, Physical, and mechanical Properties of the Non-Wood Plant Fibre Bundles, 2006.

- [9] D. Verma, P.C. Gope, A. Shandilya, A. Gupta, M.K. Maheshwari, Coir Fibre Reinforcement and Application in Polymer Composites: A Review, *J. Mater. Environ. Sci.* Vol. 4, no.2, pp. 263-276, 2013.
- [10] Nadir Ayrilmis, Songklod Jarusombuti, Vallayuth Fueangvivat, Piyawade Bauchongkol, Robert H. White, Coir Fiber Reinforced Polypropylene Composite Panel for Automotive Interior Applications, *Fibers and Polymers*, Vol.12, No.7, pp. 919-926, 2011.
- [11] H.P.G. Santafé Júnior; F.P.D. Lopes; L.L. Costa; S.N. Monteiro, Tensile Behavior of lignocellulosic reinforced polyester composites: Part III coir fiber, *Matéria (Rio J.)* vol.15 no.2, pp. 202-207, 2010.
- [12] I. Musanif, A. Thomas, 2015, *Effect of Alkali Treatments of Physical and Mechanical Properties of Coir Fiber*, *Chemical and Materials Engineering*, vol. 3 no.2, pp. 23-28, 2015.
- [13] Akash , K V Sreenivasa Rao, N S Venkatesha Gupta, Arun kumar D S, Mechanical Properties of Sisal/Coir Fiber Reinforced Hybrid Composites Fabricated by Cold Pressing Method, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 149, doi:10.1088/1757-899X/149/1/012092, 2016.
- [14] I. Musanif, E. Dosoputranto, Effect of Fiber Length Against Hardness And Composite Impact Coconut Fiber - Polyester Resin, *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 2, 2018.