

## ANALISIS PENAMBAHAN COUPLING AGENT TERHADAP SIFAT TARIK BOKOMPOSIT KULIT WARU (*HIBISCUS TILIACEUS*)-POLYESTER

Willy Artha Wirawan<sup>1</sup>, Teguh Dwi Widodo<sup>2</sup>, Akbar Zulkarnain<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Akademi Perkeretaapian Indonesia, Jalan Tirta Raya I, Nambangan Lor, Mangu Harjo, Sambirejo, Jiwan, – Madiun (63129) – Indonesia Telp. : (0351) 474777

<sup>2</sup>Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono, 167 – Malang (65145) – Indonesia Telp. : +62-341-554291, 587711, Fax : +62-341-554291  
E-mail: Willy@pengajar.api.ac.id

### Abstract

The aim of this research is to investigate the effect addition of silane coupling agents of Waru bast-polyester composite on tensile strength. Biocomposite is an innovation in material engineering made from the environment-friendly and potentially-developed bast fibers of Waru tree. Waru bast fibers, as reinforcement, were prepared by alkali process employing using 6% NaOH solution for 120 minutes and then were added coupling agent with variation of 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% and 1.0%. The biocomposite was formed by continuous fiber arrangement using 60:40 fiber-matrix mass fractions with vacuum pressure resin infusion method. Tensile test specimens were formulated base ASTM D638-03 standard. Biocomposite investigation was performed by tensile test, while bond quality observation utilized use micro photo. The results of the study show that the highest strength of biocomposite was 401,368 Mpa on the silane coupling agent addition 0.75%

**Keywords:** Biocomposite, Waru bast, Coupling agent, Tensile strength

### PENDAHULUAN

Biokomposit merupakan material yang telah banyak dikembangkan karena menggunakan bahan alami dan mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan serat sintesis antara lain yaitu lebih ramah lingkungan. Selain itu komposit berpenguat serat alam mempunyai perbandingan kekuatan dengan densitas yang sangat tinggi sehingga lebih ringan. Sebagai contoh aplikasi yang telah diterapkan adalah rekayasa komposit serat sisal dan sabut kelapa sebagai material komponen otomotif[1].

Pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) merupakan tanaman yang telah banyak dikenal di kalangan masyarakat Indonesia. jenis tanaman ini sering direndam dan diambil kulitnya sebagai bahan pembuatan tali maupun anyaman yang disebut lulup, bersifat kasar dan liat[2]. Penggunaan serat kulit waru (*Hibiscus Tiliaceus*) sebagai bahan biokomposit mempunyai kekuatan bending yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan bioplastik. Penambahan gliserol 5% dan perlakuan alkali 2 jam menggunakan larutan NaOH pada serat kulit waru mengakibatkan elastisitas komposit meningkat[3]. Sehingga pemanfaatan kulit waru sebagai reinforcement sangat berpotensi untuk

dikembangkan sebagai rekayasa material terbaru.



**Gambar 1.** (a) Pohon Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) (b) Serat Kulit Waru

Permasalahan yang sering muncul pada pembuatan biokomposit adalah *mechanical bonding* antara matrik dan serat dikarenakan memiliki sifat yang berbeda. Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya perlakuan kimia maupun penambahan zat aditif lainnya seperti *coupling agent* [4].

*Coupling agen* dapat memberikan adhesi antara interface serat dan matrik yang mampu mengubah permukaan serat menjadi

*hydrophobic* sehingga mengikat polymer dengan baik dan memberikan dampak pada peningkatan kekuatan[5]. Penambahan silane 2% pada permukaan serat limbah empulur sagu dengan matrik polyester terbukti dapat meningkatkan kekuatan bending dan daya serap air[6]. Selain itu penelitian tentang efek gabungan *silanealkiltrialkoxysilane* dan *dialkildialkoxysilane* pada ampas tebu dapat meningkatkan ketahanan daya serap air dan porositas. Matrik dan serat mampu berikatan dengan baik[6].

Penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengetahui variasi berbagai jenis matrik yang baik digunakan dalam pembuatan biokomposit serat kulit waru ini. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa penggunaan matrik *polyester* memiliki kekuatan terbesar sebesar 378.84 Mpa akan tetapi pada komposit ini mempunyai patahan yang tidak teratur (*splitting in multiple area*)[7]. Oleh karena itu akan dilakukan upaya perbaikan dengan menambahkan *silanecoupling agent*.

Dari paparan tersebut maka dapat diketahui bahwa penggunaan serat kulit waru (*Hibiscus Tiliaceus*) sebagai bahan biokomposit mempunyai potensi besar untuk dikembangkan. Sifat mekanik pada biokomposit dapat ditingkatkan dengan adanya penambahan *coupling agent*. Penelitian ini mengeksplorasi mengenai pengaruh penambahan *coupling agent* pada biokomposit yang telah dibuat, sehingga diketahui adanya peningkatan kekuatan tarik biokomposit kulit waru-*polyester* dengan baik.

Pembuatan biokomposit telah diketahui masa dan densitas antara serat dan matrik. Sehingga fraksi volume dan berat pada serat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut[8].

$$v_f = \frac{\frac{W_f}{\rho_f}}{\frac{W_f}{\rho_f} + \frac{W_M}{\rho_M}} \quad (1)$$

$$W_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_M V_M} \quad (2)$$

Dimana:  
 $v_f$  = volume serat  
 $w_f$  = berat serat  
 $\rho_f$  = densitas serat

$V_M$  = volume matrik  
 $W_M$  = berat matrik  
 $\rho_M$  = densitas matrik

Analisis Kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas pada biokomposit dihitung seperti pada persamaan berikut[9].

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Dimana:  
 $\sigma$  = tegangan tarik (Mpa)  
 $P$  = beban (N)  
 $A$  = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4)$$

Dimana:  
 $\epsilon$  = regangan  
 $l_i$  = panjang sesudah (mm)  
 $l_0$  = panjang sebelum (mm)

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (5)$$

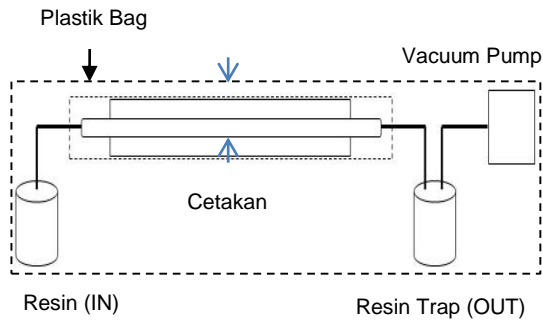
Dimana:  
 $E$  = modulus elastisitas (Gpa)  
 $\Delta \sigma$  = selisih tegangan (Mpa)  
 $\Delta \epsilon$  = selisih regangan

**METODOLOGI PENELITIAN**

Pada penelitian ini bersifat eksperimental untuk memperoleh kekuatan tarik pada biokomposit yang maksimal. Kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) digunakan sebagai *reinforcement* pada pembuatan biokomposit dengan melakukan *alkali treatment* pada serat kulit waru menggunakan larutan NaOH 6% selama 120 menit. Kemudian serat kulit waru dicuci menggunakan air hingga PH mencapai 7 (netral) dan dikeringkan pada suhu ruangan.

Penambahan *coupling agen* dilakukan dengan merendam serat menggunakan larutan *Methacryloxypropyltrimethoxysilane* dari PT. Biopolytech Inovation Jakarta dengan variasi konsentrasi 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% dan 1.0% dengan mengatur pH larutan pada 3.4-4.5. waktu yang digunakan perendaman selama 4 jam. Kemudian serat kulit waru dicuci hingga pH 7 (netral) dan dikeringkan pada suhu ruangan selama 5 hari.

Pembuatan biokomposit kulit waru-polyester dilakukan dengan metode *Vacuum Pressure Resin Infusion (VAPRI)* sesuai dengan spesimen tarik tulang anjing (*dog bone*) mengacu pada standar ASTM D638-03. Metode yang digunakan dalam pembuatan spesimen biokomposit dapat digambarkan seperti pada gambar 2



**Gambar 2.** Metode VAPRI

Skema yang dilakukan pada pembuatan biokomposit dengan metode *vacuum pressure resin infusion* adalah dengan memotong serat kontinyu sesuai standard ASTM D638-03 yang telah diberikan perlakuan *alkali* dan penambahan larutan *silanecoupling agents* sesuai dengan variasi konsentrasi. Kemudian serat disusun sejumlah 20 layer dan dimasukkan ke dalam cetakan. Setelah itu serat kulit waru ditutup menggunakan die pada cetakan atas dan ditutup menggunakan plastik bag. Dengan adanya vacuum di dalam cetakan maka terjadi *press*, pada die bagian atas menekan serat yang berada di dalam cetakan. Resin polyester masuk melalui saluran *IN* pada cetakan dan membasahi serat, apabila sudah penuh maka resin polyester keluar ke dalam resin trap *OUT*.

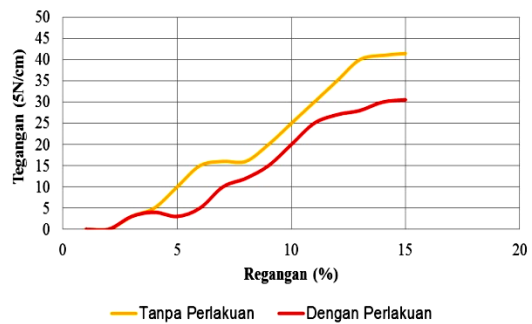


**Gambar 3.** Spesimen Biokomposit

Biokomposit yang telah dibuat diberikan perlakuan *post cure* selama 2 jam pada suhu 62°C kemudian diuji tarik menggunakan mesin *servopulser*, biokomposit kulit waru-polyester dilakukan pengamatan patahan foto makro, pengamatan kualitas ikatan antar serat dan matrik menggunakan uji SEM

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

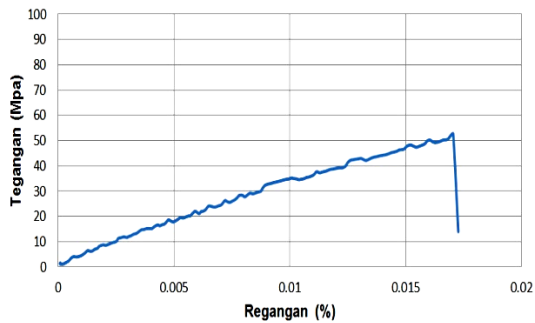
Kekuatan tarik tunggal pada serat kulit waru dapat diketahui mempunyai kekuatan tarik yang sangat tinggi sebesar 207.30 Mpa seperti terlihat pada Gambar 4



**Gambar 4.** Tegangan-Regangan Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*)

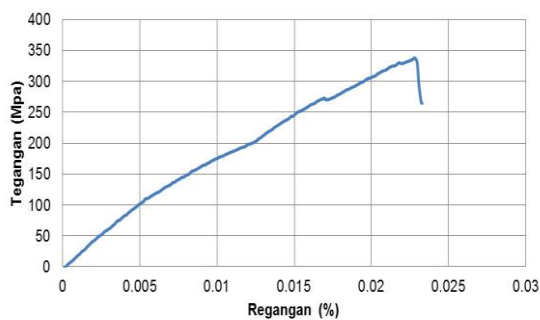
Akan tetapi Gambar 4 menunjukkan setelah diberikan *alkali treatment* 6% NaOH, kekuatan serat tunggal mengalami penurunan yang dimungkinkan adanya degradasi kandungan penyusun serat yaitu lignin dan selulosa dan memberikan berdampak terhadap menurunnya kekuatan tarik serat tunggal. Waktu dan konsentrasi *alkali treatment* yang banyak dapat menyebabkan penurunan terhadap kekuatan tarik serat alam [7].

Sedangkan kekuatan matrik polyester tanpa reinforcement dapat diketahui seperti pada Gambar 5



**Gambar 5.** Tegangan-Regangan Matrik Polyester

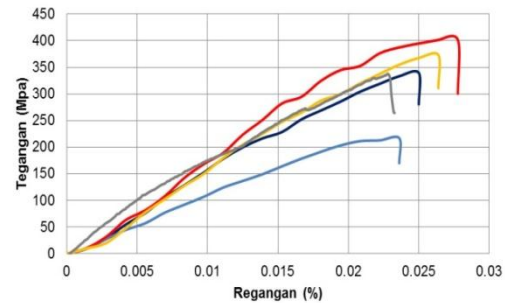
Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa matrik polyester mempunyai kekuatan sebesar 52.63 Mpa dengan regangan 0.0174. Setelah diketahui kekuatan serat tunggal dengan perlakuan 6% NaOH dan kekuatan matrik tanpa *reinforcement* maka dibuat biokomposit kulit waru-polyester.



**Gambar 6.** Grafik Tegangan-Regangan Biokomposit Kulit Waru Perlakuan NaOH

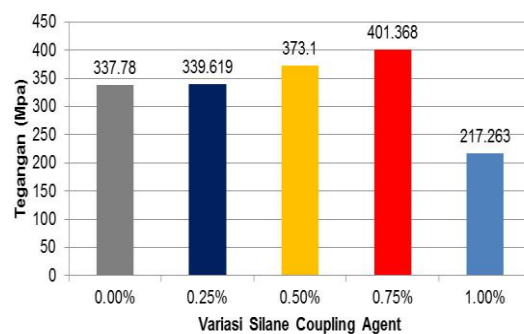
Dari Gambar 6 diketahui bahwa biokomposit kulit waru-polyester dengan perlakuan 6% NaOH mempunyai kekuatan tarik yang sangat tinggi sebesar 337.780 Mpa dengan regangan 0.0228 % akan tetapi apabila ditinjau dari kekuatan uji tarik serat tunggal dan uji tarik matrik tanpa serat mempunyai kekuatan yang rendah. Serat kulit waru dimungkinkan mempunyai morfologi susunan serat yang baik sehingga adanya ikatan *interlocking* antara serat alam berbahan kulit waru dengan matrik polyester. Untuk meningkatkan kekuatan tarik yang lebih baik komposit di berikan tambahan silane coupling agent. Berdasarkan uji tarik biokomposit

dengan tambahan silane coupling agent dapat diketahui seperti pada Gambar 7



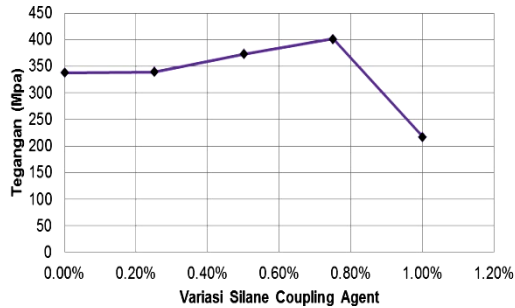
**Gambar 7.** Grafik Tegangan-Regangan Biokomposit Kulit Waru Perlakuan NaOH Silane

Gambar 7 menunjukkan grafik tegangan regangan biokomposit yang telah di berikan tambahan silane coupling agent. Berdasarkan grafik tersebut biokomposit dengan tambahan silane coupling agent 0.25% mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 339.619 Mpa dengan regangan sebesar 0.0250%. Biokomposit dengan tambahan silane coupling agent 0.5% mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 373.1 Mpa dan regangan sebesar 0.0263%. Biokomposit dengan penambahan silane coupling agent 0.75% mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 401.368 Mpa dan regangan sebesar 0.0277%. biokomposit dengan penambahan silane coupling agent 1% mempunyai nilai kekuatan tarik sebesar 217.263 Mpa dengan regangan sebesar 0.0236%. Untuk mengetahui perbandingan kekuatan tarik biokomposit dapat dilihat pada Gambar 8



**Gambar 8.** Grafik Diagram Tegangan Biokomposit Kulit Waru

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa kekuatan tarik biokomposit dengan penambahan silane coupling agent 0.75% mempunyai kekuatan tertinggi.

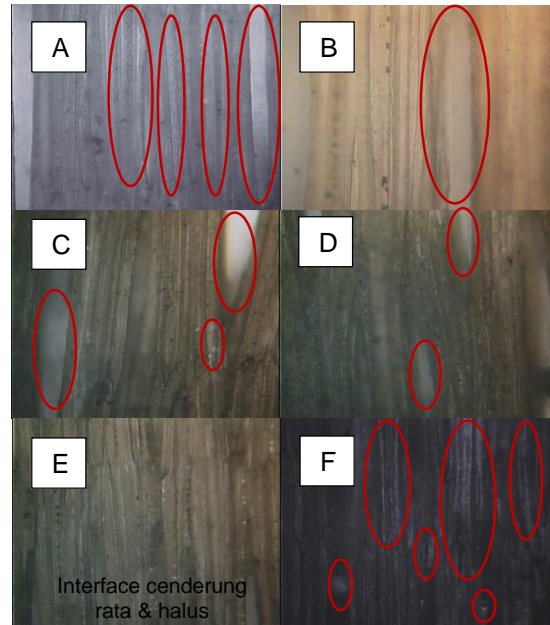


**Gambar 9.** Grafik Kekuatan Tarik-Konsentrasi Silane Biokomposit Kulit Waru

Gambar 9 menunjukkan perbedaan kekuatan tarik pada biokomposit yang telah diberikan perlakuan NaOH (konsentrasi 0%) dan tambahan silane coupling agent. Biokomposit dengan perlakuan NaOH (konsentrasi 0%) mempunyai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan biokomposit yang diberikan tambahan silane. Seiring dengan meningkatnya kandungan silane coupling agent, biokomposit mengalami peningkatan sifat tarik. Akan tetapi pada penambahan silane coupling agent yang lebih banyak pada konsentrasi 1% menyebabkan kekuatan yang menurun, hal ini dikarenakan serat mengalami kerusakan sel-sel pengikat antara inti dinding serat sehingga penyebaran matrik tidak merata. Pada konsentrasi 1% matrik tidak menyelubungi serat secara menyeluruh dan cenderung menggumpal. Penyebaran matrik yang tidak merata berpengaruh pada kekuatan komposit. Dengan penggumpalan matrik menyebabkan transfer beban dari matrik ke serat terlambat sehingga kekuatan lemah, hal ini seperti penelitian yang dilakukan oleh Raharjo pada serat cantala [9].

Penambahan silane coupling agent yang efektif terjadi pada konsentrasi 0.75%. Penambahan silane pada konsentrasi tersebut dimungkinkan adanya perubahan sifat serat dari hydrophilic menjadi hydrophobic sehingga membentuk interface yang lebih baik dan merata. Hal ini dapat dibuktikan adanya interface yang lebih baik seperti pada gambar 10e. Pada interface yang baik matrik dapat berikatan dan memberikan dampak pada

transfer beban secara merata pada sifat tarik biokomposit [4].



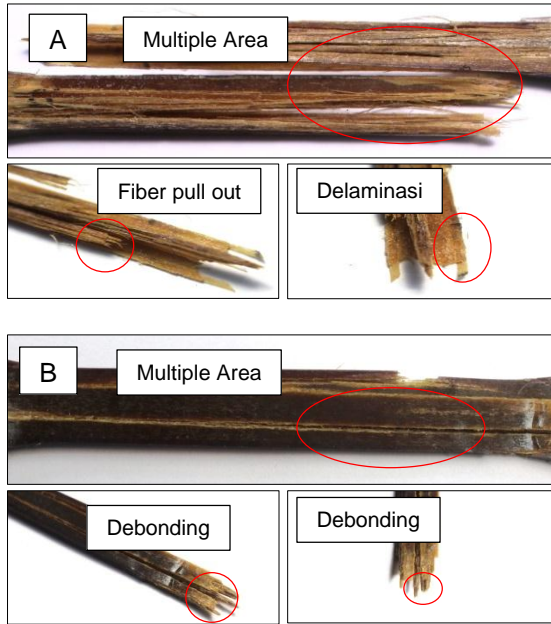
**Gambar 10.** Foto Micro Interface Serat Kulit Waru (a) Serat Tanpa Perlakuan (b) Serat Perlakuan NaOH (c) Serat Perlakuan 0.25% Silane (d) Serat Perlakuan 0.5% Silane (e) Serat Perlakuan 0.75% Silane (f) Serat Perlakuan 1% Silane

Dari Gambar 10 dapat diketahui perbedaan interface pada masing-masing serat kulit waru. Kulit waru yang tidak diberikan perlakuan (Gambar 10a) terlihat masih kotor dimungkinkan masih banyaknya kandungan lignin dan selulosa yang ada pada serat kulit waru sehingga struktur serat masih tidak rata, berbeda dengan serat yang telah diberikan perlakuan alkali menggunakan NaOH 6% (Gambar 10b) yang terlihat lebih bersih karena alkali mampu mendegradasi dan mengurangi kandungan lignin dan selulosa pada serat [7].

Serat yang telah diberikan tambahan silane coupling agent (Gambar 10c sampai dengan 10f) menunjukkan adanya perbaikan interface. Semakin banyak kandungan silane coupling agent permukaan serat menjadi lebih rata, rapat dan halus. Akan tetapi dengan penambahan silane coupling agent yang berlebihan interface pada serat mengalami kerusakan seperti yang terlihat pada Gambar 10f [9]. Interface yang baik dapat dilihat pada

(Gambar 10e) dengan penambahan silane coupling agent 0.75% dimana struktur serat sangat rata dan halus.

Analisa kegagalan patahan pada biokomposit setelah dilakukan uji tarik dapat dilihat pada Gambar berikut ini



**Gambar 11.** Foto Makro Patahan Biokomposit (a) tanpa silane coupling agent (b) dengan silane coupling agent

Gambar 11 menunjukkan bahwa patahan biokomposit tanpa penambahan silane coupling agent dan dengan penambahan silane coupling agent. Secara umum analisa kegagalan pada biokomposit ditunjukkan adanya debonding dan fiber pull out. Patahan yang terjadi pada seluruh biokomposit masih didominasi dengan patahan splitting multiple area dikarenakan susunan serat berbentuk unidirectional. Akan tetapi jika dibandingkan dengan biokomposit tanpa penambahan silane coupling agent, pada biokomposit dengan tambahan silane mempunyai patahan multiple area yang lebih rapi. Dimana biokomposit dengan patahan *multiple area* pada umumnya mempunyai kekuatan yang sangat tinggi [7].

**KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dapat diketahui adanya pengaruh terhadap penambahan silane coupling agent antara lain

1. Seiring dengan bertambahnya konsentrasi coupling agent kekuatan mekanis pada biokomposit kulit waru-polyester mengalami peningkatan kekuatan. kekuatan tertinggi biokomposit terjadi pada konsentrasi 0.75% sebesar 401.368 Mpa dan regangan 0.0277%.
2. Penambahan silane coupling agent 0.75% sangat efektif untuk memperbaiki interface pada serat menjadi lebih halus dan rapat.
3. Penampang patahan biokomposit dengan penambahan silane coupling agent mempunyai jenis patahan multiple area yang lebih baik dan menyempit jika dibandingkan dengan komposit tanpa coupling agent dengan patahan yang tidak terarah

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Nanang M.,2012, *Pengembangan Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sisal dan Serat Sabut Kelapa Untuk Material Komponen Otomotif*,Tesis,Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia, Depok.

[2] Anonim, 2014,*Aneka Pemanfaatan dari Tanaman Pohon Waru Alam Pedia*,<http://alampedia.blogspot.co.id/2014/09/pohon-waru-hibiscus-tiliaceus-tumbuhan.html>,diunduh pada tanggal 10 November 2016.

[3] Ari R.,Sudjito S., Sugiarto,2011, *Karakterisasi Kekuatan Bending dan Hidrofobisitas Komposit Serat Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) Kontinyu Bermatrik Pati Ubi Kayu*,*Jurnal Rekayasa Mesin*, Universitas Brawijaya Malang, Vol.2, No. 2, 130-136.

[4] Kim J.G.,Ilbeum C., Dai G.L., Il S.S., 2011, *Flame and Silane Treatments For Improving The Adhesive Bonding Characteristic Of Aramid/Epoxy Composites*, *School Of Mechanical Aerospace &System Engineering*, Daejeon Korea, Vol. 93, 2696-2705.

[5] Islam M.R., Beg M.D.H., 2010, *Effect Of Coupling Agent On Mechanical Properties Of Composite From Kenaf and Recycled Polypropylene*, National Conference In Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies, Faculty of

- Mechanical Engineering UMP Pekan, Pahang Malaysia, 871-875.
- [6] Josef M., Yudy Surya I., Rudy S., 2013, *Pengaruh Perlakuan Silane dan NaoH Pada Permukaan Serat Kontinyu Limbah Empulur Sagu (Metroxylon Sp) Terhadap Daya Serap Air dan Kekuatan Bending*, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Universitas Brawijaya Malang, Vol. 4, No. 2, 212-219.
- [7] Diharjo K., 2006, *Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*, *Jurnal Teknik Mesin*, Universitas Kristen Petra Surabaya, Vol. 8, No. 1, 8-13.
- [8] Gibson.R.F., 1994, *Principle Of Composite Of Mechanical Engineering*, Wayne State University Detroit, Michigan, Mc Graw-Hill, Inc
- [9] Raharjo, W. W., Soenoko, R., Irawan, Y. S., & Suprpto, A. (2017). The Influence of Chemical Treatments on Cantala Fiber Properties and Interfacial Bonding of Cantala Fiber / Recycled High Density Polyethylene (rHDPE). *Journal of Natural Fibers*, 0(0), 1–14.
- [10] ASTM D638-03, 2003, *Annual Book Of ASTM Standard*, West Conshohocken