

Karakterisasi Bahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Sabut Kelapa Menggunakan *Vinyl Silane Copupling Agent* Sebagai Material Alternative Komponen Mesin Perkakas

Siswanto¹, Teguh Wiyono², Soleh Budi Utomo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin Politeknik Pratama Mulia Surakarta
email: ¹siswanto.politama@gmail.com

ABSTRACT

Material research was about "Characterization of coconut fiber reinforce polyester composite material by using Vinyl Silane Coupling Agent as an alternative material for machine tool components". The aims was determine the mechanical properties of flexural strength and tensile strength of coconut fiber reinforced polyester composite as an alternative material for machine tool components.

The composite was made using BQTN 157 polyester resin matrix, composite reinforcement using 15 mm long coconut fiber and plasticizer using vinyl silane coupling agent with volume variations of 0%, 1%, and 3% and hardener using 2wt% MEXPO type. The mixing ingredients used at 100 rpm mixer for 5 minutes. Making composite manufacture using press molding system with a hydraulic press machine at pressure of 7 tons for 24 hours. The composite specimens were made for to know the flexural properties of the standard ASTM D 790 and the tensile properties of the standard ASTM D 3039, to determine the morphology of the fracture surface of the specimen, SEM was performed.

The specimen test was done and resulted test data in the highest flexural strength at the volume fraction of vinyl silane coupling agent 3% (33.06 N/mm²), while the minimum flexural strength was obtained at the volume fraction of vinyl silane coupling agent 0% (27.63 N/mm²). The result of the tensile test was showed that the maximum tensile strength value of 13.33 N/mm². It was produced at volume fraction of 3% vinyl silane coupling agent, The minimum tensile strength value of 11.77 N/mm² was produced at a volume fraction of 0% vinyl silane coupling agent.

Vinyl Silane Coupling agent could increase the bond between the fiber and the matrix due to the change of the nature hydrophilic to be hydrophobic fiber. The changes in the surface properties of the fiber to hydrophobic could prevent the absorption of water that could enter the bond between the matrix and the fiber.

INTISARI

Penelitian material tentang " Karakterisasi bahan komposit poliester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan Vinyl Silane Coupling Agent sebagai material alternative komponen mesin perkakas" ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik kekuatan lentur dan kekuatan tarik komposit poliester berpenguat sabut kelapa sebagai bahan alternative material komponen mesin perkakas.

Komposit di buat menggunakan bahan matrik polyester resin BQTN 157, penguat komposit menggunakan serat sabut kelapa panjang 15 mm serta plastizer menggunakan coupling agent vinyl silane dengan variasi volume 0%, 1%, dan 3% dan hardener menggunakan jenis MEXPO 2wt%. Pencampuran bahan menggunakan mixer pada putaran 100 rpm selama 5 menit. Pembuatan komposit menggunakan sistem cetak tekan dengan mesin pres hidrolis pada tekanan 7 ton dengan lama pengepresan 24 jam. Komposit dibuat spesimen pengujian sifat lentur standart ASTM D 790 dan sifat tarik standartASTM D 3039, untuk mengetahui morfologi permukaan patah spesimen dilakukan foto SEM.

Pengujian specimen dilaksanakan dan menghasilkan data uji kekuatan lentur tertinggi pada fraksi volume vinyl silane coupling agent 3% (33,06 N/mm²), sedangkan kekuatan lentur minimum dihasilkan pada fraksi volume vinyl silane coupling agent 0% (27,63 N/mm²). Hasil uji tarik didapatkan nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 13,33 N/mm² dihasilkan pada fraksi volume vinyl silane coupling agent 3%, sedangkan untuk nilai kekuatan tarik minimum sebesar 11,77 N/mm² dihasilkan pada fraksi volume vinyl silane coupling agent 0%.

Vinyl Silane Coupling agent dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matrik disebabkan oleh perubahan sifat serat hidrophilic menjadi hydrophobic. Perubahan sifat permukaan serat menjadi hydrophobic mampu mencegah penyerapan air yang mampu masuk ke dalam ikatan antara matrik dan serat.

Kata kunci: Matrik resin poliester BQTN 157, Serat sabut kelapa, *Vinyl silane coupling agent*, Pengujian sifat mekanik.

I. Pendahuluan

Material komposit polimer banyak dikembangkan dalam berbagai aplikasi kebutuhan industry baik sebagai material pada industry rumah tangga, transportasi, otomotive, konstruksi dan sebagainya. Material komposit tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda, dan menghasilkan sebuah material yang baru yang memiliki sifat-sifat yang berbeda dengan material-material penyusunnya. Material komposit polimer tersusun atas dua tipe material penyusun yakni matriks dan fiber

(reinforcement). Keduanya memiliki fungsi berbeda, fiber berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit, sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Campuran dari keduanya akan menghasilkan material yang keras, kuat, dan ringan [1].

Penelitian komposit polimer berpenguat serat sebagai alternative material pengganti logam banyak dilakukan oleh peneliti, hal ini disebabkan bahwa komposit polimer berpenguat serat dapat menghasilkan material baru yang kuat dan lebih ringan dibandingkan dengan logam. Penggunaan komposit dengan pemanfaatan serat yang berasal dari alam

tidak terlepas dari sifat-sifat unggul yang dimiliki komposit serat yaitu ringan, kuat, kaku, serta tahan terhadap korosi. Keunggulan mendasar yang dimiliki oleh serat yang berasal dari alam adalah jumlahnya berlimpah, dapat diperbaharui dan didaur ulang serta tidak mencemari lingkungan [2].

Serat alam dari sabut kelapa adalah salah satu bahan yang diteliti sebagai bahan penguat dalam komposit polimer. Serat kelapa ini mulai di lirik penggunaannya karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (biodegradability). Penggunaan sabut kelapa sebagai serat dalam komposit dapat mengatasi permasalahan lingkungan karena tidak membahayakan kesehatan [3].

Komposit polimer berpenguat serat sabut kelapa dapat dibuat untuk berbagai penggunaan di industry komponen mesin dengan berbagai ukuran dan ketebalan sesuai dengan kebutuhan. Proses pembuatan dengan teknologi sederhana sehingga produk yang dihasilkan lebih murah, ramah lingkungan dan memiliki sifat mekanik yang baik sehingga bisa digunakan sebagai pengganti bahan logam yang mahal, berat dan lebih sulit dalam proses manufakturnya.

II. Tinjauan Pustaka

A. Hasil Penelitian Sebelumnya

Bahan komposit polimer sebagai material terbaru banyak dikembangkan oleh industry dan peneliti. Komposit berpenguat serat alam dengan menggunakan bahan alam limbah pertanian menjadi alternatif dalam pengembangan tersebut, polimer berpenguat serat alam akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat terdegradable serta sifat mekanik yang kuat, ulet, ringan dan mudah dalam manufakturnya.

Astika Made I, dkk dalam penelitiannya mengatakan bahwa komposit polimer polyester resin *Unsaturated-polyester* (UPRs) jenis Yucalac 157 BQTN berpenguat serat sabut kelapa, hardener jenis MEXPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) 2 wt%. Serat sabut kelapa dilakukan treatment perendaman dalam larutan alkalin NaOH 5%. Metode produksi adalah *press hand lay up* dengan orientasi serat acak, variasi fraksi volume serat 20, 25, 30% dan variasi panjang serat 5, 10, 15 mm menghasilkan data pengujian sifat mekanik komposit adalah: kekuatan tarik 50 MPa – 59 MPa, kekuatan lentur 120 MPa – 160 MPa, dan kekuatan impact $0,034 \text{ Nm/mm}^2 - 0,052 \text{ Nm/mm}^2$ [4].

B. Kajian Pustaka

1. Pengertian Komposit

Komposit merupakan jenis material baru yang terdiri dari campuran dua material atau lebih, dimana satu material sebagai matrik (pengikat/ perekat) dan yang lainnya sebagai penguat. Komposit terdiri dari dua bahan utama yaitu serat dan matrik. Serat biasanya mempunyai sifat elastis dan mempunyai kekuatan tarik yang baik, sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak, dan bersifat mengikat. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini kemudian digabungkan dan menjadi material baru yang lebih kuat dari material penyusunnya.

2. Serat

Serat atau fiber dalam bahasa komposit berperan sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material [5]. Serat alami (*natural fiber*) merupakan serat yang bersumber langsung dari alam. Serat alami biasanya didapat dari serat tumbuhan seperti serat bambu, serat pohon pisang, serat nanas, serat sabut kelapa dan sebagainya. Serat alam memiliki keunggulan apabila dibandingkan serat sintesis yaitu serat alam bersifat *non-abrasive*, densitas rendah, harga lebih murah, ramah lingkungan, dan tidak membahayakan bagi kesehatan. Penggunaan serat alam sebagai filter dalam komposit untuk menurunkan biaya bahan baku.

3. Matrik (Perekat)

Secara umum matrik menggunakan resin polimer yang berfungsi sebagai perekat serat. Resin bersifat cair dengan *viskositas* yang rendah dan akan mengeras setelah terjadinya proses polimerisasi. Fungsi matrik adalah sebagai pengikat serat, peindung, transfer beban, dan pendukung serat. Pada komposit serat (*fibrous composite*) matriks yang digunakan adalah resin polyester – yokalac 157 BQTN (yang berfasa cair). Matrik harus mampu berdeformasi seperlunya sehingga beban dapat diteruskan antar serat.

4. *Compatibilizer Vinyl Silane Coupling Agent*

Compatibilizer vinyl silane coupling agent dapat meningkatkan sifat mekanik komposit polimer berpenguat serat. Penggunaan *coupling agent* merubah permukaan penguat menjadi hydrophobic sehingga mampu mengikat polimer dengan baik. Terbentuknya ikatan antara gugus hidroksil pada serat alam dan silane pada matrik dan kelompok *alkoxyl coupling agent* mengakibatkan ikatan pada permukaan serat dan matrik meningkat serta dan menaikkan peningkatan kekerasan serta kekuatan [6]

Kehadiran atau penambahan *silane coupling agent* meningkatkan adhesi antara serat dan matrik dan akibatnya meningkatkan sifat mekanik dari komposit [7]. Sedangkan *Coupling agent* yang ditambahkan kedalam komposit polimer berpenguat serat bambu akan mampu meningkatkan kekuatan komposit [8].

5. Foto SEM (*Scanning Electron Mikroskop*)

Scanning electron mikroskop adalah sebuah mikroskop yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm.

III. Metode Penelitian

A. Bahan Penelitian

Bahan komposit adalah menggunakan matrik polyester BQTN 157 dan penguat komposit menggunakan Serat sabut kelapa yang di potong panjang 15 mm, pengeras (hardener) menggunakan MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) 2wt%. Bahan kimia komposit didapatkan dari Toko Justus Kimia Raya Semarang.

B. Pembuatan Spesimen

Matriks menggunakan resin polyester BQTN 157 dengan fraksi volume (vf) 60%, penguat menggunakan serat sabut kelapa panjang 15 mm fraksi volume (vf) 40%, hardener MEXPO fraksi volume 2 wt%, dan additive *vinyl silane coupling agent* dengan variasi fraksi volume 0%, 1%, 3%. Pencampuran bahan menggunakan mixer putaran 100 rpm selama 5 menit. Pembuatan komposit sistem cetak tekan menggunakan mesin press hidrolik tekanan 7 ton selama 24 jam. Komposit dibuat berdasarkan spesimen pengujian kekuatan lentur standart ASTM D 790 (127 x 12,7 x 3,2 mm) dan pengujian kekuatan tarik standart ASTM D 3039 (250 x 25 x 4 mm)

C. Pengujian Sifat Thermal Komposit

1. Pengujian Tarik

Spesimen komposit dilakukan pengujian tarik dengan standart ASTM-D3039, Persamaan atau rumus untuk pengujian tarik adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

P = beban (N)

A = luas penampang (mm²)

σ = tegangan (MPa)

2. Pengujian Lentur

Pengujian lentur menggunakan metode *tree point bending* dengan standard ASTM-D790. Persamaan atau rumus untuk pengujian lentur adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan:

S = Tegangan lentur/lentur (MPa)

P = Beban / Load (N)

L = Panjang span/support span (mm)

b = Lebar/width (mm)

d = Tebal/depth (mm)

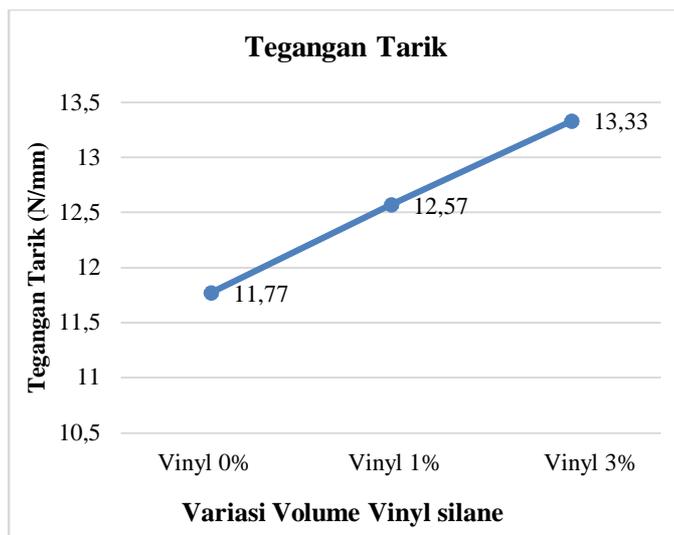
3. Foto SEM (*Scanning Electron Mikroskop*)

Foto SEM (*Scanning Electron Mikroskop*) adalah untuk mengetahui morfologi permukaan patah specimen. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik ATMI Surakarta pada tanggal 3 September 2021.

IV. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian tarik.

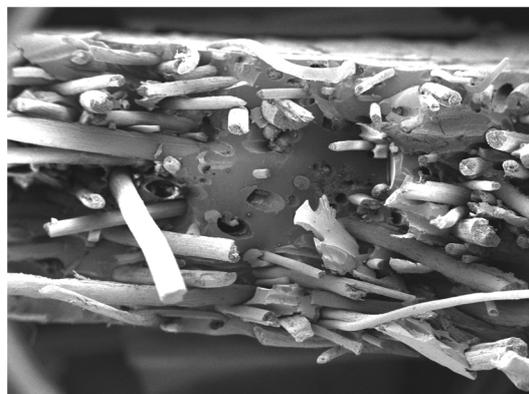
Komposit polyester berpenguat serat sabut kelapa dengan variasi *vinyl silane coupling agent* 0%, 1%, 3% dilakukan pengujian tarik menggunakan standart ASTM D 3039 menghasilkan data: variasi 0% sebesar 11,77 N/mm², variasi 1% sebesar 12,57 N/mm², variasi 3% sebesar 13,33 N/mm². Tegangan tarik mengalami kenaikan pada setiap kenaikan volume *Vinyl Silane Coupling Agent*. Grafik sifat mekanik tarik komposit specimen dapat dilihat pada gambar 1 grafik di bawah.

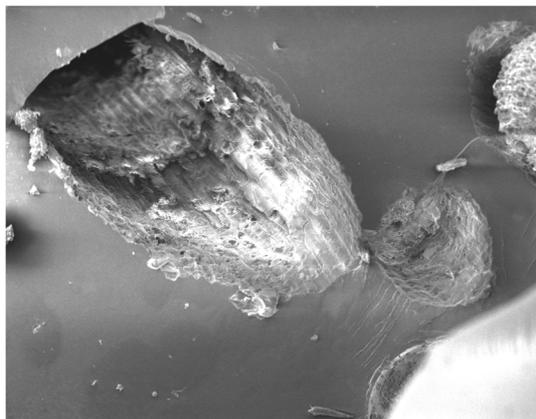


Gambar 1. Grafik Uji Tarik Komposit

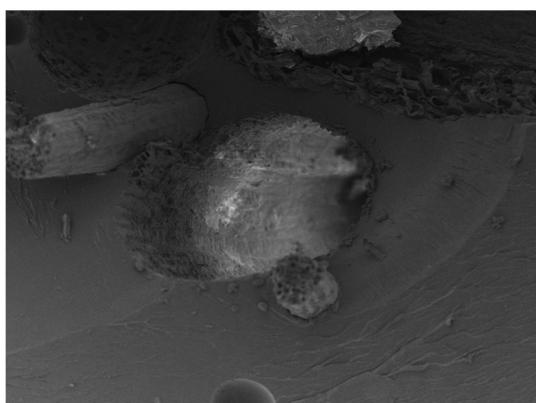
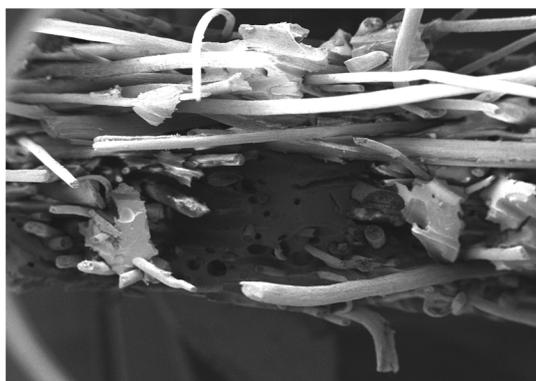
Penambahan *Vinyl Silane Coupling Agent* membuat ikatan antara matrik dan serat yang buruk menjadi lebih baik. Kekuatan komposit dengan *Vinyl Silane Coupling Agent* lebih tinggi dibandingkan dengan komposit tanpa *Vinyl Silane Coupling Agent* karena *Vinyl Silane Coupling Agent* mampu meningkatkan ikatan antara serat dan matrik. Morfologi permukaan patah specimen hasil pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 di bawah. (Lee, dkk, 2006). Dalam penelitiannya menyatakan bahwa komposit serat alam memiliki sifat alami yaitu mudah menyerap air pada lingkungan sekitarnya. Dengan adanya kandungan air didalamnya maka serat cukup sulit berikatan dengan matrik. Meskipun mampu berkaitan tetapi menghasilkan ikatan yang kurang baik. Penggunaan *coupling agent* mampu menurunkan sifat serap air dari ikatan serat dan matriks komposit.

Gambar 2 di bawah adalah foto SEM permukaan patah specimen komposit dengan *Vinyl Silane Coupling Agent* vf 0%. Pada gambar dapat terlihat morfologi permukaan yang menunjukkan terdapatnya rongga dan lubang antara serat dan matrik serta rongga akibat serat tercabut. Rongga yang terjadi tersebut diakibatkan oleh sifat serat sabut kelapa yang memiliki kemampuan serapan air, hal ini dapat menghasilkan ikatan serat dalam matrik komposit kurang baik.





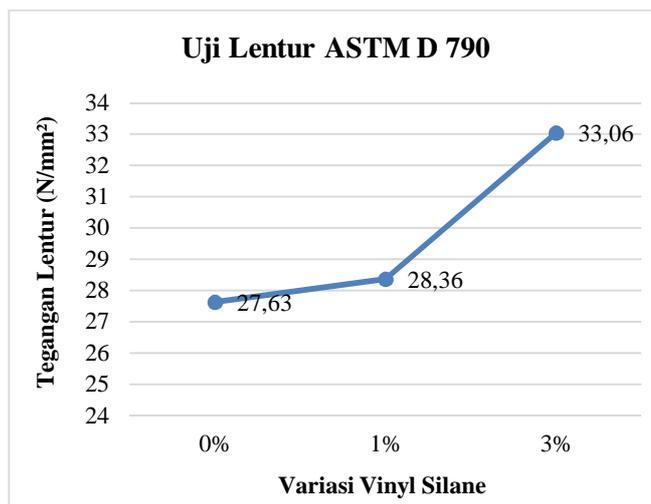
Gambar 2. Komposit Polyester Penguat Serat Sabut Kelapa dengan Vf Vinyl Silane 0%



Gambar 3. Komposit Poliester Penguat Serat Kelapa dengan Vf Vinyl Silane 3%

B. Pengujian Lentur

Komposit poliester berpenguat serat sabut kelapa dengan variasi *Vinyl Silane Coupling Agent* 0%, 1%, 3% dilakukan pengujian lentur menggunakan standart ASTM D 790 metode “*Tree Point Bending*” didapatkan hasil pengujian: variasi *vinyl silane* 0% sebesar 27,63 N/mm², variasi 1% sebesar 28,36 N/mm², dan variasi 3% sebesar 33,06 N/mm². Tegangan lentur mengalami kenaikan pada setiap variasi *Vinyl Silane Coupling Agent*, kenaikan kekuatan lentur yang signifikan pada variasi *vinyl silane* 3% yaitu naik sebesar 16,57%.



Gambar 4. Grafik Uji Kekuatan Lentur Komposit.

(Prasetyo dwi, dkk., 2013) dalam penelitian yang sama menggunakan *Vinyl Silane Coupling Agent* menghasilkan kekuatan lentur sebagai berikut: Variasi Vinyl Silane 0% sebesar 34,2186 Mpa, variasi 0,5% sebesar 35,6994 Mpa, variasi 1,0% sebesar 36,962 Mpa.

Peningkatan nilai kekuatan lentur disebabkan oleh baiknya ikatan antara matrik dengan serat pada komposit. Vinyl Silane Coupling agent berfungsi dapat menurunkan kemampuan seratan air serat pada penguat komposit sehingga matrik komposit dapat mengikat serat dengan baik dan lebih kuat. (Prasetyo dwi, dkk., 2013) Dalam penelitian yang sama menyampaikan bahwa komposit berpenguat serat kelapa dengan menggunakan *Vinyl Silane Coupling Agent* variasi 0%, 0,5%, 1% menghasilkan kekuatan lentur sebesar 34,2186 Mpa (0%), sebesar 35,6994 Mpa (0,5%), sebesar 36,962 Mpa (1%).

Komposit serat alam memiliki sifat alami yaitu mudah menyerap air pada lingkungan sekitarnya. Sifat tersebut dapat diminimalkan dengan penggunaan/ penambahan *vinyl silane coupling agent* pada komposit. Peningkatan kualitas ikatan serat dan matrik disebabkan oleh perubahan sifat serat *hidrophilic* menjadi *hydrophobic*. Perubahan sifat permukaan serat menjadi *hydrophobic* mampu mencegah penyerapan air yang mampu masuk ke dalam ikatan antara matrik dan serat sehingga pelumasan / perekatan matrik pada permukaan serat menjadi lebih baik [9].

V. Kesimpulan

Komposit poliester berpenguat serat sabut kelapa dengan variasi *Vinyl Silane Coupling Agent* 0%, 1%, dan 3% dengan pengujian lentur dengan standar ASTM D 790 dan pengujian tarik standar ASTM D 3039 menghasilkan data sebagai berikut:

1. Kekuatan lentur dan kekuatan tarik tertinggi di peroleh pada komposit dengan *Vinyl Silane Coupling Agent* 3% yaitu 33,06 N/mm².(kekuatan lentur) dan sebesar 13,33 N/mm² (kekuatan tarik).

2. Penggunaan Compatibilizer *Vinyl Silane Coupling Agent* pada komposit dapat meningkatkan sifat mekanik komposit polimer berpenguat serat sabut kelapa.
3. Vinyl Silane Coupling agent dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matrik disebabkan oleh perubahan sifat serat *hidrophilic* menjadi *hydrophobic*. Perubahan sifat permukaan serat menjadi *hydrophobic* mampu mencegah penyerapan air yang mampu masuk ke dalam ikatan antara matrik dan serat.

REFERENSI

- [1] Onny, "Pengertian Material Komposit, Artikel Teknologi Indonesia," <https://artikel-teknologi.com/pengertian-material-komposit/>, 2015.
- [2] I Gede Widiarta, "Studi Kekuatan Lentur dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene yang Diperkuat oleh Hybride Serat Sisal dan Karung Goni," Universitas Mataram, Mataram, 2012.
- [3] Prasetyo Dwi, dkk, "Pengaruh Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula Dengan Anyaman Serat 3D Angle Interlock," Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2013.
- [4] I Made Astika dan I Gusti Komang Dwijana, "Karakteristik Sifat Tarik Dan Mode Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Tapis Kelapa," Unversitas Udayana, Bali, 2014.
- [5] K. Diharjo dan Triono. "Buku Pegangan Kuliah Material Teknik," Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2003.
- [6] Siswanto dan Basmal. "Pengaruh Filler Partikel Serbuk Gending Limbah (PSGL) Terhadap Mekanik dan Sifat Themal Komposit Polyester-Serat Cantula," Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta, 2016.
- [7] H. Ismail, S. Suhelmy, M. R. Edhyan, "The Effect Of Silane Coupling Agent On Curing Characteristic And Mechanical Properties Of Bamboo Fibre Filed Natural Rubber Composites," *European Polimer Jurnal*, vol. 38, pp. 39-47, 2002.
- [8] S. H. Lee and W. Siqu, "Biodegradable Polymer/Bamboo Viber Biokomposite With Bio-Based Coupling Agent," *Composite Part A*, vol. 37, pp. 80-91, 2006.
- [9] H. M. Akil, dkk. "Kenaf Fiber Reinforced Composites: A Review, Material And Desain," Universitas Sains Malaysia, vol. 32, pp. 4107-4122, 2011.