

*Published September 2019***Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Optimasi Fraksi Volume Komposit Serat Kersen Terhadap Kekuatan Tarik****Tri Hartutuk Ningsih^{1*}, Deni Hardiansyah Tangahu², Defi Tri Wahyudi³**^{1,2,3} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Telp. +6231-99423002 Fax. +6231-99424002

*Email: triningsih@unesa.ac.id**ABSTRACT**

Composite is a material formed from a combination of two or more forming materials through a mixture that is not homogeneous. Composites have properties such as corrosion resistance, light weight, faster assembly, and are able to compete with metals by not losing the characteristics and strength of the mechanism. This research was conducted to develop composite materials with more specific properties, one of which is the use of natural fibers as reinforcing raw materials in composites. This research uses the epidermal skin fiber with the epoxy matrix and is applied to the crossbow as a new environmentally friendly composite material and supports the idea of utilizing grained fiber into products that have high economic and technological qualities. This research was carried out by varying the fiber volume fraction of 40%, 50%, 60%, and 70%. In this study tensile test specimens using ASTM D 638 standard. To determine the physical properties, experiments were conducted to calculate density and measurement of fiber diameter. From this study the tensile strength value of the 70% volume fraction is 70.30 MPa. The test results show that the composite material of the kersen fibers has increased strength as the fiber volume fraction increases.

Keywords: Composite, Fiber, Epoxy, Volume Fraction, and Tensile Test**PENDAHULUAN**

Dalam dunia yang modern ini kebutuhan material dengan rentang sifat mekanik yang beragam mendorong transformasi material berbasis logam menjadi komposit. Dalam dunia industri mulai banyak menggunakan bahan material komposit. Material komposit berbasis kombinasi dua atau lebih bahan dasar ini, diharapkan mampu menggantikan beberapa aplikasi material konvensional. Selain menghasilkan sifat baru, komposit mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain. Komposit menjadi bagian penting dari bahan saat ini karena memiliki keunggulan seperti tahan korosi, perakitan lebih cepat, ringan. Komposit digunakan sebagai bahan mulai dari membuat struktur pesawat terbang, otomotif, militer, kemasan elektronik hingga peralatan medis, dan bahkan sampai alat-alat rumah tangga. Bahan baku produksi busur panah modern terbuat dari fiberglass yang berfungsi sebagai serat penguat material komposit. Kelemahan dari penggunaan serat ini adalah harganya yang mahal, tidak dapat terdegradasi secara alami saat didaur ulang dan pengelolannya membutuhkan proses kimiawi yang hanya disediakan oleh perusahaan tertentu saja. Serat kersen merupakan salah satu serat alam yang dapat dijadikan bahan penguat komposit. Salah satu keunggulan serat alam yaitu elastis, kuat, bahan baku melimpah, ramah lingkungan dan pembuatannya mengkonsumsi energi sekitar 70% yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit polimer fiberglass (Jones, 1999).

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan material komposit dengan sifat yang lebih spesifik, salah satunya adalah penggunaan serat alam sebagai bahan baku penguat pada komposit. Penelitian ini dilakukan seiring dengan majunya pemanfaatan penggunaan bahan alam dalam

*Published September 2019***Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

kehidupan sehari-hari. Alasan dikembangkannya material berbasis serat alam atau biokomposit ini, diantaranya adalah mengurangi emisi akibat proses pembuatan material sintetis dengan menggunakan bahan baku terbarukan dan bahan alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik material komposit diperkuat serat kersen bila mengalami pemuatan lentur statis dan tarik, kekuatan suatu bahan dengan menggunakan sistem Uji tarik.

Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang serat terhadap sifat mekanik komposit polimer yang diperkuat oleh serat kersen. Uji tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Spesimen dari uji tarik menggunakan standar ASTM D638.

Penelitian komposit ini dengan pemanfaatan serat kulit pohon kersen yang diaplikasikan pada busur panah sebagai bahan baru komposit alam yang ramah lingkungan dan mendukung gagasan pemanfaatan serat kersen menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi dan teknologi tinggi. Komposit ini dibuat dengan metode hand lay up, bahan yang digunakan adalah resin epoxy, serat kersen dengan panjang 50mm–100mm dan dengan perbandingan fraksi volume serat 40%, 50%, 60%, 70%. Dengan menggunakan fraksi volume serat untuk mendapatkan kekuatan dan tarik dari komposit diperkuat serat kersen.

METODE PENELITIAN**Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dengan cara membuat suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen seperti serat kersen sebagai penguat (filler) dan resin epoxy sebagai matriks.

Tempat dan Waktu Penelitian**Tempat Penelitian**

Tempat penelitian ini dilakukan di dua tempat, yaitu tempat pembuatan spesimen dan tempat pengujian spesimen. Tempat pembuatan spesimen dilakukan di Universitas Negeri Surabaya (UNESA). Sedangkan untuk tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan kurang lebih selama 5 bulan yaitu pada bulan Maret 2018 sampai dengan bulan Agustus 2018.

Rancangan Penelitian**Proses Pembuatan Komposit**

- Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- Menyiapkan cetakan dari loyang
- Cetakan dan penutup dibersihkan dari kotoran.
- Selanjutnya seluruh cetakan dan penutup diolesi mirror wax glaze. Hal ini berguna agar benda tidak lengket dengan cetakan.
- Setelah dilakukan pengolesan dengan mirror wax glaze maka komposit sudah bisa dicetak.
- Serat ditimbang dengan jumlah sesuai dengan fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Matrik juga ditimbang sesuai jumlah fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Serat dan matrik yang sudah sesuai takaran dicampur ke dalam gelas lalu diaduk pelan-pelan dengan sendok hingga merata.
- Tambahkan katalis dengan perbandingan sesuai fraksi volume resin.
- Aduk pelan-pelan hingga tercampur rata kira-kira selama 2 menit

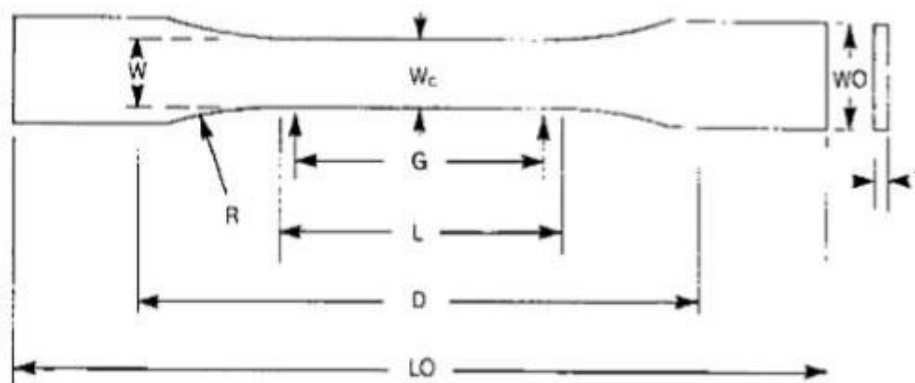
Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

- k. Tuangkan campuran bahan tersebut ke dalam cetakan yang sudah disiapkan dari loyang yang telah dibentuk sesuai standar ASTM D 638.
- l. Ratakan permukaan campuran pada cetakan.
- m. Setelah itu *curing* benda uji dengan oven pada temperatur 800 C selama 4 jam.
- n. Spesimen yang sudah kering dilepas dari cetakan kemudian bagian dihaluskan bagian-bagian permukaannya dengan alat kikir dan amplas
- o. Spesimen komposit yang telah dihaluskan dan diukur geometri awalnya dikatakan sebagai spesimen siap uji.

Langkah yang dilakukan dalam uji tarik adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan spesimen dan alat uji tarik yang akan digunakan.
- b. Mengalibrasi alat uji tarik yang akan digunakan.
- c. Menempatkan spesimen pada tempat yang telah disediakan pada alat uji tarik.
- d. Mengontrol alat agar spesimen yang telah ditempatkan tercengkram dengan sempurna pada alat uji tarik.
- e. Memutar pengontrol kecepatan pada control panel.
- f. Mengamati hasil pengukuran pada monitor control panel.
- g. Spesimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM D 638 dengan panjang 165 mm, lebar 20 mm, lebar bagian dalam 13 mm, tebal 5 mm toleransi +1 mm.



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik ASTM D 638

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau suatu sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2015).

Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah fraksi volume serat yaitu 40%, 50%, 60%, 70%

Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah kekuatan tarik komposit serat kersen acak-resin epoksi.

Variabel Kontrol (*Control Variable*)

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jenis Resin, Jumlah Katalis, Arah Serat, Perlakuan Serat.

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Alat, Bahan dan Instrumen Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Loyang
- Gerinda
- Kacamata
- Masket
- Penggaris

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Serat Kersen
- Resin Epoksi
- Katalis
- Wax

Instrumen yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:

- Timbangan Digital
- Jangka Sorong
- Gelas Ukur
- Uji Tarik

Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dan kuantitatif deskriptif. Kualitatif deskriptif yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian yang berupa kata, skema dan gambar. Sedangkan kuantitatif deskriptif adalah penelitian dengan memperoleh data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan. Tujuan dari penggunaan metode kualitatif deskriptif dan kuantitatif deskriptif adalah untuk memperlihatkan hubungan-hubungan antara fenomena yang terdapat dalam penelitian dan juga untuk memberikan jawaban terhadap hipotesis yang diajukan dalam penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian spesimen komposit dengan pengaruh fraksi volume serat kersen menggunakan resin epoksi, dilakukan dengan 2 pengujian yaitu uji tarik dan uji bending. Hasil pengujian tarik dan bending ini berupa data dan perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil Pengujian Tarik

Tabel 1 Pengujian Tarik

Sampel Uji	Beban Maks (kN)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan Tarik (%)	Modulus Elastisitas (MPa)	
40%	1	3,35	51,54	3,03	17,01
	2	3,45	53,08	3,27	16,23
	3	3,35	51,54	3,09	16,68
	Σ	3,38	52,05	3,13	16,64
50%	1	3,85	59,23	3,27	18,11
	2	3,85	59,23	3,33	17,79
	3	3,95	60,77	3,45	17,61
	Σ	3,88	59,74	3,35	17,84
1	5,00	64,10	4,12	15,56	

Published September 2019

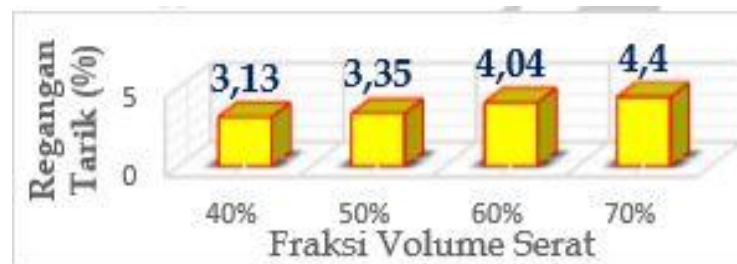
Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Sampel Uji	Beban Maks (kN)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan Tarik (%)	Modulus Elastisitas (MPa)	
60%	2	4,55	58,33	3,94	14,80
	3	4,85	62,18	4,06	15,31
	Σ	4,80	61,54	4,04	15,22
70%	1	5,35	68,59	4,24	16,18
	2	5,65	72,44	4,54	15,96
	3	5,45	69,87	4,42	15,81
Σ	5,48	70,30	4,40	15,98	



Gambar 2. Grafik Kekuatan Tarik Komposit

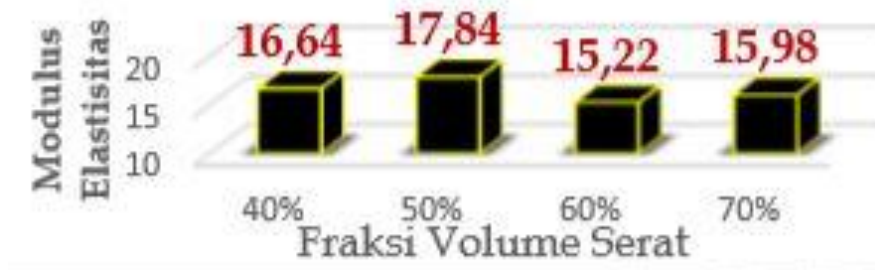
Pada gambar 3 dapat diketahui hasil rata-rata nilai kekuatan tarik suatu material komposit. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin sedikit volume seratnya maka semakin kecil kekuatannya, sedangkan bila semakin banyak volume seratnya maka kekuatannya semakin tinggi.



Gambar 3. Grafik Regangan Tarik Komposit

Pada gambar 4 menunjukkan hasil rata-rata nilai regangan dari suatu komposit menggunakan matrik epoksi dan pengaruh fraksi volume serat kersen dengan perendaman 5% NaOH selama 2 jam, grafik tersebut dapat dilihat bahwa setiap penambahan fraksi volume serat juga sangat mempengaruhi regangan tarik. Jadi pada penelitian ini penambahan fraksi volume serat mengalami kenaikan regangan.

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 4. Grafik Modulus Elastisitas Komposit

Pada gambar 5 setiap penambahan fraksi volume serat nilai modulus elastisitas mengalami penurunan. Penyebab nilai modulus elastisitas turun pada fraksi volume 60% dan 70% ialah karena terjadi selisih nilai kekuatan tarik yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan nilai regangan tarik komposit. Keadaan ini mengakibatkan kekuatan tidak berbanding lurus dengan regangan sehingga nilai modulus elastisitas pada fraksi volume 60% dan 70% mengalami penurunan. Pada konsentrasi 40% dan 50% nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan seiring bertambahnya volume matriks yang digunakan, dan fraksi volume 40% dan 50% memiliki jumlah sedikit serat, memungkinkan serat dapat merata pada pencetakan dan mengurangi penumpukan serat yang dapat menimbulkan rongga

Analisi Visual Patahan

Analisis visual patahan adalah suatu kejadian yang ditujukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan yang bersifat spesifik dari sebuah komposit tersebut, jenis kerusakan terjadinya pada sebuah komposit dapat berupa patahan. Tujuan analisis visual patahan ini ialah untuk mengetahui karakteristik penampang patahan atau kegagalan yang terjadi pada material komposit dari spesimen benda uji setelah dilakukan pengujian tarik dan pengujian bending. Hasil analisis visual patahan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Fraksi Volume 40% Setelah Uji Tarik



Gambar 6. Fraksi Volume 50% Setelah Uji Tarik

*Published September 2019***Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 7. Fraksi Volume 60% Setelah Uji Tarik



Gambar 8. Fraksi Volume 70% Setelah Uji Tarik

Seperti yang terlihat pada gambar 6, 7, 8, dan 9 menunjukkan kegagalan pada pengujian tarik komposit dimana terjadi patahan yang bermula mengalami sebuah tarikan ke atas dan ke bawah sampai akhirnya mengalami sebuah patahan pada komposit berpenguat serat kersen dengan resin epoksi. Pada spesimen uji tarik, baik itu pada fraksi volume 40%, 50%, 60%, maupun 70% secara keseluruhan spesimen mengalami patah menjadi dua bagian saat dilakukan uji tarik. Hal ini terjadi karena penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat kersen yang memiliki aspek rasio yang kecil serta sifat bahan yang getas sehingga tidak ada terjadi fiber pull out dan dilaminasi pada penampang patahan dan menyebabkan spesimen terpisah menjadi dua bagian. Penyebab terjadinya patah saat pengujian tarik, antara lain: pada spesimen karena penyebaran serat tidak menyebar secara merata sehingga mengakibatkan kekuatan pada bagian tersebut tinggi dari bagian yang lain. Pada pembuatan spesimen patahan juga bisa terjadi seperti adanya void pada suatu spesimen sehingga kekuatan yang terjadi void tersebut berkurang.

Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Uji Tarik

Susunan dan penyebaran serat juga sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis komposit. Pada komposit fraksi Volume serat 40% sampai dengan fraksi volume 70% terlihat susunan dan penyebaran seratnya ada yang terlihat tidak merata, selain itu oleh karena jumlah serat semakin banyak sehingga lebih mendominasi penampang komposit, sementara untuk volume matrik dengan fraksi volume serat yang lebih sedikit ditunjang dengan sifat matrik yang getas atau brittle sehingga memungkinkan tingkat kekuatan tarik komposit kecil. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin banyak fraksi volume serat dengan matrik epoksi maka kekuatan semakin meningkat. Akan tetapi pada penambahan fraksi volume serat tidak mempengaruhi nilai modulus elastisitas juga meningkat.

Pengaplikasian Komposit Dalam Industri

Dari hasil yang diperoleh kekuatan tarik, spesimen yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki nilai yang kurang baik dalam pengaplikasian busur panah untuk nilai kekuatan yang baik

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

dalam pengaplikasian busur panah ialah berkisar 86 MPa untuk kekuatan tariknya. Dalam penelitian ini akan bisa di aplikasikan sebagai busur panah dengan cara menggunakan komposit *hybrid* antara serat buatan (*E-glass*) dan serat kersen tersebut. Karena nilai kekuatan tarik akan sesuai dengan pengaplikasian busur panah. Akan tetapi komposit berpenguat serat kersen ini akan sesuai ketika diaplikasikan pada komponen mobil seperti *dashboard*.

Tabel 2. Perbandingan Dengan Serat Lain

Jenis Serat	Fv Serat, Matriks <i>Epoxy</i>	Kekuatan Tarik (MPa)
Cantula	40%	-
Widuri	45%	93,04
Nilon	60%	-
Pelepah Pisang	40%	-
Kersen	70%	70,3

KESIMPULAN

Berdasarkan pada analisa dan perhitungan dari data-data yang diperoleh dari hasil pengujian tentang pengaruh fraksi volume serat kulit kersen terhadap kekuatan tekuk dan tarik komposit dengan matrik epoksi maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

- Pada komposit fraksi volume serat 40% sampai dengan fraksi volume 70% terlihat susunan dan penyebaran seratnya ada yang terlihat tidak merata, selain itu oleh karena jumlah serat semakin banyak sehingga lebih mendominasi penampang komposit, sementara untuk volume matrik dengan fraksi volume serat yang lebih sedikit ditunjang dengan sifat matrik yang getas atau brittle sehingga memungkinkan tingkat kekuatan tarik komposit kecil. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin banyak fraksi volume serat dengan matrik epoksi maka kekuatan semakin meningkat.
- Pada spesimen uji tarik, baik itu pada fraksi volume 40%, 50%, 60%, maupun 70% secara keseluruhan spesimen mengalami patah menjadi dua bagian saat dilakukan penarikan pada suatu spesimen

SARAN

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu peneliti mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil dari penelitian ini. penulis juga menyarankan beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam proses membuat komposit serat kersen dengan resin epoksi:

- Pada saat membuat komposit penyusunan serat harus secara merata agar setiap bagian komposit terisi serat agar menghasilkan kekuatan dan kakuan yang baik
- Penggunaan serat alam sebagai bahan penguat komposit masih memiliki kendala, diantaranya adanya lapisan lignin yang terdapat pada permukaan serat. Lapisan lignin inilah yang mengakibatkan kurang baiknya ikatan antar serat dengan matriks. Karena itulah perlu dilakukan penelitian dengan perlakuan untuk menghilangkan lapisan lignin tersebut, diantaranya ialah menggunakan perlakuan alkali, dimana serat direndam dalam larutan NaOH.

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

- c. Pembersihan serat setelah perendaman dengan NaOH harus sampai bersih, karena setelah perendaman dengan NaOH serat mengalami sifat licin dan dari sifat licin itulah dapat menyebabkan matrik tidak dapat merekat dengan serat
- d. Meminimalisasi void atau lubang pada komposit yang akan dibuat sehingga akan menaikkan kekuatan komposit.
- e. Proses pengadukkan resin dengan katalis harus secara teratur, agar tidak mengakibatkan timbulnya void.
- f. Foto semua pada saat proses pengerjaan membuat komposit, dari saat masih berbentuk serat sampai menjadi komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annual Book of ASTM Standards. 2002. *Standard Test Methods for Tensile Properties*. American Society for Testing and Material: Philadelphia, PA.
- [2] Diharjo. 1999. *Natural Fibre Composites in Structural Components, Alternative for Sisal*. Rome: Italy.
- [3] Fatkhurrohman. 2016. *Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Pohon Aren (Ijuk)*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- [4] Gibson, F.R. 1994. *Principles of Composite material Mechanis*. International Edition. McGraw Hill Inc: New York.
- [5] Hansa, Imaful. 2014. *Studi Pengaruh Orientasi Arah Serat Dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Fiberglass Dengan Matriks Epoxy Resin*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- [6] Hestiawan, dan Sohirun. 2012. *Pengaruh Penambahan Serat Lantung Terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer Resin Epoxy*. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM) & Thermofluid IV*, UGM: Yogyakarta.
- [7] Jones, Robert M. 1999. *Mechanic Of Composite Material-2nd Edition*. Taylor & Francis: USA.
- [8] Machmudi. 2016. *Analisis Komposit Berpenguat Serat Pohon Aren (ijuk) Acak Anyam Acak terhadap Kekuatan Bending dan Kekuatan Impact dengan Resin Polyester*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- [9] Mastariyanto, Perdana. dan Romi, P. 2015. *Pengaruh Fraksi Volume Penguat Terhadap Kekeuatan Lentur Green Composite Untuk Aplikasi Pada Bodi Kendaraan*. Institut Teknologi Padang: Padang.
- [10] Morozov, evgeny dan Vasiliev, valery. 2001. *Mechanics and Analysis of Composite Materials*. Elsevier science Ltd: United Kingdom.
- [11] Oroh, Jonathan. 2013. *Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa*. Universitas Sam Ratulangi: Manado.
- [12] Purwanto. 2006. *Studi Sifat Bending dan Impact Komposit Serat Kenaf Acak- Polyester*. Unnes: Semarang.
- [13] Rohmawati, L dan Setyarsih, W. 2014. *Studi Kekuatan Mekanik Komposit Serat Alat Atau Resin Epoxi*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- [14] Rusmiyatno, Fandhy. 2007. *Pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit nylon/epoxy resin serat pendek random*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- [15] Schwart, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- [16] Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta: Bandung.

*Published September 2019***Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

-
- [17] Suherman, Wahid. 1987. *Pengetahuan Bahan*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya: Surabaya.
 - [18] Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
 - [19] Vlack, L. H. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. terjemahan Ir. Sriati Djaprie. Erlangga: Jakarta.
 - [20] Wahyudi D dan Ningsih T. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Kulit Kersen Terhadap Kekuatan Tekuk dan Tarik Komposit Dengan Matriks *Epoxy*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya
 - [21] Yasa, F dan Zakiyya, H . 2016. *Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida Fiberhybrid Terhadap Kekuatan Tarik Dan Densitas Material Dalam Aplikasi Body Part Mobil*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
 - [22] Yuwono, H. A. 2009. *Buku Panduan Karakterisasi Material I Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Departemen Metalurgi dan Material FT- UI: Jakarta.