

PENGARUH KADAR PARTIKEL ADITIF *MONTMORILLONITE* TERHADAP SIFAT MEKANIK SIKLUS TERMAL KOMPOSIT POLYESTER SERAT KAYU KOPI

Ahmad Adib Rosyadi¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

E-mail: ¹⁾ahmadadib.ft@unej.ac.id

Abstrak

Komposit merupakan kombinasi dua material atau lebih sehingga memberikan sifat yang lebih baik dari material penyusunnya. Penelitian ini menggunakan penguat serat kayu kopi yang masih muda dan Resin polyester Yukalac BQTN-EX 157 sebagai matriks. Pemilihan serat kayu kopi sebagai penguat karena sifatnya yang ringan dan banyaknya dahan kopi yang dibuang menjelang berbuah. Ranting kopi biasanya dibakar atau dibiarkan supaya menjadi kompos. Penelitian ini bertujuan meningkatkan nilai ekonomi dari dahan kayu kopi yang dibuang tersebut. Penambahan aditif *montmorillonite* diharapkan memberikan sifat tahan panas pada material yang dibuat. Sedangkan siklus termal digunakan untuk mengetahui seberapa tahan material tersebut menerima perubahan temperatur secara ekstrim.

Kata kunci: serat kayu kopi, *montmorillonite*, siklus termal

Abstract

Composite is a combination of two or more materials that provide better properties of its constituent materials. This study uses a fiber reinforcement young coffee wood and polyester resins Yukalac BQTN-EX 157 as a matrix. Selection of coffee wood fiber as a reinforcement because of its light weight and the number of discarded coffee branches towards fruition. Coffee twigs usually burned or left to become compost. This study aims to increase the economic value of a wooden branch coffee exiled. Montmorillonite additive is expected to give a heat-resistant properties of the material were made. While the thermal cycle used to determine how resistant the material receives extreme temperature changes.

Keywords: coffee wood fiber, *montmorillonite*, thermal cycling

1. PENDAHULUAN

Komposit menggunakan serat alam memiliki keunggulan ringan, tidak korosif dan terbarukan. Namun beberapa komposit yang menggunakan serat alam juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya ketahanan pada perubahan temperatur yang ekstrim. Pemilihan serat alam memiliki beberapa pertimbangan. Peneliti menggunakan serat dahan kayu kopi karena pada saat menjelang berbuah, dahan dipotong dan

dibiarkan membusuk menjadi kompos. Peneliti memilih menggunakan serat kayu kopi untuk meningkatkan nilai ekonomi dari kayu kopi. Selama ini kayu kopi hasil peremajaan hanya diolah menjadi barang-barang meubel serta kerajinan yang unik dan menarik. Seperti yang dilakukan para pengrajin di Kabupaten Jember terutama di daerah Ambulu, yang mengolah kayu kopi menjadi meubel perabot rumah tangga seperti meja, kursi, lemari, dipan, dudukan lampu, meja telepon, pigura dan

asbak yang unik. Untuk lebih meningkatkan nilai ekonomi dari sebatang kayu kopi, maka peneliti mencoba untuk memanfaatkan serat kayu kopi tersebut sebagai material komposit bersama polyester. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sifat mekanik material komposit serat kayu kopi setelah mengalami siklus termal. Penambahan aditif partikel *montmorillonite* pada komposit serat kayu kopi-polyester bertujuan untuk menambah sifat mampu panas pada komposit tersebut dan meningkatkan sifat mekanik siklus termalnya.

2. KOMPOSIT SERAT ALAM

Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaharui antara lain; kekuatan (*strenght*), kekakuan (*stiffness*), ketahanan korosi (*corrosion resistance*), ketahanan gesek/aus (*wear resistance*), berat (*weight*), meningkatkan konduktivitas panas dan tahan lama.

Pada awalnya komposit menggunakan bahan sintetis sebagai penguat, namun penggunaan komposit berbahan sintetis mulai dikurangi karena beracun, mahal, dan tidak dapat terurai dengan alam. Komposit serat alam dipilih untuk menggantikan serat sintetis dengan harapan serat alam memiliki sifat mudah didapat, murah, tidak beracun, dan mudah terurai.

Pada komposit, serat merupakan komponen utama selain matriks, sehingga komposisi antara serat dan matriks merupakan faktor penting dalam menentukan karakteristik kekuatan komposit yang akan dihasilkan. Berdasarkan penempatannya, ada beberapa jenis susunan penguat komposit, antara lain:

a. Susunan searah

Komposit ini memiliki susunan serat

panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya.

b. Susunan dua arah atau silang

Komposit ini susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.

c. Susunan Acak

Komposit ini memiliki serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya.

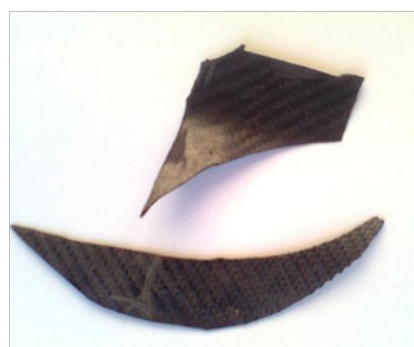
d. Susunan Hibrid/Gabungan

Komposit ini merupakan gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat mengurangi kelemahan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.

Gambar 1 dan 2 ini adalah beberapa contoh susunan penguat pada komposit yang pernah dibuat peneliti. Dalam penelitian ini dipilih penguat dengan susunan acak. Selain memiliki keuntungan seperti diuraikan sebelumnya, beberapa serat ada yang memiliki kemampuan yang bisa disejajarkan dengan serat sintetis. Untuk material tertentu, serat alam dapat mengungguli serat sintesis, bahkan beberapa pabrikan mobil menggunakan serat kenaf dan abacca untuk bagian interior mobil.



Gambar 1. Susunan Penguat Komposit: Susunan Acak



Gambar 2. Susunan Penguat Komposit: Susunan Silang atau dua arah

3. POLYESTER

Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, baik itu berdiri sendiri maupun dalam bentuk material komposit. Sifat mekanik yang dimiliki oleh polyester tidak istimewa, namun mudah didapat, harga relatif terjangkau, dan mudah dalam proses fabrikasinya. Jenis dari resin polyester ada 2, yaitu:

- Polyester tipe jenuh (*saturated polyester*), polyester jenis ini tidak bisa mengalami pengerasan atau *curing*.
- Polyester tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat.

Resin *unsaturated polyester* merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin dengan nomer seri produksi 157 BQTN-EX. Polyester ini merupakan jenis Resin dan sangat populer di bidang pembuatan kapal di Indonesia. YUKALAC 157 BQTN-EX memiliki sertifikat LR Register & FDA. Bahan tambahan resin adalah katalis (*Hardener*). Jenis katalis untuk resin polyester yaitu Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO). Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*). Semakin banyak katalis maka proses pengerasan akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas berlebih. Kelebihan penggunaan resin bisa mengakibatkan material mengkerut bahkan rusak.

4. MONTMORILLONITE (MMT)

Penggunaan komposit di lingkungan (*outdoor*) terutama di bidang otomotif tidak bisa terlepas dari pengaruh perubahan cuaca. Pada kondisi aktual, temperatur di dalam mobil bisa sangat tinggi akibat terperangkapnya panas di dalam mobil. Untuk mengatasi kondisi tersebut, maka rekayasa komposit pada penelitian ini menggunakan zat aditif *montmorillonite* sebagai zat yang dapat menahan panas

yang diterima oleh material komposit. Pada penelitian ini juga menggunakan siklus termal dengan menggunakan *microwave* dan *freezer* untuk mengetahui ketahanan material terhadap perubahan temperatur yang ekstrim.

Geomaterial lempung MMT (*Montmorillonite*) adalah segumpal tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk. Unsur penyusun utama lempung MMT adalah silica (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Kandungan silica dan alumina memberikan sifat tahan api yang baik pada lempung MMT. Nama *montmorillonite* berasal dari jenis lempung plastis yang ditemukan di *Montmorillonite*, Perancis. Dalam penelitian ini, MMT dihasilkan dari material yang berasal dari genteng yang dihaluskan dengan ditumbuk menggunakan alu. Jenis genteng dan juga material MMT yang digunakan dalam penelitian ini adalah genteng lokal dari daerah Kebumen.

5. METODE

Penelitian ini menggunakan kadar MMT dan jumlah siklus termal sebagai variabel bebas serta kekuatan tarik dan kekuatan impak sebagai variabel terikat. Hasil pengambilan sampel ditampilkan dengan tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Sampel pengambilan data

Kadar <i>Montmorillonite</i> dan Jumlah Siklus Termal				
Jumlah/x(kali)	0 (x_0)	25 (x_1)	55 (x_2)	85 (x_3)
Kadar/w (%)				
30% (w_1)	$w_1 x_0$	$w_1 x_1$	$w_1 x_2$	$w_1 x_3$
40% (w_2)	$w_2 x_0$	$w_2 x_1$	$w_2 x_2$	$w_2 x_3$
50% (w_3)	$w_3 x_0$	$w_3 x_1$	$w_3 x_2$	$w_3 x_3$

Dimensi spesimen uji sesuai dengan standart ASTM D 3039 untuk ukuran sampel uji tarik, dan standart ASTM D 265 untuk ukuran sampel uji impak. Membuat partikel *montmorillonite* dengan menumbuk genteng dengan lumpang besi lalu ayak dengan ayakan tepung untuk mendapatkan mesh berukuran ≤ 50 .

6. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung antara lain:

a. Alat

- 1) Universal Machine Testing Merk ESSOM TM 113 30 kN.
- 2) Oven merk Kirin KBO-90M
- 3) Refrigerator merk national NR-S14C
- 4) Ayakan mesh 50 (ayakan tepung).
- 5) Cetakan Komposit dari Kaca, Plastik Astralon, Plastisin dan Margarin
- 6) Timbangan digital merk Camry
- 7) Kamera 20.7 MP
- 8) Pencekam khusus komposit polimer

b. Bahan

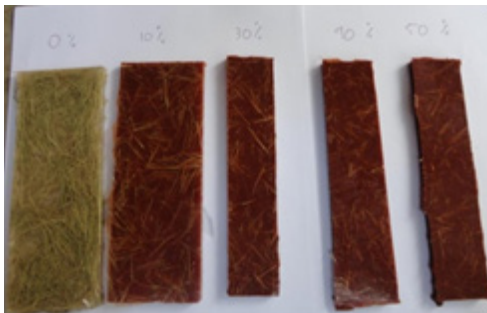
- 1) Kayu Kopi
- 2) Resin polyester Yukalac BQTN –EX 157
- 3) Partikel Montmorillonite
- 4) Hardener



Gambar 3. Serat alam



Gambar 4. Partikel MMT



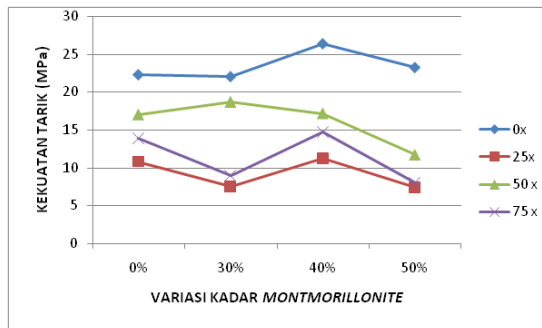
Gambar 5. Sampel Komposit

7. HASIL DAN PEMBAHASAN

7.1 Hasil Data Pengujian Tarik

Prosedur pengujian tarik meliputi penyiapan bahan uji dan alat uji berdasarkan standar uji material komposit polimer ASTM D 3039, proses pengujian tarik pada komposit menggunakan pencekam (*clamp*) khusus untuk material jenis komposit polimer. Data hasil pengujian diperoleh melalui pengujian tarik menggunakan *universal machine testing* merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN di laboratorium Uji Bahan teknik mesin Universitas Jember. Sampel uji yang digunakan ialah komposit dengan matriks polyester berpenguat serat kayu kopi dengan variasi penambahan zat aditif *montmorillonite* sebesar 0%, 30%, 40% dan 50% dengan perlakuan siklus termal selama 10 menit untuk setiap siklus dengan variasi siklus sebanyak 25x, 50x dan 75x. Untuk data hasil pengujian tarik akan dibahas pada grafik dibawah ini.

7.1.1 Analisa Variasi Fraksi Kadar Berat MMT Terhadap kekuatan tarik

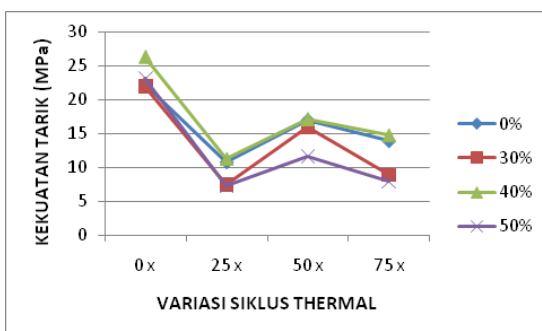


Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan variasi kadar *montmorillonite*

Pada gambar 6 dapat kita lihat kekuatan tarik tertinggi terdapat pada penambahan kadar montmorillonite sebesar 40% pada jumlah siklus termal 0x, dengan nilai rata-rata sebesar 26,32 Mpa. Sedangkan kekuatan tarik terendah didapat pada kadar montmorillonite 30% pada jumlah siklus termal 25x dengan nilai rata-rata 7,35 Mpa, Sebagai pembandingan telah dilakukan pembuatan komposit tanpa *Montmorillonite* dengan kadar 0% dengan siklus termal 0x, 25x,50x dan 75x dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 22,29

Mpa, 10,81 Mpa, 16,98 Mpa, dan 13,89 Mpa. Terjadi peningkatan kekuatan tarik pada penambahan *montmorillonite* dengan kadar 40% pada masing-masing siklus termal. Hal ini berarti bahwa penambahan *montmorillonite* berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sreenivasan, 2012 dalam Nasirudin, 2014), bahwa penambahan partikel MMT tanpa modifikasi meningkatkan kekuatan tarik dibandingkan dengan penambahan MMT yang disertai modifikasi (modifikasi siklus thermal). Sedangkan pada penambahan kadar sebesar 50% pada masing-masing siklus termal terjadi penurunan kekuatan tarik yang cukup signifikan. Hal ini terjadi karena kadar matriks lebih kecil dari pada kadar *montmorillonite* sehingga ikatan matriks dengan serat dan *Montmorillonite* menjadi lebih kecil sehingga dapat menurunkan kekuatan tarik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Sutrisno, 2013) dimana kekuatan tarik komposit menurun dikarenakan ikatan yang terjadi antara matriks dengan penguat lebih baik dibandingkan dengan ikatan resin dengan MMT.

7.1.2 Analisa Variasi Banyaknya Siklus Termal Terhadap kekuatan tarik



Gambar 7. Grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan variasi siklus termal

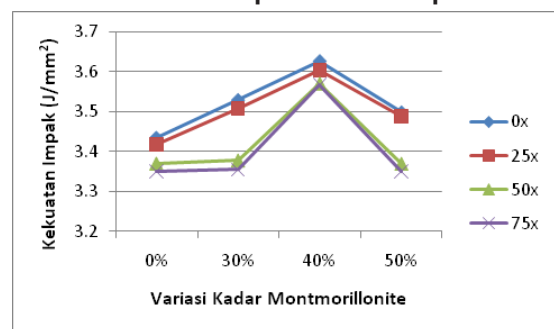
Pada gambar 7 terlihat penurunan kekuatan tarik pada semua fraksi *Montmorillonite* akibat dari penambahan jumlah siklus termal. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah siklus termal yang dilakukan maka kekuatan tariknya semakin menurun.

Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Yousif, 2013) pada temperatur antara 100°C-200°C, FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) akan mengalami pelunakan, *creep* dan terdistorsi yang menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur. Selain itu juga kekuatan polymer akan semakin menurun seiring dengan semakin besarnya temperatur yang diterima.

7.2 Data Hasil Uji Impak

Prosedur Pengujian impact meliputi persiapan bahan uji dan alat uji berdasarkan standar uji material komposit polimer ASTM D 6110. Data hasil pengujian diperoleh melalui pengujian impact menggunakan alat uji impact di laboratorium Uji Bahan teknik mesin Universitas Jember. Sampel uji yang digunakan ialah komposit dengan matriks polyester berpenguat serat kayu kopi dengan variasi penambahan zat aditif *montmorillonite* sebesar 0%, 30%, 40% dan 50% dengan perlakuan siklus termal selama 10 menit untuk setiap siklus dengan variasi siklus sebanyak 25x, 50x dan 75x.

7.2.1 Analisa Variasi Fraksi Kadar Berat MMT Terhadap kekuatan impact



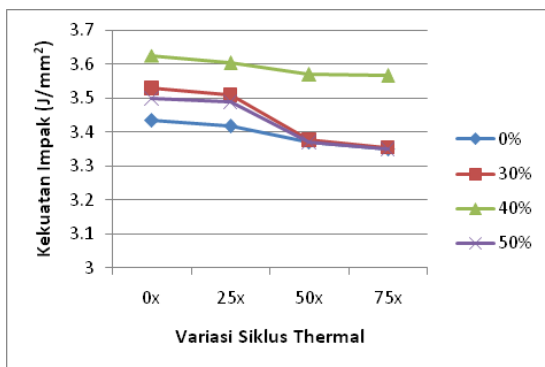
Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai kekuatan impact dengan variasi kadar *montmorillonite*

Dari gambar 8 dapat kita lihat terjadi peningkatan kekuatan impact pada penambahan kadar *montmorillonite* 40% sedangkan terjadi penurunan kekuatan impact pada kadar 50%. Kekuatan impact tertinggi di dapat pada kadar *montmorillonite* 40% dengan jumlah siklus termal 0x dengan nilai rata-rata

sebesar 3,63 J/mm². Hal ini sejalan dengan penelitian dari (Kusmono, 2010) bahwa adanya *clay* telah meningkatkan kekakuan campuran polimer. Peningkatan kekakuan akibat adanya *clay* dimungkinkan disebabkan karena sifat dasar dari *clay* sendiri yang merupakan material yang memiliki kekakuan yang tinggi yang kemudian membatasi gerakan molekul polimer. Selain itu juga mungkin berkaitan dengan struktur nanokomposit, luas kontak permukaan dari yang besar sehingga menyebabkan ikatan yang kuat antara matriks polimer dengan lapisan silikat *clay*.

Sedangkan kekuatan impact terendah didapat pada kadar 30% dengan jumlah siklus 75x dengan nilai rata-rata sebesar 3,50 J/mm². Hal ini terjadi karena kadar montmorillonite yang terdapat pada komposit lebih kecil dari pada kadar polyester, sehingga menyebabkan ikatan antara serat, *montmorillonite* dan matriks menjadi lebih kecil.

7.2.2 Analisa Variasi jumlah siklus termal MMT Terhadap kekuatan impact



Gambar 9. Grafik hubungan antara nilai kekuatan impact dengan variasi siklus termal

Pada gambar 9 dapat dilihat terjadi penurunan kekuatan impact secara bertahap pada jumlah siklus 25x, 50x dan 75x. Hal ini dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan kadar montmorillonite terhadap perlakuan siklus termal pada kekuatan impact tidak berpengaruh. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah siklus termal maka kekuatan impactnya semakin menurun. Hal

ini sejalan dengan penelitian Yousif (2013) pada temperatur antara 100°C-200°C, FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) akan mengalami pelunakan, *creep* dan terdistorsi yang menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur. Selain itu juga kekuatan polymer akan semakin menurun seiring dengan semakin besarnya temperatur yang diterima.

Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian (Surdia, 2000 dalam Hariyanto, 2011) dikatakan bahwa salah satu kelemahan bahan polimer adalah tidak tahan panas, hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena peningkatan suhu akan mengubah kumpulan molekul atau struktur molekul tersebut. Selanjutnya karena panas oksigen dan air bersama-sama, memancing reaksi kimia pada molekul-molekul, terjadilah depolimerisasi, oksidasi, hidrolisis, hal itulah yang akan mempengaruhi kekuatan mekanik bahan polimer.

8. KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Penambahan *montmorillonite* meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan impact komposit matriks polyester dengan aditif partikel *montmorillonite* berpenguat serat kayu kopi pada kadar 30%, 40% dan 50%. Dari tiga variasi kadar penambahan *montmorillonite*, pada kadar *montmorillonite* 40% dengan jumlah siklus sebanyak 25X di dapat nilai kekuatan tarik dan kekuatan impact tertinggi.
- Secara umum, semakin banyak jumlah siklus termal yang dilakukan pada komposit maka kekuatan tarik dan kekuatan impact komposit menurun secara drastis mulai dari 25X siklus termal hingga terendah yaitu 75X siklus termal.

8.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah:

- a. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh siklus termal terhadap sifat mekanis yang berbeda seperti kekuatan bending dan kekuatan tekan.
- b. Penelitian tentang komposit berbasis alam perlu dikembangkan mengingat potensi yang melimpah di sekitar kita.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan D., W. Wisnu R., dan E. Prasetya B. 2008. *Karakteristik Fisik dan Mekanik Komposit Sampah Kota dengan Matrik Pati Kanji dan Unsaturated Polyester*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi.
- Badan Pendidikan Latihan dan Penyuluhan Pertanian. 1984. *Kopi*. Jakarta.
- Barleany D. R., R. Hartono dan Santoso. 2011. *Pengaruh Komposisi Montmorillonite Pada Pembuatan Polipropilen-Nanokomposit Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasannya*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan".
- Bramantyo, A. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Serat*. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.
- Diharjo K., A. Purwanto, S. J. A. Nasir, B. H. Jihad, et al. 2012. *Sifat Tahan Api Dan Kekuatan Bending Komposit Geopolimer: Analisis Pemilihan Jenis Partikel Geomaterial*. Prosiding Insinas.
- Diharjo K., B. Kusharjanta, R. A. P. Tarigan dan A. R. Andhika. 2013. *Pengaruh Kandungan dan Ukuran Serbuk Genteng Sokka terhadap Ketahanan Bakar Komposit Geopolimer*. Jurnal Rekayasa Mesin.
- Hariyanto A., K. Diharjo. 2011. *Rekayasa Dan Manufaktur Bahan Komposit Sandwich Berpenguat Serat Rami Dengan Core Limbah Sekam Padi Untuk Panel Interior Otomotif Dan Rumah Hunian*. Penelitian Hibah Bersaing.
- Isaac D. H., Z. Salleh, M. N. Berhan dan K. M. Hyie. 2012. *Composites Laminates Effect of Fibre Types Cold-pressed Kayu kopi and Fibreglass Hybrid*. World of Academy Science 71 (Engineering and Science).
- Justus. 2011. *YUKALAC Unsaturated Polyester Resin*. Retrieved 10 maret, 2015.
- Kartini, R., H. Darmasetiawan, A. Karo Karo dan Sudirman. 2002. *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam*. Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science.
- Marlin D., Sugiyanto dan Zulhanif. 2013. *Perilaku Creep Pada Komposit Polyester Yukalac 157 Bqtn-Ex Dengan Filler Serat Gelas*. Jurnal FEMA.
- Mashuri. 2007. *Efek Termal Dan Bahan Penggandeng (Coupling Agent) Silane Terhadap Kestabilan Mekanik Bahan Komposit poliester Dengan Pengisi Partikulit Sic*. Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science.
- Onggo, H., W. Subowo, dan Sudirman. 2005. *Analisis Sifat Termal Komposit Polypropylene Kayu kopi*. Paper presented at the Prosiding Simposium Nasional Polimer V.
- Osman, E., A. Vakhguelt, S. Mutasher, dan I. Sbaski. 2012. *Effect of Water Absorbtion on Tensile Properties of Kayu kopi Fiber Reinforced Unsaturated Polyester Composite*. Sunaree J.Sci Technol.
- Pepper, T. 2012. *Polyester Resins*. Ashland Chemical Company.
- Spillane, J.J. 1990. *Komoditi Kopi Peranannya Dalam Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutrisno. 2013. *Kajian Sifat Mekanik Komposit Geomaterial Limbah Serbuk Genteng Dan Serat Karbon*. Agri-tek.
- Sudjindro. 2011. *Prospek Serat Alam Untuk Bahan Baku Kertas Uang*.
- Umam M. K. *Pengaruh Pemanasan Dan Perubahan Bentuk Pada Kekuatan Tarik Polyvinyl Chloride (PVC)*.
- Widyanto S. A., Sulardjaka, Arijanto. 2004. *Pengaruh Siklus Thermal Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Glass-Fiber Reinforced Concrete Dan Ramie-Fiber*

Reinforced Concrete. Proyek Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar.

Yudo H. dan S. Jatmiko. 2008. *Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (Baggase) Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Impak*. KAPAL.

Yousif B. F., dan Z.N. Azwa. 2013. *Thermal Degradation Study of Kayu kopi Fibre-Epoxy Composites Using Thermo Gravimetric Analysis*. Paper presented at the 3rd Malaysian Postgraduate Conference (MPC2013).