

# PENGARUH JENIS MATRIKS TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS KOMPOSIT HIBRID BERPENGUAT KENAF/SiO<sub>2</sub>

Galih Arozak<sup>a</sup>, Harini Sosiati<sup>a</sup>, Cahyo Budiantoro<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,  
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183  
[grozacq@gmail.com](mailto:grozacq@gmail.com)

---

## Abstract

Komposit berpenguat serat alam kenaf (*Hibiscus Cannabinus*) telah banyak dikembangkan terutama pada industri otomotif. Serat kenaf memiliki sifat mekanis yang lebih baik dari kebanyakan serat alam lain seperti sisal, kapas, jute, dan rami. Akan tetapi, komposit dengan serat alam sebagai penguat cenderung memiliki sifat mekanis yang lebih rendah dari komposit berpenguat serat sintesis. Maka perlu modifikasi pada komposit serat alam seperti penambahan partikel maupun pemilihan matriks yang tepat untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis matriks terhadap sifat mekanis dan fisis komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub>. Pada penelitian ini serat yang digunakan adalah serat kenaf dengan perlakuan alkalisasi 6% NaOH selama 36 jam. Panjang serat yang digunakan ± 5 mm dan fraksi volume matriks/kenaf/SiO<sub>2</sub> yaitu 70:28:2. Variasi jenis matriks yang digunakan adalah *epoxy*, *polyester 157*, dan *polyester 268* yang difabrikasi menggunakan metode *hot press molding* pada suhu 100°C selama 25-50 menit. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah uji impak dan bending yang masing-masing mengacu pada ASTM D6110 dan ASTM D790. Sedangkan pengujian fisis yang dilakukan adalah *water absorption* yang mengacu pada ASTM D570 dengan perendaman selama 216 jam dan pengukuran dilakukan setiap 12 jam. Hasil patahan pengujian impak dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik dan *scanning electron microscopy* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan ketangguhan impak tertinggi diperoleh komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks *epoxy* sebesar 7,49 kJ/m<sup>2</sup>. Sedangkan kekuatan lentur dan modulus lentur tertinggi ditunjukkan pada komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks *polyester 157* sebesar 79,08 MPa dan 6,24 GPa. Komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks *polyester 157* memiliki daya serap air terendah yaitu pertambahan berat 7,36%

**Kata Kunci:** Epoxy, Kenaf, Polyester, Silica, Uji bending, Uji impak

---

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri sekarang sangat pesat dan dinamis. Penggunaan material logam pada berbagai komponen semakin berkurang dikarenakan selain berat, material logam dapat mengalami korosi, susah dibentuk, dan biaya produksi mahal. Oleh karenanya, banyak dikembangkan material baru sebagai pengganti material logam yang bahkan memiliki sifat dan karakteristik sesuai yang diinginkan (Suwanto, 2006). Khususnya pada industri otomotif, dimana produksi kendaraan terus meningkat dan tentunya bahan baku *interior* dan *eksterior* meningkat pula. Industri otomotif juga dituntut menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan dan dapat didaur ulang (Subyakto dan Gopar, 2009).

Komposit adalah suatu material baru hasil rekayasa yang terdiri dari sedikitnya dua bahan dengan sifat fisik maupun kimia yang berbeda, masing-masing sebagai pengikat (*matriks*) dan penguat (*filler*). Pembuatan komposit bertujuan untuk memperoleh sifat mekanis atau sifat spesifik tertentu, mempermudah *design* yang sulit pada manufaktur, dan menghemat biaya. Dengan adanya perbedaan dari bahan penyusunnya, maka perlu penambahan *wetting agent* supaya antar bahan tersebut dapat berikatan kuat (Nayiroh, 2010).

Polimer sering digunakan sebagai matriks karena memiliki sifat ketahanan kimia yang baik, ringan, dan mempunyai densitas yang jauh lebih kecil daripada logam. *Epoxy* dan *polyester* termasuk polimer dalam kategori termoset. *Epoxy* memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi, serta memiliki daya rekat sangat baik. Meski demikian, *epoxy* memerlukan waktu lebih lama daripada *polyester* dalam proses pembentukannya, dan biaya lebih mahal. *Polyester* merupakan resin yang relatif murah dan umumnya digunakan untuk aplikasi berbiaya rendah (Departement of Defense Handbook, 2002). Katalis merupakan suatu bahan kimia yang ditambahkan pada resin *polyester* untuk mempercepat pembekuan. Katalis meningkatkan laju reaksi tanpa menjadi ikut terpakai (Oroh dkk, 2013).

Kenaf (*Hibiscus Cannabinus*) adalah tanaman dengan sekitar 300 spesies, berpotensi sangat baik sebagai bahan baku pada produk komposit (Faruk dkk, 2012). Kenaf merupakan tanaman yang tumbuh sepanjang musim dan mudah dibudidayakan, serta mempunyai harga yang ekonomis. Komposit berpenguat serat kenaf telah banyak diproduksi secara global, salah satunya oleh *Toyota Motor Corporation* yang diantaranya menghasilkan panel otomotif (Yousoff & Mohamad, 2015).

Analisa sifat mekanis komposit kenaf/*polyester* dengan dan tanpa penambahan 3% *liquid natural rubber* (LNR) telah dilakukan oleh Bonnia dkk. (2012) dengan variasi fraksi volume serat 5, 10, 15, 20, dan 25 %. Resin yang digunakan adalah *polyester reversol UN* dengan penambahan katalis MEKPO dan *hardener cobalt octnol 1%*. LNR dan resin diaduk selama 30 sebelum dituangkan pada cetakan. Dari hasil pengujian, kekuatan impak maksimum terdapat pada fraksi volume serat 25% dengan penambahan LNR yaitu sebesar 9 kJ/m<sup>2</sup>, sementara untuk kekuatan lentur maksimum terdapat pada fraksi volume serat 25% dengan penambahan LNR yaitu sebesar 74 MPa.

Jaafar dkk. (2018) melakukan penelitian tentang komposit *epoxy/kenaf* yang diperkuat *silica* 20 % dan dilakukan perlakuan alkalisasi pada serat dengan variasi 0, 3, 6, dan 9% NaOH selama 24 jam untuk meningkatkan sifat mekanis komposit. Setelah perlakuan alkalisasi selesai, serat dicuci dengan air sebanyak tiga kali untuk menghilangkan sisa NaOH di permukaan. Setelah itu serat dikeringkan pada suhu kamar selama 48 jam. Kemudian proses pasca-pengeringan dilakukan dalam oven pada suhu 100°C selama 6 jam. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa perlakuan alkalisasi 3% pada serat menghasilkan sifat mekanis terbaik, dengan kekuatan impak sebesar 10,6 kJ/m<sup>2</sup>, kekuatan lentur 54,1 MPa, dan modulus lentur 3,5 GPa.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaporkan, belum adanya penelitian tentang pengaruh jenis matriks terhadap sifat mekanis dan fisis komposit hybrid berpenguat kenaf dan SiO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dibuat komposit hybrid berpenguat serat kenaf dan SiO<sub>2</sub> dengan variasi jenis matriks yaitu *epoxy*, *polyester 157*, dan *polyester 268* yang difabrikasi menggunakan metode *hot press molding* pada suhu 100°C selama 25-50 menit. Untuk panjang serat kenaf ± 5 mm dan perbandingan volume matriks/kenaf/SiO<sub>2</sub> yaitu 70:28:2. Pengujian mekanis yang dilakukan pada komposit tersebut adalah uji impak dan uji bending, sedangkan untuk pengujian fisis dilakukan *water absorption*. Patahan hasil pengujian impak diamati menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM).

## 2. METODE

Bahan yang digunakan adalah serat kenaf, *silica*, *epoxy*, *polyester 157 BQTN*, *polyester SHCP 268*, katalis *Metyl Etyl Ketone Peroxide* (MEKPO), aseton, *Natrium Hydroxide* (NaOH) *Acetid Acid* (CH<sub>3</sub>COOH), dan *aquades* (H<sub>2</sub>O). Alat yang digunakan adalah *hot press*, cetakan komposit berdimensi (17 x 9) cm<sup>2</sup>, oven, alat pemotong spesimen, ayakan 400 mesh, timbangan digital, *Universal Testing Machine Zwick/Roell*, *Impact Testing Zwick/Roell*, dan *Scanning Electron Microscopiy* (SEM).

### 2.1 Persiapan Bahan dan Perlakuan Alkalisasi Serat Kenaf

Serat kenaf dipilih kemudian direndam air selama 24 jam, lalu dicuci dengan air mengalir untuk membersihkan serat dari kotoran-kotoran yang menempel. Serat dikeringkan menggunakan alat pengering serat pada suhu 80-100°C selama 2 jam hingga tidak ada kadar airnya. Serat direndam dalam larutan 6% NaOH selama 36 jam. Kemudian dilakukan penetralan basa dengan merendam serat dalam larutan 2% CH<sub>3</sub>COOH selama

1 jam, lalu merendam serat dalam *aquades* selama 24 jam. Keringkan kembali serat hingga tidak ada kadar airnya, kemudian sisir dan potong serat dengan ukuran  $\pm 5$  mm. Silica diayak menggunakan ayakan 400 mesh, kemudian dioven pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit untuk menghilangkan kadar airnya.

## 2.2 Pembuatan Komposit

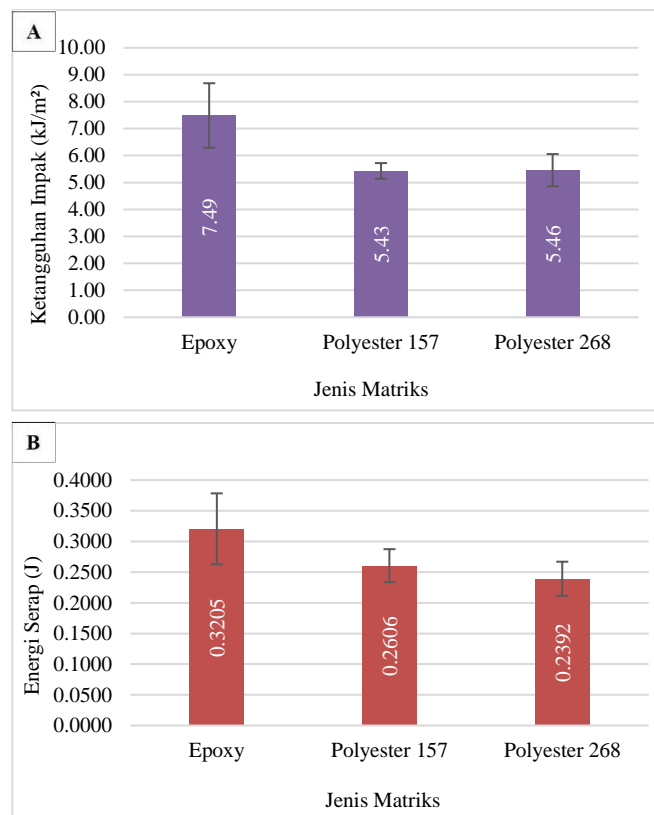
Komposit dibuat dengan fraksi volume antara matriks/kenaf/ $\text{SiO}_2$  70:28:2. Serat disusun secara acak dan proses penuangan matriks menggunakan metode *hand lay up*. Matriks dan *silica* dicampur terlebih dahulu, resin *epoxy* ditambahkan aseton maksimal 10%, dan resin *polyester* 157 dan *polyester* 268 ditambahkan katalis MEKPO 1%. Untuk *polyester* 157 dan *polyester* 268, matriks dituang sebagian ke dalam cetakan, kemudian serat kenaf disusun dalam cetakan, dan dituang lagi matriks di atasnya. *Hot press* diatur pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 20-50 menit dengan tekanan bending dan *water absorption* 1,449 MPa dan impact 0,966 MPa. Komposit selanjutnya dipotong sesuai ASTM yang telah di tentukan.

## 2.3 Uji Mekanis, Fisis, dan Karakterisasi

Pengujian bending mengacu pada ASTM D790 menggunakan *Universal Testing Machine Zwick/Roell nominal force* 20 KN di ATMI Surakarta, dengan tekanan 0,1 MPa dan kecepatan 2 mm/min. Pengujian impact mengacu pada ASTM D6110 menggunakan *Impact Testing Zwick/Roell* di ATMI Surakarta, dengan kecepatan 2,901 m/s dan sudut  $\alpha$   $107,5^{\circ}$ . Pengujian *water absorption* mengacu pada ASTM D570 dengan perendaman selama 216 jam dan pengukuran setiap 12 jam. Hasil patahan pengujian impact dikarakterisasi menggunakan SEM dengan perbesaran 100x dan 200x, sedangkan patahab pengujian bending dianalisa menggunakan mikroskop optik.

# 3. Hasil dan Pembahasan

## 3.1 Pengujian Impact

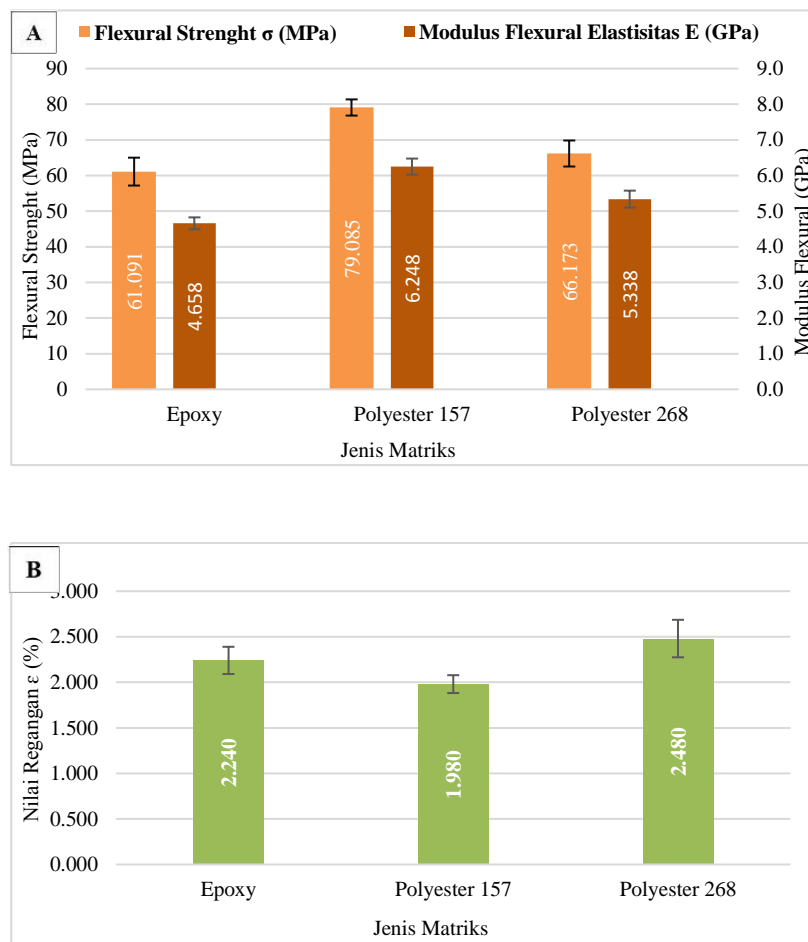


**Gambar 3.1** Grafik Ketangguhan Impact (A) dan Energi Serap (B)

Grafik pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai ketangguhan impact dan energi serap pada komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> tergantung jenis matriks yang digunakan. Nilai ketangguhan impact dan energi serap maksimum diperoleh komposit dengan matriks *epoxy* yaitu 7,49 kJ/m<sup>2</sup> dan 0,32 J. Sedangkan ketangguhan impact terendah diperoleh komposit dengan matriks *polyester 157* yaitu 5,43 kJ/m<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan *epoxy* memiliki sifat kuat dan getas, serta mampu mengikat serat dengan baik. Ketangguhan *impact izod* resin *polyester* mencapai 3,2 J/cm sedangkan resin *epoxy* 0,3 J/cm (Holbery, 2006). Namun, pada penelitian ini resin *epoxy* yang dikombinasikan dengan serat kenaf dan mikrosilika mampu menghasilkan nilai ketangguhan impact maksimum.

Penambahan 20% *silica* pada komposit *epoxy/kenaf* yang dilakukan Jaafar (2018) menghasilkan ketangguhan impact sebesar 3,1 kJ/m<sup>2</sup>. Hasil penelitian ini jauh lebih tinggi karena serat terlebih dahulu dilakukan alkalisasi 6% NaOH selama 36 jam, yang menjadikan permukaan serat dapat berikatan baik dengan *epoxy*. Namun, penelitian Jaafar (2018) yang lain, dengan penambahan *silica* 20% dan perlakuan alkalisasi 3% NaOH selama 24 jam menghasilkan nilai ketangguhan impact yang lebih tinggi yaitu 10,6 kJ/m<sup>2</sup>. Komposisi komposit tersebut mampu menahan beban kejut dengan baik.

### 3.2 Pengujian Bending



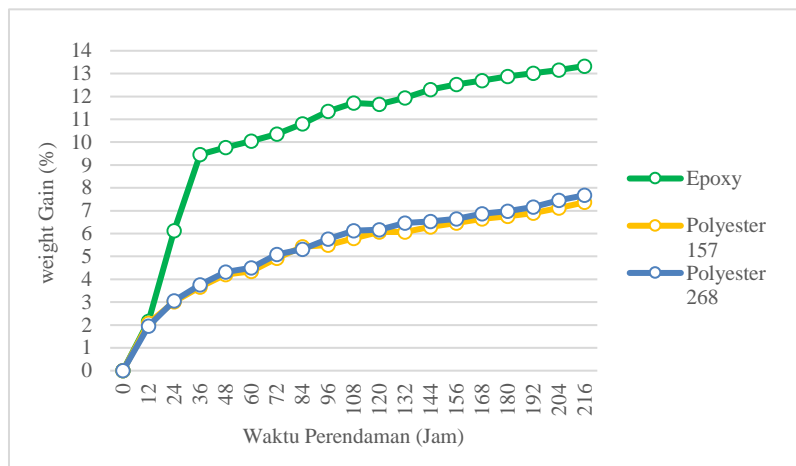
**Gambar 3.2** Grafik Kekuatan Lentur, Modulus Lentur (A), dan Regangan (B)

Grafik pada Gambar 3.2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kekuatan lentur, modulus lentur, regangan dan deformasi pada komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> tergantung jenis matriks yang digunakan. Nilai kekuatan lentur dan modulus lentur maksimum diperoleh komposit dengan matriks *polyester 157* yaitu 79,08 MPa dan 6,24

GPa. Sedangkan kekuatan lentur dan modulus lentur terendah diperoleh komposit dengan matriks *epoxy* yaitu 61,09 MPa dan 4,65 GPa. Komposit dengan matriks *polyester* 157 juga memperoleh nilai regangan paling rendah yaitu 1,98%, artinya komposit tersebut memiliki ketahanan terhadap deformasi yang baik. Hal ini dikarenakan resin *polyester* memang memiliki nilai kekuatan terhadap tekan yang tinggi mencapai 250 MPa, sedangkan resin *epoxy* mencapai 200 MPa (Holbery, 2006).

Bonnia dkk (2012) melakukan penelitian tentang penambahan 3% *liquid natural rubber* (LNR) pada resin *polyester* untuk meningkatkan kekuatan mekanis komposit. Hasil kekuatan lentur yang diperoleh yaitu 74 MPa, penambahan LNR pada resin *polyester* mampu menghasilkan nilai kuat lentur yang baik. Meski demikian, kuat lentur pada penelitian tersebut masih lebih rendah daripada penelitian ini.

### 3.3 Pengujian Daya Serap Air

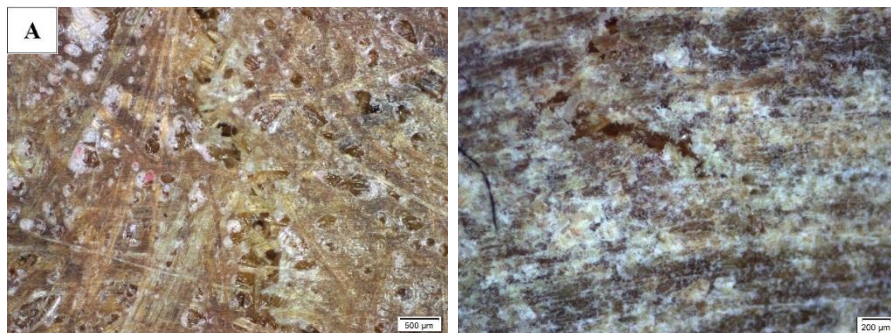


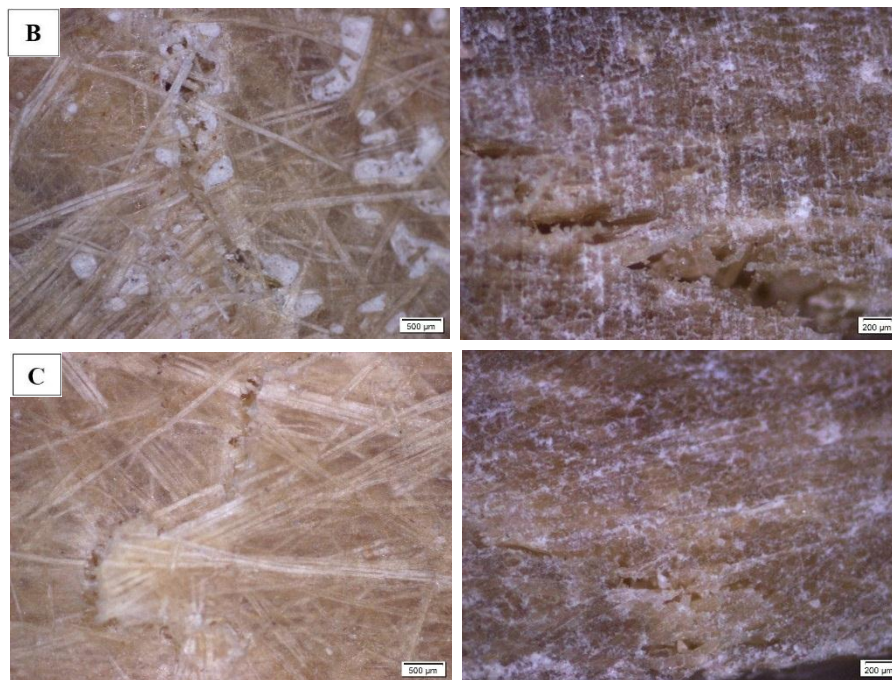
Gambar 3.3 Grafik Weight Gain

Pengujian daya serap air diamati melalui berat spesimen uji. Pada Gambar 3.3 diketahui bahwa komposit dengan matriks *epoxy* mengalami pertambahan berat tertinggi sebesar 13,33%, sedangkan pertambahan berat terendah terdapat pada komposit dengan matriks *polyester* 157 yaitu 7,36%.

Secara umum, pertambahan berat spesimen uji pada dua hari pertama mengalami peningkatan yang signifikan, kemudian peningkatan terjadi secara perlahan hingga perendaman selama 216 jam. Mikrosilika mampu membantu meminimalisir penyerapan air pada komposit serat alam karena dapat menutup pori-pori serat (Bajuri dkk, 2018).

### 3.4 Analisa Foto Makro Patahan Hasil Pengujian Bending



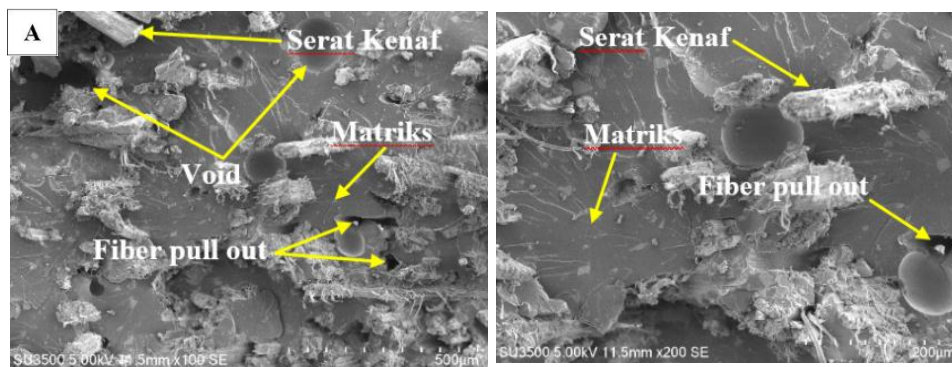


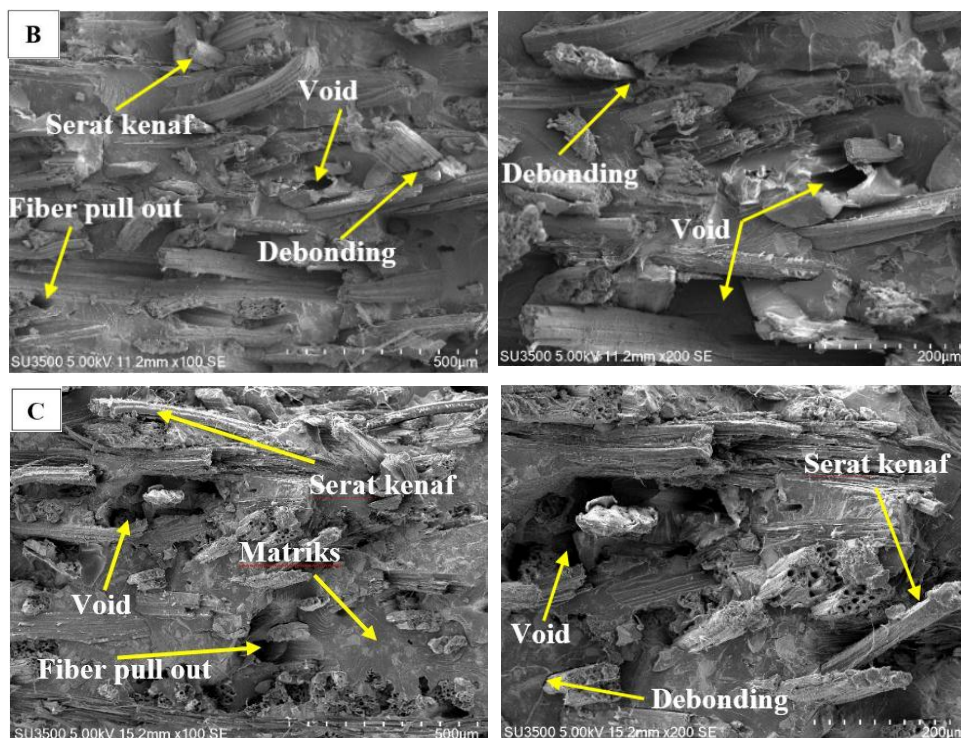
**Gambar 3.4** Foto Makro Patahan Hasil Pengujian Bending menggunakan Mikroskop Optik. Epoxy (A); Polyester 157 (B); Polyester 268 (C)

Gambar 3.4 adalah foto makro patahan hasil pengujian bending komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks epoxy, polyester 157, dan polyester 268. Pada pengujian bending, spesimen mendapat dua macam gaya yaitu tekan pada bagian atas, dan tarik pada bagian bawah spesimen. Spesimen uji tampak mengalami patahan pada bagian bawah dan samping. Oleh karenanya, pengamatan makroskopik ini difokuskan pada dua titik yaitu bagian bawah dan samping spesimen uji.

Gambar sebelah kiri adalah tampak bawah dan gambar sebelah kanan adalah tampak samping. Pada komposit bermatriks epoxy terlihat jelas bahwa permukaan spesimen terdapat banyak void, dan tepat pada bagian void tersebut terjadi patahan. Sedangkan pada komposit dengan matriks polyester 157 dan polyester 268, void tidak begitu tampak pada permukaan spesimen. Meski demikian, terdapat patahan spesimen uji. Komposit bermatriks polyester 268 mengalami patahan yang berbeda dari komposit dengan matriks epoxy dan polyester 157, yaitu patahan terlihat tidak lurus.

### 3.5 Analisa Foto Mikro Patahan Hasil Pengujian Impak





**Gambar 3.5** Foto Mikro Patahan Hasil Pengujian Impak menggunakan *Scanning Electron Microscopy*. Epoxy (A); Polyester 157 (B); Polyester 268 (C)

Gambar 3.5 adalah foto mikro patahan komposit hasil pengujian impak. Pada komposit dengan matriks *epoxy* terdapat banyak *void* yang disebabkan penambahan aseton saat pencampuran resin. Komposit dengan matriks *polyester 157* dan *polyester 268* menunjukkan hasil yang hampir sama. Terdapat *void* pada komposit meskipun tidak menggunakan aseton. *Void* tersebut terbentuk dari gelembung udara yang muncul saat pencampuran resin dengan katalis, sehingga ketika resin dituangkan ke dalam cetakan dan meresap pada serat, *void* ikut terbentuk pada komposit. Secara keseluruhan, komposit dengan matriks *epoxy*, *polyester 157* dan *polyester 268* terdapat *fiber pull out* meskipun serat kenaf telah diberi perlakuan alkalisasi 6% NaOH selama 36 jam. Namun, penambahan mikrosilika yang terdistribusi secara merata dapat menjaga sifat mekanis komposit.

*Epoxy* mampu mengikat serat kenaf dengan baik meskipun terdapat banyak *void*. Sedangkan *polyester* kurang baik dalam mengikat serat kenaf sehingga menimbulkan banyak *debonding*. Sifat *epoxy* yang kuat dan getas menjadikan komposit dengan matriks tersebut mampu menahan beban kejut lebih baik dari komposit dengan matriks *polyester*.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks *epoxy* menghasilkan nilai ketangguhan impak maksimum sebesar 7,49 kJ/m<sup>2</sup>. Sedangkan komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks *polyester 157* menghasilkan kekuatan lentur dan modulus lentur maksimum sebesar 79,08 MPa dan 6,24 GPa.
2. Komposit hibrid kenaf/SiO<sub>2</sub> dengan matriks *polyester 157* memiliki daya serap air terendah yaitu pertambahan berat 7,36%.
3. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa *epoxy* mampu mengikat serat kenaf dengan baik meskipun terdapat banyak *void*. Sedangkan *polyester* kurang baik dalam mengikat serat kenaf sehingga menimbulkan banyak *debonding*.

## 5. Referensi

- Bajuri, F., Mazlan, N., Ishak, M.R. (2018). *Water Absorption Analysis on Impregnated Kenaf With Nanosilica for epoxy/kenaf Composite*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 405, pp. 1-6.
- Bonnia, N.N., Mahat, M.M., Surip, S.N., Anuar, H., Hassan, N.A., Ahmad, S. (2012). *Polyester/Kenaf Composite; Effect of matrix modification*. IEEE Symposium on Bussines, Engineering and Industrial Applications, pp. 518-522.
- Department of Defense Handbook. (2002). *Composite Materials Handbook*. Vol. 3 of 5.
- Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H.P., Sain, M. (2012). *Biocomposites Reinforced with Natural Fibers: 2000-2010*. Progres in Polymer Science Vol. 37, pp. 1552-1596.
- Holbery, J., Houston, D. (2006). *Natural Fiber Reinforced Polymer Composite in Automotive Applications*: JOM, pp. 80-86.
- Jaafar, C.N.A., Rizal, M.A.M., Zainol, I. (2018). *Effect of Kenaf Alkalization Treatment on Morphological and Mechanical Properties of Epoxy/Silica/Kenaf Composite*. International Journal of Engineering & Technology, pp. 258-263.
- Jaafar, C.N.A., Zainol, I., Aremu, O.O. (2018). *Effect of Silica Fillers on Mechanical Properties of Epoxy/Kenaf Composites*. Journal of Physics: Conf. Series 1082, pp. 1-6.
- Nayiroh, N. (2010). *Teknologi Material Komposit*.
- Oroh, J., Sappu, F.P., Lumintang, R. (2013). *Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa*. Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi Manado, pp. 1-10.
- Subyakto & Gopar, M. (2009). *Tinjauan Penelitian Terkini tentang Pemanfaatan Komposit Serat Alam untuk Komponen Otomotif*. J. Tropical Wood Science & Technology Vol. 7, No. 2, pp. 92-97.
- Suwanto, B. (2006). *Pengaruh Temperatur Post-Curing Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin yang Diperkuat Woven Serat Pisang*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, pp. 1-31.
- Yusoff, Z., & Mohamad, Z. (2015). *Review of Research Activites on Kenaf Reiforced Composites*. Journal of Petrochemical Engineering Department. Vol. 1, pp. 25-33.



**Program Studi Teknik Mesin**

**Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)**

---

Judul TA: Pengaruh Jenis Matriks Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Hibrid Berpenguat Kenaf/SiO<sub>2</sub>

Judul Naskah Publikasi: Pengaruh Jenis Matriks Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Komposit Hibrid Berpenguat Kenaf/SiO<sub>2</sub>

Nama Mahasiswa: Galih Arozak

NIM: 20150130018

Pembimbing 1: Dr. Ir. Harini Sosati, M.Eng

Pembimbing 2: Cahyo Budiyanoro, S.T., M. Sc

Hal yang dimintakan persetujuan \*:

<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia	<input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*ber tanda ✓ di kotak yang sesuai

Tanda Tangan:   
 Galih Arozak  
 Tanggal: 27 Juli 2015

---

**Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi**

Disetujui

Tanda Tangan:   
 Dr. Ir. Harini Sosati, M.Eng  
 Tanggal: 27 Juli 2015

Tanda Tangan:   
 Beni Panjurna Kamel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
 Tanggal: 27 Juli 2015



Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.