

**TEGANGAN *PULLOUT* DAN PEREKAAN PERMUKAAN PADA SERAT DAUN
PANDAN DURI (*PANDANUS TECTORIUS*) – RESIN POLYESTER**

Achmat Riyanto, Sri Mulyo Bondan Respati* dan Imam Syafa'at

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

*Email: bondan@unwahas.ac.id

Abstrak

Dewasa ini perkembangan teknologi yang semakin maju menyebabkan kebutuhan material komposit semakin meningkat, salah satunya teknologi material komposit berpenguat serat alam, serat daun pandan duri berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku material komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan foto mikro serat daun pandan duri dengan perlakuan perendaman air laut. Pengujian pull-out juga dilakukan untuk mengetahui tegangan geser serat dengan matrik resin polyester. Serat daun pandan duri yang direndam kedalam air laut, dengan variasi waktu 0, 1, 2, 3, dan 4 minggu. Hasil yang diperoleh dari uji tarik serat tunggal menunjukkan bahwa pada perendaman selama 2 minggu memiliki nilai kekuatan tarik yang optimal sebesar 28,65 Mpa, hal ini juga terbukti dari hasil foto mikro serat yang menunjukkan kepadatan sub celahnya. Sedangkan kekuatan tarik serat tanpa perlakuan perendaman dan perendaman selama 1, 3, dan 4 minggu berturut-turut adalah 22,57 MPa, 24,43 MPa, dan 18,96 MPa. Kemudian pada pengujian pull out nilai tegangan geser tertinggi sebesar 1,33 MPa lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan perendaman dan perendaman air laut 1, 3, dan 4 minggu berturut-turut yaitu sebesar 0,09 MPa, 1,11 MPa, 1,21 MPa, dan 1,07 MPa. Dari hasil penelitian yang dilakukan, serat daun pandan duri mempunyai kompatibilitas yang baik dengan resin polyester setelah diberi perlakuan perendaman air laut

Kata kunci: serat daun pandan duri, resin uji pull-out, kompatibilitas

PENDAHULUAN

Pohon pandan duri sudah lama dikenal oleh masyarakat pesisir Pantai sebagai pohon yang banyak mempunyai manfaat. Hampir semua bagian pohon ini dapat dimanfaatkan, seperti bagian daun, akar, serabut dan buah. Salah satu bagian yang paling banyak dimanfaatkan adalah daunnya yaitu sebagai bahan baku anyaman tikar dan topi (Santos, 1998)

Perlakuan perendaman pada serat merupakan proses untuk menghilangkannya komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka. Pemilihan air laut dikarenakan air laut sangat melimpah dan memiliki susunan NaCl yang tinggi dan NaCl bersifat sulit untuk bersenyawa dengan organisme yang lain yang berfungsi sebagai pengawet alami (Estiasih, 2009).

Kualitas ikatan antar permukaan menjadi lebih tinggi dengan durasi tambahan dari perendaman air laut. Yang terbaik permukaan serat dan matrik dilihat pada komposit dengan perendaman berdurasi 4 minggu, yang ditunjukkan dengan hilangnya celah antara serat dan matrik (Mardin, 2014).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mengetahui pengaruh waktu perendaman serat

daun pandan duri pada air laut terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro juga mengetahui tegangan geser dan kerapatan serat tunggal daun pandan duri dengan resin.

Serat daun pandan duri

Serat daun pandan duri adalah serat alami alternatif dalam pembuatan komposit, yang pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna dikemudian hari. Serat daun pandan didapat dengan cara membusukkan daun pandan sehingga serat dapat dengan mudah dipisahkan dengan bagian daun yang lain. Serat daun pandan yang digunakan pada penelitian berfungsi sebagai bahan penguat pada pembuatan komposit. Massa jenis serat daun pandan yaitu 0,96 gr/cm³ (Salahudin, 2012). Komposisi kimia serat pandan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Komposisi kimia serat pandan
(Winarni dan Waluyo, 2006).**

Komposisi Kmia	Kandungan (%)
Lignin	18-22
Selulosa	83-88

Holoseululosa	37-76
Air	7,88-9,14

Air laut

Air laut sangat melimpah dan memiliki susunan NaCl yang tinggi dan NaCl bersifat sulit untuk bersenyawa dengan organisme yang lain yang berfungsi sebagai pengawet alami. (Estiasih, 2009)

Matasina dkk., (2014) menjelaskan mengenai pengaruh lama perendaman yang menyatakan bahwa semakin lama waktu perendaman atau semakin tinggi penyerapan air yang digunakan maka regangan komposit akan semakin meningkat atau berbanding terbalik dengan tegangan, akibat gaya yang diterima atau beban yang diterima sehingga membuat komposit menjadi getas dan mudah untuk patah.

Menurut Fattah dkk.(2013) mengenai lama waktu perendaman menjelaskan semakin lama jangka waktu yang diperlukan untuk merendam kayu, akan membuat kayu itu semakin rendah kekuatannya bila dibandingkan dengan kekuatan kayu sebelum direndam. Hal ini disebabkan karena sel-sel penyusun kayu akan semakin renggang dan akhirnya terurai bila kayu direndam dalam jangka waktu yang semakin lama. Kondisi hubungan antar sel kayu yang demikian akan menurunkan kekuatan kayu.

Resin thermoset jenis polyester

Resin *polyester* adalah resin cair dengan *viscositas* rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengetesan seperti banyak resin lainnya.

Bahan tambahan utama 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 reaksi curing akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas pada saat curing bisa merusak produk yang akan dibuat yaitu menjadikan bahan komposit getas atau rapuh. Oleh karena itu pemberian katalis dibatasi 1% samapi 2% dari berat resin. (Nugraha, 2015)

Kekuatan tarik serat tunggal

Kekuatan tarik serat dapat diperoleh dari pengujian tarik yaitu pengujian yang umum dilakukan terhadap material teknik untuk mendapatkan karakteristik deformasi kekuatan

dari material. Pengujian serat tunggal dilakukan sesuai standar ASTM D3379. Kekuatan tarik dihitung menggunakan persamaan 1: (Smith, 1986)

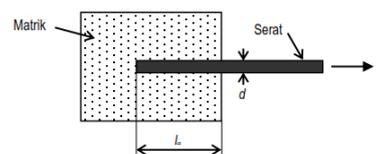
$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

dengan σ adalah kekuatan tarik serat yang dihasilkan beban tarik (P) dibagi luasan penampang (A_0). Regangan dihitung dengan perubahan panjang (ΔL) dibagi panjang awal (L_0). (Nugraha, 2015)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

Kekuatan geser interfacial

Serat dengan diameter d yang tertanam suatu matrik dan dalam kondisi tertarik lepas seperti ditunjukkan pada gambar. Kekuatan geser *interfacial* sangat tergantung pada mutu ikatan antara serat/matrik.



Gambar 1. Mekanisme *pull out* (Nugraha, 2015)

Gaya tarik longitudinal pada serat akan menghasilkan geser pada daerah interfaser serat/matrik dan ketika serat tertarik lepas dari matrik maka terjadi tegangan geser interfacial antara serat-matrik. Kekuatan geser interfacial ditunjukkan dengan persamaan II.4: (Nugraha, 2015)

$$\tau_i = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l_e} \quad (4)$$

nilai (τ_i) ditentukan dari gaya yang menyebabkan debonding (P), diameter serat (d), dan panjang serat tertanam (l_e),

Uji tarik serat tunggal

Spesimen serat pandan duri tempelkan pada kertas kartas karton yang dibentuk sesuai setandar ASTM D3379 menggunakan lem. Lima set spesimen disiapkan. Alat uji tarik serat dikalibrasi terlebih dahulu. Sebelum diuji kertas dipotong pada bagian tengah terlebih dahulu.

Pastikan *grip* tercekam dengan baik pada alat pengecam.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang diamati pada penelitian ini ada tiga jenis variabel, antara lain::
1 Variabel Bebas

Variabel yang dipakai adalah serat tanpa diberi perlakuan perendaman dan serat diberi perlakuan perendaman selama 1, 2, 3, dan 4 minggu.

2 Variabel Terikat

Variabel terikat yang digunakan adalah kekuatan tarik serat tunggal, tegangan geser, dan foto mikro.

3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol yang digunakan antara lain, serat daun pandan duri yang digunakan sebagai penelitian, daun pandan diambil didesa Dombo kec. Sayung, kab. Demak, air laut sebagai bahan alkalisasi, air laut diambil dipantai Marina Semarang, proses alkalisasi dilakukan selama 4 minggu, dan ukuran panjang serat sesuai standar uji tarik ASTM D3379.

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang dipakai dalam penelitian adalah:

1. Alat uji tarik serat tunggal
2. Mikroskop metalografi

Adapun peralatan pendukung lainnya untuk membuat spesimen uji tarik dan spesimen single fiber pull out yaitu antara lain : cetakan untuk pengujian pull out yang dibuat dari pipa ukuran 5/8 inci, kertas karton duplex, kertas lakmus, lem kertas, lilin/malam, ember, pisau plastik, gunting/cutter, ampelas, grease, dan isolasi.

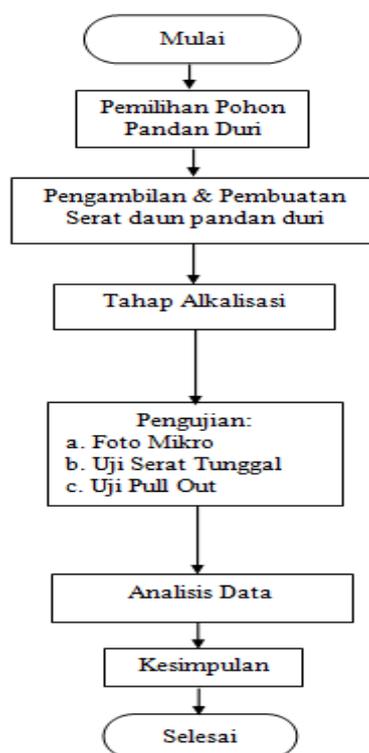
Bahan yang digunakan adalah:

1. Resin unsaturated polyester tipe 108
2. Katalis MEKPO (*methyl ethyl ketone peroxide*) dan aquadest.
3. Air laut
4. Serat daun pandan duri

Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian ditunjuka pada Gambar 1. Serat dipisahkan terlebih dahulu dari kulit daun pandan duri, selanjutnya serat direndam kedalam air laut dan sebagian tanpa perendaman. Kemudian dilakukan pengujian tarik serat tunggal dan uji *pull-out* dilakukan pada semua spesimen dan hasilnya diamati

menggunakan mikroskop metalografi. hasil pengujian dianalisis kemudian ditarik kesimpulan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

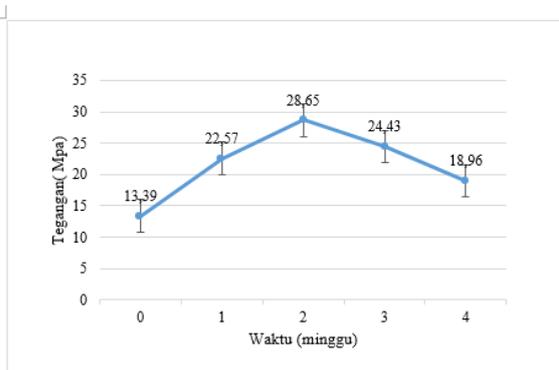
Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal

Pengujian tarik serat tunggal pada serat daun pandan duri bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimal, dari serat tanpa perendaman sampai dengan serat diberi perlakuan perendaman air laut yang memiliki nilai pH 7 selama 1, 2, 3, dan 4 minggu. Pada pengujian tarik serat tunggal diperoleh nilai beban dan regangan. Berdasarkan persamaan rumus 1 dan 2 maka diperoleh nilai tegangan tarik dan regangan sebagaimana pada Tabel 2, Gambar 2, 3, dan 4.

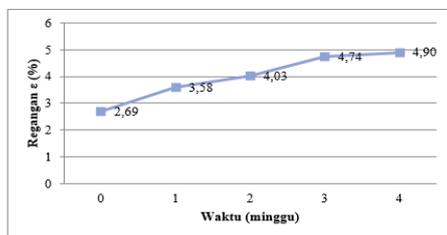
Tabel 2. Kekuatan tarik dan regangan serat

Waktu perendaman (minggu)	Diameter rata-rata (mm)	Beban (F) N	Luas Serat (A) mm ²	Kekuatan tarik(σ) N/mm ²	Regangan ϵ (%)
0	0,55	3,24	0,24	13,39	2,69
1	0,42	3,13	0,14	22,57	3,58
2	0,40	3,51	0,12	28,66	4,03
3	0,64	7,94	0,32	24,43	4,74
4	0,79	9,29	0,49	18,96	4,90

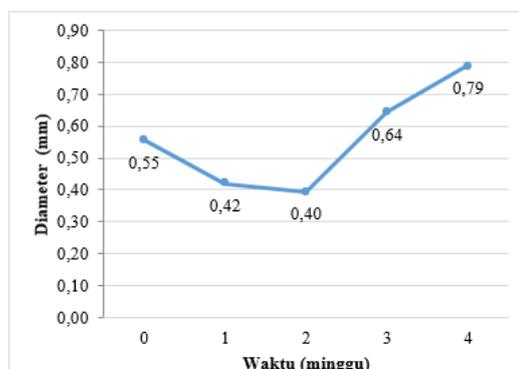
Pada hasil pengujian tarik serat tunggal daun pandan duri tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik sebesar 13,39 MPa, kemudian setelah dilakukan perlakuan perendaman air laut selama 1 minggu kekuatannya meningkat sebesar 22,57 MPa. Dan kekuatan tarik serat tunggal tertinggi pada perendaman 2 minggu yaitu sebesar 28,65 MPa, sedangkan pada minggu ke-3 kekuatan tarik serat tunggal menurun menjadi 24,43 MPa dan pada perendaman 4 minggu kekuatan tarik serat tunggal semakin menurun menjadi 18,96 MPa.



Gambar 2. Grafik pengaruh perendaman air laut terhadap tegangan tarik



Gambar 3. Grafik pengaruh perendaman air laut terhadap regangan serat



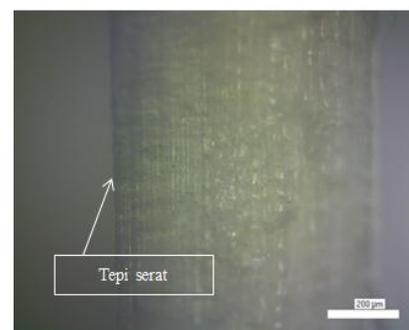
Gambar 4. Grafik pengaruh perendaman air laut terhadap diameter serat

Pada Gambar 2 merupakan hasil pengujian tarik serat daun pandan duri dengan perlakuan perendaman air laut menunjukkan bahwa perlakuan perendaman air laut dapat meningkatkan sifat mekanis kekuatan tarik. Tetapi lama waktu perendaman sangat berpengaruh pada kekuatan tarik serat karena semakin lama perendaman yang dilakukan maka tegangan pada serat semakin menurun disebabkan pada serat terlihat adanya celah antar sub serat dan diameter serat mengalami perubahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hal ini sama yang disampaikan peneliti sebelumnya Agung (2016) yang menyatakan Perendaman meningkatkan kekuatan tarik tetapi semakin lama perendaman kekuatan tarik semakin menurun.

Pada Gambar 3 terlihat jelas pengaruh perendaman air laut terhadap serat pandan duri, semakin lama perendaman menggunakan air laut maka nilai regangan semakin tinggi. Hal ini sama seperti yang disampaikan Matasina dkk., (2014).

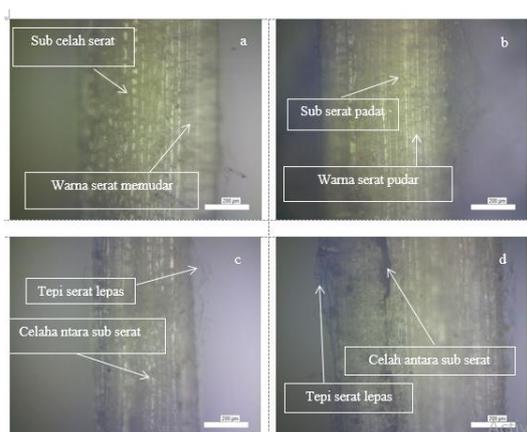
Hasil Analisa Struktur Mikro Serat Pandan Duri

Struktur mikro pada serat pandan duri tanpa perendaman air laut dapat yang ditunjukkan pada Gambar 5 terlihat struktur serat terlihat utuh tidak ada sub celah yang terlihat dan kulit serat tampak halus berwarna hijau.



Gambar 5. Foto mikro serat tanpa perendaman air laut

Sedangkan dengan serat yang diberi perendaman air laut 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu dan 4 minggu terlihat ada perubahan yang terjadi seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Foto mikro serat daun pandan duri dengan perlakuan air laut, (a) perendaman 1 minggu, (b) perendaman 2 minggu, (c) perendaman 3 minggu, (d) perendaman 4 minggu

Pada Gambar 6 terlihat perubahan serat pandan duri dengan perlakuan perendaman air laut. Pada Gambar 6 (a) serat perendaman 1 minggu terlihat pada serat mengalami perubahan dari warna kulit yang memudar dan ada sub serat yang terlihat, kemudian pada minggu ke 2 dilihat pada Gambar IV.5 (b) menunjukkan kepadatan sub celah dan warna kulit semakin pudar akibat meresapnya air laut kedalam serat yang signifikan. sedangkan pada Gambar IV.5 (c) terlihat adanya celah diantara sub serat dan sub serat ditepi serat mulai melepas, pada minggu ke 4 perendaman air laut dilihat pada Gambar IV.4 (d) warna dari kulit serat tanpa pucat dan celah antara sub serat yang besar diikuti dengan sub serat ditepi serat terlihat lepas. Hal ini menunjukan bahwa semakin lama perendaman akan semakin besar celah antar sub serat sehingga terjadi pembesaran diameter yang dikarenakan banyak air yang diserap atau yang masuk ke dalam serat dan warnanya yang awalnya hijau semakin lama menjadi pucat.

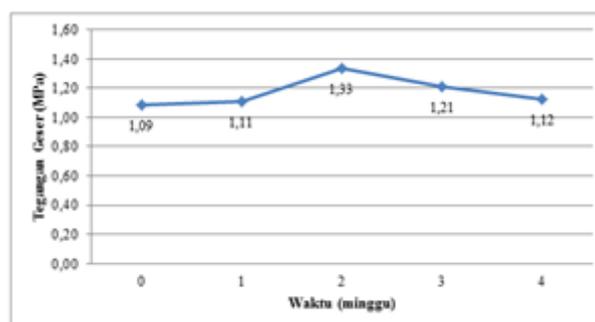
Hasil Pengujian *Single Fiber Pull-out*

Dari pengujian diperoleh data seperti pada Tabel 5 *Interfacial Shear Stress* (IFSS)

Tabel 5. Tegangan Geser tiap perlakuan

Waktu (Minggu)	Panjang Serat Tertanam l_e (mm)	Diameter Serat (mm)	Tegangan Geser (MPa)
0	1	1,50	0,88
1	1	0,75	1,11
2	1	0,67	1,33
3	1	1,02	1,21
4	1	1,10	1,12

Kekuatan geser interfacial (τ_i) antara serat daun pandan duri-resin poliester yang tampak pada Gambar 6 membuktikan bahwa terjadi penambahan kekuatan geser *interfacial* yang disebabkan perlakuan perendaman serat menggunakan air laut. Kekuatan geser *interfacial* perlakuan perendaman air laut memiliki nilai tertinggi pada perendaman selama 2 minggu dengan nilai sebesar 1,33 Mpa dibanding tanpa perlakuan dan perlakuan perendaman selama 1 minggu yaitu 1,09 Mpa dan 1,11 Mpa. Kekuatan geser interfacial tertinggi pada perendaman 2 minggu, dikarenakan pada waktu 2 minggu air laut terdifusi kedalam serat secara signifikan, sehingga sub serat menjadi padat, maka terjadi ikatan yang semakin kuat antara matrik dengan serat.



Gambar 6. Grafik pengaruh perendaman air laut terhadap tegangan geser *interfacial*

Sedangkan pada perendaman selama 3 dan 4 minggu kekuatan geser interfacial terjadi penurunan dengan nilai 1,21 Mpa dan 1,07 Mpa, hal ini disebabkan karena pengaruh lama waktu perendaman serat menggunakan air laut, sehingga semakin besar celah antara sub serat yang membuat kekuatannya rendah, rapuh dan mudah patah. Sama seperti peneliti sebelumnya (Fattah dkk, 2013).

Hasil foto makro



Gambar 7. Hasil uji *pull out* serat pandan duri tanpa perendaman

Pada Gambar 7 menunjukkan serat hasil cabutan uji *pull out* serat yang tanpa perendaman air laut. Lubang hasil cabutan tidak mengalami kerusakan. Hal ini dikarenakan serat tanpa perendaman mempunyai kulit yang menutupi serat pada permukaannya yang membuat resin tidak bisa menempel dengan sempurna pada serat, sehingga nilai tegangan gesesnya sangat kecil.



Gambar 8. Hasil uji *pull out* serat pandan duri perendaman 1 minggu

Pada Gambar 8 hasil cabutan terlihat pada tepi lubang cabutan tidak ada serat yang tertinggal, tetapi ada robekan dibagian ujung serat yang dikarena proses tarikan serat dengan resin. Ini menandakan sedikitnya kompatibilitas antara resin dengan serat terlihat sedikit resin yang menempel pada serat yang tercabut dan nilai dari tegangan interfacial mulai meningkat.



Gambar 9 Hasil uji *pull out* serat perendaman air laut 2 minggu

Gambar 9 merupakan hasil uji *pull out* pada perendaman air laut 2 minggu, terlihat jelas adanya sedikit lapisan serat yang tertinggal di lubang hasil cabutan, terlihat pada ujung serat tertanam tampak tidak rata, tetapi serat yang tertanam tidak adanya kerusakan pada permukaan serat, hal ini menandakan adanya Kompatibilitas yang sangat kuat antara serat dengan resin. Pada uji *pull out* serat perendaman air laut selama 2 minggu memiliki nilai tegangan geser yang paling tinggi, terlihat dari serat yang tertanam terdapat resin yang menempel cukup banyak yang membuat kekuatan tariknya tinggi dan membuat tegangan tegeser interfacial menjadi tinggi.



Gambar 10 Hasil uji *pull out* serat perendaman air laut 3 minggu

Pada Gambar 10, terlihat serat hasil cabutan mengalami kerusakan dengan terlihatnya sub serat yang mengelupas, pada serat yang ditanam terdapat resin yang menempel, dan ujung serat menyusut karena proses perendaman air laut dan uji tarik antara serat dan resin tersebut. Hal ini menyebabkan tegangan geser interfacial menurun. Sedangkan pada lubang hasil cabutan

tidak ada serat yang tertinggal dan serat yang tertanam dapat tercabut sempurna.



Gambar 11 Hasil uji pull out serat perendaman air laut 4 minggu

Sedangkan pada Gambar 11 adalah hasil dari pengujian pull out serat perendaman air laut dengan waktu perendaman 4 minggu. Pada lubang hasil cabut tidak terdapat serat yang tertinggal namun serat tampak rusak karena sub serat yang mengelupas memanjang, menyebabkan nilai tegangan geser interfacial menurun.

Hasil Foto Mikro Kerapatan Serat Daun Pandan Duri Dengan Resin

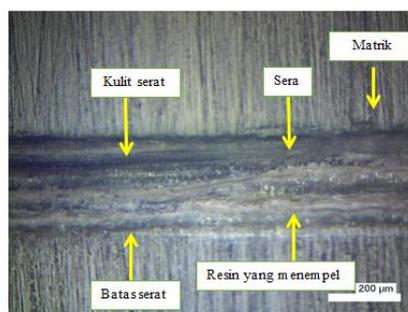
Uji kerapatan serat daun pandan duri menggunakan alat mikroskop metalografi untuk mengetahui kompatibilitas antara serat dengan resin bagus atau kurang, serat tanpa diberi perlakuan perendaman air laut maupun yang sudah diberi perlakuan perendaman selama 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu dan 4 minggu.



Gambar 12 Kerapatan serat tanpa perendaman air laut

Pada gambar terlihat batas serat dan matriknya, belum terlihat adanya resin yang masuk ke dalam serat tersebut, karena serat tanpa perendaman masih terdapat adanya kulit

serat yang ada pada permukaan serat, sehingga membuat resin tersebut sulit untuk menempel.



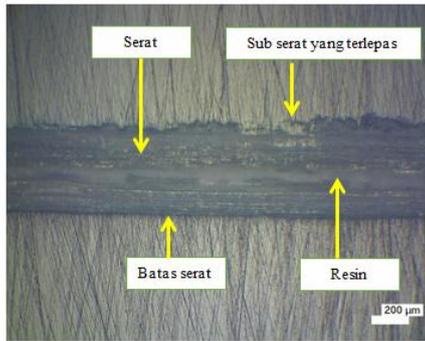
Gambar 13 Kerapatan serat perendaman air laut 1 minggu

Untuk perendaman 1 minggu menggunakan air laut pada uji mikro gambar kerapatan serat dapat dilihat pada Gambar 13, dari gambar terlihat serat daun pandan duri pada perendaman minggu masih terlihat berkurangnya kulit serat yang menempel dan sudah terlihat sedikit resin yang menempel pada serat. Hal ini menyebabkan pada perendaman 1 minggu serat dalam air laut tegangan gesernya mulai naik.



Gambar 14 Kerapatan serat perendaman air laut 2 minggu

Selanjutnya Pada Gambar 14 kerapatan serat perendaman air laut dengan waktu 2 minggu. Menunjukkan adanya resin yang masuk ke serat tersebut karena hilangnya kulit serat yang ada pada permukaan serat tersebut dan pada batas serat tampak tidak rata. Hal ini yang membuat nilai tegangan geser mempunyai nilai tertinggi, karena kompatibilitas antara serat dengan matriknya sangat bagus dengan adanya resin yang menempel pada bagian tengah pada serat.



Gambar 15 Kerapatan serat perendaman air laut 3 minggu

Kemudian serat perendaman air laut selama 3 minggu mempunyai hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15. Pada gambar terlihat jelas mana batas serat dengan matriknya, adanya resin yang menempel pada serat, dan tepi serat tampak sub serat yang terlepas, hal ini dikarenakan akibat lama rendaman air laut selama 3 minggu, sehingga membuat tegangan geser menjadi menurun dan membuat serat menjadi rusak.



Gambar 16 Kerapatan serat perendaman air laut 4 minggu

Sedangkan dari Gambar 16 menunjukkan hasil kerapatan serat perendaman air laut selama 4 minggu, terlihat jelas pada tepi serat mengalami kerusakan, banyaknya resin yang menempel pada serat, dan serat yang mengalami penyusutan akibat perendaman air laut selama 4 minggu. Hal ini membuat tegangan geser menjadi menurun disebabkan semakin lamanya perendaman air laut pada serat membuat tegangan geser menjadi menurun dan membuat serat menjadi rusak.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Perlakuan perendaman air laut dapat meningkatkan sifat mekanis kekuatan tarik, tetapi lama waktu perendaman kekuatan tarik akan mengalami penurunan. Hasil dari pengujian tarik serat tunggal daun pandan duri tanpa perlakuan perendaman air laut memiliki nilai kekuatan tarik 13,39 Mpa, dan kekuatan tarik tertinggi terjadi pada perlakuan perendaman 2 minggu yaitu sebesar 28,65 Mpa, sedangkan pada waktu perendaman 3 dan 4 minggu kekuatan tariknya menurun menjadi 24,43 MPa hingga 18,96 MPa, hal tersebut disebabkan terjadinya penyerapan air laut kedalam serat, sehingga diameter serat mengalami penambahan yang signifikan. Pada analisa struktur mikro terjadi perubahan karakteristik permukaan serat antara serat tanpa perlakuan perendaman dengan perlakuan perendaman air laut, mulai dari warna serat yang berubah hingga terlihat celah antara sub seratnya.
- 2) Serat daun pandan duri mempunyai kompatibilitas yang sangat bagus dengan resin *polyester*, karena hasil dari pengujian *Pull Out* dan kerapatan serat dan matrik, serat yang direndaman air laut selama 2 minggu mempunyai nilai tegangan geser 1,33 Mpa, dikarenakan pada serat perendaman 2 minggu memiliki ikatan yang bagus antara serat dan resin, seperti hasil foto mikro kerapatan serat perendaman air laut 2 minggu yang menunjukkan adanya resin yang masuk ke serat tersebut karena hilangnya kulit serat yang ada pada permukaan serat tersebut dan pada batas serat tampak tidak rata.

DAFTAR PUSTAKA

- Estiasih, T. D. (2009). *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bumi Aksra. Jakarta.
- Fattah, A. R. (2013). Pengaruh Bahan Kimia dan Waktu Perendaman terhadap Kekuatan Tark Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) sebagai perlakuan kimia. *Institut Teknologi, Sepuluh November*
- Mardin.H. (2014). Pengaruh Permukaan Serat Kelapa Sawit Terhadap Bonding Interfasial Dengan Matrik Sagu. *Department of Mechanical Engineering, Universitas Muslim Indonesia*.
- Nugraha, I.P., 2015 "Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Geser Interfacial Serat Alam Rami-Resin Epoxy."

- Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV ,: 2-4.
- Salahudin, X. (2012). Kaji Pengembangan Serat Daun Pandan Kab Magelang Sebagai Bahan Komposit Interior Mobil. *Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang*.
- Smith F. W. (1986). *Principles Of Materials Science And Engineering*. Univ. Of Central Florida.
- Winarni, I. d. (2006). *Peningkatan Teknik Pengolahan Pandan (Bagian I) Pewarnaan Dan Pengeringan*. Journal of Chemical.