

Studi Perlakuan Serat Serta Penyerapan Air Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Tapis Kelapa/Polyester

Putu Lokantara & Ngakan Putu Gede Suardana
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran Badung
e-mail: putu.lokantara@me.unud.ac.id

Abstrak

Tapis kelapa sebagai salah satu serat alami saat ini ketersediaannya sangat berlimpah, namun tidak lagi dimanfaatkan dan dibuang sebagai limbah. Padahal serat tapis kelapa masih dapat digunakan sebagai salah satu serat alami alternatif untuk bahan komposit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik komposit dengan menggunakan serat alami yaitu serat tapis kelapa sebagai penguat dan epoxy 7120 dengan hardener Versamid 140 sebagai matrik. Range pengujian yang dipilih adalah untuk perlakuan/treatment terhadap serat tersebut dengan bahan kimia NaOH dengan persentase masing-masing 0,5%, 1% dan 2% berat. Serat tapis kelapa dipotong-potong dengan panjang 10 mm. Persentase fraksi volume serat pada komposit yaitu 0%, 5%, 7,5%, 10%, lama perendaman di dalam air tawar maupun air laut masing-masing 24 jam, 48 jam, 98 jam dan 196 jam. Pengujian spesimen dilakukan dengan uji tarik dengan standar ASTM D3039. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa komposit dengan serat yg tidak di-treatment dengan NaOH cenderung memiliki daya serap air yang lebih tinggi dari pada yang diberi perlakuan, hal ini terjadi pada perendaman air laut. Kekuatan tarik rata-rata komposit dengan serat tanpa treatment lebih rendah dibandingkan dengan komposit dengan serat yang di-treatment NaOH. Kekuatan tarik paling tinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 10% pada perendaman 48 jam yaitu 52 Mpa. Sedangkan kekuatan tarik paling rendah pada komposit dengan fraksi volume 0% sebesar 16,667 Mpa. Rata-rata kekuatan tarik komposit yang direndam dalam air tawar lebih tinggi daripada direndam dalam air laut.

Kata kunci: Water absorption, Kekuatan tarik, NaOH

Abstract

Study of Fiber Treatment and Water Absorption toward Tensile Strength of Coconut Filtrate/Polyester Composite

Tapis Kelapa (coconut filter) as natural fiber, in this time it resources very copious but no longer be exploited off hand and waste though in fact it used for alternative to be composite. The objective of this research is to investigated tensile strength of composite tapis kelapa as reinforcement and epoxy 7120 and hardener versamid 140 as matrix. The fiber is treated with the chemical NaOH with percentage 0,5%, 1% dan 2% in weight, respectively. This research used coconut-tapis fibre which cut as long as 1cm with 0%,5%,7,5%,10% fiber volume fraction, respectively. Soaking time on the water are 24 hour, 48 hour, 98 hour and 196 hour, respectively. For testing of specimen in tensile test with ASTM D3039. The result of this research shown that the composite with no treatment with NaOH have soak the water better than the composite with treatment NaOH. The average of tensile strength with no treatment NaOH less than with treatment NaOH. The highest strength are reached by composite with 10% fraction volume on 48 hour soaking time equal to 52 MPa. While the lowest tensile strength are reached by composite with 0% fraction volume fibre equal to 16,667 MPa. The average of tensile strength that soak in mineral water better than sea water.

Key words: Water absorption, Tensile strength, NaOH

1. Pendahuluan

Penggunaan Polimer dan komposit dewasa ini kian meningkat di segala bidang kehidupan seperti untuk bumper mobil, bodi kendaraan, bodi pesawat terbang, body perahu. Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan.

Trend perkembangan komposit dewasa ini beralih dari komposit dengan material penyusun sintetis ke komposit dengan material penyusun dari bahan alami. Baik material untuk matrik maupun serat (penguat) telah dilakukan banyak penelitian

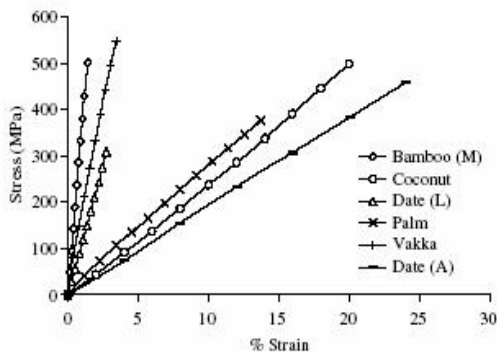
untuk mendapatkan bahan natural yang layak untuk digunakan selanjutnya sebagai alternatif pengganti bahan-bahan sintetis penyusun komposit.

Serat alami memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis, seperti beratnya lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan, merupakan bahan terbarukan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit [1] Keuntungan-keuntungan lainnya adalah kualitas dapat divariasikan dan stabilitas panas yang rendah

Beberapa penelitian tentang serat alami sudah dilakukan oleh beberapa peneliti., sifat-sifat

tarik dari beberapa serat alami [2] terlihat pada gambar 1.

Kekuatan tarik spesifik dan modulus tarik spesifik dari beberapa serat alami seperti ditunjukkan pada tabel 1. Penelitian komposit tapis kelapa-serbuk kayu diperoleh hasil bahwa panjang dan lebar dari Tapis kelapa tidak memberikan pengaruh terhadap modulus bending pada papan komposit. Komposit dengan serat batang pohon pisang yang dirajut [3] didapatkan tegangan maksimum dari serat tersebut adalah $14,14 \text{ MN/m}^2$ and modulus Young's 0.976 GN/m^2 . Peneliti lainnya [4] telah mempelajari serat kelapa dengan pelapisan lilin pada permukaannya, didapatkan tegangan tarik yang meningkat secara linier dengan panjang serat di dalam matriks.



Gambar 1. Grafik hubungan tegangan-regangan dari serat alami.

Penelitian komposit epoxy/tapis kelapa lembaran dengan perlakuan serat 2% KMnO_4 , perbandingan epoxy : hardener 7 : 3 telah dilakukan diperoleh kekuatan tarik sebesar 70 MPa, dan komposit dengan perlakuan serat 0.5%NaOH, ratio epoxy : hardener 6 : 4 sebesar 60 MPa [5]. Telah pula dilakukan penelitian kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas komposit polyester/tapis kelapa yang di-chop 10 mm dengan perlakuan serat 5 % NaOH selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam diperoleh kekuatan tarik tertinggi 58.8 MPa dan regangan tarik tertinggi 1.3% untuk perlakuan 2 jam, sedangkan

modulus elastisitas tertinggi sebesar 5.07 GPa untuk perlakuan serat 6 jam. Dengan kekuatan yang dimiliki maka serat tapis kelapa layak dipakai sebagai bahan penguat untuk komposit polimer.

Water-absorption dalam komposit merupakan kemampuan komposit dalam menyerap uap air dalam waktu tertentu. *Water-absorption* pada komposit merupakan salah satu masalah terutama dalam penggunaan komposit di luar ruangan [6]. Semua komposit polimer akan menyerap air jika berada di udara lembab atau ketika polimer tersebut dicelupkan di dalam air. *Water-absorption* pada komposit berpenguat serat alami memiliki beberapa pengaruh yang merugikan dalam *properties*nya dan mempengaruhi kemampuannya dalam jangka waktu yang lama juga penurunan secara perlahan dari ikatan *interface* komposit serta menurunkan sifat mekanis komposit seperti kekuatan tariknya. Penurunan ikatan *interface* komposit menyebabkan penurunan *properties* mekanis komposit tersebut [7]. Karena itu, pengaruh dari *water-absorption* sangat vital untuk penggunaan komposit berpenguat serat alami di lingkungan terbuka. Daya tahan terhadap *water-absorption* dalam komposit berpenguat serat alami dapat ditingkatkan dengan memodifikasi permukaan serat alami tersebut [8].

Dari referensi tersebut penulis melakukan penelitian untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan kekuatan tarik bahan komposit tapis kelapa/Polyester bila serat diberi perlakuan NaOH dan fraksi volume serat divariasikan serta variasi lama perendaman komposit pada air tawar atau air laut. Perlakuan terhadap serat tersebut adalah perendaman dengan bahan kimia NaOH dengan persentase masing-masing 0,5%, 1% dan 2% berat, persentase fraksi volume serat pada komposit yaitu 0%, 5%, 7.5%, 10%, serta lama perendaman di dalam air tawar maupun air laut masing-masing 24 jam, 48 jam, 98 jam dan 196 jam. Pengujian spesimen dilakukan dengan uji tarik dengan standar ASTM D3039.

Tabel 1. Sifat-sifat tarik dari beberapa serat alami.

Tensile properties of various natural fibers					
Name of the fiber	% Tensile strain	Average tensile strength (MPa)	Average tensile modulus (GPa)	Specific tensile strength ($\text{MPa}/(\text{kg m}^{-3})$)	Specific tensile modulus ($\text{MPa}/(\text{kg m}^{-3})$)
Vakka	3.46	549	15.85	0.6778	19.56
Date (L)	2.73	309	11.32	0.3121	11.44
Date (A)	24.00	459	1.91	0.4781	1.99
Bamboo (M)	1.40	503	35.91	0.5527	39.47
Bamboo (C)	1.73	341	19.67	0.3831	22.10
Palm	13.71	377	2.75	0.3660	2.67
Coconut	20.00	500	2.50	0.4348	2.17
Banana	3.36	600	17.85	0.4444	13.22
Sisal	5.45	567	10.40	0.3910	7.17

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan

- Tapis kelapa sebelum diberi perlakuan dikeringkan dahulu secara alami guna mengurangi kadar air yang terkandung di dalamnya.
- Bahan untuk matrik adalah Polyester.
- Hardener
- Bahan kimia untuk perlakuan terhadap Tapis kelapa adalah NaOH.
- Pelapis (coating) untuk memberikan lapisan agar material benda kerja tidak lengket dengan cetakan.
- Air tawar dan air laut.

2.2. Alat-alat

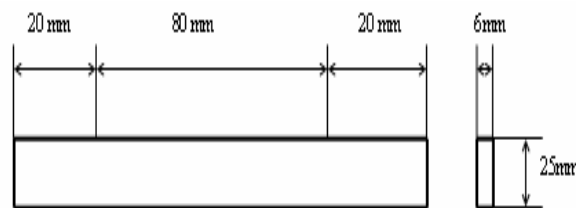
- Cetakan yang terbuat dari kaca dengan ukuran lubang dalam adalah 300 mm x 300 mm.
- Mesin pemotong spesimen untuk membuat sesuai standar ASTM.
- Mesin uji universal untuk uji tarik (tension).
- Gunting untuk memotong Tapis kelapa, sarung tangan.
- Kontainer (ember) untuk merendam dan membilas tapis kelapa dan untuk merendam komposit.
- Saringan untuk menyaring potongan tapis kelapa sewaktu membilas

2.3. Langkah Penelitian Pembuatan Spesimen Uji

- Tapis Kelapa dikeringkan secara alami untuk menghilangkan kadar air.
- Bersihkan tapis kelapa dari kotoran ataupun getah yang masih menempel untuk memudahkan proses pemisahan serat.
- Rendam tapis kelapa yang telah dipisahkan tersebut ke dalam zat kimia NaOH dengan variasi yang telah ditentukan selama 2 jam kemudian bilas dengan air sampai bersih.
- Potong tapis kelapa yang sudah dibersihkan menjadi bagian kecil berukuran 10 mm secara memanjang dan cari fraksi volumenya.
- Kemudian keringkan kembali potongan serat tapis kelapa di dalam oven selama 24 jam dengan suhu 60° C.
- Lapsi cetakan kaca dengan *Gliserin* agar resin tidak melekat pada cetakan, ratakan dengan *Tissue* untuk menipiskan lapisan *Gliserin*.
- Tempatkan bingkai cetakan sesuai dengan tebal komposit yang akan dibuat.
- Campurkan resin dengan 1% hardener dalam gelas ukur yang disediakan dan catat volume campuran setiap penuangan.
- Campuran *polyester* dituangkan secara uniform sebagai lapisan pertama ke dalam cetakan, dan lapisan kedua yaitu tapis kelapa diletakkan di atas lapisan pertama. Lapisan kedua dari

campuran *polyester* ditambahkan sampai mendekati ketebalan yang diinginkan (3 mm)

- Cetakan yang telah berisi komposit dimasukkan kedalam *Vacuum Dessicator* sampai tekanan -60 cmHg.
- Tujuannya untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara dan uap air yang terperangkap pada komposit dan untuk mengetahui apakah komposit sudah homogen yaitu jika lembaran komposit tidak melengkung.
- Keluarkan cetakan dari *Vacuum Dessicator* dan keringkan selama 4 hari di udara terbuka. Setelah benar-benar kering keluarkan komposit dari cetakan.
- Pengamatan Bentuk Fisik Lembaran Komposit, komposit yang berhasil dicetak, diamati apakah ada *void* atau tidak dengan cara menerawang lembaran komposit. *Void* tidak boleh mengumpul pada suatu tempat dan diameter *void* tidak boleh lebih dari 1 %. Komposit dinyatakan *homogen* jika tidak terdapat cacat dan *void* yang mengumpul.
- Potong spesimen uji sesuai dengan standar ASTM D3039 untuk uji tarik Dalam pemotongan disini dipilih spesimen yang voidnya sesuai dengan ketentuan di atas, dan spesimen tersebut dalam keadaan datar (tidak melengkung).
- Spesimen uji yang telah dipotong sesuai standar ASTM D3039 untuk uji tarik dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 50° C
- Kemudian spesimen direndam masing-masing di dalam air tawar dan air laut. dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, 98 jam dan 196 jam.
- Lanjutkan dengan pengkodean dan lakukan uji-uji tersebut di atas.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik Menurut ASTM D3039

3. Hasil dan Pembahasan

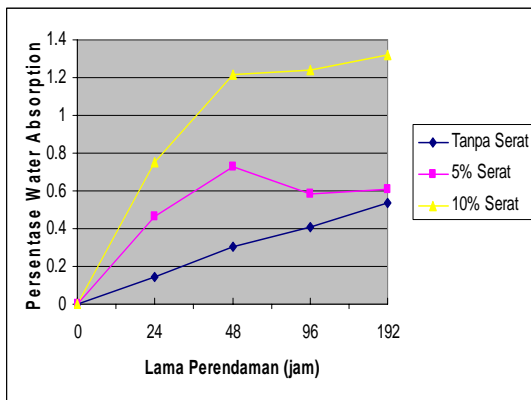
3.1. Hasil Water-Absorption

Berdasarkan hasil penelitian didapat perbedaan berat spesimen sebelum dan setelah direndam dalam air tawar dan air laut dengan lamanya perendaman selama 0, 24, 48, 96 dan 192 jam seperti ditunjukkan pada gambar 3, 4 dan 5.

Berdasarkan Gambar 3. *water-absorption* pada *polyester* saja (tanpa serat) paling kecil dibandingkan dengan *water-absorption* yang terjadi pada komposit yang berpenguat serat alami. Hal ini disebabkan karena salah satu karakteristik serat alami

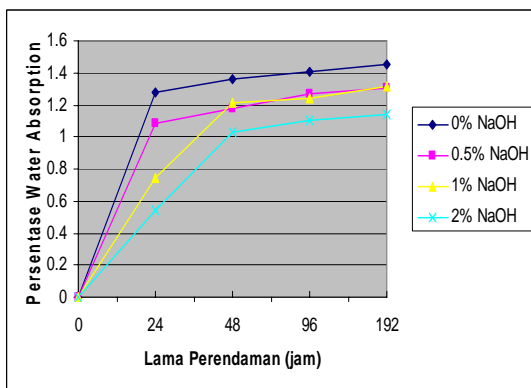
memiliki kemampuan menyerap air yang lebih besar dari *polyester* itu sendiri. Adanya serat alam yang memiliki kemampuan menyerap air sebesar 11%-12% (Surdia et al), menyebabkan komposit berpenguat serat alami dapat menyerap air lebih besar dibandingkan *polyester*. Semakin besar fraksi volume serat pada komposit menyebabkan peningkatan *water absorpton*. Demikian pula ikatan matrik dengan serat membuat adanya celah yang membuat aliran air dapat masuk secara kapilarisasi. Dhakal et.al (2006).

Pada Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa komposit dengan serat yg tidak ditreatment dengan NaOH cenderung memiliki daya serap air yang lebih tinggi dari pada yang diberi perlakuan, hal ini terjadi pada perendaman air laut, sedangkan pada perendaman air tawar hanya sampai pada perendaman 48 jam. Hal ini diakibatkan karena serat tanpa treatment masih mengandung bahan-bahan pengotor yang mudah menyerap air.

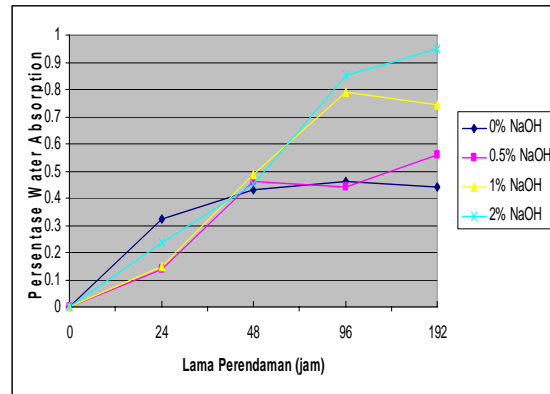


Gambar 3. Grafik hubungan Lama Perendaman

Dalam Air Laut Terhadap Persentase Water Absorption Komposit Polyester-Tapis Kelapa untuk Masing-Masing Fraksi Volume Serat.



Gambar 4. Grafik hubungan Lama Perendaman Dalam Air Laut Terhadap Persentase Water Absorption Komposit Polyester-Tapis Kelapa (10% fraksi volume) untuk masing-masing Perlakuan NaOH

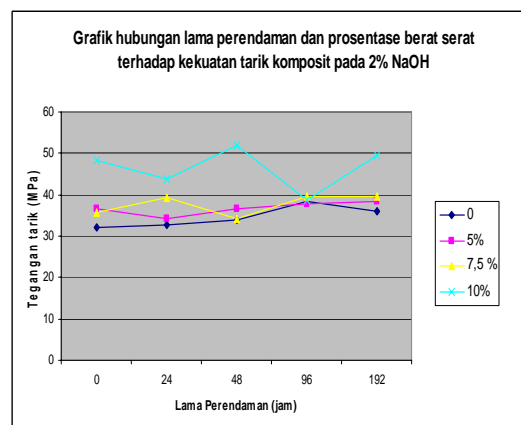


Gambar 5. Grafik Hubungan Lama Perendaman

Dalam Air Tawar Terhadap Persentase Water Absorption Komposit Polyester-Tapis Kelapa 7.5% fraksi Volume.

3.2. Hasil Pengujian Tarik

Kekuatan tarik maksimum dari tiap variasi waktu perendaman pada air tawar dan air laut sebagai berikut : Dari Gambar 6 di atas kekuatan tarik paling tinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 10%, sampai pada perendaman 48 jam kekuatannya meningkat dan akhirnya menurun pada 96 jam. Hal ini sesuai dengan penelitian [9], bahwa perendaman komposit berpenguat serat alami dalam waktu tertentu menyebabkan serat membengkak sehingga akan mengisi celah-celah yang terjadi antara matrik dan serat tersebut dan air melekatkan ikatan kimia dalam molekul selulosa pada serat hingga pada titik jenuhnya. Molekul-molekul air yang terserap pada serat tapis kelapa yang melewati titik jenuh menyebabkan terjadinya kerusakan pada serat tersebut yang mana salah satu karakteristik serat alami yaitu mudah mengalami pembusukan.



Gambar 6. Hubungan lama perendaman dan prosentase berat serat dalam air tawar terhadap tegangan tarik pada 2% NaOH

Semakin lama perendaman maka molekul-molekul air yang diserap oleh serat mengakibatkan serat membengkak (*swelling*), lepasnya ikatan

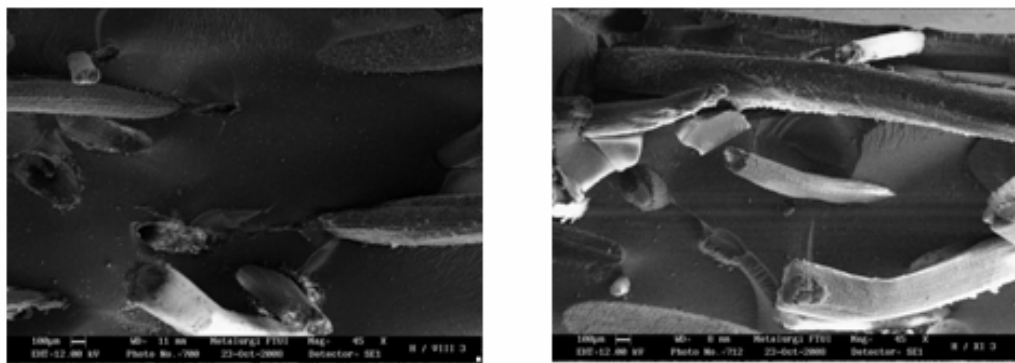
permukaan serat dengan polyester (*debonding*) dan juga delaminasi pada serat yang berakibat pada kerusakan mekanis atau menurunnya kekuatan mekanis komposit [10], seperti ditunjukkan pada penampang patahan foto SEM Gambar 7, dengan perendaman 96 jam serat lebih banyak yang lepas dari ikatan matriksnya dibandingkan dengan perendaman 46 jam.

Dari Gambar 8. di atas kekuatan tarik rata-rata komposit dengan serat tanpa treatment lebih rendah sedikit dari komposit dengan serat yang ditreatment NaOH, hal ini terjadi karena kecilnya persentase dan perbedaan persentase NaOH yang digunakan pada penelitian ini, sehingga hampir tidak signifikan perbedaan kekuatannya. Perlakuan NaOH pada serat menyebabkan hilangnya sebagian hemiselulosa, lignin, lilin dan bahan pengotor lainnya yang terdapat pada permukaan serat, topografi permukaan serat menjadi lebih kasar sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matriksnya.

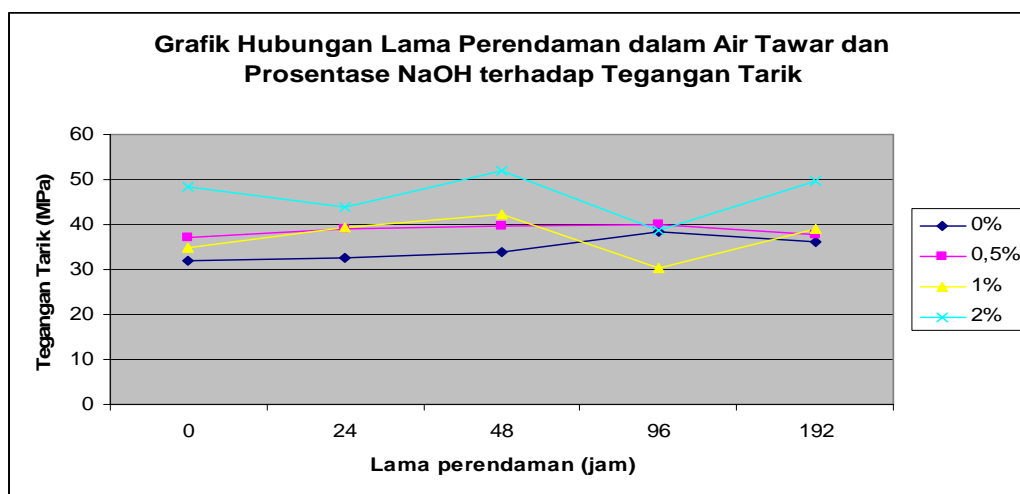
Dengan hilangnya lignin dan berbagai pengotor lainnya di permukaan serat maka bidang reaksi dan ikatan kimia antara serat dan matriks

meningkat yang akan meningkatkan sifat mekaniknya. Karena pada penelitian ini persentase NaOH yang digunakan terlalu kecil sehingga tidak banyak memberi pengaruh terhadap kondisi permukaan serat sehingga *water absorption*-nyapun hampir sama hingga perendaman 48 jam yang berdampak pada kekuatan tarik yang dihasilkanpun hampir sama. Terlihat pula pada topografi patahan spesimennya juga hampir mirip (Gambar-9).

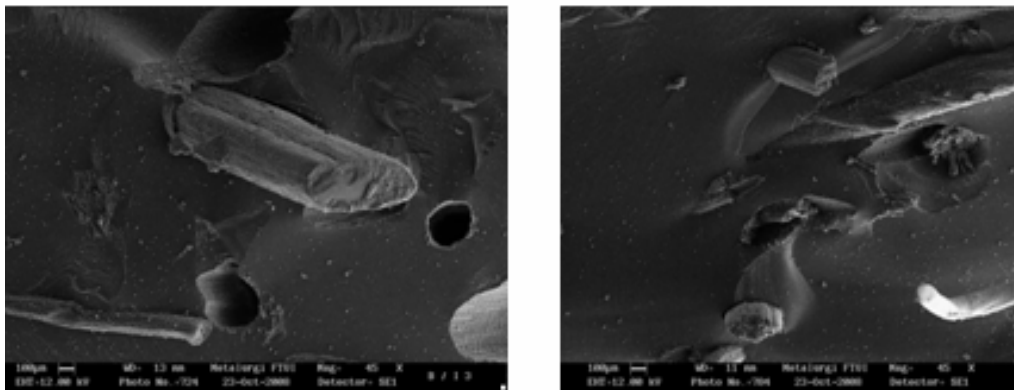
Dari gambar 10 terlihat bahwa kekuatan tarik komposit yang direndam dalam air tawar lebih tinggi dari pada direndam dalam air laut. Dari topografi penampang patahan (Gambar 11) tampak bahwa dengan perendaman air tawar lebih banyak serat yang pull-out dibandingkan dengan perendaman air laut. Ini menunjukkan bahwa dengan perendaman air tawar, air lebih mudah masuk ke dalam polyester dan akhirnya diserap oleh serat sehingga ikatan permukaan serat dengan matrik (polyester) mengalami *debonding* dan akhirnya terlepasnya ikatan serat dan poliester.



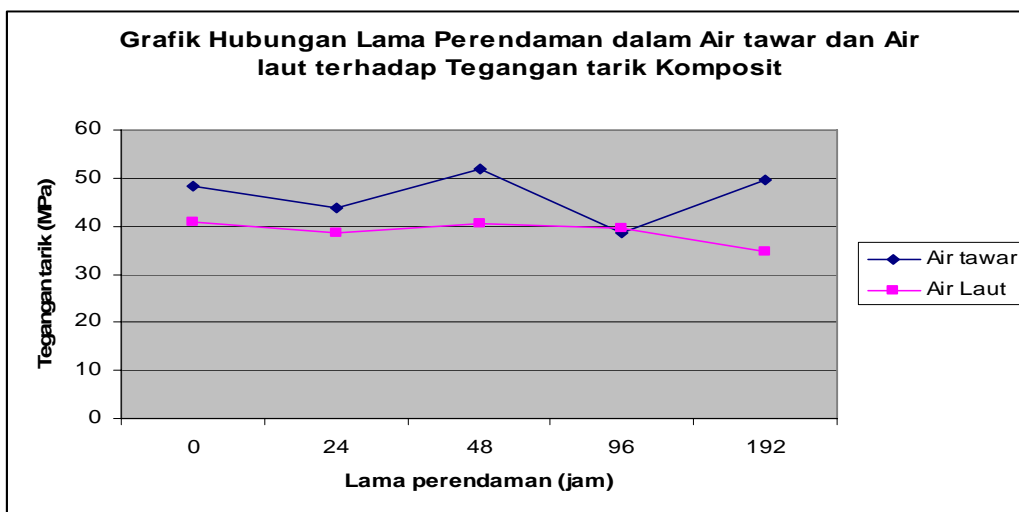
(a) (b)
Gambar 7. Foto SEM dari penampang patahan specimen dengan perendaman air tawar (a) 48 jam, (b) 96 jam



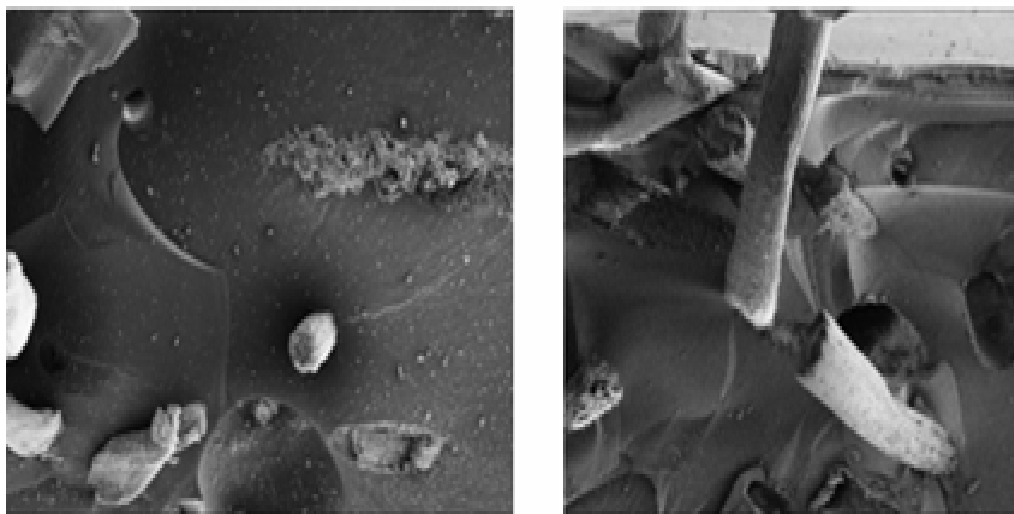
Gambar 8. Hubungan Lama Perendaman dalam Air Tawar dan Prosentase NaOH Terhadap Tegangan Tarik Komposit pada Fraksi Berat 10%



(a) (b)
Gambar 9. Foto SEM penampang patahan specimen tarik dengan perlakuan serat (a) 0.5% NaOH, (b) 2% NaOH.



Gambar 10. Grafik Hubungan Lama Perendaman Dalam Air Tawar Dan Air Laut terhadap Tegangan Tarik Komposit Poliester/Tapis Kelapa pada 10% Fraksi Berat dan Prosentase NaOH 2%



(a) (b)
Gambar 11. Foto SEM penampang patahan spesimen (a) dengan perendaman air laut, (b) air tawar.

Semakin lama perendaman maka molekul-molekul air yang diserap oleh serat mengakibatkan serat membengkak (*swelling*), lepasnya ikatan permukaan serat dengan polyester (*debonding*) dan juga delaminasi pada serat yang berakibat pada kerusakan mekanis atau menurunnya kekuatan mekanis komposit [10], seperti ditunjukkan pada penampang patahan foto SEM Gambar 7, dengan perendaman 96 jam serat lebih banyak yang lepas dari ikatan matriksnya dibandingkan dengan perendaman 46 jam.

Dari Gambar 8. di atas kekuatan tarik rata-rata komposit dengan serat tanpa treatment lebih rendah sedikit dari komposit dengan serat yang ditreatment NaOH, hal ini terjadi karena kecilnya persentase dan perbedaan persentase NaOH yang digunakan pada penelitian ini, sehingga hampir tidak signifikan perbedaan kekuatannya. Perlakuan NaOH pada serat menyebabkan hilangnya sebagian hemiselulosa, lignin, lilin dan bahan pengotor lainnya yang terdapat pada permukaan serat, topografi permukaan serat menjadi lebih kasar sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matriksnya. Dengan hilangnya lignin dan berbagai pengotor lainnya di permukaan serat maka bidang reaksi dan ikatan kimia antara serat dan matriks meningkat yang akan meningkatkan sifat mekaniknya. Karena pada penelitian ini persentase NaOH yang digunakan terlalu kecil sehingga tidak banyak memberi pengaruh terhadap kondisi permukaan serat sehingga *water absorption*-nyapun hampir sama hingga perendaman 48 jam yang berdampak pada kekuatan tarik yang dihasilkanpun hampir sama. Terlihat pula pada topografi patahan spesimennya juga hampir mirip (Gambar-9). Dari gambar 10 terlihat bahwa kekuatan tarik komposit yang direndam dalam air tawar lebih tinggi dari pada direndam dalam air laut. Dari topografi penampang patahan (Gambar 11) tampak bahwa dengan perendaman air tawar lebih banyak serat yang pull-out dibandingkan dengan perendaman air laut. Ini menunjukkan bahwa dengan perendaman air tawar, air lebih mudah masuk ke dalam polyester dan akhirnya diserap oleh serat sehingga ikatan permukaan serat dengan matrik (polyester) mengalami debonding dan akhirnya terlepasnya ikatan serat dan poliester.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *Water-absorption* pada *polyester* (tanpa serat) paling kecil dibandingkan dengan *water-absorption* yang terjadi pada komposit yang berpenguat serat tapis kelapa. Semakin besar fraksi volume serat pada komposit menyebabkan peningkatan *water absorpton*. Komposit dengan serat yg tidak di-*treatment* dengan NaOH cenderung memiliki daya serap air yang lebih tinggi dari pada yang diberi perlakuan.

Kekuatan tarik rata-rata komposit dengan serat tanpa *treatment* lebih rendah dibandingkan dengan komposit dengan serat yang di-*treatment* NaOH, hal ini terjadi karena kecilnya persentase dan perbedaan persentase NaOH yang digunakan pada penelitian ini, sehingga hampir tidak signifikan perbedaan kekuatan tariknya. Rata-rata kekuatan tarik yang paling tinggi terjadi pada lama perendaman 48 jam prosentase NaOH 2% dan 10% fraksi volume serat sebesar 52 Mpa. Sedangkan kekuatan tarik paling rendah pada komposit dengan fraksi volume 0% sebesar 16,667 Mpa. Kekuatan tarik komposit yang direndam dalam air tawar lebih tinggi dari pada direndam dalam air laut.

Daftar Pustaka

- [1] Oksman, K., Skrifvars, M., Selin, J-F., *Natural fibers as reinforcement in Polylactic acid (PLA) composites*, Composites science and technology 63, Scindirect.com, (2003) 1317-1324.
- [2] Mohan Rao, K.M., and Mohana Rao, K., *Extraction and tensile properties of natural fibers: Vakka, date and bamboo*, Elsevier, Composite structures (2005).
- [3] Sapuan, S.M., A. Leenie., M. Harimi., Y.K. Beng., *Mechanical properties of woven banana fiber reinforced epoxy composites*, Elsevier Ltd, Material and design, 2005.
- [4] Brahmakumar, M., Pavithran, C., and Pillai, R.M., *Coconut fiber reinforced polyethylene composites such as effect of natural waxy surface layer of the fiber on fiber or matrix interfacial bonding and strength of composites*, Elsevier , Composite Science and Technology, 65 (2005) 563-569
- [5] Lokantara, Suardana, *Pengaruh arah dan metode perlakuan serat tapis serta ratio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanis komposit tapis/epoxy*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin "Cakram" (2007) 15-21
- [6] Wang, W, Sain, M, Copper, P.A. 2005, *Study of Moisture Absorption in Natural Fiber Plastic Composites*, Composites Science and Technology 66 (2006) 379-386.
- [7] Errajhi, O.A.Z, Osborne, J.R.F, Richardson, M.O.W, Dhakal, H.N. (2005), *Water Absorption Characteristic of Aluminised E-glass Fibre Reinforced Unsaturated Poliéster Composites*,. Composite Structures 71 (2005) 333-336.
- [8] Chow, C.P.L, Xing, X.S, Li, R.K.Y., 2006, *Moisture Absorption Studies of Sisal Fibre Reinforced Polypropylene Composites*, Composites Science and Technology 67 (2007) 306-313.
- [9] Dhakal, H.N, Zhang, Z.Y, Richardson, M.O.W., 2006, *Effect of Water Absorption on The Mechanical Properties of Hemp Fibre Reinforced Unsaturated Polyester*

- Composites, Composites Science and Technology.*
- [10] Siriwardena, S., Ismail, Ishiaku, A *comparison of the mechanical properties and water absorption behavior of white rice husk ash and silica filled polypropylene composites*, Journal of reinforced plastics and composites, 2003; vol. 22; No.18 pp.1645-1666.
- [9] Chiou, P, Bradley, W.L., 1995, *Effects of Sea Water Absorption on Fatigue Crack Development in Carbon/Epoxy EDT Specimens*, Composites 26 (1995) 869-876
- [11] Espert, A, Vilaplana, F, Karlsson, S., 2004, *Comparison of Water Absorption in Natural Cellulosic Fibres from Wood and One-Year Crops in Polypropylene Composites and Its Influence on Their Mechanical Properties* Composites: Part A 35 (2004) 1267-1276.
- [12] Merdas, I, Thominette, F, Tcharkhtchi, A, Verdu, J., 2001, *Factors Governing Water Absorption by Composite Matrices*, Composites Science and Technology 62 (2002) 487-492