

Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa

I Putu Lokantara, Ngakan Putu Gede Suardana, I Made Gatot Karohika, Nanda

Jurusan Teknik Mesin – Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang serat dan temperatur udara terhadap kekuatan tarik komposit polyester tapis kelapa dengan variasi panjang serat tapis kelapa yaitu 5 mm, 10 mm dan 15 mm sedangkan variasi temperatur udara yaitu - 5° C, 10° C dan 25° C.

Komposit yang dibuat menggunakan penguat serat tapis kelapa dengan matrik berupa resin unsaturated polyester (UPRs) jenis Yukalac 157 BQTN-EX dengan 1% hardener jenis MEKPO. Komposit dibuat dengan teknik press hand lay-up dengan fraksi volume serat tapis kelapa 12,2%. Perlakuan komposit berpenguat serat tapis kelapa berupa post curing selama 2 jam dengan suhu 65° C. Spesimen uji komposit berpenguat serat tapis kelapa dipotong sesuai standar ASTM D3039 untuk spesimen uji tarik.

Hasil pengujian menunjukkan variasi panjang serat dan temperatur udara mempengaruhi kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat tapis kelapa. Pada komposit panjang serat 5 mm kekuatan tarik maksimal terjadi pada temperatur udara 25° C dengan kekuatan tarik 15,77 MPa, selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm kekuatan tarik maksimal terjadi pada temperatur udara 25° C dengan kekuatan tarik 14,47 MPa, sedangkan untuk komposit panjang serat 15 mm kekuatan tarik maksimal terjadi pada temperatur udara 25° C dengan kekuatan tarik 12,84 MPa. Untuk modulus elastisitas tarik pada komposit berpenguat serat tapis kelapa, pada komposit panjang serat 5 mm nilai modulus elastisitas tarik maksimal terjadi pada temperatur udara 25° C sebesar 297,46 MPa, selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm nilai modulus elastisitas tarik maksimal terjadi pada temperatur udara 25° C yaitu sebesar 522,47 MPa, sedangkan nilai modulus elastisitas tarik maksimal pada komposit panjang serat 15 mm terjadi pada suhu 25° C yaitu sebesar 582,43 MPa.

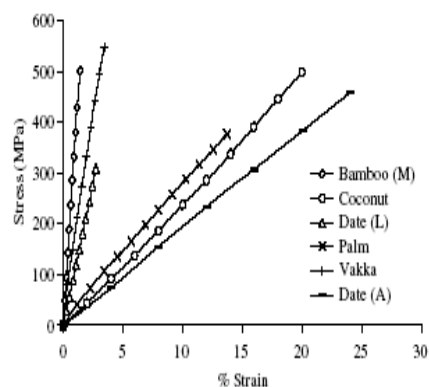
Kata Kunci : Komposit, Temperatur Udara, Panjang Serat, Kekuatan tarik

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 berat yang lebih ringan, merupakan bahan terbarukan, ramah lingkungan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit [1]. 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] dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1.1. Grafik tegangan-regangan dari beberapa serat alami

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 MN/m² and modulus Young's 0.976 GN/m². Peneliti lainnya [4] telah mempelajari serat

Tabel 1.1. Kekuatan 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 (MPa/(kg m ⁻³))	Specific tensile modulus (MPa/(kg m ⁻³))
Vakka	3.46	540	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

kelapa dengan pelapisan lilin pada permukaannya, didapatkan tegangan tarik yang meningkat secara linier dengan panjang serat di dalam matriks.

Penelitian komposit epoxy/tapis kelapa lembaran dengan perlakuan serat 2% KMnO₄, 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.

Penelitian lain tentang komposit menunjukkan bahwa *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 *propertiesnya* 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].

Untuk mengantisipasi penggunaan komposit untuk bahan kerajinan atau produk lain yang bisa diekspor yang nantinya mengalami beberapa variasi temperatur maka penulis melakukan penelitian untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan kekuatan tarik bahan komposit tapis kelapa/Polyester bila serat diberi perlakuan NaOH dan panjang serat divariasikan serta variasi temperatur komposit. Perlakuan terhadap serat tersebut adalah perendaman dengan bahan kimia NaOH persentase fraksi volume serat pada komposit yaitu 12,2%, variasi panjang serat 5 mm, 10 mm dan 15 mm. Temperatur pengujian yaitu -5°C, 10°C, 25°C. Pengujian spesimen dilakukan dengan uji tarik dengan standar ASTM D3039

2. METODOLOGI

Alat-alat

- Alat uji : mesin uji tarik dengan merek/tipe Controlab/TN 20 MD.
- Alat cetak : kontainer cetak, cetok, kuas dan roller.
- Alat ukur : Jangka sorong, timbangan, gelas ukur, timer (*stop watch*) dan alat ukur defleksi (*dial indikator*).
- Alat pengering : oven
- Alat keselamatan : sarung tangan karet dan masker.
- Alat bantu : gergaji, gunting, amplas, pengaduk, penjepit, selotip, dan kontainer.
- Termokopel
- Alat Pendingin (*Refrigerator*) atau kulkas *portabel*

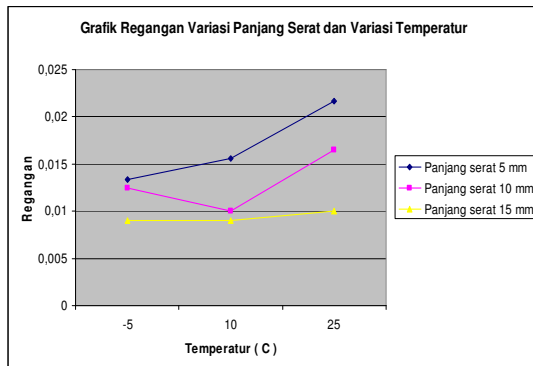
Bahan

- Matriks : *Resin unsaturated polyester* (UPRs) jenis *Yukalac 157 BQTN*.
- Serat : Serat tapis kelapa (*Cocos veridis*) berukuran panjang 5 mm, 10 mm dan 15mm.
- Pengeras / *hardener* : Jenis *metil etil keton peroxide* jenis *MEKPO*.
- Bahan perlakuan serat : NaOH (*natrium hidroksida*).
- Perekat / Lem.
- Selotip.
- Gliserin.

- Air mineral.
- Aceton

Langkah Penelitian

- Ambil tapis dari pohon kelapa dan keringkan secara alami (menggunakan sinar matahari) untuk menghilangkan kadar air.
 - Sisir tapis kelapa dengan menggunakan sikat kawat untuk mendapatkan serat tapis kelapa.
 - Potong tapis kelapa yang sudah dikeringkan menjadi bagian kecil berukuran 5 mm, 10 mm dan 15 mm secara memanjang
 - Serat tapis direndam didalam air mendidih dengan suhu 100° C selama 1 jam untuk menghilangkan kotoran ataupun getah yang masih menempel pada serat tapis kelapa (Suardana dkk, 2008).
 - Bilas serat tapis kelapa dengan air bersih, selanjutnya masukan serat tapis ke dalam oven dengan suhu 70° C selama 12 jam (Suardana dkk, 2008).
 - Rendam tapis kelapa yang telah dipisahkan tersebut ke dalam campuran zat kimia NaOH dengan air (5 gram NaOH dan 95 ml air) selama 2 jam kemudian bilas dengan air sampai bersih (Suardana dan Dwidiani, 2007).
 - Kemudian keringkan kembali potongan serat tapis kelapa.
 - Lapis 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 yaitu 3 mm.
 - Campurkan resin dengan 1% hardener dalam gelas ukur yang disediakan dan catat volume campuran setiap penuangan.
 - Persiapkan serat dengan fraksi volume 12,2%
 - Campuran *polyester* dituangkan secara *uniform* sebagai lapisan pertama ke dalam setengah 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).
 - Tutup dengan plat cetak bagian atas dan berikan beban (25 kg) selama 24 jam.
 - Setelah 24 jam komposit yang terbentuk dibongkar dari cetakannya.
 - *Proses Post Curing*. Komposit dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 65° C selama 2 jam (Dhakal et.al, 2006).
- 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.
- Pada saat *post curing* lembaran komposit sering melengkung. Masalah ini dapat diatasi dengan melakukan pembalikan komposit tiap setengah jam sekali, sehingga disamping meratakan panas yang diterima lembaran komposit juga meratakan permukaan komposit menjadi datar.
 - Keluarkan komposit dari *oven* dan keringkan selama 4 hari di udara terbuka.
 - 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 *void*nya sesuai dengan ketentuan di atas, dan spesimen tersebut dalam keadaan datar (tidak melengkung).
 - Setelah proses diatas dilakukan pengkondisian pada temperatur pengujian
 - Siapkan spesimen uji komposit serat tapis kelapa.
 - Hidupkan lemari pendingin.
 - Untuk mengetahui suhu yang diinginkan, didalam lemari pendingin dilengkapi dengan termometer digital atau termometer analog.
 - Untuk lebih menyakinkan dan mendapatkan suhu lemari pendingin sebesar -5° C, hidupkan lemari pendingin selama 5 hari tanpa spesimen uji
 - Setelah 5 hari cek suhu termometer didalam lemari pendingin.
 - Apabila sudah mendapatkan suhu yang diinginkan, masukkan spesimen uji ke lemari pendingin selama 5 hari.
 - Setelah 5 hari keluarkan spesimen uji dari lemari pendingin.
 - Dengan segera lakukan pengujian sifat mekanis kekuatan tarik pada spesimen uji tersebut dengan menggunakan uji tarik (*tensile test*) dengan standar ASTM D 3039
 - Lakukan pengujian hingga spesimen uji habis.



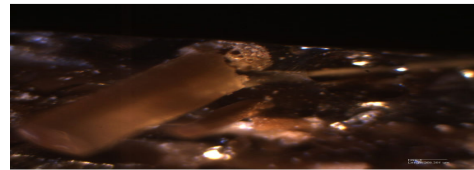
Gambar 3.2 Grafik Hubungan Regangan Terhadap Temperatur Udara

3.2. Pembahasan Uji Tarik

Dari tabel 3.1 dan grafik 3.1 dapat dilihat bahwa komposit dengan panjang serat 5 mm memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada komposit dengan panjang serat 10 mm dan 15 mm. Hal ini disebabkan karena panjang serat 5 mm dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, sehingga ikatan antara *reinforcement* yaitu serat tapis kelapa dengan matriknya yaitu resin dapat berlangsung dengan sempurna, yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat tapis kelapa tersebut. Pada komposit 5 mm kekuatan maksimum karena jumlah seratnya lebih banyak dibandingkan jumlah serat pada komposit 10 mm dan komposit 15 mm maka laju penyerapan airnya lebih tinggi sehingga nilai tegangan tariknya lebih tinggi sehingga lebih baik dalam membagi beban maka ikatan matrik dengan seratnya akan semakin banyak yang menyebabkan nilai kekuatan tarik akan semakin tinggi. Secara umum juga terlihat bahwa adanya kecenderungan meningkatnya tegangan tarik seiring dengan kenaikan temperatur, dimana untuk komposit dengan panjang serat 5 mm kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada temperatur udara 25° C yaitu sebesar 17,51852 N/mm², selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur udara 10° C dengan kekuatan tarik 16,07407 N/mm², sedangkan untuk komposit panjang serat 15 mm kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur udara 25° C dengan kekuatan tarik sebesar 14,2963 N/mm². Hal ini terjadi karena lamanya pengkondisian menyebabkan molekul-molekul air yang diserap oleh serat merusak serat itu sendiri sehingga mengakibatkan lemahnya ikatan permukaan serat dengan polyester (*debonding*) dan juga delaminasi pada serat yang berakibat pada kerusakan mekanis atau menurunnya kekuatan mekanis komposit.

Dari tabel 3.2 dan grafik 3.2 terlihat trend regangan yang meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur. Regangan tertinggi diperoleh pada kombinasi panjang serat 5 mm dan temperatur 25° C. Hal ini diakibatkan karena pada temperatur rendah ikatan antara matrik dan penguat menjadi lemah karena adanya uap air yang meresap pada serat merusak serat tersebut sehingga terjadi delaminasi.

3.3. Pengujian Foto makro



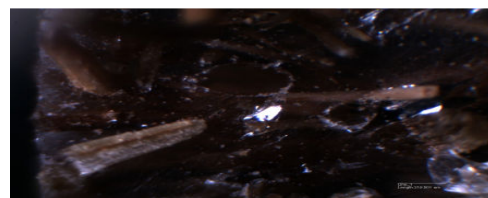
(a)



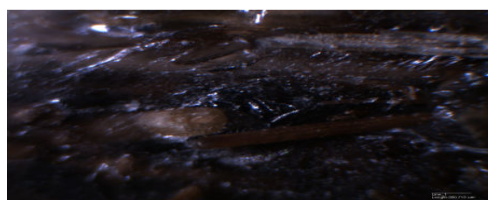
(b)

Gambar 3.3 Foto Makro Komposit Panjang Serat 5 mm dengan Suhu 25° C

- (a) hole pada permukaan dan banyak serat mengalami *Pull out*
(b) Serat mengalami *Fiber Bridging*



(a)



(b)

Gambar 3.4 Foto Makro Komposit Panjang Serat 15 mm pada suhu -5° C

- (a) Serat mengalami *peeling and splitting*

(b) Terdapat *Fiber Pull Out* dan *Matrix Flow* pada komposit

3.4. Pembahasan Foto Makro Uji Tarik Komposit

Peralatan yang digunakan di dalam pengujian foto makro adalah Stereomicroscope. Pada gambar 3.3 (a) terlihat foto Makro komposit panjang serat 5 mm dengan temperatur 25° C menunjukkan pada permukaan patahan serat terdapat banyak serat yang mengalami *fiber pull out* dan *hole*. Gambar 3.3 (b) terlihat foto Makro komposit panjang serat 5 mm dengan temperatur 25° C menunjukkan serat mengalami *fiber bridging* terhadap spesimen uji tarik komposit tersebut. *Fiber Bridging* adalah serat mengalami patah dipermukaan dan permukaan patahan (topografi) serat menjadi kasar. Dari gambar 3.3(a) dan 3.3(b) dapat dilihat serat 5 mm terdistribusi dengan baik dan merata pada proses pembuatan komposit, hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara *reinforcement* dan *matrik* dapat berlangsung dengan sempurna pada spesimen uji tarik pada komposit panjang serat 5 mm yang dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit tersebut. Pada gambar 3.4 (a) terlihat serat mengalami *peeling* dan *splitting* yaitu terkelupasnya serat pada permukaan serat. Sedangkan pada gambar 3.4 (b) terlihat foto Makro komposit panjang serat 15 mm dengan temperatur -5° C menunjukkan juga adanya *fiber pull out* dan *hole* tapi dengan jumlah relatif lebih sedikit. Juga terlihat partikel-partikel kecil yang menempel pada matrik seperti pecahan kecil yang juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik. Hal ini diakibatkan pada spesimen uji tarik tersebut terdapat serat yang relatif lebih sedikit jika dibandingkan dengan komposit dengan panjang serat 5 mm. Sehingga pada spesimen komposit panjang serat dengan 15 mm memiliki kekuatan tarik relatif lebih kecil dibandingkan kekuatan spesimen komposit panjang 5 mm

4. KESIMPULAN

Komposit dengan panjang serat 5 mm memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada komposit dengan panjang serat 10 mm dan 15 mm. Hal ini disebabkan karena panjang serat 5 mm dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, sehingga ikatan antara *reinforcement* yaitu serat tapis kelapa dengan matriknya yaitu resin dapat berlangsung dengan sempurna, yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat tapis kelapa tersebut. Pada komposit 5 mm kekuatan maksimum karena jumlah seratnya lebih banyak dibandingkan jumlah serat pada komposit 10 mm dan komposit 15 mm maka laju penyerapan airnya lebih tinggi sehingga nilai tegangan tariknya lebih tinggi sehingga lebih baik dalam membagi beban maka ikatan matrik dengan seratnya akan semakin banyak

yang menyebabkan nilai kekuatan tarik akan semakin tinggi. Secara umum juga terlihat bahwa adanya kecenderungan meningkatnya tegangan tarik seiring dengan kenaikan temperatur, dimana untuk komposit dengan panjang serat 5 mm kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada temperatur udara 25° C yaitu sebesar 17,51852 N/mm², selanjutnya untuk komposit panjang serat 10 mm kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur udara 10° C dengan kekuatan tarik 16,07407 N/mm², sedangkan untuk komposit panjang serat 15 mm kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur udara 25° C dengan kekuatan tarik sebesar 14,2963 N/mm². Hal ini terjadi karena lamanya pengkondisian menyebabkan molekul-molekul air yang diserap oleh serat merusak serat itu sendiri sehingga mengakibatkan lemahnya ikatan permukaan serat dengan polyester (*debonding*) dan juga delaminasi pada serat yang berakibat pada kerusakan mekanis atau menurunnya kekuatan mekanis komposit.

Terlihat trend regangan yang meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur. Regangan tertinggi diperoleh pada kombinasi panjang serat 5 mm dan temperatur 25° C. Hal ini diakibatkan karena pada temperatur rendah ikatan antara matrik dan penguat menjadi lemah karena adanya uap air yang meresap pada serat merusak serat tersebut sehingga terjadi delaminasi.

Beberapa fenomena yang terlihat pada foto makro foto Makro komposit panjang serat 5 mm dengan temperatur 25° C menunjukkan pada permukaan patahan serat terdapat banyak serat yang mengalami *fiber pull out* dan *hole*. Disamping itu terlihat juga serat mengalami *fiber bridging* terhadap spesimen uji tarik komposit tersebut. *Fiber Bridging* adalah serat mengalami patah dipermukaan dan permukaan patahan (topografi) serat menjadi kasar. Serat 5 mm terdistribusi dengan baik dan merata pada proses pembuatan komposit, hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara *reinforcement* dan *matrik* dapat berlangsung dengan sempurna pada spesimen uji tarik pada komposit panjang serat 5 mm yang dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit tersebut. Pada foto makro foto Makro komposit panjang serat 15 mm dengan temperatur -5° C terlihat serat mengalami *peeling* dan *splitting* yaitu terkelupasnya serat pada permukaan serat. Juga terlihat juga adanya *fiber pull out* dan *hole* tapi dengan jumlah relatif lebih sedikit, tampak juga partikel-partikel kecil yang menempel pada matrik seperti pecahan kecil yang juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik. Hal ini diakibatkan pada spesimen uji tarik tersebut terdapat serat yang relatif lebih sedikit jika dibandingkan dengan komposit dengan panjang serat 5 mm. Sehingga pada spesimen komposit panjang serat dengan 15 mm memiliki

kekuatan tarik relatif lebih kecil dibandingkan kekuatan spesimen komposit panjang 5 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oksman, K., Skrifvars, M., Selin, J-F., "Natural fibers as reinforcement in Poly lactic 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 Polyester 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.
- [11] 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
- [12] 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.
- [13] Merdas, I, ThomINETTE, F, Tcharkhtchi, A, Verdu, J. (2001). "Factors Governing Water Absorption by Composite Matrices". *Composites Science and Technology* 62 (2002) 487-492.

