

Pengaruh Temperatur Pengovenan terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serat Glass dan Serat Daun Gwang

Adoniram Sabuin¹⁾, Kristomus Boimau¹⁾, Dominggus G. H. Adoe¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT, Indonesia

Email: sabuin_adoniram@yahoo.com

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of temperature on mechanical properties oven hybrid composite glass fiber and polyester fiber reinforce gwang leaves the fiber volume fraction (Vf) of 32%. Materials used in this study is polyester resin, glass fiber and fiber gwang leaves. Tensile test specimens were made according to ASTM standard D638 while bending test specimens made according to ASTM standard D790. The test specimen by hand lay-up method followed by suppression and left for one day. Furthermore, the composite standard tensile and bending test, then the test specimen treated with different heating. Tensile test results showed that the heat-treated specimens 100°C for one hour has a tensile strength greater than others, amounting to 62.264 MPa, while the lowest tensile strength of 28.805 MPa obtained on specimens that are subjected to 200°C for three hours. Bending test results also showed that the heat-treated specimens 100°C for one hour to have the largest bending strength which is equal to 112.340 MPa, while the lowest bending strength of 57.714 MPa obtained on specimens with heat treatment for 200°C for three hours. The results of the macro picture shows cracks in bending test specimens, whereas the tensile test specimens seen the fiber pullout, debonding and brittle fracture.

Keywords: mother-of-pearl leaf fibers, glass fibers, tensile strength, bending Strength, Temperature.

PENDAHULUAN

Teknologi bahan dewasa ini berkembang dengan pesat. Salah satu hasilnya adalah bahan komposit polimer. Kemampuan untuk mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, baik dalam segi kekuatan, maupun bentuknya dan keunggulannya dalam rasio kekuatan terhadap berat, mendorong penggunaan komposit polimer sebagai bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk. Dalam industri manufaktur dibutuhkan material yang memiliki sifat-sifat istimewa yang sulit didapat dari logam. Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Namun, penggunaan serat sintetik dalam pembuatan komposit saat ini banyak menimbulkan masalah yang cukup serius bagi lingkungan sehingga industri mulai beralih menggunakan serat alam (*natural fiber*) karena sifatnya yang lebih ramah lingkungan, disamping ketersediaan serat alam yang sangat melimpah dan pemanfaatannya sampai saat ini masih

belum optimal.

Serat daun gwang (*Corypha utan Lamark*) merupakan salah satu sumber serat alam alternatif yang sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai penguat pada material komposit, mengingat sumbernya yang cukup melimpah, apalagi di daerah Timor-NTT. Namun, pemanfaatan dari serat daun gwang ini untuk aplikasi bidang keteknikan masih sedikit sekali. Secara umum penggunaan serat alam dalam bidang teknik mulai menggeser serat sintetik (serat *glass*) yang tidak ramah lingkungan, mahal, dan massa jenisnya besar. Melihat kekurangan dan kelebihan dari serat daun gwang dan serat *glass*, penulis tertarik membuat bahan komposit untuk aplikasi keteknikan dengan menggabungkan serat *glass* dan serat daun gwang menjadi komposit hibrid.

Komposit hibrid merupakan komposit gabungan antara serat sintetik dan serat alam. Penelitian sebelumnya tentang komposit hibrid yang menggabungkan serat sintetik dan serat alam dilakukan oleh Sitorus (1996). Dari penelitian tersebut diperoleh beberapa sifat

mekanik dari komposit hibrid serat ijuk dan serat *glass* dengan resin *polyester* yaitu kekuatan tarik tegangan maksimum rata-rata untuk mode ijuk-*glass*-ijuk sebesar 56,04 MPa. Pada pengujian kekuatan lentur, kekuatan lentur maksimum rata-rata sebesar 180,7 MPa. Pada pengujian dampak, kekuatan dampak rata-rata sebesar 46,18 kJ/m².

Pengaruh lingkungan adalah salah satu hal penting yang patut dianalisis pada material komposit. Hal ini dikarenakan, aplikasi material komposit sering kali berada pada kondisi lingkungan yang tidak konstan atau selalu berubah. Komposit hibrid berbasis serat daun gewang dan serat *glass* ini diharapkan akan dijadikan sebagai material pengganti dari material logam untuk komponen-komponen kendaraan, maupun aplikasi teknik lainnya. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis memandang perlu dilakukan suatu penelitian mengenai Pengaruh Temperatur Pengovenan Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Berpenguat Serat *Glass* Dan Serat Daun Gewang sehingga dapat diketahui perilaku mekanik yang akhirnya bermuara pada analisa kelayakan material komposit tersebut dan prediksi umur pakai sesuai dengan aplikasinya.

Hasil penelitian ini diharapkan bisa digunakan sebagai salah satu masukan dalam menentukan pengaruh temperatur pengovenan terhadap sifat mekanik, yaitu kekuatan tarik dan kekuatan *bending* yang berpenguat serat *glass* dan serat daun gewang. Selain itu bisa digunakan sebagai kontribusi terhadap perkembangan material alternatif pengganti logam dalam bidang permesinan yang mempunyai bahan lebih murah, berkualitas dan mudah dalam proses pembuatannya dan sebagai informasi yang penting bagi kalangan perusahaan sebagai landasan baru terbentuknya industri yang bergerak dalam bidang komposit.

TINJAUAN PUSTAKA

Komposit merupakan bahan baru hasil dari rekayasa material. Secara umum Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda, baik sifat kimia dan fisiknya dan akan tetap terpisah sampai akhir proses atau saat menjadi hasil nanti. Komposit adalah

bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabungkan.

Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Dalam komposit terdapat dua atau lebih fase yang dipisahkan oleh lapisan pembatas, lapisan ini penting untuk membedakan material penyusunnya. Fungsi matriks adalah untuk mendukung dan mengikat *reinforcement*, meneruskan beban antar *reinforcement*, dan melindungi *reinforcement* dari perubahan eksternal. Umumnya matriks yang dipilih adalah matriks yang memiliki ketahanan panas yang tinggi. Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matriks harus mengikat serat secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan oleh serat secara maksimal sehingga diperoleh kekuatan yang tinggi.

Serat

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum.

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu:

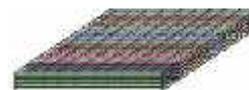
Continuous Fiber Composite



Gambar 1. Continuous fiber

(Sumber Gambar: Gibson, 1994)

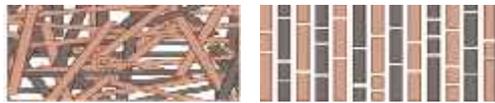
Woven Fiber Composite (bi-directional)



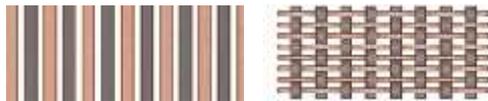
Gambar 2. Woven fiber composite

(Sumber Gambar: Gibson, 1994)

Discontinuous Fiber Composite (chopped fiber composite)



a. Discontinuos randomly b. Discontinuos and aligned



c. Continuos aligned oriented d. Fabric

Gambar 3. Discontinuous fiber composite

(Sumber Gambar: Gibson, 1994)

Hybrid fiber composite

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara serat sintetik dan serat alam. Pertimbangannya supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.



Gambar 4. Hybrid fiber composite

(Sumber Gambar: Gibson, 1994)

Serat Glass

Serat *glass* mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Pada penggunaannya, serat *glass* disesuaikan dengan sifat atau karakteristik yang dimilikinya. Serat *glass* terbuat dari *silica*, *alumina*, *lime*, *magnesia* dan lain-lain. Keunggulan serat *glass* terletak pada rasio (*perbandingan*) harga dan *performance* yaitu biaya produksi rendah, proses produksi sangat sederhana.

Serat Gwang

Gwang adalah nama sejenis palma tinggi besar dari daerah dataran rendah. Pohon ini juga dikenal dengan nama-nama lain seperti gabang (Dayak Ngaju), gawang (Timor),

pucuk, lontar utan, (Betawe.), pocok (Madura.), ibus (Batak, Sasa.), silar (Minahasa.), kuala (Mak.) dan lain-lain. Nama ilmiahnya adalah *Corypha utan lamark* (wikipedia 2013).

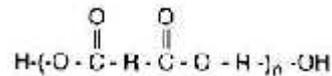


Gambar 5. Pohon gwang

(Sumber Gambar:Dok.Penelitian, 2014)

Sifat Fisik dan Kimia Resin Polyester

Polyester merupakan bahan termoset yang banyak beredar dipasaran karena harganya yang relatif murah dan dapat diaplikasikan untuk berbagai macam penggunaan. Istilah *polyester* berawal dari reaksi asam organik dengan alkohol membentuk suatu ester. Pada gambar 2.6 dengan menggunakan dwi fungsi asam dan dwifungsi alkohol (glidikol) dihasilkan suatu *polyester* linier (Lumintang, 2011).



Gambar 6. Reaksi Pembentukan Ester

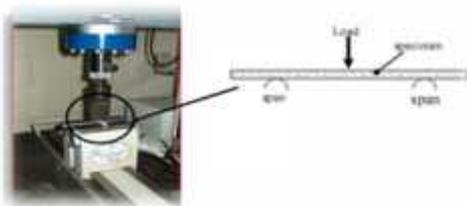
(Sumber: Lumintang, 2011)

Sifat dari *polyester* sendiri adalah kaku dan rapuh. Mengenai sifat termalnya, karena banyak mengandung monomer stiren, maka suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya kirakira 110-140°C. Ketahanan dingin adalah baik secara relatif

Kekuatan Bending

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Kekuatan *bending* pada sisi bagian

atas sama nilai dengan kekuatan bending pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan dengan metode *three point bending*.



Gambar 7. Pemasangan benda uji three point bending sesuai dengan ASTM D 790M-84.

(Sumber: Gibson, 1994)

Kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut (Rusmiyanto, 2007) :

$$\sigma_b = \frac{E_b \Delta y}{l} ; \sigma = \frac{11 PLd}{8 bd^2} ; \sigma_b = \frac{3 FL}{2 bd^2}$$

Pada perhitungan kekuatan bending ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D 790, sama seperti pada persamaan di atas yaitu :

$$S = \frac{3 FL}{2 bd^2}$$

Kekuatan Tarik

Hasil pengujian ini dapat ditampilkan dalam grafik tegangan regangan. Perhitungan beban dan *elongation* dapat dirumuskan sebagai berikut (Porwanto, 2008) :

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Engineering Strain (Regangan)

$$\epsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta L}{l_o}$$

Fraksi Volume Komposit

Menurut Gibson (1994), fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

Fraksi volume serat dan matriks :

$$V_f = \frac{V_{serat}}{V_{komposit}} ; V_m = \frac{V_m}{V_c} ; V_v = \frac{V_v}{V_c}$$

dengan ;

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

$$v_c = v_f + v_m + v_v$$

Fraksi berat serat

$$w_f = \frac{W_f}{W_c} ; w_m = \frac{W_m}{W_c} ; w_c = W_f + W_m$$

Jika diketahui densitas serat :

$$\rho_c V_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m$$

$$\rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m$$

Dalam bentuk fraksi berat:

$$\frac{W_f}{W_c} = \rho_f \cdot \frac{V_f}{V_c} - \frac{1}{\rho_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f$$

$$w_m = \frac{W_m}{W_c} = \rho_m \cdot \frac{V_m}{V_c} - \frac{1}{\rho_c} = \frac{\rho_m}{\rho_c} V_m$$

Dalam bentuk volume:

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} \cdot W_f ; V_m = \frac{\rho_c}{\rho_m}$$

METODE PENELITIAN

Prosedur Pengovenan Spesimen

- Pemanasan yaitu memanaskan oven sampai pada temperatur yang ingin digunakan kemudian spesimen uji tarik dan *bending* dimasukkan kedalamnya.
- Penahanan yaitu menahan suhu yang diinginkan selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam pada temperatur 100°C, 150°C dan 200°C .
- Kemudian spesimen uji dikeluarkan dan dilakukan pengujian.

Prosedur Pembuatan Komposit Uji Tarik dan *Bending*

Langkah-langkah pembuatan spesimen uji tarik dan *bending* adalah:

- Langkah pertama, dimulai dari proses penimbangan serat acak E-Glass dan serat daun gewang menggunakan timbangan digital.
- Langkah kedua, siapkan alat cetak spesimen yang sudah dibaluti dengan isolasi dan diolesi wax mirrorglass agar pada saat proses pencetakan resin polyester tidak melekat pada cetakan.
- Langkah ketiga, campurkan resin polyester dan katalis lalu dimasukan kedalam cetakan sambil diolesi dengan campuran resin polyester dan katalis hingga merata dengan menggunakan kuas.
- Langkah keempat, material komposit dicetak

menggunakan teknik hand lay up. Lakukan pengepresan dengan mengencangkan baut pengikat yang terdapat pada alat cetak secara merata agar tidak terjadi gelembung-gelembung udara yang mengakibatkan penurunan kekuatan spesimen.

- Langkah kelima, biarkan spesimen mengering selama sehari, kemudian bentuk spesimen uji sesuai dengan standar ASTM D 638 (untuk uji tarik) dan standar ASTM D790 (untuk uji *bending*).

Prosedur Pembuatan Spesimen Uji Tarik dan Bending

Bentuk hasil cetakan komposit tersebut menggunakan gergaji sesuai pola standar ASTM D638 untuk pengujian tarik, dan untuk pengujian *bending* dibentuk berdasarkan standar ASTM D790.

Prosedur Pengujian

Prosedur Pengujian Tarik

Tahapan yang dilakukan pada saat melakukan pengujian tarik, adalah sbb :

- Ukur panjang uji dan penampang uji sebelum diuji.
- Siapkan mesin uji tarik yang digunakan.
- Masukkan dan *seting* kertas milimeter-blok di atas mesin *plotter*.
- Pasang spesimen tarik dan pastikan terjepit dengan betul.
- Jalankan mesin uji tarik.
- Setelah patah, hentikan proses penarikan secepatnya, catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya.
- Ambil hasil rekaman mesin *plotter* dari proses penarikan yang tertuang dalam kertas milimeter-blok.

Prosedur pengujian bending

Tahapan pengujian sebagai berikut :

- Mengukur dimensi spesimen meliputi panjang, lebar dan tebal.
- Menyiapkan spesimen uji *bending*.
- Mengeset lebar tumpuan sesuai dengan benda spesimen.
- Mengeset tumpuan tepat pada tengah-tengah indentor.
- Pemasangan spesimen uji pada tumpuan.
- Mengeset indentor hingga menempel pada

spesimen uji dan mengeset skala beban dan *dial indicator* pada posisi nol.

- Pembebanan *bending* dengan kecepatan konstan.
- Mencatat besarnya penambahan beban yang terjadi pada spesimen setiap kali terjadi penambahan defleksi sampai terjadi kegagalan.

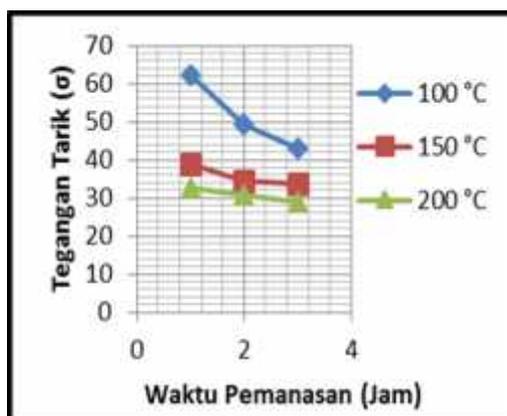


Gambar 8. Proses Penelitian. a). Memilah serat glass, b). Menimbang serat glass, c). Serat daun gwang, d). Mencampur serat daun gwang dan serat glass, e). Menyiapkan resin, f). Pengovenan spesimen, g). Uji tarik, h). Uji bending

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil data besar beban uji tarik. kemudian dihitung menggunakan rumus secara matematis yang hasilnya didistribusikan seperti terlihat pada tabel di bawah in

Kekuatan Tarik Komposit



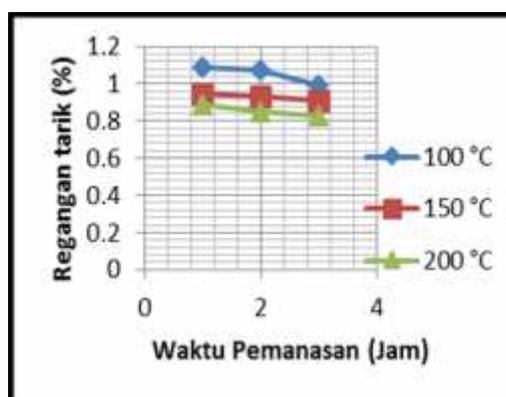
Gambar 9 Hubungan Tegangan Tarik Dengan Waktu Pemanasan.

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit yang dipanaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam yaitu sebesar 62,264 MPa, sedangkan yang paling rendah terjadi pada pemanasan dengan temperatur 200°C selama 3 jam yakni sebesar 28,805 MPa. Selain itu gambar di atas juga menggambarkan bahwa pada temperatur yang sama, tetapi waktu tahan berbeda memiliki nilai kekuatan tarik yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu pemanasan juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penurunan kekuatan tarik. Penurunan nilai kekuatan tarik dari temperatur 100°C selama 1 jam sampai pada temperatur 200°C selama 3 jam yakni sebesar 33,45%. Hal ini disebabkan karena perlakuan pemanasan pada temperatur 200°C menyebabkan kegagalan serat sehingga tegangan yang harus ditanggung serat terabaikan dan juga pada temperatur 200°C terjadi peningkatan mobilitas kristal/degradasi resin *polyester* sehingga ikatan *interfacial* antara kristal menjadi lemah. Sebaliknya komposit yang mendapatkan pemanasan 100°C

tidak terjadi kegagalan serat yang terlalu banyak dan juga memiliki mobilitas kristal yang tidak terlalu besar peningkatannya dibandingkan dengan pemanasan 200°C selama 3 jam. Hal ini didapat oleh peneliti

Hasil Pengujian Regangan

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) terhadap panjang mula-mula (L). Regangan dinotasikan dengan (ϵ).



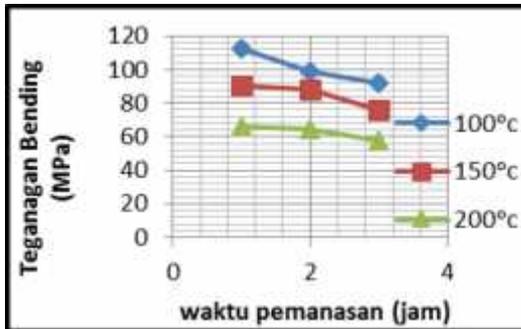
Gambar 10 Hubungan regangan tarik dengan waktu pemanasan

Gambar 10 menunjukkan bahwa spesimen dengan waktu pemanasan 100°C selama 1 jam menunjukkan nilai regangan tarik baik dengan nilai regangan $\epsilon = 0,010909$ kemudian pada temperatur 200°C dengan waktu pemanasan selama 3 jam menunjukkan nilai regangan dengan nilai $\epsilon = 0,008283$. Penurunan regangan tarik pada temperatur 100°C dengan lamanya pemanasan 1 jam sampai pada temperatur 200°C dengan lama pemanasan 3 jam yakni sebesar 26,26%.

Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai tegangan *bending* tertinggi diperoleh dari pengujian dengan temperatur 100°C selama 1 jam yaitu sebesar 112,340 MPa, sedangkan yang paling rendah terdapat pada temperatur 200°C selama 3 jam yakni sebesar 57,714 MPa. Hal ini disebabkan karena perlakuan pemanasan pada temperatur 200°C menyebabkan terjadi peningkatan mobilitas kristal/degradasi resin *polyester* sehingga ikatan *interfacial* antara kristal menjadi lemah.

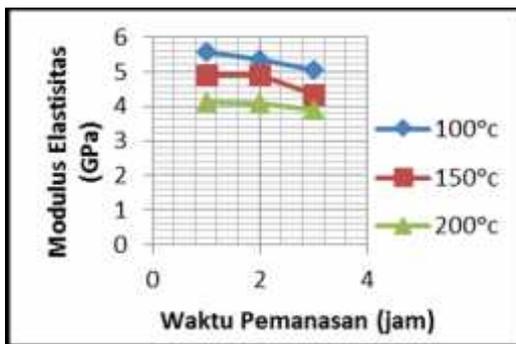
Hasil Pengujian *Bending*

Kekuatan *Bending* Komposit



Gambar 11 Hubungan tegangan bending dengan waktu pemanasan

Modulus Elastisitas *Bending*



Gambar 12 Hubungan modulus elastisitas bending dengan waktu pemanasan

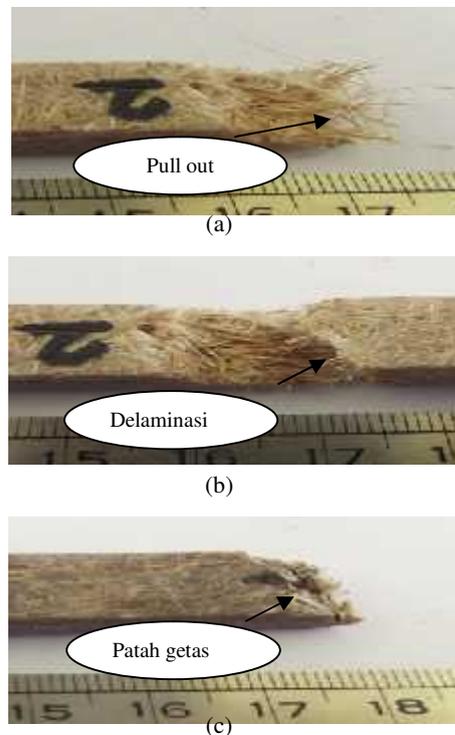
Gambar 12 menunjukkan bahwa komposit komposit hibrid berpenguat serat *glass* dan serat daun gwang pada temperatur 100°C selama 1 jam memiliki nilai modulus elastisitas *bending* yang paling tinggi dengan nilai sebesar 5,5872774 Gpa dan yang paling rendah terdapat pada temperatur 200°C selama 3 jam dengan nilai sebesar 3,9105138 GPa. Hal ini disebabkan karena perlakuan pemanasan pada temperatur 200°C menyebabkan terjadi peningkatan mobilitas kristal/degradasi resin *polyester* sehingga ikatan *interfacial* antara kristal menjadi lemah.

Foto Makro Patahan

Foto Makro Patahan Spesimen Uji Tarik

Gambar 13 menunjukkan bahwa

komposit dengan perlakuan temperatur 100°C selama 1 jam dan komposit dengan perlakuan temperatur 150°C selama 2 jam mengalami *pull-out* pada serat gwang. *Pull-out* terjadi karena daya ikat antara serat dengan matrik semakin lemah. Pada komposit dengan perlakuan temperatur 200°C selama 3 jam mengalami patah getas. Hal ini disebabkan akibat kegagalan serat pada suhu tinggi akan secara langsung membuat tegangan yang seharusnya ditanggung serat terabaikan. Namun, ada kemungkinan bahwa degradasi resin/mobilitas kristal juga memberikan kontribusi terhadap proses kegagalan.

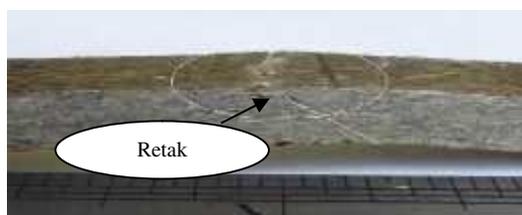


Gambar 13 Hasil Pengujian Tarik, a). Patahan Komposit temperatur 100°C waktu pemanasan 1 jam, b). patahan kompsit temperatur 150°C waktu pemanasan 2 jam, c). Patahan komposit temperatur 200°C waktu pemanasan 3 jam

Foto Makro Patahan Spesimen Uji *Bending*

Gambar 14 menunjukkan bahwa komposit dengan perlakuan temperatur 100°C selama 1 jam, komposit dengan perlakuan temperatur 150°C selama 2 jam dan komposit dengan perlakuan temperatur 200°C selama 3

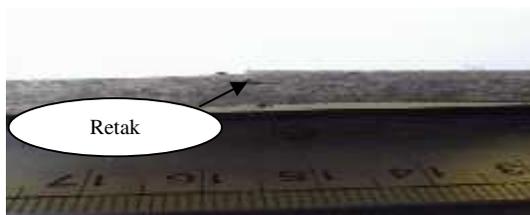
jam mengalami mengalami retak pada bagian bawah dan tampak ada delaminasi. Hal ini disebabkan karena pada serat diberi pembebanan bending, maka bagian atas spesimen mengalami beban tekan sedangkan bagian bawah mengalami beban tarik sehingga terjadi retak. Semakin naiknya suhu membuat kekuatan dari komposit menurun. Hal ini disebabkan akibat kegagalan serat pada suhu tinggi akan secara langsung membuat tegangan yang seharusnya ditanggung serat terabaikan. Namun, ada kemungkinan bahwa degradasi resin/mobilitas kristal juga memberikan kontribusi terhadap proses kegagalan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 14 Hasil Pengujian bending, a). Patahan Komposit temperatur 100°C waktu pemanasan 1 jam, b). patahan komposit temperatur 150°C waktu pemanasan 2 jam, c). Patahan komposit temperatur 200°C waktu pemanasan 3 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang

diperoleh maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Ada pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik dari komposit hibrid. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit yang dipanaskan pada temperatur 1000C selama 1 jam yaitu sebesar 62,2641 Mpa, sedangkan yang paling rendah terdapat pada pemanasan dengan temperatur 2000C selama 3 jam yakni sebesar 28,80565 Mpa. Nilai tegangan bending tertinggi diperoleh dari pengujian dengan temperatur 1000C selama 1 jam yaitu sebesar 112,340747 MPa, sedangkan yang paling rendah terdapat pada temperatur 2000C selama 2 jam yakni sebesar 57,7148328 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin naik temperatur sifat mekaniknya cenderung turun.
- Bentuk patahan pada komposit dengan perlakuan temperatur 2000C adalah patah getas, sehingga pada temperatur 1000C selama 1 jam adalah patahan dengan pull out.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abanat J. J. D., Purnowidodo A., Irawan S.Y., 2012, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (*Corypha Utan Lamarck*) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bermatrik Epoksi", *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.3, No. 2, Tahun 2012 : 352-361, ISSN 0216-468X.
- [2] Boimau K. , Dominggus G. H. A., Wenseslaus B., dan Yusak M. B., (2012), "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Lontar Dan Serat Glass", *Seminar Nasional Sains dan Teknik 2012*, Kupang.
- [3] Bukit N., dan Frida E., 2010, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Ijuk Dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Komposit Hibrid", *Jurnal Saintech*, Vol. 02, No.03, September 2010, ISSN No. 2086-9681.
- [4] Carli, Widyanto S. A., Haryanto I., "Analisis Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Serat Glass Jenis Woven Dengan Matriks Epoxy Dan Polyester Berlapis Simetri Dengan Metoda Manufaktur Hand Lay- Up", *TEKNIS*

- Vol. 7, No.1, April 2012 : 22 – 26.
- [5] Diharjo K. & Triyono T. (2000) *Material Teknik, Buku Pegangan Kuliah*, UNS Press, Surakarta.
- [6] Gibson, F. R. (1994). “Principle of Composite Material Mechanics”, McGraw-Hill Inc, New York.
- [7] Hull,D, “An Introduction to Composite Material”, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [8] Kaw A. K., 1997. “Mechanics of Composite Materials”, CRC Press, New York.
- [9] Lokantara I. P., Suardana N. P. G., Karohika I. M. G., Nanda, (2010), “Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa”, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 4 No.2. Oktober 2010*.
- [10] Lumintang C. A. R., Soenoko R. , Wahyudi S., 2011, “Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa”, *Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.2, No. 2, Tahun 2011, 145-153, ISSN 0216-468X*.
- [11] Matthews, F.L. dan Rowling R.D., 1994, *Composite Material Engineering and science*, Chapman and Hall, London.
- [12] Perdana M., 2013, “Pengaruh Moisture Content Dan Thermal Shock Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Komposit Hibrid Berbasis Serat Gelas Dan Coir” , *Jurnal Teknik Mesin Vol. 3, No. 1, April 2013 : 1-7*.
- [13] Porwanto D.A., Johar L., (2008), “Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri”, *Jurusan Teknik Fisika FTI ITS Surabaya*.
- [14] Rahman M. B.N., Kamiel B. P., (2011) , “Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol. 14, No. 2, 133-138, November 2011*.
- [15] Sari N. H, Sinarep, Taufan A., Yudhyadi I., (2011), “Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat Gelas Dengan Matrik Urea Formaldehyde”, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 5 No.1. April 2011*
- [16] Sitorus, J., (1996), *Komposit Hibrid Serat Panjang, Serat Gelas-Ijuk Dengan Matriks Polimer*, Skripsi, FMIPA USU, Medan.

