

Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Buah Lontar

¹⁾Charles D. Lakidang, ²⁾Kristomus Boimau, ³⁾Dominggus G. H. Adoe
^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT
email: lakidang1990@gmail.com

Diterima _____; diterima terkoreksi _____; disetujui _____

ABSTRAK

Model analisis perilaku mekanik komposit polimer yang sering disajikan oleh peneliti didasarkan pada asumsi kondisi lingkungan (*hygrothermal*) yang konstan. Namun dalam kenyataannya, aplikasi material komposit sering kali berada pada kondisi lingkungan yang tidak konstan atau selalu berubah seperti pada blade turbin angin, panel *cool box* ikan dan perahu berbahan *fiber glass* yang selalu bekerja pada kondisi kelembaban dan temperatur yang berubah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik komposit polyester berpenguat serat buah lontar dengan fraksi volume serat (V_f) sebesar 40%. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serat buah lontar dan resin poliester. Specimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM D638 sedangkan specimen uji bending sesuai standar ASTM D790. Specimen uji dicetak dengan metode *hand lay up* diikuti dengan penekanan dan dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya komposit hasil cetakan dipotong sesuai standar uji tarik dan bending, kemudian specimen uji tersebut diberi perlakuan yang berbeda pemanasan yakni dengan cara specimen uji tersebut di letakan dalam oven dengan temperatur yang berbeda sesuai dengan jam yang sudah ditentukan. Proses pengujian tarik dan bending dilakukan sesaat setelah specimen dikeluarkan dari dalam oven, kemudian specimen tersebut langsung diuji. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa specimen yang diberi perlakuan panas 80°C selama satu jam memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan dengan yang lain yakni sebesar 20,95 Mpa, sedangkan kekuatan tarik terendah sebesar 10,17 Mpa yang diperoleh pada specimen yang mendapat perlakuan 150°C selama 3 jam. Hasil uji bending pun menunjukkan bahwa specimen dengan perlakuan panas 80°C selama 1 jam memiliki kekuatan bending terbesar yakni sebesar 240,856 Mpa, sedangkan kekuatan bending terendah sebesar 78,236 Mpa yang diperoleh pada specimen dengan perlakuan pemanasan selama 150°C selama 3 jam. Hasil foto makro menunjukkan adanya retak pada specimen uji bending, sedangkan pada specimen uji tarik terlihat adanya *fiber pullout*.

Kata Kunci: Komposit, Serat buah lontar, Kekuatan Tarik, Kekuatan Bending, Temperatur

ABSTRACT

Model analysis of the mechanical behavior of polymer composites are often presented by the researchers based on the assumption of environmental conditions (hygrothermal) are constant. But in reality, the application of composite materials often are in constant environmental conditions or the ever-changing as the wind turbine blade, the panel and the fish cool box made from fiber glass boat that has always worked in conditions of humidity and temperature changes. This study aims to determine the effect of temperature on the mechanical properties of polyester composites reinforced palm fruit fiber with fiber volume fraction (V_f) of 40%. Materials used in this study is palm fruit fiber and polyester resin. Tensile test specimens were made according to standard ASTM D638 while the bending test specimens according to ASTM standard D790. The test specimen printed by hand lay-up method followed by suppression and left for 24 hours. Furthermore, composite molding cut to standard tensile and bending test, then the test specimens were given different heat treatment, namely by means of the test specimen is placed in the oven. with variations specified time. The process of tensile and bending tests performed shortly after the specimens are removed from the oven. The test results showed that the tensile specimens heat treated 80°C for an hour to have a greater tensile strength than others which is equal to 20.95 MPa, while the lowest tensile strength of 10.17 MPa, obtained on specimens that are subjected to 150°C for 3 hours. The results also show that the bending test specimens with heat treatment for 1 hour 80°C has the largest bending strength

which is equal to 240.856 MPa, bending strength sedangan low of (78.236 MPa), obtained on specimens with heat treatment for 150°C for 3 hours. The results indicate a macro photo cracks on bending test specimens, whereas the tensile test specimens seen the fiber pullout.

Keywords: Composites, palm fruit fiber, Tensile Strength, Bending Strength, Temperature

PENDAHULUAN

Konsep *back to nature* sudah diterapkan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dalam satu dasawarsa terakhir. Penggunaan serat alam dalam rekayasa material bio-komposit sedikit banyak disebabkan oleh isu dampak lingkungan serta keberlanjutan dari sumber serat. Salah satu material komposit yang dikembangkan dan diminati dunia industri yaitu material komposit *polyester* dengan material pengisi (*filler*). Bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh di atas bahan teknik pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Jones, 1975).

Penggunaan kembali serat alam juga dipicu oleh adanya regulasi tentang persyaratan habis pakai (*end of life*) produk komponen otomotif bagi negara-negara Uni Eropa dan sebagian Asia. Bahkan pusat riset *Daimler Chrysler* di Eropa mengungkapkan bahwa serat alam mempunyai potensi yang kuat dalam industri *automobil* jika dibandingkan dengan serat glass karena harganya murah dan ringan, disamping itu material komposit juga memiliki beberapa kelebihan diantaranya memiliki kekuatan tinggi, densitasnya rendah (ringan), murah karena tersedia dalam jumlah yang besar, proses pengerjaan sangat sederhana, merupakan sumber daya yang dapat diperbaharui dan tahan korosi (komposit non logam) Ward, dkk, (2002). Salah satu serat alami yang dapat dimanfaatkan sebagai penguat komposit polimer adalah serat dari buah lontar.

Ketertarikan penulis dengan salah satu spesies tanaman lokal ini karena buah lontar memiliki kandungan serat yang tinggi. Penelitian ini bertujuan agar serat buah lontar dapat dimanfaatkan sebagai salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat komposit polimer. Tentunya akan mempunyai

nilai tambah, jika serat buah lontar tersebut dimanfaatkan untuk menggantikan serat non alam (*E-glass*) yang selama ini masih diimpor sebagai penguat material komposit polimer.

Proses pengujian yang dilakukan oleh beberapa peneliti terhadap sifat mekanik komposit dilakukan pada kondisi lingkungan (kelembaban dan temperatur) yang konstan. Namun dalam kenyataannya, aplikasi material komposit sering kali berada pada kondisi lingkungan yang tidak konstan atau selalu berubah seperti pada blade turbin angin yang selalu bekerja pada kondisi temperatur yang berubah dan perahu nelayan berbahan komposit. Hal ini tentu akan mempengaruhi kekuatan material komposit polimer. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik komposit polimer dengan penguatan serat alam (serat buah lontar), sehingga dapat diketahui perilaku mekanik yang akhirnya bermuara pada analisa kelayakan material komposit tersebut dan prediksi umur pakai sesuai dengan aplikasinya.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Komposit

Komposit adalah penggabungan dari dua atau lebih material kedalam satu unit struktur yang mempunyai sifat-sifat yang tidak dapat dipenuhi apabila material-material tersebut masih berdiri sendiri atau sebelum digabung (Gibson 1994).

Sifat Mekanik Komposit

Kekuatan Tarik komposit

Dalam desain atau perencanaan suatu konstruksi mesin, kekuatan bahan mutlak diperoleh sebagai desain menjadi aman. Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh material benda uji sebelum patah atau rusak, besarnya maksimum dibagi luas penampang

lintang awal benda uji. Ilmu kekuatan bahan, mengisyaratkan bahwa desain akan aman apabila kekuatan bahan yang dipakai adalah kekuatan yield (*yield strenght*). Dan oleh karena itu, dalam tulisan ini yang dimaksud dengan kekuatan bahan yang diperoleh dalam pengujian tarik adalah kekuatan yield, yang dapat dihitung dengan persamaan :

Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0} \quad (1)$$

Dimana σ_y Engineering stress (Tegangan Teknik) (MPa); P_y Beban yang diberikan dalam arah tegak lurus terhadap spesimen (N); dan A_0 Luas penampang awal sebelum spesimen diberikan pembebanan (mm^2).

Regangan komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \times 100 \% \quad (2)$$

Dimana ε adalah Enginerring Strain (Regangan Teknik) (%), L_0 panjang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm), dan ΔL pertambahan panjang (mm).

Berdasarkan kurva hasil pengujian maka modulus elastis, E (GPa) dapat dihitung dengan persamaan :

$$E = \frac{\sigma_y}{\varepsilon} \quad (3)$$

Dimana E adalah Modulus elastisitas (GPa), σ_y Engineering stress (Tegangan Teknik) (MPa)

Kekuatan Bending Komposit

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan. Untuk mengetahui kekuatan *bending* satu komposit dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami *deformasi* atau kegagalan.

Kekuatan bending dapat dirumuskan

sebagai berikut (Gibson,1994):

$$\sigma_b = \frac{\frac{PL}{4} \cdot X \cdot \frac{1}{2} \cdot d}{b \cdot X \cdot d \cdot \frac{1}{12}} \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{12 \cdot P \cdot L \cdot d}{8 \cdot b \cdot d^3} \quad (5)$$

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (6)$$

Pada perhitungan kekuatan bending ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790. Sama seperti pada persamaan di atas yaitu :

$$S = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (7)$$

Dimana S adalah tegangan *bending* (MPa), d tebal / *Depth* (mm), P beban / *Load* (N), L panjang *Span / Support span* (mm), dan b lebar / *Width* (mm).

Fraksi Volum Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik mekanik dari komposit yaitu perbandingan serat dan matriksnya. Umumnya perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi berat serat (wf). Namun formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Menurut Gibson (1994), fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

Fraksi volume serat dan matriks, dimana v_f fraksi volume serat, v_m fraksi volume matriks, dan v_v fraksi volume *void*, jika diketahui densitas serat;

$$\rho_c V_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (8)$$

Analisis teoritis tentang karakteristik mekanik komposit biasanya didasarkan pada asumsi bahwa ikatan antara serat dan matriks terjadi secara sempurna. Walaupun dalam kenyataannya tidak demikian, karena pergeseran antara muka dan deformasi pasti terjadi dalam komposit. Akibat diberi pembebanan maka akan terjadi pergeseran antara serat dan matriks akibat lunaknya ikatan *interfasial* serat-matriks.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah : Serat alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat buah lontar, *Resin Polyester*, Katalis atau *hardener*, *Wax mirrorglass*. Peralatan pendukung lainnya.

Prosedur Penelitian

Proses-proses yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut

Pembuatan Serat Buah Lontar

Pengambilan serat buah lontar, dimulai dengan memilih buah lontar yang sudah masak kemudian diambil seratnya dengan menggunakan *cutter*, Serat yang sudah terpisah dari biji buah lontar dibersihkan dari getah kuning yang menempel pada serat dengan cara dicuci menggunakan air bersih, kemudian serat dikeringkan dengan sinar matahari.

Pembuatan Komposit Dan Spesimen Komposit Lontar Uji Tarik dan Uji Bending

Komposit terdiri dari 2 bahan utama yaitu serat kulit dan biji lontar sebagai penguat dan *resin polyester* sebagai matriksnya. Serat yang digunakan adalah serat dengan menggunakan perlakuan alkali selama 5 % dengan terlebih dahulu serat direndam dengan larutan alkali selama 2 jam, kemudian setelah 2 jam serat dikeluarkan dan dibilas dengan air sampai bersih. Setelah dicuci tadi serat langsung di keringkan dibawah sinar matahari sampai benar-benar kering.

Proses pembuatan komposit adalah sebagai berikut:

- Serat terlebih dahulu disortir kemudian serat ditimbang sesuai dengan fraksi volume yang ditentukan yaitu 40%
- Pembuatan cetakan. Cetakan komposit dibuat dalam berbagai ukuran yang disesuaikan dengan jenis pengujian masing-masing yaitu untuk pengujian tarik dan bending sesuai dengan fraksi volume yang sudah ditetapkan.
- Pengolesan wax pada dinding cetakan untuk memudahkan pengambilan spesimen dari cetakan.

- Pembuatan komposit terdiri dari 1-2 lamina (*polyester-serat-polyester-serat-polyester*) dengan cetak tekan *press*. Menuangkan resin polyester kedalam cetakan, susunan seratnya acak kemudian mengulangnya sampai sesuai batas ketebalan yang sudah ditentukan.
- Tutup bagian atas cetakan dengan penutupnya dan kemudian cetakan tersebut diikat dengan menggunakan baut dan mur.
- Selanjutnya cetakan dibiarkan mengeras dan kering pada temperatur ruang selama ± 8 jam. Semua proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode dan peralatan yang sama.
- Pelepasan plat komposit dari cetakannya dengan menggunakan *cutter*.
- Pembuatan spesimen uji sesuai dengan standar pengujian yang digunakan baik bentuk maupun ukurannya. Pembentukan spesimen dengan alat gergaji besi, gurinda dan gergaji skrol.
- Spesimen siap untuk di uji.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik komposit menggunakan mesin servopulser untuk mengetahui kekuatan tarik material komposit dan sifat mekanik lainnya. Bentuk spesimen dan proses pengujian tarik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Spesimen uji tarik komposit buah lontar polyester standar ASTM D638 (b) Proses pengujian tarik.

Pengujian bending

Bentuk spesimen uji bending dan prosedur pengujian bending menggunakan alat uji *Torse Universal Testing Machine* tipe AMU-5-DE di Laboratorium Ilmu Bahan S1 Teknik Mesin UGM.



Gambar 2. (a) Spesimen uji bending komposit serat buah lontar menggunakan standar uji ASTM D790, (b) Prosedur pengujian bending.

Analisa Data

Metode analisa data yang digunakan yaitu dengan metode matematik yaitu dengan menggunakan rumus-rumus yang ada dan nilainya di ambil nilai rata-rata. Untuk mendukung analisa matematik ini, maka digunakan pula pendekatan kualitatif melalui foto makro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

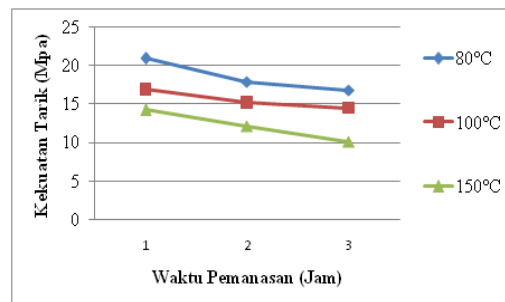
Hasil Pengujian Tarik Komposit

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

Dari pengujian *tarik* yang dilakukan terhadap spesimen uji, diperoleh data beban pengujian untuk setiap jenis komposit. Komposit dengan temperatur 80°C selama 1 jam memiliki nilai beban pengujian terbesar yaitu 20,9593 MPa. Sedangkan data yang diperoleh dari pengujian *tarik* yang dilakukan terhadap spesimen uji komposit dengan temperatur 150°C selama 3 jam memiliki nilai paling rendah yakni sebesar 10,1178 MPa.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit yang dipanaskan pada temperatur 80°C selama 1 jam yaitu sebesar 23,545469 MPa, sedangkan yang paling rendah terdapat pada pemanasan, temperatur 150°C selama 3 jam yakni sebesar 10,17 MPa. Pada grafik di atas juga menunjukkan bahwa pada temperatur yang sama namun nilai kekuatan tariknya berbeda. Fenomena menunjukkan bahwa lama

waktu pemanasan juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penurunan kekuatan tarik. Penurunan nilai kekuatan tarik dari temperatur 80°C selama 1 jam sampai pada temperatur 150°C selama 3 jam yakni mencapai 51,44%.



Gambar 3. Kekuatan Tarik Komposit Serat Lontar Dengan Perlakuan Pemanasan 80°C, 100°C 150°C Selama 1 Jam 2, Jam, dan 3 Jam

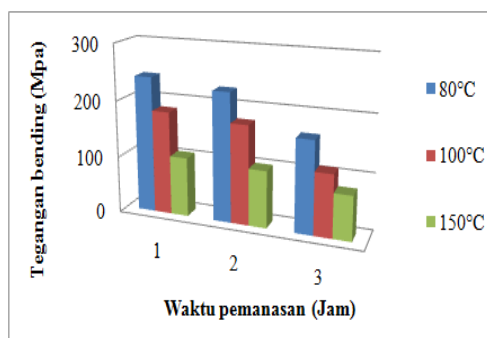
Hal ini dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik yang sangat bagus ada pada perlakuan dengan temperatur 80°C selama 1 jam.

Hasil Pengujian bending Komposit

Dari pengujian *bending* yang dilakukan terhadap spesimen uji, diperoleh data beban pengujian dan lendutan untuk setiap jenis komposit. Komposit dengan temperatur 80°C memiliki nilai beban pengujian terbesar yaitu : 999,639 N. Tegangan bending merupakan salah satu sifat mekanik yang menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan. Untuk mengetahui kekuatan *bending* suatu komposit dapat dilakukan dengan pengujian bending terhadap material komposit tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami *deformasi* yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis material dan pembebanan.

Dari hasil perhitungan di atas, telah dilakukan terhadap semua spesimen uji, kemudian data-data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik, seperti tampak pada Gambar 4. Gambar 4. Menunjukkan bahwa kekuatan

bending komposit *polyester* yang diperkuat serat buah lontar mengalami penurunan kekuatan bending seiring dengan meningkatnya waktu pemanasan dan temperatur pemanasan



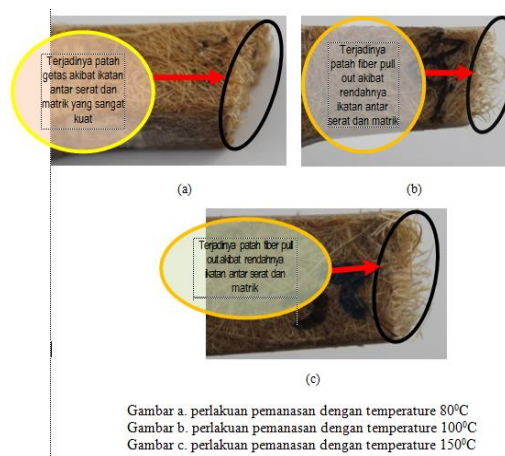
Gambar 4. Tegangan *bending* komposit buah lontar dengan perlakuan pemanasan 80°C, 100°C 150°C selama 1 jam 2, jam, dan 3 jam

Dari gambar di atas, terlihat bahwa nilai tegangan *bending* tertinggi diperoleh dari pengujian dengan temperatur 80°C selama 1 jam yaitu sebesar 240,95 MPa, sedangkan yang paling rendah terdapat pada spesimen yang mendapat perlakuan pemanasan temperatur 150°C selama 3 jam yakni sebesar 78,26 MPa. Menurunnya kekuatan bending komposit diakibatkan karena meningkatnya mobilitas kristal *polyester* sehingga ikatan *interfacial* antara kristal menjadi lemah.

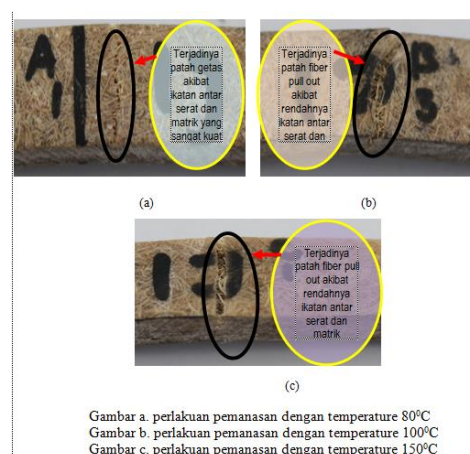
Foto Bentuk Patahan Spesimen

Dari Gambar 5 tampak didominasi peristiwa *fiber pull out*. Patahan jenis ini disebabkan oleh rendahnya ikatan *interfacial* antara serat dan matriks, sehingga ketika diberikan pembebanan pada komposit, serat tercabut dari resin namun tidak langsung putus bersamaan dengan patahnya matriks.

Dari Gambar 6, patah di atas tampak didominasi peristiwa *fiber pull out*. Patahan jenis ini disebabkan oleh rendahnya ikatan *interfacial* antara serat dan matriks, sehingga ketika diberikan pembebanan pada komposit, serat tercabut dari resin namun tidak langsung putus bersamaan dengan patahnya matriks.



Gambar 5. Penampang patah komposit serat buah lontar Uji Tarik



Gambar 6. Penampang patah komposit serat buah lontar Untuk Pengujian Bending

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada perlakuan dengan temperatur 80°C Selama 1 jam yakni sebesar 20,9593 MPa, sedangkan yang terendah pada temperatur 150°C selama 3 jam yaitu sebesar 10,1178 MPa. Regangan yang tertinggi terdapat pada perlakuan temperatur 80°C sebesar 0,01452 % dan yang terendah pada temperatur 150°C dengan

perlakuan temperatur selama 3 jam yaitu $\epsilon = 0,008986 \%$.

- Kekuatan bending yang tertinggi terdapat pada perlakuan dengan temperatur 80°C selama 1 jam yakni sebesar 240,95 MPa. Sedangkan yang terendah pada temperatur 150°C 78,26 MPa.
- Bentuk patahan pada komposit dengan perlakuan temperatur 80°C adalah jenis patahan tanpa fiber pull out sedangkan pada temperatur 150°C didominasi oleh fiber pull out Yang berarti memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

Saran

Adapun beberapa saran yang perlu diperhatikan dari proses pencetakan komposit, antara lain:

- Dalam proses pembuatan komposit serat harus benar-benar diperhatikan, sehingga akan menghasilkan komposit dengan kekakuan dan kekuatan yang tinggi.
- Pada saat melakukan proses pencetakan, diharuskan menggunakan alat pelindung
- Bagi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian lanjutan sebaiknya memperhatikan jumlah katalis atau *hardener* yang akan dicampurkan bersama resin, karena jumlah katalis yang cukup menentukan kekuatan dari komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arief Wahyu Utomo, Bambang Dwi Argo, Mochamad Bagus Hermanto, Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisiko Kimiawi Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Lidah Buaya (Aloe Vera)-Kitosan Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis* Vol. 1 No. 1, April 2013
- [2] B. Alcock, dkk, (2007). Pengaruh Temperatur dan Laju Regangan Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polypropylene (PP)
- [3] Boimau, K., dan Rochardjo, Heru. S. B., (2006), Pengaruh kadar Air Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Geser Interfacial Serat Rami Yang Diberi Perlakuan Alkali, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) V, Universitas Indonesia.
- [4] Clyne, T. W., and Jones, F. R., (2001), *Composites Interface, Encyclopedia of Materials: Science and Technology*”, Elsevier.
- [5] Diharjo, K., Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 2006, vol. 8, No. 1, hal. 8-13, Fak.Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- [6] Eichron, dkk, 2001, Mishra, dkk, (2002), Pengaruh Perlakuan Alkali NaOH Pada Serat Alam Selulosa Menunjukkan Peningkatan Mutu Permukaan Serat Alami Hydrophilic
- [7] Gibson, F, Ronald(1994). *Principle Of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill Inc.
- [8] Hartanto, Ludi, 2009. Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap kekuatan Bending, Tarik, dan Impact Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatriks Polyester BQTN 157 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta
- [9] <http://www.glowpaint.com.au/images/polyester-resin.jpg>.
- [10] Joshi dkk, 2004; Li dkk. 2008; Mukhopadhyay dkk. 2009, Serat Alam Mempunyai Keuntungan Antara Lain Kekuatan Spesifik dan Modulusnya Yang Tinggi, Densitas Rendah, Harga Rendah, Melimpah Di Banyak Negara, Emisi Polusi Yang Lebih Rendah dan Dapat Didaur Ulang
- [11] Jones, M. R.,1975, *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.

- [12] Lokantara, P. I., I Made Gatot Karohika., dan Ari Pua Susanta. 2011, Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impact Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa Dengan Perlakuan NaOH, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) X, Universitas Udayana.
- [13] Lokantara, I.Putu, Suardana, P. G. N, Karohika, G.M., (2009) Efek Fraksi Volume Serat Dan Penyerapan Air Tawar Terhadap Kekuatan Bending Komposit Tapis Kelapa/Polyester. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M Vol. 3 No.2. Oktober 2009 (12 Januari 2013, 11.00 pm)
- [14] Lokantara, I Putu., (2012). Analisa Kekuatan Impak Komposit Polyester-Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volum Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH. Jurnal Dinamika Teknik Mesin. (15 Oktober 2012, 10.00 pm).
- [15] Putu Lokantara, dan Ngakan Putu Gede Suardana, dan Made Gatot Karohika, Nanda, (2010). Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa.
- [16] Purbobutro, Pramuko, (2006). Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Impact Komposit Eceng Gondok dengan Matriks Polyester, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- [17] Rowell, R. M., dan Han, J.S., (2000), Characterization and Factors Effecting Fiber Properties, Natural Polimer and Agrofiber Composite, Brasil.
- [18] Rusmiyanto Fandhy, (2007), Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [19] Roe PJ. Dan Ansell MP, (1985) “ Jute Reinforced Polymer Composites”, Journal Of Materials Science 20, pp. 4015 4020,
- [20] Surdia,T.,(1995) Pengetahuan Bahan Teknik Pradnya Paramita Jakarta