

The Effect of Pressure on Fiber Orientation and Tensile Strength in Fiberglass Laminate Composite

Khairul Anam^{1,*} dan Anindito Purnowidodo²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya-Malang

*Corresponding author : khairul.anam27@ub.ac.id

Abstract. The use of composites in everyday life is growing because composites have a better strength to weight ratio than metals. One type of composite that is most often used as a structure is composite laminate. The material property that must be considered by the composite as a structure is a tensile strength. Various ways must be done to increase the tensile strength of a composite, one of them is adding pressure on the composite. However, research on the effect of adding pressure processes still needs to be investigated. In this study the pressure varies of 20 kg / cm², 40 kg / cm², 60 kg / cm², and 80 kg / cm². In addition, the angle of the 0° / 90° and 45° / 45° woven angle is used as the initial reference for fiber orientation before pressure is applied. From the results of the study, it can be concluded that the addition of a pressure of 40 kg / cm² has the highest tensile strength both at the angle of 0° / 90° and 45° / 45°. The fiber orientation changes the direction and distance between fibers after the compression process which affects the tensile strength of the composite.

Abstrak. Penggunaan komposit dalam kehidupan sehari – hari semakin berkembang karena komposit memiliki *strength to weight* ratio yang lebih baik daripada logam. Salah satu jenis komposit yang paling sering digunakan sebagai struktur adalah *laminated composite*. Properti material yang harus dipertimbangkan oleh komposit sebagai struktur adalah kekuatan tarik. Berbagai cara harus dilakukan untuk meningkatkan kekuatan tarik dari sebuah komposit salah satunya pemberian tekanan pada komposit. Akan tetapi, penelitian tentang pengaruh penambahan proses penekanan masih perlu di investigasi. Pada penelitian ini besar penekanan divariasikan mulai 20 kg / cm², 40 kg / cm², 60 kg / cm², dan 80 kg / cm². Selain itu, sudut *woven* 0° / 90° dan 45° / 45° dipakai sebagai acuan awal orientasi fiber sebelum dilakukan penekanan. Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan tekanan 40 kg/cm² memiliki kekuatan tarik tertinggi baik pada sudut *woven* 0° / 90° maupun 45° / 45°. Orientasi fiber mengalami perubahan arah serta jarak antar serat setelah dilakukan proses penekanan yang mana akan mempengaruhi dari kekuatan tarik dari komposit.

Keywords: Tekanan, Kekuatan Tarik, Orientasi Serat, *Laminated Composite*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Komposit merupakan material kombinasi 2 atau lebih material yang memiliki properti yang berbeda. Salah satu keunggulan dari komposit adalah memiliki *strength to weight* ratio yang lebih baik daripada logam [1,2]. Artinya, dengan kekuatan yang hampir sama dengan logam tetapi lebih ringan. Oleh sebab itu, penggunaan komposit dalam kehidupan sehari – hari semakin berkembang. Material komposit tidak hanya di aplikasikan pada bidang kapal laut, industri otomotif, dan industri pesawat terbang, namun kegunaan komposit telah merambah ke bidang lainnya seperti industri elektronik, industri alat rumah tangga dan industri alat olah raga

Salah satu jenis komposit yang paling sering digunakan sebagai struktur adalah *laminated composite*. Dimana konfigurasi berupa logam-

komposit-logam, non logam-komposit-non logam dan logam-komposit-non logam. Komposit sendiri dapat diperkuat dengan menggunakan serat atau serbuk.

Rusman Nur Ihsan melakukan penelitian tentang pengaruh susunan lamina berpenguat serat E-Glass dan serat karbon terhadap kekuatan tarik. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa kekuatan tarik tertinggi adalah *carbon fiber laminated composite* dengan rata-rata 265,99 MPa dan terendah adalah *E-glass random laminated composite* dengan rata-rata 115,01 MPa. Selain itu, serat *E-glass WR* dan serat *Hybrid* memiliki kekuatan tarik rata-rata yang hampir sama yaitu masing-masing 196,30 MPa dan 198,25 MPa [3]. Nopriantina telah meneliti pengaruh ketebalan serat pelepah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*). Ketebalan serat yang digunakan adalah 0,67 mm,

0,70 mm, 0,80 mm, 0,82 mm. Metode hand lay-up digunakan untuk membuat spesimen komposit dengan mengacu pada ASTM D638 untuk kekuatan tarik. Dari hasil penelitian yang dilakukan ternyata komposit dengan ketebalan 0,82 mm memiliki kekuatan tarik paling optimal [4].

Berdasarkan uraian diatas, penelitian tentang pengaruh proses penekanan sangat penting untuk dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dan Orientasi serat pada *fiberglass laminate composite*. Selain itu, proses penekanan juga akan berpengaruh pada ketebalan material komposit, Hal ini juga akan mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit itu sendiri sesuai dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Nopriantina.

Kekuatan tarik adalah kemampuan suatu bahan dalam menahan beban tarik yang diberikan pada benda tersebut. Fokus utama pada kekuatan tarik adalah kekuatan maksimum atau sering disebut UTS (*Ultimate Tensile Strength*) [5] dimana nilai UTS dapat dihitung menggunakan Pers. 1.

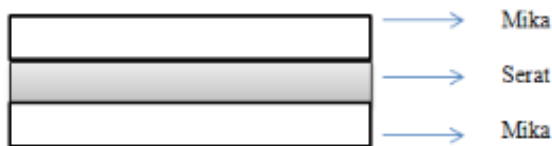
$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

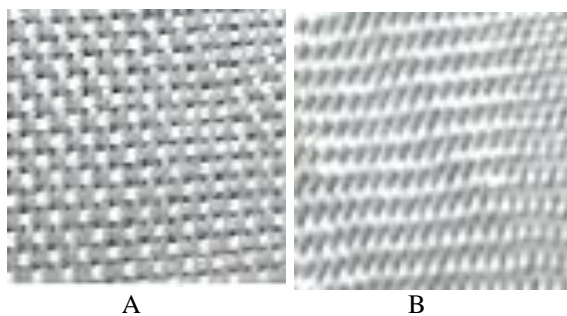
- F_{max} = Gaya maksimum (N)
- A = Luas penampang (mm²)

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental nyata (*true experimental research*). Pada penelitian ini akan diuji pengaruh proses penekanan terhadap kekuatan tarik dan orientasi serat pada *fiberglass laminate composite*. Gambar 1 menunjukkan susunan laminate yang akan diuji tarik.



Gambar 1. Konfigurasi *fiberglass laminate composite*



Gambar 2. Sudut *woven* serat A (0°/90°) ; B (45°/45°) sebelum proses penekanan

Pada penelitian ini besar penekanan divariasikan mulai 20 kg/cm², 40 kg/cm², 60 kg/cm², dan 80 kg/cm². Selain itu, sudut *woven* 0°/90° dan 45°/45° dipakai sebagai acuan awal orientasi fiber sebelum dilakukan penekanan. Gambar 2 menunjukkan sudut *woven* sebelum proses penekanan.

Material properties

Sesuai dengan Gambar 1, spesimen pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu mika/polimetil metakrilat -komposit berpenguat *fiber glass*-mika/ polimetil metakrilat (non logam-komposit-non logam). Polimetil metakrilat atau PMMA adalah matriks polimer yang digunakan dalam penelitian ini. PMMA sendiri termasuk ke dalam jenis resin yang tebus pandang atau biasa kita sebut mika. Properti mekanik PMMA dapat dilihat pada Tabel 1. Serat fiberglass merupakan serat yang paling banyak digunakan sebagai pengisi komposit. Dalam penelitian ini digunakan serat e-glass atau electrical glass. Jenis ini merupakan jenis serat yang memiliki mampu bentuk yang baik dan sempurna sehingga sekarang banyak digunakan sebagai serat penguat material dan biasa disebut *fiber glass*. [6] Adapun tensile strength *fiber glass* adalah 2.162,459 MPa.

Tabel 1. Properti mekanik PMMA [7]

Mechanical Properties	Value
Hardness, Rockwell M	63 – 97
Tensile Strength	47 – 79 MPa
Tensile Modulus	2,2 – 3,8 GPa

Persiapan spesimen

Pembuatan spesimen *fiber glass laminate composite* dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, membuat spesimen mika dengan dengan standard yang sudah sesuai desain. Kedua, membuat campuran epoksi adhesive dengan *hardener* dengan perbandingan 1:1, kemudian diaduk secara merata dan didiamkan selama 30 detik. Ketiga, mendistribusikan *epoksi adhesive* pada mika pertama secara merata. Keempat, merekatkan serat pada mika yang sudah di beri *epoksi adhesive*. Kelima, masukkan *laminate composite* tersebut ke dalam cetakan yang sudah diberi lilin atau glaze agar komposit tidak menempel pada cetakan. Keenam, pindahkan cetakan komposit tersebut pada mesin press untuk dapat perlakuan terlebih dahulu. Mesin Press yang digunakan memiliki spesifikasi maksimum tekanan sebesar 300 kg/cm². Alat penekan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin press

Setelah melewati proses pembuatan komposit maka komposit diuji tarik dengan alat *hydraulic servo pulser* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Alat ini merupakan mesin untuk pengujian *fatigue*, *creep*, dan tarik. Dengan spesifikasi mesin *max static load* sebesar ± 50 kN (Range 1 – 50 kN). Pada alat tersebut komposit yang diuji tarik akan menghasilkan data berupa file yang akan di simpan di dalam komputer. Sehingga kita akan dapat langsung mengolah data tersebut.

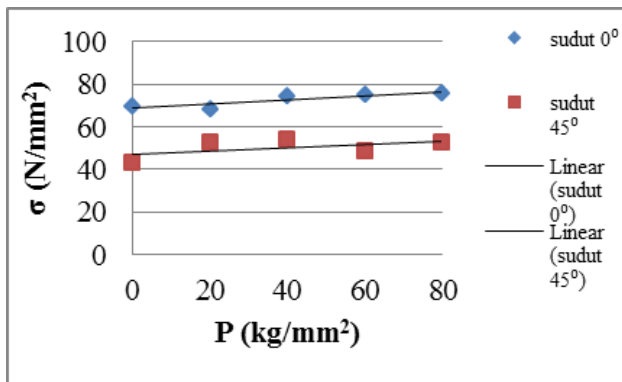


Gambar 4. Hydraulic Servo Pulser

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh proses penekanan terhadap kekuatan tarik

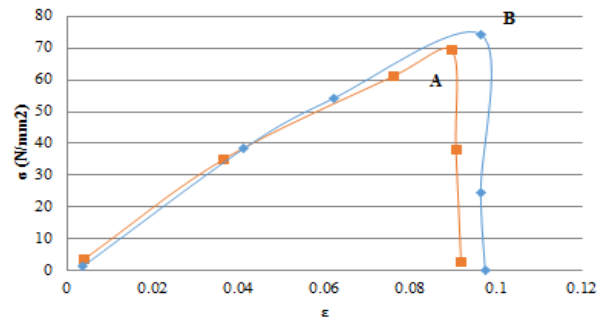
Dari proses pengujian tarik komposit menggunakan mesin *hydraulic servo pulser* di dapatkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



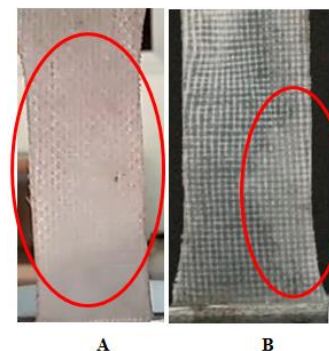
Gambar 5. Kekuatan Tarik Komposit dengan Variasi Sudut Woven pada Tekanan Berbeda dan Waktu Konstan

Gambar 5 merupakan hubungan antara kekuatan tarik komposit dengan variasi sudut *woven* pada tekanan berbeda. Dapat kita lihat semakin besar tekanan yang diberikan pada komposit maka kekuatannya akan bertambah besar juga. Dari gambar 5 juga dapat kita lihat bahwa komposit dengan variasi sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan variasi sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$. Kekuatan tarik tertinggi pada komposit sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ adalah sebesar 74.395 N/mm² dan untuk komposit sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$ adalah sebesar 54.045 N/mm². Hal ini dapat memberikan indikasi bahwa komposit yang mendapatkan tekanan akan membuat distribusi perekat pada *laminat* akan merata. Sehingga matriks dan serat akan melekat dengan baik dan akan menaikkan kekuatan tarik.

Pengaruh proses penekanan terhadap orientasi fiber glass



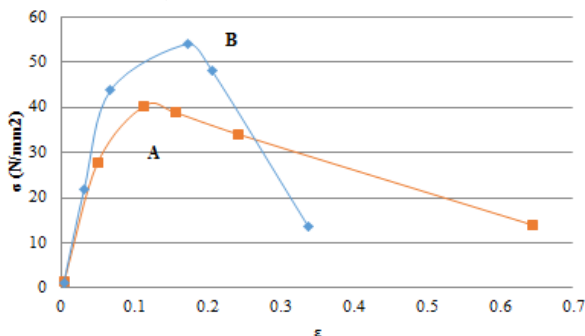
Gambar 6. Diagram tegangan-regangan, A : Komposit sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$, B : Komposit sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan perlakuan Tekanan 40 kg/cm²



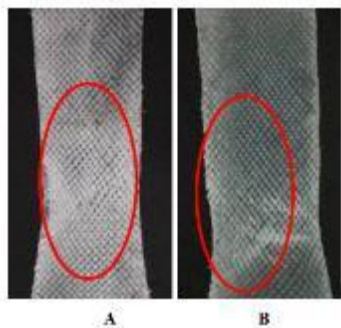
Gambar 7. Fase Komposit ; A : Komposit sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$; B : Komposit sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan perlakuan Tekanan 40 kg/cm²

Gambar 7 merupakan perbandingan komposit antara sudut *woven* $0^{\circ}/90^{\circ}$ tanpa perlakuan dan dengan tekanan 40 kg/cm² saat komposit berada pada kekuatan tarik tertinggi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pada saat fase tersebut

terlihat perbedaan perubahan warna pada komposit yang merupakan mulai terlepasnya perekat antara matriks dan serat. Dapat kita lihat bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kedua komposit tersebut. Hal ini dikarenakan komposit dengan orientasi serat $0^{\circ}/90^{\circ}$ tanpa perlakuan terdapat delaminasi yang tinggi sedangkan komposit dengan perlakuan mengalami delaminasi lebih rendah saat mencapai kekuatan tarik tertinggi. Perbedaan lain yang dapat dilihat adalah kekuatan tariknya, dimana komposit dengan perlakuan tekanan 40 kg/cm^2 memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa perlakuan yaitu $74,395 \text{ N/mm}^2$ dan $68,222 \text{ N/mm}^2$.



Gambar 8. Diagram tegangan-regangan, A : Komposit sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$, B : Komposit sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$ dengan perlakuan Tekanan 40 kg/cm^2 .



Gambar 9. Fase Komposit ; A : Komposit sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$; B : Komposit sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$ dengan perlakuan Tekanan 40 kg/cm^2 .

Gambar 9 merupakan perbandingan komposit antara sudut *woven* $45^{\circ}/-45^{\circ}$ tanpa perlakuan dan dengan tekanan 40 kg/cm^2 saat komposit berada pada kekuatan tarik tertinggi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pada saat fase tersebut terlihat perbedaan perubahan warna pada komposit yang merupakan mulai terlepasnya perekat antara matriks dan serat. Hal yang menjadi pembeda adalah komposit dengan orientasi sudut serat $45^{\circ}/45^{\circ}$ tanpa perlakuan mengalami delaminasi yang tinggi sebelum komposit mengalami patah atau kerusakan. Terlihat bahwa dari delaminasi yang tinggi adalah komposit mengalami pengerutan dan memutih mengikuti arah orientasi serat

sebelum komposit patah. Sedangkan komposit dengan orientasi sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$ dengan perlakuan tekanan 40 kg/cm^2 hanya sedikit mengalami delaminasi. Hal ini dikarenakan pemberian perlakuan dapat meratakan perekat antara matriks dan serat sehingga komposit sedikit mengalami delaminasi. Untuk kekuatan tariknya pun komposit dengan perlakuan memiliki kekuatan tarik tertinggi apabila dibandingkan dengan tanpa perlakuan yaitu sebesar $54,045 \text{ N/mm}^2$ dan $43,073 \text{ N/mm}^2$.

Untuk perlakuan sudut *woven* yang berbeda hasil penelitian sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ memiliki kekuatan lebih tinggi dari pada sudut $45^{\circ}/45^{\circ}$. Hal ini dikarenakan beban yang diterima oleh komposit $0^{\circ}/90^{\circ}$ langsung terpusat pada matriks dan serat komposit sehingga kekuatan yang dihasilkan tinggi tetapi untuk ketahanan menahan beban komposit bersudut *woven* $0^{\circ}/90^{\circ}$ lebih cepat terdeformasi dan patah sehingga sifat dari komposit tersebut getas. Kemudian pada komposit bersudut *woven* $45^{\circ}/-45^{\circ}$ kekuatan yang diperoleh cenderung lebih kecil dibandingkan dengan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ ini dikarenakan beban yang diterima oleh komposit terbagi-bagi oleh sudut yang dihasilkan dari serat dan matriks. Tetapi untuk ketahanan menahan beban sudut $45^{\circ}/-45^{\circ}$ lebih kuat dibandingkan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ sehingga sifat dari komposit adalah *ductile*.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh proses penekanan terhadap orientasi serat dan kekuatan tarik pada *fiberglass laminate composite* dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan tekanan 40 kg/cm^2 memiliki kekuatan tarik tertinggi baik pada sudut *woven* $0^{\circ}/90^{\circ}$ maupun $45^{\circ}/45^{\circ}$. Orientasi fiber mengalami perubahan arah serta jarak antar serat setelah dilakukan proses penekanan yang mana akan mempengaruhi dari kekuatan tarik dari komposit.

Referensi

- [1] Ronald F. Gibson. 1994. Principle of Composite Materials Mechanics. Departement of Metallurgical Engineering, Utah.
- [2] Hilmi Iman Firmansyah, dkk. 2018. Pengaruh Mechanical Bonding pada Aluminium dengan Serat Karbon terhadap Kekuatan Tarik Fiber Metal Laminates. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.9, No.2.
- [3] Nur Ichsan Rusman. 2015. Pengaruh susunan Lamina Komposit Berpenguat

Serat E-glass dan Carbon terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Polyester.

- [4] Noni Nopriantina, Astuti. 2013. Pengaruh Ketebalan Serat Pelepah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester-Serat Alam. *Jurnal Fisika Unand* Vol. 2, No. 3.
- [5] George E. Dieter. 1992. *Metalurgi Mekanik*, Jilid 2, Jakarta: Erlangga.
- [6] Surdia, Tata. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [7] Crawford. R. J. 1998. *Plastics Engineering* Butterworth Heinemann.