

PENGARUH WOVEN ANGLE DAN PROSES PENEKANAN TERHADAP TEGANGAN TARIK PADA NATURAL FIBER LAMINATE COMPOSITE

Khairul Anam, Anindito Purnowidodo, Sofyan Arief Setyabudi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono No. 167, Malang, 65145, Indonesia
E-mail: khairul.anam27@ub.ac.id

Abstract

The aim of this study is to investigate the effects of pressure and woven angle on the tensile strength of natural fiber laminate composite. Pandanus tectorius and polymethyl methacrylate (PMMA) was used as natural fiber and matrix, respectively. The epoxy adhesive joint is used to connect between natural fiber and matrix. The pressure time of 10 s, 15 s, 30 s and the pressure of 20 N/mm², 40 N/mm², 60 N/mm² were used in this study. 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 60 N / mm² and pressure time of 30 s has the highest tensile strength both at the angle of 0° / 90° and 45° / 45°. However, the tensile strength at the angle of 0° / 90° is higher than 45° / 45°. In addition, the number of adhesives decreased with increasing the pressure which will lead to delaminating.

Keywords: Tensile Strength, Woven Angle, Pressure, Natural Fiber, Laminate Composite

PENDAHULUAN

Penggunaan komposit dalam kehidupan sehari – hari semakin berkembang tidak hanya sampai bidang kapal laut, industri otomotif, dan industri pesawat terbang tetapi kegunaan komposit telah merambah ke bidang lainnya seperti industri elektronik, industri alat alat rumah tangga dan industri alat olah raga [1]. Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material baru yang memiliki properti lebih baik dari keduanya dan terjadi dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata). Salah satu keunggulan dari komposit adalah memiliki perbandingan kekuatan dengan berat yang lebih baik daripada logam [2,3]. Salah satu jenis komposit yang paling sering digunakan sebagai struktur adalah *laminate 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 [4].

Seiring dengan perkembangannya, penerapan komposit dalam kehidupan sehari-hari tidak terlepas dari isu lingkungan karena sulit terurai. Oleh sebab itu, komposit yang ramah lingkungan, mudah terurai, *sustainable*, dan dapat diperbaharui merupakan salah satu

syarat yang penting dalam proses pembuatan komposit [5,6]. Oleh sebab itu, penggunaan *natural fiber* sangat dibutuhkan sebagai penguat komposit yang mana juga memiliki harga yang relatif murah [6,7]. Akan tetapi, properti mekanik dari setiap natural fiber sangat bervariasi sehingga akan berpengaruh terhadap kekuatannya [8].

Penelitian mengenai pembuatan komposit menggunakan serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*) sebagai *filler* masih jarang ditemui. Adanya beberapa penelitian mengenai kegunaan komposit serat alam lebih menguntungkan dari segi pembuatan. Kekuatan pada komposit dipengaruhi juga oleh faktor-faktor seperti temperatur, tebal matrik, dan sudut penyusunan seratnya. Serat daun pandan tergolong pada *cellulosic materials* yang memiliki karakteristik mekanik yang bagus dan stabilitas yang bagus terhadap temperatur [9-11].

Jufra melakukan penelitian tentang pengaruh fraksi volume serat pelepah gebang (*Corypha Utan Lamarck*) terhadap sifat mekanik pada komposit bermatrik epoksi. Dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa kekuatan tarik dan kekuatan dampak meningkat seiring meningkatnya fraksi volume serat [4]. Budha maryanti juga melakukan investigasi pada pengaruh alkalisasi komposit serat kelapa-

poliester terhadap kekuatan tarik. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa peningkatan persentase alkalisasi dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit [10]. Rusman Nur Ichsan 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 laminate composite dengan rata-rata 265,99 MPa dan terendah adalah E-glass random laminate 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 [12]. 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 [13].

Berdasarkan uraian diatas, penelitian tentang *woven angle* dan pengaruh proses penekanan sangat penting untuk dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik *natural fiber 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) [14] dimana nilai UTS dapat dihitung menggunakan Pers. 1.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \tag{1}$$

Keterangan :

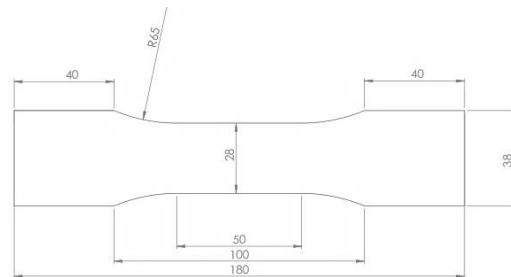
F_{max} = Gaya maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental nyata (*true experimental*

research). Pada penelitian ini akan diuji pengaruh *woven angle* dan proses penekanan terhadap kekuatan tarik *natural fiber laminate composite*. Dimensi spesimen yang akan diuji di penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi spesimen dengan satuan dalam mm.



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

Pada penelitian ini besar penekanan divariasikan mulai 20 N/mm², 40 N/mm² dan 60

N/mm² dan lama penekanan divariasikan mulai 10 s, 15 s, 30 s. 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

Spesimen pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu mika/PMMA – *natural fiber composite* – mika/PMMA (non logam-komposit-non logam). 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 daun pandan merupakan serat alami yang paling banyak digunakan serta mudah dalam proses pembuatannya. Dalam penelitian serat daun pandan ini dijadikan sebagai *natural fiber composite*. Kekuatan tarik maksimum serat daun pandan adalah 1-3 MPa.

Tabel 1. Properti mekanik PMMA [15]

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

Persiapan spesimen

Pembuatan spesimen *natural fiber laminate composite* dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, spesimen mika dibuat sesuai dengan 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. 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 3. Mesin press



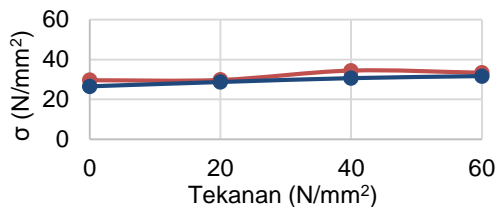
Gambar 4. Hydraulic Servo Pulser

HASIL DAN PEMBAHASAN

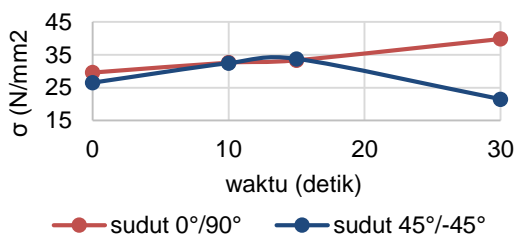
Pengaruh proses penekanan terhadap kekuatan tarik

Dari proses pengujian tarik komposit menggunakan mesin *hydraulic servo pulser* di dapatkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6. Gambar 5 merupakan hubungan antara kekuatan tarik komposit dengan variasi sudut woven pada tekanan berbeda dan waktu konstan. Dapat dilihat bahwa semakin besar tekanan yang diberikan pada komposit maka kekuatan tariknya akan bertambah besar juga. Dari Gambar 5 juga dapat kita lihat bahwa komposit dengan variasi sudut 0°/90° memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan variasi sudut 45°/45°. Kekuatan tarik tertinggi pada komposit sudut 0°/90° adalah sebesar 34.389 N/mm² dan untuk komposit sudut 45°/45° adalah sebesar 31.671

N/mm². Hal ini dapat memberikan indikasi bahwa komposit yang mendapatkan tekanan akan membuat distribusi perekat pada laminate akan merata. Sehingga matriks dan serat akan melekat dengan baik dan akan menaikkan kekuatan tarik.



Gambar 5. Kekuatan tarik maksimum komposit dengan sudut serat 0°/90° dan sudut serat 45°/-45° pada besar penekanan berbeda dan waktu konstan (15 s)

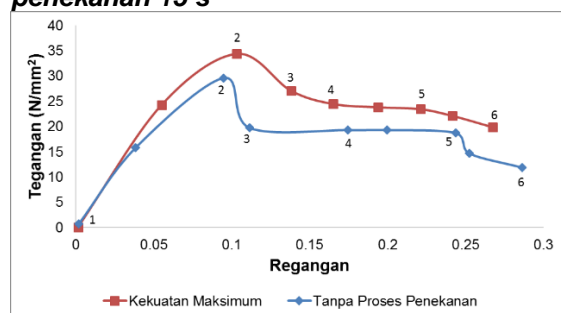


Gambar 6. Kekuatan tarik maksimum komposit dengan sudut serat 0°/90° dan sudut serat 45°/-45° pada waktu penekanan berbeda dan besar tekanan konstan konstan (60 N/mm²)

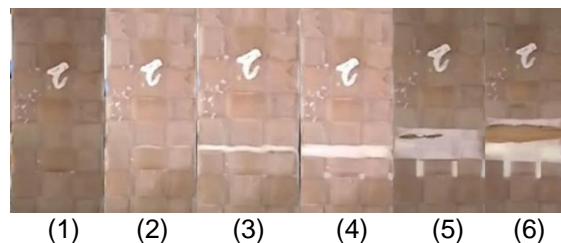
Dari Gambar 6 dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik akibat adanya variasi lama penekanan pada 60 N/mm² baik pada spesimen dengan serat sudut 0°/90° maupun spesimen dengan serat sudut 45°/-45°. Pada spesimen dengan serat sudut 0°/90° mencapai kekuatan maksimalnya sebesar 39.792 (N/mm²). Pada spesimen dengan sudut serat 45°/-45° kekuatan maksimalnya sebesar 33.728 (N/mm²). Pada spesimen dengan sudut serat 0°/90° grafiknya cenderung meningkat terus sampai lama penekanan 30 detik, sedangkan pada spesimen dengan sudut 45° kekuatannya sudah menurun ketika spesimen yang diberi penekanan waktu lebih dari 15 detik. Hal ini disebabkan dengan lamanya penekanan yang diberikan pada spesimen, menyebabkan

semakin banyaknya volume perekat yang keluar dari spesimen itu sendiri. semakin banyak volume perekat yang keluar, maka dapat mempengaruhi kekuatannya. Selain disebabkan pengaruh volume perekat yang keluar, faktor lain juga berpengaruh terhadap kekuatan tariknya, seperti gas yang terperangkap pada saat proses produksi, kekasaran permukaan antar serat dengan matriks dan faktor lainnya.

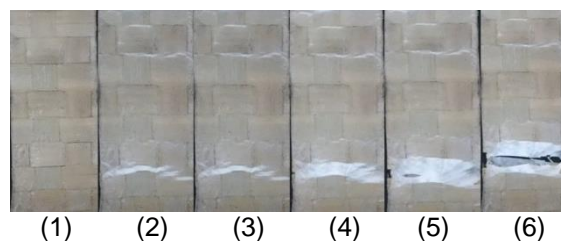
Perilaku patahan spesimen dengan sudut 0°/90° dengan variasi tekanan dan waktu penekanan 15 s



Gambar 7. Diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 0°/90° dengan waktu penekanan 15 s



Gambar 8. Fase patahan spesimen dengan sudut 0°/90° tanpa penekanan



Gambar 9. Fase patahan spesimen dengan sudut 0°/90° yang memiliki kekuatan paling tinggi dengan penekanan 40 N/mm²

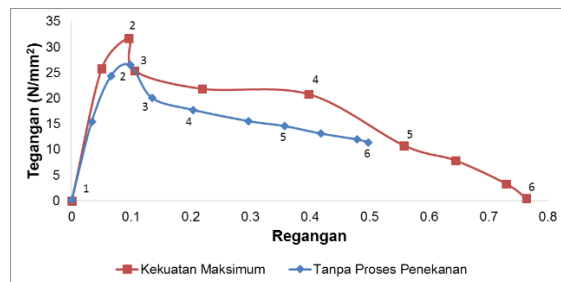
Gambar 7 menunjukkan diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 0°/90° dengan waktu penekanan 15 s antara

spesimen dengan nilai kekuatan maksimum dan spesimen tanpa penekanan. Sedangkan Gambar 8 dan 9 merupakan fase patahan yang terjadi pada kedua spesimen sesuai dengan posisi yang ditunjukkan pada Gambar 7. Pada Gambar 8 dan 9, poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar. (4) pada spesimen serat daun pandan sudah sepenuhnya patah tetapi mika pada spesimen belum patah dan terjadi delaminasi. (5) pada spesimen mika mulai mengalami putus. (6) pada spesimen 0°/90° sudah mengalami putus seluruhnya. Dari Gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa saat proses pengujian terjadi delaminasi dimana delaminasi adalah suatu keadaan dimana antara matrik dan serat tidak menempel secara merata. Pada spesimen tanpa tekanan delaminasi bisa terjadi karena ikatan yang terbentuk dengan serat dan mika tidak terlalu sempurna sehingga daya rekatnya rendah. Hal ini yang akan menjadi pemicu munculnya delaminasi. Berbeda dengan spesimen yang memiliki kekuatan tarik tertinggi, munculnya delaminasi lebih lama dibandingkan spesimen tanpa penekanan karena proses penekanan dapat membantu untuk mendistribusikan perekat ke semua area.

Perilaku patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° dengan variasi waktu penekanan 15 s

Gambar 10 menunjukkan diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 45°/-45° dengan waktu penekanan 15 s antara spesimen dengan nilai kekuatan maksimum dan spesimen tanpa penekanan. Sedangkan Gambar 11 dan 12 merupakan fase patahan yang terjadi pada kedua spesimen sesuai dengan posisi yang ditunjukkan pada Gambar 10. Pada Gambar 11 dan 12, poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar. (4) pada spesimen serat daun pandan sudah sepenuhnya patah tetapi mika pada spesimen belum patah dan terjadi delaminasi. (5) pada spesimen mika mulai mengalami putus. (6) pada spesimen 45°/-45° sudah mengalami putus seluruhnya. Dari Gambar 11 dan 12

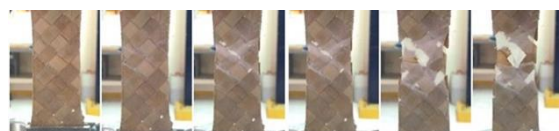
dapat dilihat bahwa saat proses Pengujian juga terjadi delaminasi seperti halnya spesimen 0°/90° akan tetapi delaminasi yang terjadi pada spesimen dengan kekuatan maksimum sedikit lebih luas daripada spesimen tanpa proses penekanan.



Gambar 10. Diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 45°/-45° dengan waktu penekanan 15 s



(1) (2) (3) (4) (5) (6)
Gambar 11. Fase patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° tanpa penekanan

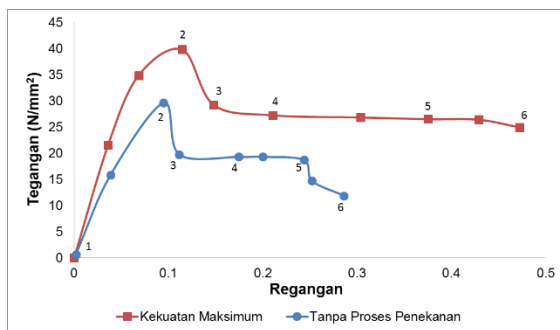


(1) (2) (3) (4) (5) (6)
Gambar 12. Fase patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° yang memiliki kekuatan paling tinggi dengan penekanan 60 N/mm²

Perilaku patahan spesimen dengan sudut 0°/90° dengan variasi lama penekanan dan tekanan 60 N/mm²

Gambar 13 menunjukkan diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 0°/90° dengan variasi lama penekanan dan tekanan 60 N/mm² antara spesimen dengan nilai kekuatan maksimum dan spesimen tanpa penekanan. Sedangkan Gambar 14 merupakan fase patahan yang terjadi pada spesimen sesuai dengan posisi yang ditunjukkan pada Gambar 13. Pada Gambar 14, poin nomor (1)

adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar. (4) pada spesimen serat daun pandan sudah sepenuhnya patah tetapi mika pada spesimen belum patah dan terjadi delaminasi. (5) pada spesimen mika mulai mengalami putus. (6) pada spesimen 0°/90° sudah mengalami putus seluruhnya. Dari Gambar 14 dapat dilihat adanya *pull out* yang terjadi pada spesimen. *Pull out* adalah keadaan dimana beban yang diterima komposit terlebih dahulu diterima seratnya sehingga serat patah terlebih dahulu. Hal ini dapat disebabkan karena kurang meratanya gaya pembebanan yang diterima serat dan matriks. Selain mengalami *pull out*, pada spesimen juga terjadi delaminasi sebelum patah.



Gambar 13. Diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 0°/90° dengan besar penekanan 60 N/mm²

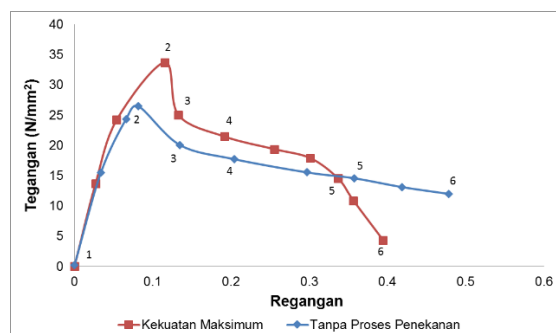


Gambar 14. Fase patahan spesimen dengan sudut 0°/90° yang memiliki kekuatan paling tinggi dengan waktu penekanan 30 s

Perilaku patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° dengan variasi lama penekanan dan tekanan 60 N/mm²

Gambar 15 menunjukkan diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 45°/-45° dengan variasi lama penekanan dan

tekanan 60 N/mm² antara spesimen dengan nilai kekuatan maksimum dan spesimen tanpa penekanan. Sedangkan Gambar 16 merupakan fase patahan yang terjadi pada kedua spesimen sesuai dengan posisi yang ditunjukkan pada Gambar 15. Pada Gambar 16 dan 12, poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. Pada poin (2) sampai (3) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk semakin melebar. (4) pada spesimen serat daun pandan sudah sepenuhnya patah tetapi mika pada spesimen belum patah dan terjadi delaminasi. (5) pada spesimen mika mulai mengalami putus. (6) pada spesimen 45°/-45° sudah mengalami putus seluruhnya. Dari Gambar 16 dapat dilihat bahwa spesimen dengan sudut 45°/-45° tanpa proses penekanan yang ditunjukkan oleh Gambar 11 cenderung mengalami delaminasi lebih besar daripada spesimen sudut 45°/-45° dengan kekuatan maksimal sehingga spesimen tanpa proses penekanan mengalami fase mulur lebih lama sedikit dibandingkan spesimen dengan kekuatan maksimum.



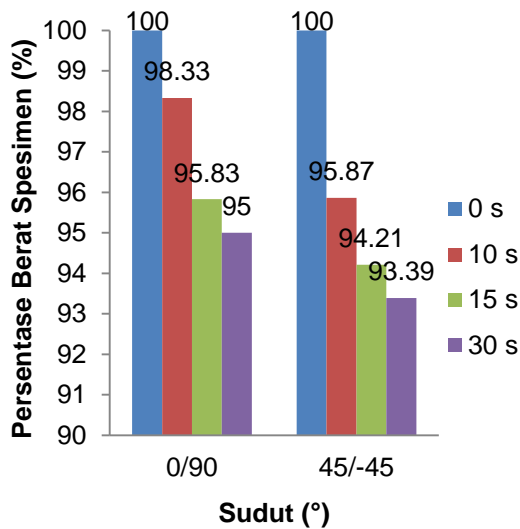
Gambar 15. Diagram tegangan-regangan spesimen dengan sudut 45°/-45° dengan dengan besar penekanan 60 N/mm²



Gambar 16. Fase patahan spesimen dengan sudut 45°/-45° yang memiliki kekuatan paling tinggi dengan lama penekanan 15 s

Persentase berat spesimen sudut 0°/90° dan 45°/-45° pada variasi penekanan dan waktu konstan (15 s)

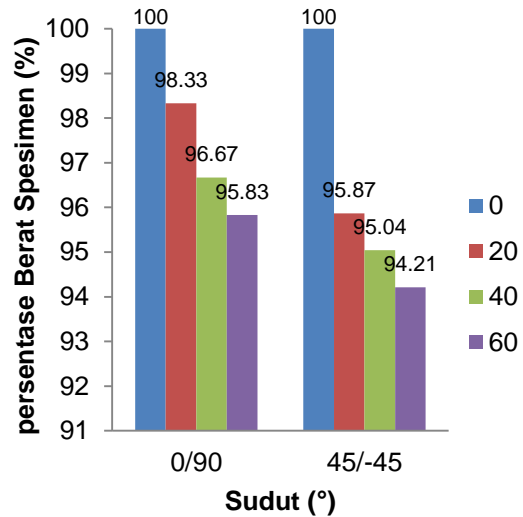
Gambar 17 menunjukkan perbandingan persentase berat spesimen setelah dilakukan proses penekanan. persentase berat pada spesimen semakin menurun seiring dengan bertambahnya penekanan yang diberikan pada spesimen sedangkan waktu penekanan dibuat sama yaitu 15 s. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang diberikan pada spesimen dapat mempengaruhi berat spesimennya dan juga tebal spesimen. Peristiwa ini disebabkan oleh terlepasnya perekat dari spesimen saat dilakukan penekanan.



Gambar 17. Perbandingan persentase berat spesimen setelah dilakukan proses penekanan dengan lama penekanan yang sama.

Gambar 18 menunjukan perbandingan persentase berat pada spesimen dengan sudut 0°/90° dan spesimen sudut 45°/-45° yang semakin menurun seiring dengan lama penekanan yang diberikan pada spesimen dengan penekanan tetap sebesar 60 N/mm². Pada gambar terlihat bahwa persentase beratnya semakin menurun, hal ini dikarenakan volume perekat pada spesimen semakin berkurang karna mendapat tekanan yang lama. Sehingga berat spesimen semakin menurun. Semakin banyaknya volume perekat yang keluar, dapat mempengaruhi kekuatan pada spesimen itu sendiri. Semakin sedikit volume perekat pada spesimen maka semakin kecil

kekuatannya karena daya rekat antar matrik dengan serat lebih kecil.



Gambar 18. Perbandingan persentase berat spesimen setelah dilakukan proses penekanan besar penekanan yang sama.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pengaruh *woven angle* dan proses penekanan terhadap orientasi serat dan kekuatan tarik pada *natural fiber laminate composite* dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan tekanan sebesar 60 N/mm² dengan lama penekanan 30 s memiliki kekuatan tarik tertinggi baik pada *woven angle* 0° / 90° dan 45° / -45°. Akan tetapi, nilai kekuatan tarik pada *woven angle* 0° / 90° lebih besar daripada 45° / -45°. Semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka persentase berat perekat pada spesimen semakin berkurang. Fenomena ini akan menyebabkan munculnya delaminasi pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K.F. Wang, B.L. Wang. 2018. A *Mechanical Degradation Model for Bidirectional Natural fiber Reinforced Composites under Hydrothermal Ageing and Applying in Buckling and Vibration Analysis*. Composite Structures 206, pp. 594-600.

[2] Ronald F. Gibson. 1994. *Principle of Composite Materials Mechanics*. Departement of Metallurgical Engineering, Utah.

- [3] Hilmi Iman Firmansyah, Anindito Purnowidodo, Sofyan Arief Setyabudi. 2018. Pengaruh Mechanical Bonding pada Aluminium dengan Serat Karbon terhadap Kekuatan Tarik Fiber Metal Laminates. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.9, No.2, pp. 127-134.
- [4] Jufra Daud Johanis Abanat, Anindito Purnowidodo, Yudy Surya Irawan. 2012. Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (*Corypha Utan Lamarck*) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bermatrik Epoksi. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.3, No.2, pp. 352-361.
- [5] Rasha M. Sheltami, Ibrahim Abdullah, Ishak Ahmad, Alain Dufresne dan Hanieh Kargarzadeh. 2012. *Extraction of Cellulose Nanocrystals from Mengkuang Leaves (Pandanus Tectorius). Carbohydrate Polymers* 88, pp. 772-779.
- [6] V. Navya Geethika, V. Durga Prasada Rao. 2017. *Study of Tensile Strength of Agave Americana Fibre Reinforced Hybrid Composites*. *Materials Today: Proceedings* 4, pp. 7760-7769.
- [7] Vignesh P., G. Venkatachalam, A. Gautham Shankar, Anshuman Singh, Rishi Pagaria dan Ankita Prasad. 2018. Studies on Tensile Strength of Sugarcane Fiber Reinforced Hybrid Polymer Matrix Composite. *Materials Today: Proceeding* 5, pp. 13347-13357.
- [8] Goulart, S.A.S., Oliveira, T.A, Teixeira, A., Miléo, P.C., Mulinari, D.R. 2011. Mechanical Behaviour of Polypropylene Reinforced Palm Fibers Composites, *Procedia Engineering*. 10, pp. 2034–2039.
- [9] Budha Maryanti, A. As'ad Sonief dan Slamet Wahyudi. 2011. Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.2, No.2, pp. 123-129.
- [10] C. Baillie, C. Rose, R. Murphy, T. Nishino, P. Peltola, R. A. Shanks, D. Plackett, S. H. Aziz and M.P. Ansell, M. Sain and S. Panthapulakkal, N. Tucker, A. Hodzic, J. C. Arnold. 2004. *Green Composites: Polymer Composites and Environment*. Elsevier.
- [11] C. Elanchezhian, B. Vijaya Ramnath, G. Ramakrishnan, M. Rajendrakumar, V. Naveenkumar dan M.K. Saravanakumar. 2018. *Review on Mechanical Properties of Natural Fiber Composites*. *Materials Today: Proceedings* 5, pp. 1785-1790.
- [12] Nur Ichsan Rusman. 2015. Pengaruh susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-glass dan Carbon terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Polyester.
- [13] 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.
- [14] George E. Dieter. 1992. *Metalurgi Mekanik*, Jilid 2, Jakarta: Erlangga.
- [15] Crawford. R. J. 1998. *Plastics Engineering* Butterworth Heinemann.