

## Bending Strength Analysis on Composite Reinforced with Discontinuous Dewang Leaf (*Corypha Utan Lam*)

Jefri Samuel Bale<sup>1,\*</sup>, Domingus G.H. Adoe<sup>1</sup> dan Meki I. Sing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

\*Korespondensi: jefri\_bale@staf.undana.ac.id

**Abstract.** The purpose of this research is to understand the bending strength of discontinuous gewang leaf (*corypha utan lam*) composite material. In this research, the length variation of discontinuous gewang leaf was 13 mm, 25 mm and 50 mm with unidirectional of reinforcement orientation (perpendicular to loading direction). The specimens were manufactured and tested according to ASTM D790 standard. The test results showed that the maximum 5 cm length of discontinuous leaf gewang produced the highest bending strength of 91.8 MPa and the highest Modulus of 220 MPa. This phenomenon caused by the longer of gewang leaf, the load transfer from the matrix to the gewang leaf is larger and the interfacial bond is stronger because the bridging effect of the reinforcement length gives better reinforcement properties to the composite specimen. The observation of the damage indicates that the domination of pull-out damage mechanism as a result of the propagation of the damage where begins with the matrix cracking. Based on the test results, it can be concluded that the reinforcement length of discontinuous leaf gewang had an influence on bending strength where discontinuous of gewang leaf with a length of 50 mm had a better bending strength compared with the length variation of other shorter reinforcement.

**Abstrak.** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan bending dari komposit berpenguat discontinuous daun gewang (*corypha utan lam*). Dalam penelitian ini variasi panjang daun gewang diskontinu adalah 13 mm, 25 mm dan 50 mm dengan orientasi penguat unidirectional (tegak lurus dengan arah beban). Spesimen di manufaktur dan di uji sesuai dengan ASTM D790. Hasil pengujian menunjukkan panjang maksimum 5cm dari daun gewang lebih besar dan lebih kuat ikatan antara permukaan dikarenakan efek jembatan dari panjang penguat memberikan properties lebih baik ke spesimen komposit. Pengamatan kerusakan mengindikasi mekanisme kerusakan pull out dominan dikarenakan penyebaran kerusakan yang di awali dengan crack matriks. Dari hasil pengujian, bias disimpulkan bahwa panjang dari penguat discontinuous daun gewang mempunyai pengaruh pada kekuatan bending dimana daun dengan panjang 50 mm mempunyai kekuatan bending lebih baik dibandingkan dengan variasi penguat yang lebih pendek

**Kata kunci:** discontinuous, Gewang leaf, composite, bending

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Perkembangan teknologi komposit saat ini mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat sintetis menjadi bahan komposit dengan penguat alamiah [1]. Di NTT, tanaman gewang memiliki potensi sebagai penguat pada material komposit dengan memanfaatkan daun gewang (*corypha utan lam*). Daun gewang (gambar 1) banyak digunakan untuk atap rumah penduduk dan belum dimanfaatkan dengan baik untuk peningkatan nilai ekonomis dan teknologi nya.

Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan daun gewang sebagai penguat material komposit telah dilakukan oleh Rohldus, 2015 [2]. Dalam proses pembuatannya, daun gewang dibentuk menjadi serat pendek. Serat pendek yang dibentuk memerlukan proses yang cukup rumit dan memakan waktu yang cukup lama. Selain itu, pada saat proses pembentukan material komposit, serat pendek gewang

banyak mengalami *buckling down* dan perubahan orientasi serat yang dapat mempengaruhi kekuatan mekanik material komposit yang dihasilkan.



**Gambar 1.** Daun Gewang

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan rekayasa bentuk *discontinuous* daun gewang sebagai penguat pada material komposit tanpa proses pemisahan dari daunnya untuk peningkatan efektifitas waktu fabrikasi dan mencegah *buckling down*. Selain itu, penguat berbentuk *discontinuous* memiliki keunggulan di bandingkan dengan penguat berben-

tuk serat pada material komposit sintetis seperti *low cost*, *easy to produce* dan *better mechanical properties* [3, 4].

Penelitian mengenai kajian terhadap tipe penguat *discontinuous fiber* pada material komposit dan pengaruhnya terhadap kekuatan mekanis dan sifat kerusakan telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu diantaranya; Harper, 2006 [5] melakukan penelitian mengenai *discontinuous* serat carbon untuk aplikasi otomotif. Tipe penguat ini mempunyai keuntungan dari segi volume produksi dibanding tipe penguat lainnya. Qian, dkk, 2011 [6], dalam penelitiannya tentang perilaku dari *discontinuous* serat karbon menunjukkan bahwa UTS (*ultimate tensile strength*) dari tipe komposit ini dapat dipengaruhi oleh dimensi spesimen dan menunjukkan sifat tidak sensitif karena adanya lubang dengan ukuran diameter 4.7 mm - 18.75 mm dimana kerusakan yang terjadi tidak di daerah sekitar lubang. Penelitian tentang sifat kerusakan dari komposit serat acak karbon dan serat gelas panjang searah pada daerah sekitar lubang akibat pembebahan tarik diteliti oleh Bale, dkk, 2013 dan Bale, dkk, 2015 [7-8].

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa, kerusakan pada komposit serat acak karbon dan serat gelas panjang searah terjadi akibat akumulasi kerusakan keretakan matriks, terpisahnya matriks dan serat, delaminasi dan kerusakan pada fiber. Orientasi serat menentukan lokasi kerusakan sekitar lubang dimana komposit serat acak karbon menghasilkan kerusakan yang tegak lurus terhadap arah pembebahan tarik dan komposit serat gelas panjang searah menghasilkan kerusakan yang sejajar dengan arah pembebahan tarik pada daerah di tepi lubang.

## Metode Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah material komposit dengan penguat daun gewang tipe *discontinuous* berbentuk *chip* dan poliester sebagai matriks atau pengikat dengan fraksi volume penguat 20 %. Dimensi chip penguat dilakukan variasi pada ukuran panjang yaitu 13 mm, 25 mm dan 50 mm dengan lebar tetap 8 mm. Arah orientasi penguat searah dan tegak lurus terhadap pembebahan.

Pengujian *bending* dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D790 [9]. Kekuatan *bending* dihitung berdasarkan persamaan persamaan:

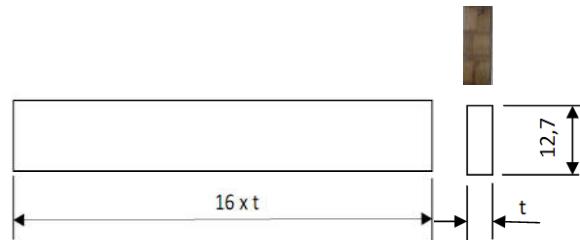
$$\sigma_b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (1)$$

dimana  $\sigma_b$  adalah tegangan *bending* (MPa),  $d$  adalah tebal spesimen (mm),  $P$  adalah beban *bending*

$ding$  (N),  $L$  adalah panjang span (mm) dan  $b$  adalah lebar spesimen (mm). Sedangkan, modulus bending diformulasikan sebagai:

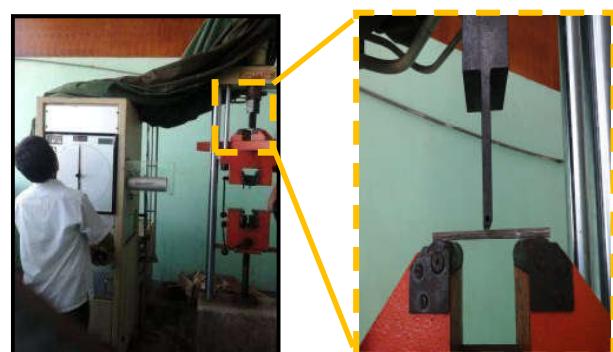
$$E_b = \frac{L^3 \cdot m}{4 \cdot b \cdot d^3} \quad (2)$$

dimana  $E_b$  adalah modulus *bending* (MPa),  $d$  adalah tebal spesimen (mm),  $m$  adalah slope defleksi (N/mm),  $L$  adalah panjang span (mm) dan  $b$  adalah lebar spesimen (mm). Geometri spesimen sesuai ASTM D790 dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Spesimen uji

Pengujian dilakukan dengan mesin uji *bending* dengan kondisi pengujian *three point bending* dengan jumlah 3 spesimen untuk setiap variasi panjang penguat *discontinuous* daun gewang. Gambar 3 berikut ini menunjukkan mesin uji dan kondisi pengujian.



Gambar 3. Pengujian *Bending*

## Hasil dan Pembahasan

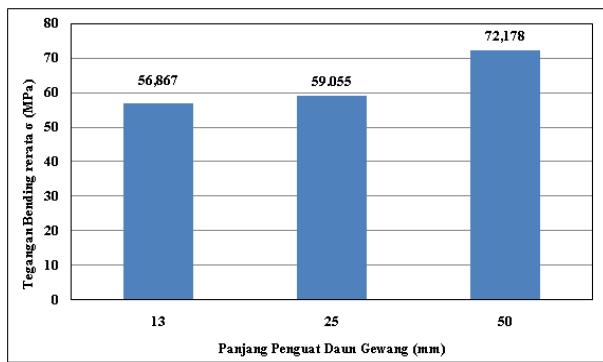
Hasil dari pengujian *bending* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *bending*

Panjang Penguat	Beban P Rata-Rata (N)	Defleksi Rata-Rata (mm)
13 mm	173.3	3.40
25 mm	180	3.80
50 mm	220	4.70

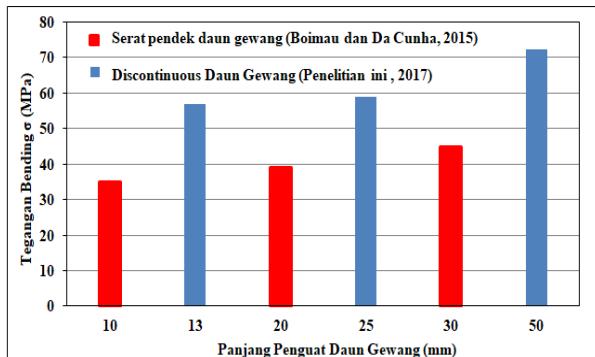
Pengujian *bending* yang dilakukan terhadap spesimen komposit yang diperkuat daun gewang tipe *discontinuous* menunjukkan kekuatan *bending* yang berbeda-beda sesuai dengan variasi ukuran penguatnya. Parameter kekuatan *bending* yang di-

tunjukkan oleh tegangan *bending* menunjukkan bahwa tegangan *bending* rata-rata meningkat seiring dengan bertambah panjangnya ukuran penguat yang digunakan (gambar 4).



**Gambar 4.** Tegangan *bending* vs Panjang Penguat Daun Gewang

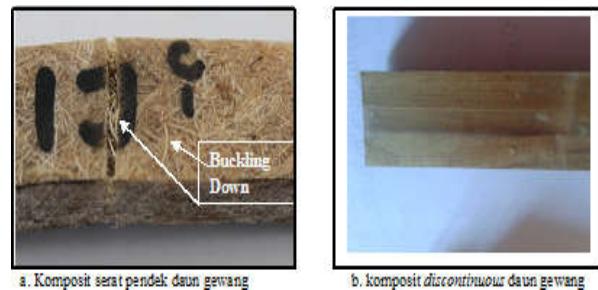
Dari gambar 4 diatas, menunjukkan bahwa daun gewang sebagai penguat pada material komposit memiliki fungsi dalam menahan atau menanggung beban *bending* lebih baik seiring dengan meningkatnya ukuran penguat. Panjang daun gewang tertinggi 50 mm menghasilkan tegangan *bending* rata rata sebesar  $\approx 28\%$  lebih besar dari tegangan *bending* yang dihasilkan oleh panjang daun gewang terkecil 13 mm. Hal ini disebabkan karena semakin panjang daun gewang sebagai penguat yang digunakan maka transfer beban dari matrik ke daun gewang lebih besar dan ikatan *interfacial* pun lebih kuat karena efek jembatan atau *bridging effect* dari panjang penguat memberikan sifat penguatan terhadap spesimen komposit yang lebih baik. Hal serupa juga diungkapkan oleh Ferabolli, 2010 [10]. Hal ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan Boimau dan Da Cunha, 2015 [11]. Komposit yang diperkuat oleh serat pendek daun gewang menghasilkan tegangan *bending* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian ini (gambar 5).



**Gambar 5.** Tegangan *bending* vs panjang penguat daun gewang tipe serat pendek dan *discontinuous*

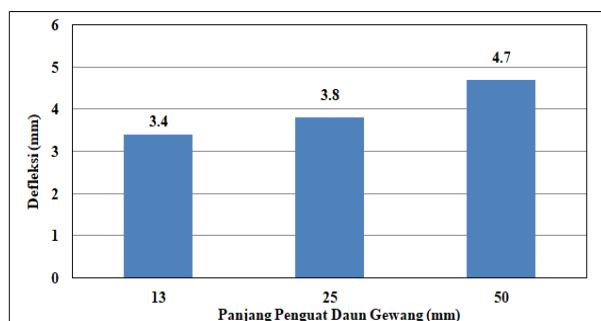
Selain faktor *bridging effect* yang tercipta dari penguat tipe *discontinuous*, tidak terjadinya *buckling down* pada tipe penguat *discontinuous* juga

menyebabkan tegangan *bending* yang dihasilkan lebih tinggi dari tipe penguat serat pendek yang mengalami *buckling down* pada proses fabrikasinya. Orientasi arah penguat dengan tipe *discontinuous* yang dihasilkan, juga menghasilkan orientasi serat yang lebih mudah diatur dibandingkan serat pendek sehingga beban yang diterima pun lebih besar sesuai karakteristik material komposit serat dimana kekuatan yang dihasilkan merupakan fungsi dari orientasi serat. Gambar 6 dibawah ini menunjukkan ciri fisik hasil fakbrikasi dari penguat daun gewang dengan tipe serat pendek dan *discontinuous*.



**Gambar 6.** Karakteristik fisik komposit yang diperkuat daun gewang

Parameter kekuatan *bending* yang ditunjukkan oleh nilai modulus elastisitas menunjukkan bahwa panjang penguat daun gewang dapat mempengaruhi nilai modulus elastisitasnya, dimana semakin panjang daun gewang yang digunakan semakin besar pula nilai modulus elastisitas yang dihasilkan (gambar 7).

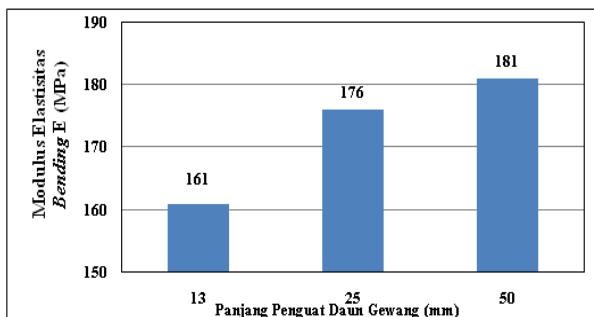


**Gambar 7.** Modulus elastisitas *bending* vs panjang penguat daun Gewang

Modulus elastisitas *bending* menunjukkan karakteristik kekakuan dari material komposit yang digunakan. Dari gambar 7 menunjukkan bahwa komposit yang diperkuat daung gewang tipe *discontinuous* dengan panjang 50 mm memiliki tingkat kekakuan tertinggi dibandingkan dengan panjang 13 mm dan 25 mm. Modulus elastisitas tertinggi dari penguat daun gewang dengan panjang 50 mm memiliki nilai lebih besar  $\approx 12.5\%$  jika dibandingkan dengan modulus elastisitas dari penguat daun gewang dengan panjang 13 mm. Penentuan

nilai modulus elastisitas sangat dipengaruhi oleh modul  $m$  yang merupakan perbandingan antara peningkatan beban dan defleksi yang terjadi pada saat pengujian *bending*. Nilai rata-rata tertinggi dari modul  $m$  diperoleh dari spesimen yang diperkuat daun gewang dengan panjang 50 mm. Hal ini menunjukkan bahwa material komposit yang diperkuat daun gewang dengan panjang terbesar mampu menahan beban yang lebih besar serta menghasilkan ikatan interfacial yang lebih baik karena dimensi atau ukuran penguat yang lebih besar memberikan sifat penguatan terhadap matriks untuk mentransfer beban lebih baik.

Defleksi yang dihasilkan dari pengujian *bending* juga menunjukkan bahwa defleksi terbesar terjadi pada spesimen yang diperkuat daun gewang dengan panjang terbesar 50 mm seperti terlihat pada gambar 8 dibawah ini.

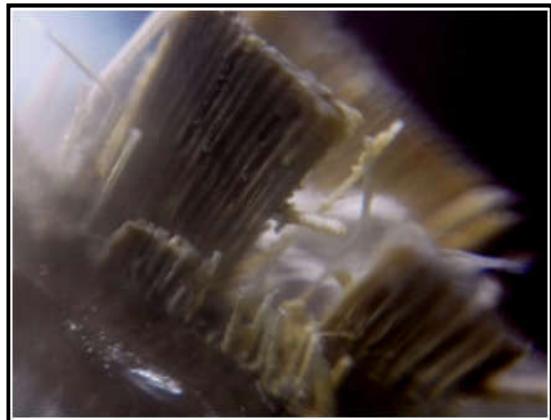


Gambar 8. Defleksi vs Panjang penguat daun gewang

Dari gambar 8 diatas, perbedaan nilai defleksi sebagai fungsi dari panjang penguat daun gewang menunjukkan bahwa penguat dengan panjang terbesar lebih baik dalam menahan beban yang diterima dimana defleksi yang terjadi menunjukkan fungsi penguat didalam menahan beban lebih mendominasi dibandingkan matriks yang memiliki sifat lebih getas atau kaku. Dengan beban yang di transfer secara optimal ke penguat, spesimen lebih mampu menahan beban yang lebih besar serta mampu menahan defleksi yang lebih besar pula sehingga mempengaruhi nilai kekakuan dari spesimen yang digunakan.

Pengamatan yang dilakukan terhadap bentuk patahan yang terjadi juga mendukung penjelasan diatas. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa patahan yang terjadi didominasi oleh mekanisme kerusakan penguat *discontinuous* tipe *pull out* sebagai hasil dari propagasi kerusakan yang terjadi (gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa material komposit yang diperkuat *discontinuous* daun Ge-wang dapat menerima beban yang diberikan sampai ke level tertentu dimana mekanisme patahan telah melewati kerusakan yang didominasi oleh matriks berupa retak matriks yang biasa dialami spesimen dengan kekuatan yang lebih rendah. Kerusakan penguat tipe *pull out* juga menunjukkan adanya

ikatan *interfacial* yang baik antara matriks dan serat sehingga mekanisme kerusakan tidak juga didominasi oleh *interfacial debonding* dan spesimen terus dapat menerima beban dan mengalami kegagalan secara menyeluruh akibat kerusakan yang terjadi.



Gambar 9 Kerusakan tipe *pull out* komposit *discontinuous* daun gewang

Dari hasil dan pembahasan diatas dapat dikatakan bahwa kekuatan *bending* dengan parameter tegangan *bending* dan modulus elastisitas *bending* akan meningkat seiring dengan bertambah panjangnya ukuran penguat daun gewang tipe *discontinuous*.

## Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa panjang penguat komposit tipe *discontinuous* daun gewang yang digunakan (50 mm) memberikan kekuatan *bending* yang lebih besar dari pada penguat komposit tipe *discontinuous* yang lebih pendek (13 mm dan 25 mm), dimana menghasilkan beban *bending* tertinggi sebesar 91,864 MPa dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 220 MPa. Hal ini disebabkan karena efek jembatan atau *bridging effect* dari panjang penguat memberikan sifat penguatan terhadap spesimen komposit yang lebih baik sehingga material komposit yang diperkuat daun gewang dengan panjang terbesar mampu menahan beban yang lebih besar serta menghasilkan ikatan interfacial yang lebih baik.

## Referensi

- [1] I.P Mulyatno. P dan S Jokosisworo, Analisis Teknis Penggunaan Serat Kulit Rotan Sebagai Penguat pada Komposit Polimer dengan Matriks Polyester Yukalac 157 ditinjau dari Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tekuk, KAPAL, Vol. 5, No.3 (2008) 173-180.

- [2] Rohldus P.L, Pengaruh Perendaman Terhadap Kekuatan Komposit Serat Gewang, Skripsi, Universitas Nusa Cendana, 2015.
- [3] M Turtle, T Shifman dan B Boursier, Simplifying Certification of Discontinuous Composite Material Forms Primary Aircraft Structures, Hexcel Research and Technology. Information on <http://www.hexcel.com> (diakses pada 2 Februari 2017)
- [4] B. Boursier and A. Lopez, "Failure initiation and effect of defects in structural discontinuous fiber composites", Hexcel Research and Technology, 2010. Information on <http://www.hexcel.com> (diakses pada 2 Februari 2017)
- [5] L.T. Harper, Discontinuous Carbon Fiber Composite for Automotive Applications. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy. 2006.
- [6] C. Qian , L.T Harper, T.Turner, dan N. Warrior, Notched Behaviour of Discontinuous Carbon Fiber Composites: Comparison with Quasi-Isotropic Non-Crimp Fabric, Composites: Part A 42. (2011) 293–302.
- [7] J. Bale, E. Valot, M. Monin, P. Laloue, O. Polit, C. Bathias, dan T.P. Soemardi, Damage Observation of Glass Fiber Epoxy Composites using Thermography and Supported by Acoustic Emission, Applied Mechanics and Materials Journal Vol. 627. (2014) 187-190.
- [8] J. Bale, E. Valot, M. Monin, O. Polit, C. Bathias, dan T.P. Soemardi, Tomography Observation of Fiber Reinforced Composites After Fatigue Testing, Applied Mechanics and Materials Journal Vols. 799-800. (2015) 937-941.
- [9] ASTM D 790 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [10] Feraboli P, Cleveland T, Ciccu M, Stickler P dan DeOto L., Defect and Damage Analysis of Advanced Discontinuous Carbon/Epoxy Composite Materials, Composites : Part A 41. (2010) 888-901.
- [11] Boimau K dan Da Cunha T, Pengaruh Panjang Serat Terhadap Sifat Bending Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Gewang, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV, Material 46 (2015).