

Pengaruh Penggunaan *Adhesive Agent* terhadap Kekuatan *Bending* Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat Daun Nanas - *Bagasse*

Galuh Anitasari ^{1*}, M. Miftachul Munir ², Widya Emilia Primaningtyas ³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,3}

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²
Email: anitasarigaluh1@gmail.com¹ m.munir@ppns.ac.id² widyaemilia@ppns.ac.id³

Abstract – The growth of ship production in Indonesia encourages the shipping industry to utilize the composite material in order to be more efficient. Natural fiber-reinforced composite (NFRC) is one option that should be considered for use. NFRC is considered safer than fiberglass, which could trigger several health problems. Sugarcane and pineapples are one of the most common agricultural commodities yet their waste has not been treated optimally. This research is going to analyse the effect of reinforcement powder size on its bending strength in pineapple leaf fiber – bagasse reinforced sandwich composites as the alternative materials for partition wall in ship interior accommodation room. Sandwich composites were reviewed for their bending strength on specimens with and without adhesive agent using 40 mesh reinforcement powder size. The composite was made using the hand lay-up method with skin composition is 20%;80% and core composition is 25%;75%. The highest bending strength for sandwich composite is 49,23±1,04 MPa as a result of the experiment using adhesive agent. Meanwhile the lowest bending strength is 44,66±2,45 MPa as a result of sandwich without adhesive agent. Composite material with the highest bending strength value could be applied as the material for partition wall in the ship interior accommodation room according to SNI 01-4449-2006.

Keywords: Bending Strength, Mesh, Reinforcement Powder, Sandwich Composite

Nomenclature

□	densitas
m	massa
v	volume
V_c	volume cetakan
□ _r	densitas resin
□ _s	densitas serat
□ _b	kekuatan <i>bending</i>
P	beban maksimum
L	jarak antar penumpu
b	lebar spesimen
d	tebal spesimen

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Indonesia di sektor maritim saat ini mendapatkan dukungan penuh oleh pemerintah. Hingga kini terhitung sebanyak 124 pelabuhan baru dalam kurun waktu 6 tahun terakhir. Peningkatan pembangunan ini tentu berbanding lurus dengan produktivitas kapal, sehingga mendorong industri perkapalan untuk mempertimbangkan efisiensi material yang digunakan dari segi harga maupun kualitas.

Salah satu bentuk efisiensi material tersebut adalah dengan menggunakan komposit sebagai material pengganti logam maupun kayu. Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis material komposit yang biasa diaplikasikan pada interior. Komponen komposit *sandwich* tersusun dari tiga material atau lebih yang terdiri dari *flat composite* sebagai *skin* dan *core* di bagian tengahnya [1]. Adapun penggunaan komposit *sandwich* sebagai material pada interior kapal dapat digunakan sebagai *ceiling*, *floor*, atau sebagai material dinding sekat pada ruang akomodasi.

Mayoritas industri perkapalan hingga saat ini masih menggunakan *fiberglass* sebagai material penyusun komposit *sandwich* karena harganya yang lebih terjangkau dan dianggap lebih efektif. *Fiberglass* sendiri merupakan serat penguat yang biasa dimanfaatkan untuk *Fiber Reinforced Plastic* (FRP). *Fiberglass* memiliki kelemahan yakni dapat menimbulkan beberapa permasalahan kesehatan, contohnya iritasi pada kulit. Selain itu, karena karakteristik *fiberglass* yang tipis dan ringan, material ini memungkinkan untuk terhirup oleh manusia sehingga dapat memicu asbestosis. Asbestosis adalah penyakit paru kronik yang disebabkan oleh terhirupnya serat asbestos [2].

Natural fiber composite (NFC) dapat menjadi jawaban dari permasalahan di atas. Serat penguat NFC dapat diambil dari limbah pertanian, sehingga NFC lebih ramah lingkungan sekaligus dapat mengatasi permasalahan lingkungan yang dapat timbul karena limbah tersebut. Serat alami memainkan peran penting dalam mengembangkan komposit *biodegradable* untuk menyelesaikan permasalahan ekologi dan masalah lingkungan saat ini [3].

Indonesia memiliki komoditas pertanian yang melimpah, diantaranya adalah nanas dan tebu. Kedua limbah pertanian tersebut belum diolah secara optimal, bahkan menimbulkan permasalahan lingkungan yang baru. Padahal, serat daun nanas dan *bagasse* memiliki *mechanical properties* yang cukup baik untuk dijadikan sebagai penguat pada komposit.

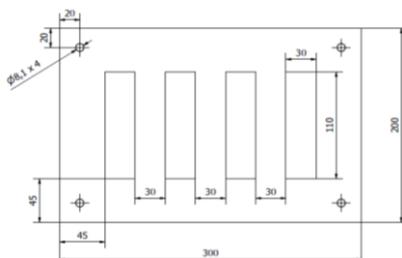
Komponen utama pada penelitian ini adalah *skin* dan *core* yang tersusun dari serat dan matriks. Pada bagian *skin* digunakan serat daun nanas dan matriks *polyester*, sedangkan pada bagian *core* digunakan *bagasse* dan matriks *epoxy*. Penggunaan

adhesive agent dapat mempengaruhi proses pembuatan komposit, dimana hal tersebut diduga dapat mempengaruhi kekuatan komposit pula. Oleh karena itu, penulis ingin mengetahui pengaruh penambahan *adhesive agent* terhadap kekuatan *bending* pada komposit *sandwich*. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah pengetahuanA. mengenai teknologi rekayasa komposit.

2. METODOLOGI

2.1 Pembuatan Cetakan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan cetakan yang digunakan. Adapun material yang digunakan untuk cetakan adalah akrilik. Pola cetakan didesain dengan menggunakan Autodesk Inventor dengan dimensi cetakan mengacu pada ASTM C393-00 seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Desain Pola Cetakan Spesimen

Selanjutnya material akrilik dengan tebal 6 mm disiapkan untuk dipotong sesuai pola cetakan seperti Gambar 1 di atas dan material akrilik dengan tebal 5 mm disiapkan untuk dipotong tanpa pola sebagai alas dan tutup cetakan. Pemotongan material akrilik menggunakan mesin *laser cutting*. Setelah pemotongan selesai, cetakan disatukan lalu dipasang baut pada lubang cetakan dan cetakan siap digunakan.

2.2 Persiapan Serat

Pengolahan serat daun nanas dan serat ampas tebu yang akan sebagai penguat pada komposit *sandwich* dilakukan untuk mendapatkan ukuran serbuk penguat yang dikehendaki.

A. Pengolahan serat ampas tebu

1. Ampas tebu direndam dengan air bersih selama 24 jam untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel dan mengurangi kadar gulanya.
2. Ampas tebu dikeringkan di bawah terik matahari selama 1 minggu.
3. Selanjutnya ampas yang menempel pada serat tebu dipisahkan dengan menggunakan sikat besi.
4. Guna memudahkan proses penggilingan, serat ampas tebu dipotong kecil-kecil.
5. Kemudian serat ampas tebu digiling dengan menggunakan *blender* hingga mendapatkan ukuran serbuk yang dikehendaki. Lama penggilingan disesuaikan dengan ukuran *mesh*, semakin besar ukuran *mesh* yang

digunakan maka semakin lama waktu penggilingannya.

6. Pengayakan dilakukan pada serat yang telah digiling dengan menggunakan ayakan *wire mesh* sesuai dengan ukuran serbuk pada penelitian ini yaitu 40 *mesh*.

B. Pengolahan serat daun nanas

1. Daun nanas yang diperoleh dari limbah pertanian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel.
2. Selanjutnya dilakukan ekstraksi pada daun nanas dengan menggunakan mesin dekortikator.
3. Dilakukan penyisiran pada serat daun nanas yang telah diekstraksi untuk menghilangkan daging daun yang masih menempel, lalu serat daun nanas dicuci kembali dengan air bersih.
4. Serat daun nanas dijemur di bawah terik matahari selama 7 hari.
5. Kemudian serat daun nanas dipotong menjadi kecil-kecil untuk mempermudah proses penggilingan.
6. Serat daun nanas digiling dengan menggunakan *blender*.
7. Kemudian pengayakan dilakukan pada serbuk serat dengan menggunakan ayakan *wire mesh* sesuai dengan ukuran serbuk yaitu 40 *mesh*.

2.3 Perhitungan Densitas Serbuk Penguat

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui densitas serbuk penguat. Densitas tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan serbuk penguat dan resin yang dibutuhkan dalam memmanufaktur komposit *sandwich*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian densitas serbuk serat daun nanas dan *bagasse* dengan menggunakan metode piknometer. Melalui metode ini, massa piknometer kosong; massa piknometer dan serbuk; massa piknometer, serbuk, dan minyak ditimbang dengan menggunakan neraca digital. Kemudian dilakukan perhitungan massa jenis berdasarkan data-data yang diperoleh tersebut dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

2.4 Pembuatan Komposit *Sandwich*

Pembuatan komposit *sandwich* pada penelitian ini menggunakan metode *hand lay-up* yaitu proses manufaktur komposit yang dilakukan secara manual. Berikut merupakan tahapan proses manufaktur komposit *sandwich* tanpa *adhesive agent*:

1. Dilakukan perhitungan komposisi serat dan matriks yang hendak digunakan. Pada bagian *skin* komposit *sandwich* digunakan persentase perbandingan komposisi serbuk penguat dan resin sebesar 20%:80%, sedangkan pada bagian *core* sebesar 25%:75%. Perhitungan kebutuhan serbuk

penguat dan resin pada bagian *skin* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Massa serat} = \frac{20}{100} \times \rho_s \times V_c \quad (2)$$

$$\text{Massa matriks} = \frac{80}{100} \times \rho_s \times V_c \quad (3)$$

Adapun perhitungan kebutuhan serbuk penguat dan resin pada bagian *core* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Massa serat} = \frac{25}{100} \times \rho_s \times V_c \quad (4)$$

$$\text{Massa matriks} = \frac{75}{100} \times \rho_s \times V_c \quad (5)$$

2. Selanjutnya diletakkan serbuk serat daun nanas pada cetakan untuk membuat bagian *skin* yang pertama (*layer 1*). Cetakan yang digunakan merupakan cetakan dengan tebal 6 mm.
3. Matriks pada *layer 1* dibuat dengan mencampurkan Resin *polyester* dan katalis sebanyak 1%.
4. Matriks *polyester* tersebut selanjutnya dituang pada cetakan dan digunakan spatula untuk meratakan matriks.
5. Saat *layer 1* dalam kondisi setengah kering, maka serbuk *bagasse* diletakkan di atas *layer 1*.
6. Selanjutnya matriks pada bagian *core* (*layer 2*) dibuat dengan mencampurkan resin *epoxy* dan *hardener*, dimana perbandingan yang digunakan sebesar 2:1.
7. Kemudian matriks *epoxy* untuk *layer 2* dituang pada cetakan (di atas *layer 1*) lalu spatula digunakan untuk meratakan matriks.
8. Ketika *layer 2* sudah dalam kondisi setengah kering, serbuk serat daun nanas diletakkan di atas *layer 2*.
9. Matriks pada *layer 3* (*skin* kedua) dibuat dengan mencampurkan resin *polyester* dan katalis sebanyak 1%.
10. Matriks *polyester* tersebut dituang pada cetakan (di atas *layer 2*) dan diratakan dengan menggunakan spatula kemudian cetakan ditutup dan dikunci.
11. Spesimen yang sudah mengering dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan proses *finishing* dengan menggunakan amplas.
12. Selanjutnya spesimen dilakukan pengujian *bending*.

Adapun tahapan proses manufaktur komposit *sandwich* dengan *adhesive agent* adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan komposisi serat dan matriks yang hendak digunakan. Perhitungan kebutuhan serbuk penguat dan resin pada bagian *skin* digunakan persamaan 2 dan 3, sedangkan pada bagian *core* digunakan persamaan 4 dan 5.

2. Selanjutnya diletakkan serbuk serat daun nanas pada cetakan untuk membuat bagian *skin* yang pertama. Cetakan yang digunakan merupakan cetakan dengan tebal 2 mm.
3. Matriks pada bagian *skin* dibuat dengan mencampurkan Resin *polyester* dan katalis sebanyak 1%.
4. Matriks *polyester* tersebut selanjutnya dituang pada cetakan dan digunakan spatula untuk meratakan matriks.
5. Kemudian lakukan kembali tahapan 1-5 untuk membuat *skin* yang kedua.
6. Setelah kedua *skin* sudah dibuat pada cetakan, cetakan ditutup dan dikunci.
7. Selanjutnya matriks pada bagian *core* dibuat dengan mencampurkan resin *epoxy* dan *hardener*, dimana perbandingan yang digunakan sebesar 2:1.
8. Kemudian matriks *epoxy* untuk *core* dituang pada cetakan dengan tebal 2 mm.
9. Perataan matriks dilakukan dengan menggunakan spatula, lalu cetakan ditutup dan dikunci.
10. Selanjutnya resin *epoxy* dan *hardener* dengan perbandingan 2:1 dicampur sebagai *adhesive agent*.
11. *Adhesive agent* dioleskan pada setiap bagian *skin* dan *core* yang akan direkatkan.
12. Bagian *skin* dan *core* direkatkan lalu komposit *sandwich* diletakkan pada *screen*, setelah itu *screen* ditutup dan dikunci.
13. Spesimen yang sudah mengering dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan proses *finishing* dengan menggunakan amplas.
14. Selanjutnya spesimen dilakukan pengujian *bending*.

2.4 Pengujian Bending

Pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* HT-2402, dimana standar pengujian yang digunakan adalah ASTM C393-00. Pada setiap variasi dilakukan repetisi sebanyak 3 kali. Pengujian *bending* dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Negeri Jember. Hasil nilai pengujian *bending* komposit *sandwich* yang terbaik pada penelitian ini, menentukan keberterimaan komposit sebagai material alternatif dinding sekat ruang akomodasi interior kapal berdasarkan SNI 01-4449-2006. Adapun persamaan untuk menghitung kekuatan *bending* pada spesimen adalah sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (6)$$

2.5 Pengamatan Makro

Pengamatan makro dilakukan untuk mengamati moda patahan yang terjadi pada spesimen setelah pengujian *bending*. Pengamatan dilakukan melalui foto spesimen dengan 5x pembesaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Densitas Serbuk Penguat

Pengujian densitas pada serbuk serat daun nanas dan serbuk *bagasse* dilakukan repetisi masing-masing sebanyak 3 kali. Perhitungan densitas melalui Persamaan 1 dilakukan setelah diperoleh data hasil pengujian densitas dengan metode piknometer. Selanjutnya diambil nilai rata-rata densitas dari ketiga hasil repetisi untuk ditetapkan sebagai nilai densitas serbuk penguat yang diuji. Berikut merupakan Tabel 1 yang menunjukkan hasil perhitungan nilai densitas serbuk serat daun nanas sebagai *reinforcement* pada bagian *skin* komposit *sandwich*.

Tabel 1: Hasil Densitas Serbuk Serat Daun Nanas

No.	Nilai Densitas	Nilai Densitas Rata-Rata
1	1,35 g/mL	
2	1,37 g/mL	1,36 g/mL
3	1,36 g/mL	

Adapun hasil perhitungan nilai densitas serbuk *bagasse* sebagai *reinforcement* pada bagian *core* komposit *sandwich* dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2: Hasil Densitas Serbuk *Bagasse*

No.	Nilai Densitas	Nilai Densitas Rata-Rata
1	1,01 g/mL	
2	1,02 g/mL	1,01 g/mL
3	1,01 g/mL	

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 di atas, dapat diketahui bahwa nilai densitas serbuk serat daun nanas sebesar 1,36 g/mL dan nilai densitas serbuk *bagasse* sebesar 1,01 g/mL. Nilai densitas yang berbeda-beda pada setiap repetisinya disebabkan oleh adanya gelembung udara yang terjebak di dalam minyak goreng pada saat pengujian. Gelembung udara ini dapat diminimalisir dengan melakukan agitasi secara vertikal.

3.2 Perhitungan Kebutuhan Serbuk Penguat dan Resin

Kebutuhan serbuk penguat dan resin pada pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan perhitungan fraksi volume. Pada penelitian ini dihitung kebutuhan serbuk penguat dan resin pada masing-masing bagian *skin* dan *core* komposit *sandwich*. Kebutuhan serbuk penguat dan resin pada bagian *skin* dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 dan Persamaan 3, sedangkan kebutuhan serbuk penguat dan resin pada bagian *core* dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 dan Persamaan 5. Berikut merupakan Tabel 3 yang memuat hasil kebutuhan serbuk penguat dan resin pada komposit *sandwich*.

Tabel 3: Hasil Kebutuhan Serbuk Penguat dan Resin

Nama Bagian Komposit <i>Sandwich</i>	Massa Serbuk Penguat	Massa Resin	Massa Katalis
<i>Skin</i>	1,80 g	6,32 g	0,06 g
<i>Core</i>	1,67 g	3,87 g	1,93 g

3.3 Hasil Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* pada penelitian ini merupakan pengujian *three point bending*. Adapun variasi dari variabel struktur komposit *sandwich* adalah komposit *sandwich* tanpa menggunakan bahan perekat (*non-adhesive*) dan komposit *sandwich* dengan menggunakan bahan perekat (*adhesive*). Pengujian *bending* dilakukan dengan mengacu pada beberapa kondisi yang dapat terjadi pada material sebagai sekat ruang akomodasi pada kapal. Beberapa kondisi tersebut seperti terbenturnya material oleh benda, dimana beban yang terjadi pada kondisi tersebut dapat menimbulkan lendutan pada material.

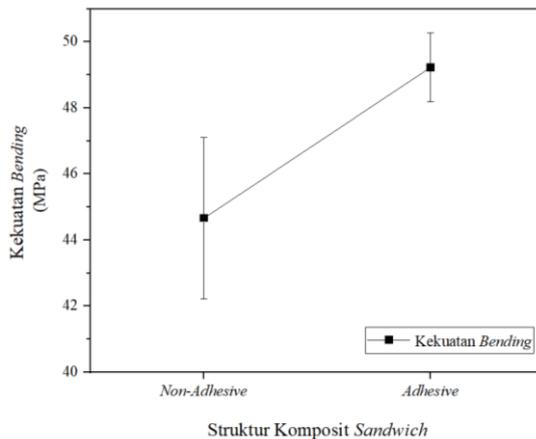
Kekuatan *bending* dinyatakan dalam satuan N/mm² atau MPa. Pengujian *bending* dilakukan sebanyak 3 kali repetisi. Hasil yang didapatkan dari pengujian *bending* berupa data beban maksimum yang dapat diterima komposit *sandwich*. Data yang diperoleh selanjutnya dihitung dengan menggunakan Persamaan 6 untuk mendapatkan nilai kekuatan *bending* setiap spesimen. Berikut merupakan Tabel 4 yang menunjukkan nilai kekuatan *bending* pada seluruh spesimen.

Tabel 4: Hasil Kekuatan *Bending* Spesimen

Struktur Komposit <i>Sandwich</i>	Repetisi	Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)	Kekuatan <i>Bending</i> Rata-Rata (MPa)
<i>Non-Adhesive</i>	1	45,75	44,66
	2	41,85	±
	3	46,38	2,45
<i>Adhesive</i>	1	46,08	49,23
	2	50,10	±
	3	49,51	1,04

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat nilai kekuatan *bending* dan nilai standar deviasi yang cenderung berbeda pada setiap repetisinya. Hal ini disebabkan karena metode *hand lay-up* yang digunakan pada proses manufaktur komposit *sandwich*. Metode *hand lay-up* tersebut dapat menyebabkan proses manufaktur komposit yang kurang sempurna, seperti penuangan resin dan peletakan serbuk penguat yang kurang merata, atau lamanya proses perataan resin yang berbeda sehingga berpotensi menimbulkan gelembung udara (*void*). Selain itu, proses manufaktur komposit pada ruangan dengan temperatur tinggi dan kelembaban yang tinggi menimbulkan lebih banyak *void* pada komposit *sandwich*, dengan demikian kekuatan komposit menurun. *Void* merupakan gelembung udara yang terjebak di dalam matriks yang menyebabkan matriks tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan sehingga terbentuk celah pada komposit [5].

3.4. Hubungan Penambahan *Adhesive Agent* terhadap Kekuatan *Bending*



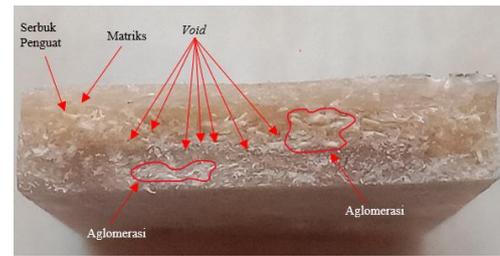
Gambar 2. Grafik Kekuatan *Bending* Komposit Sandwich

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan nilai rata-rata kekuatan *bending* komposit sandwich terhadap struktur komposit sandwich, dimana struktur komposit sandwich yang divariasikan adalah komposit sandwich dengan dan tanpa *adhesive agent*. Pada komposit sandwich tanpa *adhesive agent* didapatkan nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 44,66±2,45 MPa. Selanjutnya nilai rata-rata kekuatan *bending* komposit dengan *adhesive agent* didapatkan sebesar 49,23±1,04 MPa.

Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat peningkatan kekuatan *bending* yang disebabkan oleh penambahan *adhesive agent* pada komposit sandwich. Persentase kenaikan kekuatan *bending* yang terjadi yaitu sebesar 10,23%. Hal ini terjadi karena terinfiltrasinya void oleh *adhesive agent* yang ditambahkan. Infiltrasi tersebut dapat memperbaiki morfologi komposit sandwich, yakni mengurangi kuantitas void yang ada. Dengan demikian, beban yang diterima komposit sandwich dapat ditransfer dari bagian *skin* ke bagian *core* atau sebaliknya dengan lebih baik.

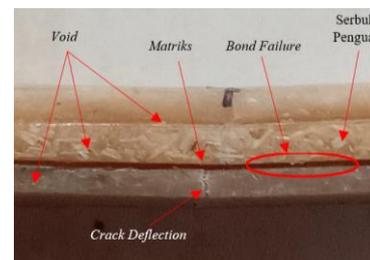
Adapun nilai kekuatan *bending* tertinggi dicapai oleh komposit sandwich dengan *adhesive agent* yaitu sebesar 49,23±1,04 MPa. Nilai tersebut memenuhi persyaratan material sebagai papan serat kerapatan tinggi dengan perlakuan berdasarkan SNI 01-4449-2006 yaitu sebesar 45 MPa. Dengan demikian, komposit tersebut dapat digunakan sebagai alternatif material dinding ruang akomodasi interior kapal, yang tidak termasuk dalam struktur utama pada kapal.

3.5 Pengamatan Makro



Gambar 3. Foto Penampang Patahan Spesimen Tanpa *Adhesive Agent*

Berdasarkan Gambar 3 di atas, dapat diketahui bahwa moda patahan yang terjadi pada spesimen tanpa *adhesive agent* adalah patah getas. Hal ini menandakan bahwa spesimen ini masih memiliki kuantitas void yang banyak. Banyaknya void yang terjadi menyebabkan beban yang diterima komposit juga didistribusikan melalui void yang ada, sehingga membuat komposit lebih mudah patah. Ditinjau dari ikatan strukturnya, dengan tidak terjadinya *bond failure* mengindikasikan bahwa bagian *skin* dan *core* pada spesimen ini memiliki ikatan yang baik. Kemudian, pada spesimen ini terjadi aglomerasi. Aglomerasi yaitu penggumpalan serbuk penguat pada bagian tertentu, dimana hal ini dapat menurunkan kemampuan komposit dalam mendistribusikan beban yang diterima.



Gambar 4. Foto Penampang Patahan Spesimen dengan *Adhesive Agent*

Berdasarkan Gambar 4 pengamatan makro di atas, dapat diketahui bahwa moda patahan yang terjadi pada spesimen dengan *adhesive agent* adalah patah ulet. Hal ini mengindikasikan bahwa void yang ada pada spesimen ini memiliki kuantitas yang minim. Dengan begitu komposit ini memiliki morfologi dan kemampuan yang lebih baik dalam menerima pembebanan eksternal dibandingkan dengan komposit tanpa *adhesive*. Namun, apabila ditinjau dari ikatan strukturnya, spesimen ini memiliki ikatan *skin* dan *core* yang kurang baik. Hal ini dibuktikan dengan adanya *bond failure* pada bagian *core* dan *skin* bagian bawah komposit sandwich. Dengan demikian, proses manufaktur komposit sandwich perlu ditingkatkan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini yaitu penambahan *adhesive agent* berbahan epoksi dapat meningkatkan kekuatan *bending* komposit. Kekuatan *bending* tertinggi sebesar 49,23±1,04 MPa dicapai

oleh komposit *sandwich* dengan *adhesive agent* dan dapat digunakan sebagai material dinding sekat ruang akomodasi interior kapal berdasarkan SNI 01-4449-2006.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tentu tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan pihak Laboratorium FMIPA Universitas Negeri Jember yang telah membantu penulis dalam melaksanakan dan menyusun penelitian ini.

7. PUSTAKA

- [1] Steeves, C. A. dan Fleck N.A. (2004). *Collaps Mechanism of Sandwich Beam with Composite Face and Foam Skin Loaded in Three Point Bending*. Cambridge University Engineering Departement: Cambridge.
- [2] Mayasari, Diana dan Cakra Wijaya. (2018). Potensi Biomarka *High Mobility Group Box 1* (HMGB 1) sebagai Kriteria Diagnosis Asbestosis. Jurnal Agromedicine, Universitas Lampung, Volume 5 No.1, pp. 453.
- [3] Kasim, A. N., dkk. (2016). *Mechanical Properties of Polypropylene Composites Reinforced with Alkaline Treated Pineapple Leaf Fibre from Josapine Cultivar*. *International Journal of Automative and Mechanical Engineering*. Vol.13, June, Hal: 3157-3167.
- [4] Marina. Idral Amri., dan Nirwana. (2018). Pemanfaatan Daun Nanas Sebagai Bahan Alternatif dalam Pembuatan Komposit *Fiberglass Reinforced Plastic*. Jom FTEKNIK, Volume 5 Edisi 2, pp. 6.
- [5] Berbudi, Garick Muhammad. (2014). Tugas Akhir: Analisa Komposit Polimer *Polypropylene High Impact* (PPHI) Berpenguat Fraksi Volume 10% Serat Nanas dengan Menggunakan Metode *Hand Lay-Up*. Skripsi, Institut Teknologi Nasional Bandung.