



**PENGARUH VARIASI *ADHESIVE*
TERHADAP KARAKTERISTIK KEKUATAN MEKANIK
KOMPOSIT CANTULA 3D-UPRs
DENGAN *CORE HONEYCOMB* KARDUS TIPE *C-FLUTE***

YUDHI WAHYU BIMAWAN
Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi *adhesive* terhadap kekuatan geser dan kekuatan bending komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan *core honeycomb* kardus tipe *C-Flute*.

Adhesive yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis *polyester* yang meliputi 157 BQTN EX, LP 1Q EX, FW 21 EXL, dan jenis *epoxy* yaitu VERSAMID 140. Metode *hand lay up* dipakai untuk membuat komposit cantula 3D-UPRs dengan fraksi berat 30 %. Pengujian yang dilakukan meliputi uji geser dan uji bending. Pengujian geser mengacu pada standar ASTM C 273, sedangkan pengujian bending mengacu pada standar ASTM C 393. Permukaan patah benda uji bending, di analisa dengan menggunakan foto SEM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *adhesive* berpengaruh pada kekuatan geser dan kekuatan bending komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs, dimana nilai tertinggi dicapai dengan menggunakan *adhesive epoxy* versamid 140, dengan nilai kekuatan geser sebesar 0,337943 Mpa dan nilai kekuatan bending sebesar 7,980138 Mpa. Pengamatan permukaan patah spesimen uji bending memperlihatkan pada komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan *adhesive versamid 140*, *pull out* yang terjadi sedikit dan patahan serat pendek.

Kata kunci : komposit *sandwich*, *adhesive*, kekuatan geser, kekuatan bending, SEM.

PENDAHULUAN

Komposit merupakan gabungan dari dua unsur atau lebih material yang berbeda bentuk, sifat dan komposisinya sehingga setelah digabungkan akan diperoleh material baru dengan sifat yang lebih baik atau tidak dimiliki oleh material penyusunnya. Dalam suatu komposit dapat dilihat dengan jelas adanya campuran kasar material, jadi material – material ini tidak sampai terlarut satu dengan yang lain (Lukkassen dan Meidell, 2003)

Teknologi material komposit dengan menggunakan serat alam sebagai penguat (*composite reinforced fiber*), mempunyai banyak keuntungan bila dibandingkan dengan material yang lainnya. Dimana serat alam mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, kemampuan mekanik yang tinggi dan harga yang murah.

Seiring dengan kemajuan teknologi pembuatan komposit serat, telah dikembangkan material komposit serat alam dengan anyaman serat 3 Dimensi (*3D woven*). Menurut (Mansour dan Stobbe, 2003), hal ini dimaksudkan untuk mengatasi permasalahan

distribusi serat yang kurang merata dan adanya efek takikan pada anyaman 2 Dimensi (*2D woven*).

Sekarang komposit tidak hanya terbatas pada pengembangan variasi penguat atau variasi serat saja, tetapi sudah mulai dikembangkan satu jenis komposit baru yaitu komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* adalah jenis komposit yang dibuat secara berlapis yang terdiri dari 2 *face* (lapisan terluar), *adhesive* (pengikat), dan *core* (inti). *Face* pada struktur komposit *sandwich*, terbuat dari material komposit yang sudah jadi dan berfungsi sebagai penahan beban aksial serta bending. Dalam penelitian ini akan digunakan komposit *face* dari komposit UPRs – Cantula 3D. Komposit ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya mampu bentuk yang baik, murah, dan adanya peningkatan terhadap gaya normal yang cukup besar serta toleransi yang tinggi terhadap kerusakan komposit. Sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan beban aksial menjadi beban geser pada seluruh luasan yang terjadi akibat pembebanan dari luar. *Core* dengan bahan dari

kertas (kardus) tipe *C-Flute* dengan bentuk *honeycomb* menjadi alternatif untuk digunakan sebagai *core* karena sifatnya yang mudah didapat, murah, ringan, kemampuan redaman yang baik dan memiliki kekuatan yang cukup tinggi, dan mampu didaur ulang oleh alam. Dalam penelitiannya (Rafbani, 2006) menunjukkan bahwa *core honeycomb* kardus tipe *C-Flute* memiliki kekuatan mekanik yang baik dengan arah susunan kardus gelombang dua arah. Hal ini akan mendukung struktur *sandwich* dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi dengan bobot yang ringan. Karakter dari komposit *sandwich* sendiri sangat tergantung pada karakter *core*, *skin*, dan jenis *adhesive* yang digunakan. Untuk menciptakan suatu komposit *sandwich* dengan sifat mekanik yang baik, selain diperlukan *face* yang kuat dan *core* yang kuat, juga diperlukan suatu *adhesive* yang tepat sehingga dapat menciptakan ikatan yang kuat antara *face* dan *core*, serta menjadi penerus beban yang baik dari *face* menuju *core*. *Adhesive* sendiri mempunyai berbagai macam jenis dan untuk penelitian ini akan dipilih jenis *adhesive polyester* yang meliputi *Orthophalic*, *isophthalic*, *bisphenol*, dan jenis *epoxy (versamid)*. *Adhesive* tersebut digunakan karena paling banyak dijumpai dipasaran dan mempunyai harga yang terjangkau. Antara *adhesive* satu dengan yang lain akan dipelajari pengaruhnya terhadap karakteristik sifat mekanik komposit *sandwich cantula 3D-UPRS*, sehingga dapat dipilih *adhesive* yang paling tepat.

Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh variasi *adhesive* terhadap karakteristik kekuatan geser dan kekuatan bending komposit *sandwich cantula 3D-UPRS* dengan *core honeycomb* kardus *C-Flute*.

DASAR TEORI

Tinjauan Pustaka

Dalam ilmu komposit, telah muncul suatu 'kelas' baru yang umum dikenal sebagai komposit tekstil (Lukkassen dan Meidell, 2003). Material ini dibuat dengan cara mengolah serat (baik serat alam maupun serat sintetis) menjadi *mats*, kemudian *mats* tersebut dipadukan dengan resin untuk memperoleh komposit yang diperkuat serat (*composite*

reinforced fiber) dengan dimensi serta kriteria yang diinginkan. Serat alam *Agave Cantala* mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi bahan penguat komposit didasarkan pada kandungan selulosa sebesar 64,23 % (Raharjo dan Ariawan, 2002).

Stobbe. D dan Mohamed. M, (2003) menghasilkan penelitian bahwa lamina yang dibuat dari anyaman serat (*mats*) 3D memiliki kekuatan serta kekakuan desak, tarik, lengkung lebih baik dibandingkan dengan *mats* 2D. Keuntungan dari material komposit yang dibuat memakai anyaman serat 3D yaitu penyerapan resin cepat sehingga proses pembuatan lebih cepat, mempunyai kekuatan tarik dan desak lebih tinggi.

® Hexcel Registered Trademark dan © Hexcel Composites, Duxford, (2000) menghasilkan pengujian terhadap komposit *sandwich* yang menyatakan material *core* (inti) dan *skin* (kulit) harus tahan terhadap regangan tarik, tekanan dan tegangan geser yang disebabkan berbagai bentuk beban. *Adhesive* harus mampu memindahkan tegangan geser antara *core* dan *skin*.

Enrico Papa, dkk, (2001) telah melakukan pengujian terhadap kekuatan tarik struktur *sandwich*. Dari penelitian ini kekuatan tarik *flatwise* dipengaruhi hubungan *skin* (kulit) dan *core* (inti), yang mana jika gejala delaminasi berkembang dalam daerah ini, kulit (*skin*) dan inti (*core*) tidak lagi mampu memindahkan tekanan dan akibatnya kemampuan struktur hilang. Maka dari itu *adhesive* harus memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen.

Rafbani, (2006) menghasilkan penelitian bahwa arah susunan *core honeycomb* gelombang dua arah menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih besar dari pada arah susunan *core honeycomb* satu arah dan pada komposit *sandwich UPRS-cantula 3D* dengan variasi arah susunan *core honeycomb* Horizontal Gelombang Dua arah (HGD) mempunyai kekuatan bending terbesar dari variasi arah susunan *core honeycomb* lainnya.

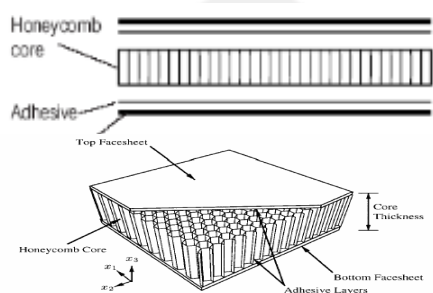
Landasan Teori

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih unsur material (bahan pengisi/penguat dan matriks pengikat) yang berbeda bentuk, sifat dan komposisinya sehingga diperoleh suatu material baru dengan

sifat-sifat yang lebih baik atau tidak dimiliki oleh material penyusunnya. (Lukkassen dan Meidell, 2003)

Komposit *sandwich* merupakan komposit yang terdiri dari dua lapisan tipis (*face*) dan kaku. Kekuatan *face* dipisahkan suatu ketebalan bersifat ringan yaitu inti (*core*). Material inti dan lapisan tipis *face* terikat bersama-sama dengan suatu *adhesive* (pengikat) untuk memudahkan mekanisme perpindahan beban antar komponen dan secara efektif memanfaatkan semua material itu. Komponen penyusun komposit *sandwich* secara umum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu :

1. *Face (skin)*
2. *Adhesive*
3. *Core*



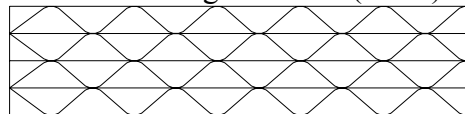
Gambar 1. Struktur komposit *sandwich* dengan *core honeycomb*

Face adalah bagian yang paling luar dari struktur komposit *sandwich*, material dibuat lembaran yang penyusunnya terbuat dari berbagai macam bahan. *Face* terbuat dari material komposit yang sudah jadi (Lukkassen dan Meidell, 2003). Material atau bahan *face* harus memiliki sifat – sifat yang dibutuhkan oleh sebuah material diantaranya kekakuan baik namun tetap memberikan kelenturan, kekuatan tarik dan desak yang baik, tahan terhadap dampak dan gesekan, serta tahan terhadap lingkungan kritis (kimia, ultraviolet dan panas).

Adhesive adalah zat perekat yang digunakan untuk mengikat *face* dengan *core*. Kekuatan tarik *adhesive* harus lebih kuat dari pada kekuatan tarik *core*, hal ini dimaksudkan agar antara *face* dan *core* sulit terjadi delaminasi. *Adhesive* juga harus memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan panas, supaya dalam keadaan tersebut daya *adhesivenya* tidak mudah rusak.

Core adalah inti (pengisi) dari komposit *sandwich*. Tujuan dari penambahan *core* adalah agar terjadi penambahan ketebalan

tanpa terjadi penambahan berat yang berarti, sehingga didapatkan kekakuan yang relatif tinggi. Dalam penelitian ini digunakan *corrugated cardboard type C-flute* sebagai *core honeycomb* dengan arah susunan Horizontal Gelombang Dua arah (HGD).



Gambar 2. *Core honeycomb* dengan arah susunan HGD

Fraksi Berat Komposit

Fraksi berat komposit adalah perbandingan jumlah berat suatu unsur penyusun komposit terhadap jumlah berat total komposit. Untuk material komposit yang terdiri dari beberapa komponen pembentuk, jumlah fraksi berat untuk tiap komponen pembentuk komposit tersebut adalah 1, dan berlaku persamaan:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.1)$$

$$\text{dimana: } w_i = \frac{W_i}{W_c} \quad (2.2)$$

w_i = Fraksi berat komponen material i
 W_i = Berat komponen material i
 W_c = Berat total komposit

Untuk komposit dengan penguatan serat, persamaan di atas menjadi:

$$w_f + w_m + w_v = 1 \quad (2.3)$$

dimana: w_f = Fraksi berat serat
 w_m = Fraksi berat matrik
 w_v = Fraksi berat void

jika jumlah void diabaikan, maka diperoleh

$$w_f + w_m = 1, \text{ karena } w_v = 0$$

Sehingga nilai fraksi berat serat dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$w_f = \frac{W_f}{W_f + W_m} \quad (2.4)$$

dimana: w_f = fraksi berat serat
 W_f = berat serat (gr)
 W_m = berat matrik (gr)

Kekuatan dan Modulus Geser Komposit *Sandwich Cantula 3D-UPRs*

Untuk memperoleh kekuatan geser dan modulus geser dari komposit *sandwich cantula 3D-UPRS* dilakukan pengujian kekuatan geser

terhadap spesimen tersebut dengan mengacu pada standar ASTM C 273. Dari data dapat dicari kekuatan geser komposit dengan persamaan :

$$\tau = \frac{P}{Lb} \quad (2.5)$$

dimana τ = tegangan geser komposit, Mpa
 P = beban maksimum, N
 L = panjang spesimen, mm
 b = lebar spesimen, mm

Dan modulus geser dari komposit dihitung dengan persamaan :

$$G = \frac{St}{Lb} \quad (2.6)$$

dimana G = modulus geser komposit, Mpa
 S = $\Delta p/\Delta x$ inisial pergeseran dari kurva, N/mm
 t = tebal spesimen, mm
 L = panjang spesimen, mm
 b = lebar spesimen, mm



Gambar 3. Skema uji geser komposit sandwich cantula 3D-UPRs

Kekuatan Bending Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs

Untuk memperoleh kekuatan bending dilakukan pengujian bending terhadap spesimen komposit sandwich dengan mengacu pada standar ASTM C 393. Pengujian ini dilakukan dengan metode 3-point bend (bending 3 titik). Persamaan untuk mencari tegangan bending pada face komposit sandwich :

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b} \quad (2.7)$$

dimana σ = tegangan bending, Mpa
 P = beban maksimum, N
 L = panjang span, mm
 t = tebal face, mm
 d = tebal dari sandwich, mm
 c = tebal dari core, mm
 b = lebar dari komposit sandwich, mm
 Persamaan untuk mencari defleksi dari komposit sandwich :

$$\Delta = \frac{PL^3}{48D} + \frac{PL}{4U} \quad (2.8)$$

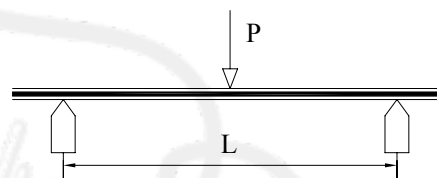
dimana Δ = defleksi total, mm
 D = panel bending stiffness, N-mm²
 U = panel shear rigidity, N

$$U = \frac{G(d+c)^2b}{4c} \quad (2.9)$$

dimana G = modulus geser core, Mpa
 U = panel shear rigidity, N

$$D = \frac{E(d^3 - c^3)b}{12} \quad (2.10)$$

dimana D = panel bending stiffness, N-mm²
 E = modulus bending face, Mpa

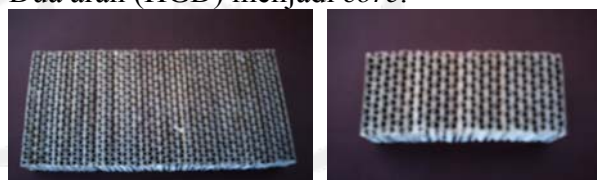


Gambar 2.4 Skema uji bending 3 titik

METODOLOGI PENELITIAN

a. Penyiapan core

Pada awalnya corrugated cardboard C-Flute yang masih dalam bentuk lembaran dalam ukuran tertentu, dipotong sesuai dengan ukuran yang akan dipakai kemudian disusun dengan arah susunan Horizontal Gelombang Dua arah (HGD) menjadi core.



(a) Core Honeycomb uji bending

(b) Core Honeycomb uji geser

b. Penyiapan perlakuan awal serat

Tahap awal penyiapan serat adalah dengan memilin serat cantula kemudian menganyam serat cantula, menjadi anyaman serat 3D sesuai dengan yang diinginkan.



(a) Serat Cantula bentuk pilinan

(b) Anyaman serat cantula 3D

Kemudian serat direndam dalam larutan 2% NaOH selama 6 jam. Dengan perlakuan

alkali ini akan menambah kekuatan serat (Zaki 2004). Anyaman serat dipanaskan dalam oven pemanas selama 45 menit pada suhu 110°C dan kemudian disimpan dalam wadah tertutup yang diisi *silica gel*. Penyimpanan ini perlu untuk menjaga homogenitas kondisi serat sebelum proses pembuatan komposit.



Gambar 6. (a) perendaman serat cantula 3D
(b) pengovenan serat cantula 3D

c. Proses fabrikasi komposit sandwich

Proses pembuatan komposit *face* dilakukan dengan cara menggabungkan serat yang ada dengan matriks. Komposit dibuat dengan cara cetak menggunakan tangan, atau metode *hand lay-up*. Pertama kali disiapkan cetakan dari kaca sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan dilapisi dengan *mirror glaze* untuk memudahkan melepas komposit dari cetakan. Serat cantula yang telah disiapkan, ditimbang sesuai dengan fraksi berat yang diinginkan. Kemudian menyiapkan resin *unsaturated polyester* sesuai kebutuhan, yang telah ditambah katalis MEKP sebanyak 1%. Setelah tercampur dengan baik, setengah dari volume resin tersebut dituang ke dalam cetakan dan anyaman serat diletakkan di atasnya, kemudian sisa dari resin tadi dituangkan ke dalam cetakan lagi sampai semua anyaman serat terendam dan tidak ada rongga udara di dalamnya. Setelah itu cetakan ditutup dengan kaca dan diberikan beban di atasnya.

Setelah resin mengeras, komposit dilepas dari cetakan dan dibagian tepi dirapikan sehingga diperoleh dimensi yang diinginkan dan selanjutnya dilakukan *post cure* dengan pada suhu 60°C selama 4 jam menggunakan oven untuk mendapatkan ikatan yang sempurna. Komposit yang sudah jadi ditambahkan *adhesive* pada salah satu sisi dan digabungkan dengan *core*. Tujuan dari penambahan *adhesive* ini untuk mengikat *core* pada komposit *face*. Dengan perbandingan antara *adhesive* dan katalis yang telah ditentukan.

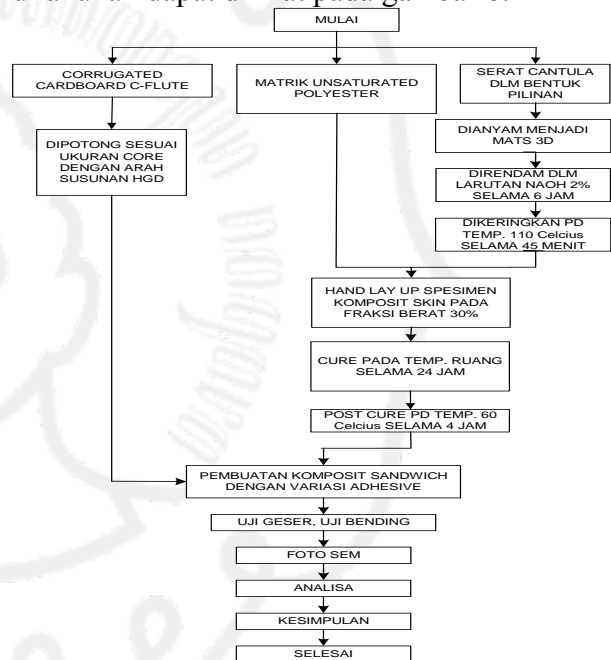


Gambar 7. (a) proses pembuatan komposit *face*
(b) proses *post cure*

d. Pengujian komposit sandwich cantula 3D-UPRs

Pengujian spesimen komposit *sandwich cantula 3D-UPRs* meliputi uji geser dan uji bending yang semuanya dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Dan pengamatan foto SEM dilakukan untuk mendukung analisis dari sifat mekanis yang diperoleh.

Secara umum metodologi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 8.

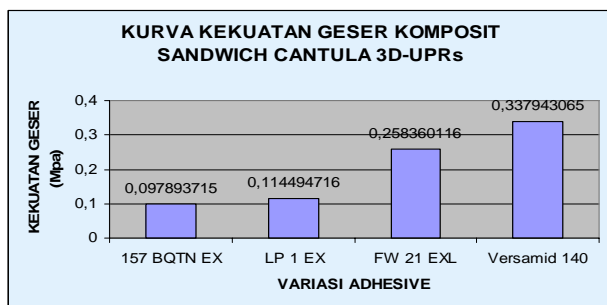


Gambar 8. Diagram alir penelitian.

DATA DAN ANALISA

Kekutan Geser Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs

Dari gambar 9 terlihat bahwa ada perubahan kekuatan geser pada masing-masing variasi *adhesive* dan terlihat bahwa nilai dari Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan *adhesive* jenis *epoxy Versamid 140* lebih besar dibandingkan dengan nilai dari Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan menggunakan *adhesive* jenis *polyester Isophthalic FW 21 EXL, Bisphenol LP 1Q EX, dan Orthophthalic 157 BQTN EX*.

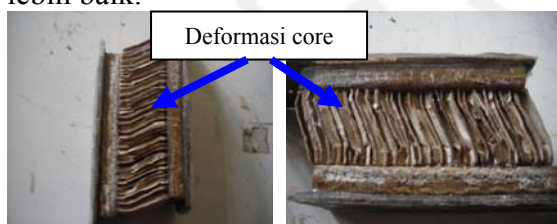


Gambar 9. Hubungan kekuatan geser Komposit Sandwich dengan variasi adhesive

Perbedaan kekuatan geser ini disebabkan pada Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan adhesive Versamid 140 lebih mampu menahan beban geser dan menghantarkan beban geser lebih baik dari face ke core pada line sepanjang luasan gesernya.

Kemampuan menahan beban geser ini disebabkan pada adhesive versamid 140 dalam formulanya terdapat pollamine yang mampu menambah kekuatan dan mempunyai daya ikat yang baik (Justus, 1997)

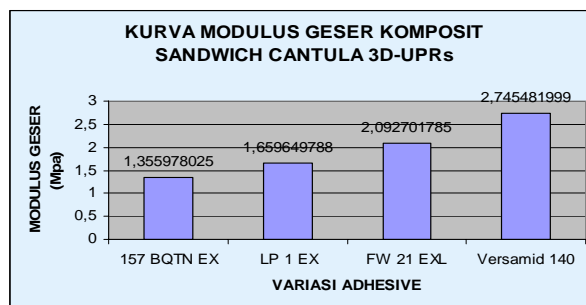
Rata-rata kerusakan dari spesimen uji geser juga dapat dilihat bahwa pada Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan adhesive FW 21 EXL, LP 1Q EX, 157 BQTN EX tidak menyebabkan deformasi pada core. Tetapi pada Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan adhesive Versamid 140, rata-rata mampu menyebabkan deformasi pada core. Dari hal ini mengindikasikan bahwa adhesive Versamid 140 mampu menahan beban geser lebih baik dan mempunyai daya ikat yang lebih baik.



Gambar 10. Deformasi akibat beban geser

Modulus Geser Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs

Dari gambar 11 terlihat bahwa variasi pemakaian adhesive akan memberikan dampak pada perubahan nilai modulus geser pula. Hal ini dikarenakan dengan variasi adhesive juga berdampak pada kekuatan geser yang dialami Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dan regangan yang terjadi.

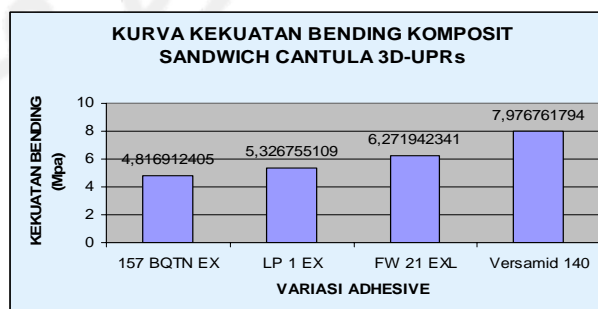


Gambar 11. Hubungan kekuatan geser Komposit Sandwich dengan variasi adhesive

Perbedaan nilai modulus geser nampak jelas pada tiap Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan masing-masing variasi adhesive dan Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan adhesive Versamid 140 mempunyai nilai yang lebih besar, hal ini dikarenakan nilai inisial pergeseran kurva dari Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan adhesive Versamid 140 juga lebih besar dari Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan variasi adhesive 157 BQTN EX, LP 1Q EX, dan FW 21 EXL. Dimana nilai dari inisial pergeseran kurva sebanding dengan Pmax yang mampu ditahan Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs.

Kekuatan Bending Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs

Fenomena yang terjadi pada pengujian bending Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs menunjukkan fenomena yang sama dengan pengujian geser Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs. Dimana variasi penggunaan adhesive mempengaruhi kekuatan bending dari Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs

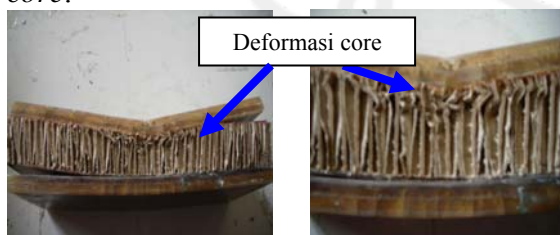


Gambar 12. Hubungan kekuatan bending Komposit Sandwich dengan variasi adhesive

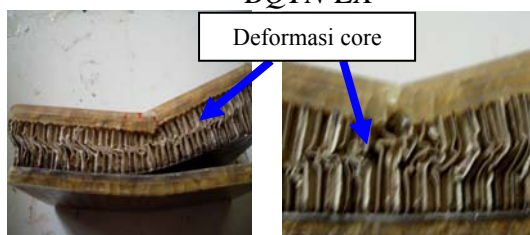
Dari data terlihat bahwa Komposit Sandwich Cantula 3D-UPRs dengan adhesive Versamid 140 memiliki kekuatan bending yang lebih tinggi dibandingkan dengan adhesive 157 BQTN EX, LP 1Q EX, dan FW 21 EXL. Hal ini dikarenakan perbedaan

ketahanan dalam mengikat *face* dan *core* yang akan mempengaruhi kemampuan pendistribusian beban bending dari *face* ke *core*. Pada Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* 157 BQTN EX, LP 1Q EX, dan FW 21 EX, beban bending didistribusikan kurang sempurna sepanjang komposit, sedangkan pada Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* *Versamid* 140 beban bending dapat didistribusikan secara sempurna sepanjang komposit melalui *line* dan *flute core*. Sehingga Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* *Versamid* 140 lebih mampu menahan beban bending.

Dilihat dari rata-rata kerusakan yang terjadi pada Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* 157 BQTN EX, LP 1Q EX, dan FW 21 EX, karena daya ikatnya yang lemah pada waktu terjadi beban bending ikatan antara *face* dan *core* lepas sebelum pendistribusian beban bending berjalan sempurna. Hal ini dapat dilihat dari kerusakan *core*, dimana pada Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs tersebut kerusakan *core* dominan pada bagian atas *core*. Hal ini berbeda dengan Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* *Versamid* 140, dimana waktu terjadi beban bending ikatan antara *face* dan *core* lepas setelah pendistribusian beban bending berjalan sempurna, terlihat pada kerusakan *core* dimana kerusakan terjadi pada bagian tengah *core*.



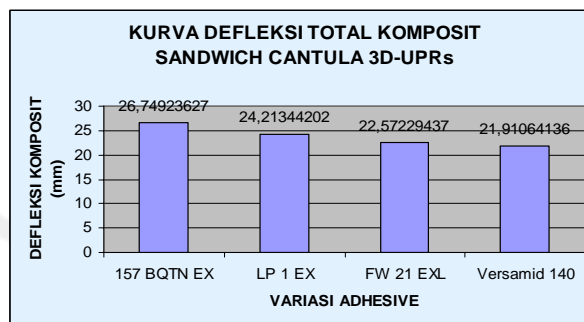
Gambar 13. Deformasi akibat beban bending pada komposit sandwich dengan adhesive 157 BQTN EX



Gambar 14. Deformasi akibat beban bending pada komposit sandwich dengan adhesive *Versamid* 140

Defleksi Total Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs

Dari gambar 15 di atas terlihat bahwa nilai defleksi total yang terjadi mengalami penurunan dari Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* 157 BQTN EX ke Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* *Versamid* 140.



Gambar 15. Hubungan defleksi total Komposit *Sandwich* dengan variasi adhesive

Hal ini dikarenakan nilai defleksi total dari Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dipengaruhi oleh kekuatan panel dalam menahan beban bending dan beban geser. Secara teoritis dapat terlihat dari rumusan :

$$\Delta = \frac{PL^3}{48D} + \frac{PL}{4U}$$

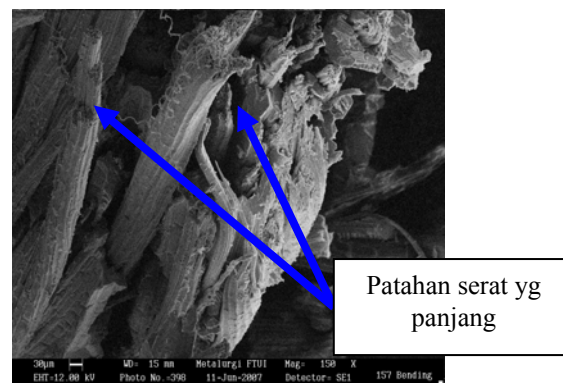
Dimana nilai D (*Panel Bending Stiffenees*) sama antara Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan adhesive 157 BQTN EX, LP 1 EX, FW 21 EX maupun *Versamid* 140 karena sama-sama menggunakan *face* dari komposit *Cantula* 3D-UPRs dengan fraksi berat 30%. Sedangkan nilai U (*Panel Shear Rigidity*) antara Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan adhesive 157 BQTN EX, LP 1 EX,FW 21 EX dan *Versamid* 140 sangat berbeda, dimana pada Komposit *Sandwich Cantula* 3D-UPRs dengan *adhesive* *Versamid* 140 memiliki modulus geser yang lebih besar sehingga menyebabkan nilai dari U (*Panel Shear Rigidity*) nya juga lebih besar. Hal ini secara tidak langsung akan memperkecil nilai defleksi yang terjadi.

Hasil Pengamatan *Scanning Electron Micrograph* (SEM)

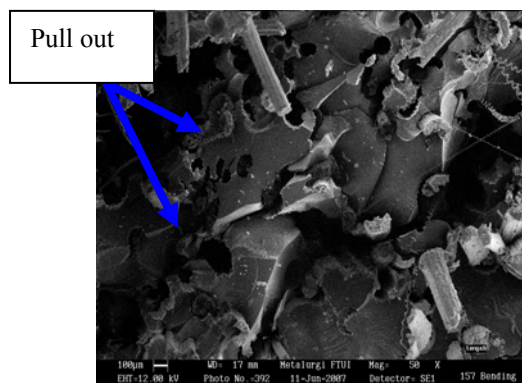
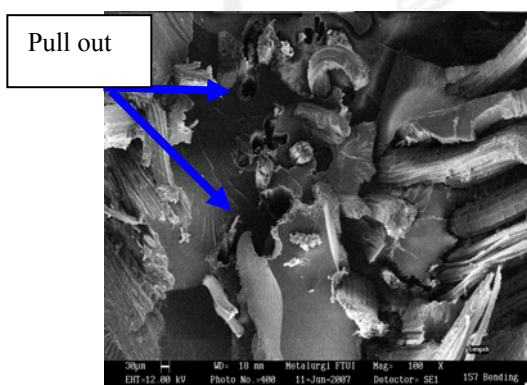
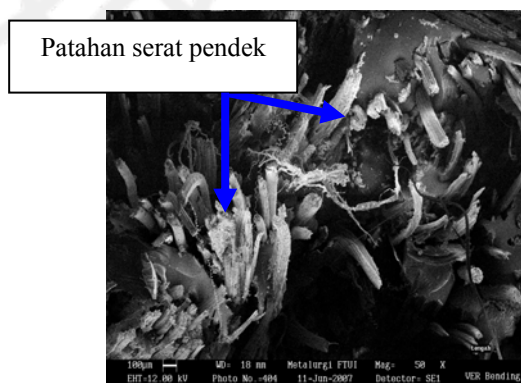
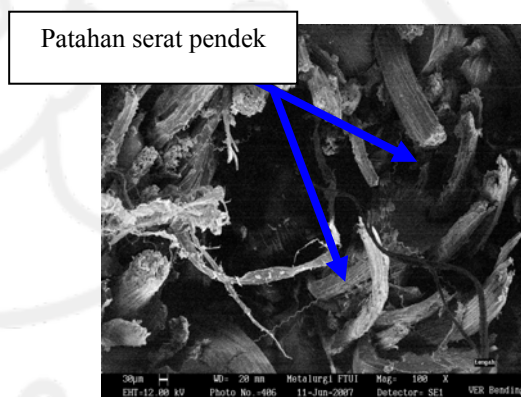
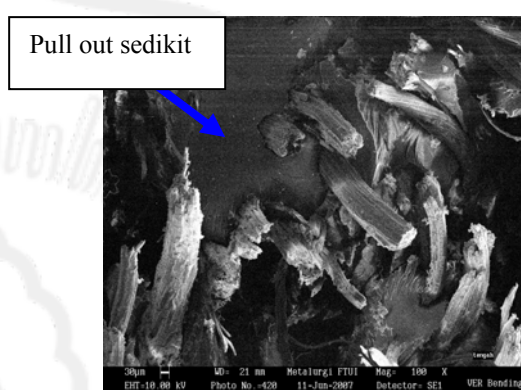
Pengamatan permukaan patah komposit sandwich cantula 3D-UPRs hasil dari uji bending dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Micrograph*) untuk mengamati karakteristik patahan dan kondisi ikatan *interface* antara serat dengan matriknya.

Dari gambar 16 terlihat bahwa pada penampang patah komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan *adhesive* 157 BQTN EX, dimana kondisi ikatan *adhesive* antara *face* dan *core*nya lemah, menyebabkan distribusi beban yang diterima *core* menjadi kurang sempurna sehingga beban bending hanya didistribusikan pada *face* saja. Oleh sebab itu, banyak *debonding* yang terjadi dengan *pull out* yang banyak dan panjang. *Debonding* akan membuat serat lepas dari resin sehingga resin patah terlebih dahulu sebelum dapat mendistribusikan beban pada serat secara sempurna dan mengurangi performa komposit secara keseluruhan.

Hal berbeda ditunjukkan pada gambar 17 pada penampang patah komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan *adhesive* Versamid 140, dimana kondisi ikatan *adhesive* antara *face* dan *core*nya kuat, sehingga distribusi beban yang diterima *core* dapat berjalan sempurna dan beban bending didistribusikan merata antara *face* dan *core*. Karena hal tersebut, tidak banyak terjadi *debonding* yang ditandai dengan *pull out* sedikit dan pendek. Dari hal ini mengindikasikan sempurnanya ikatan antara serat dengan resin, yang mengakibatkan transfer beban yang sempurna sehingga akan meningkatkan performa komposit secara keseluruhan.



Gambar 16. Permukaan patah uji bending komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan *adhesive* 157 BQTN EX



Gambar 17. Permukaan patah uji bending komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan *adhesive* Versamid 140

PENUTUP

Berdasarkan penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Variasi *adhesive* pada komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs menghasilkan kekuatan mekanik geser yang berbeda-beda, dimana nilai terbesar diperoleh dengan menggunakan *adhesive* jenis *epoxy* Versamid 140.
2. Variasi *adhesive* pada komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs menghasilkan kekuatan mekanik bending yang berbeda-beda, dimana nilai terbesar diperoleh dengan menggunakan *adhesive* jenis *epoxy* Versamid 140.

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dan manfaat dari *adhesive* pada komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang karakteristik mekanik komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dengan variasi ketebalan *core* dan ketebalan lapisan *adhesive*.
2. Dilakukan penelitian tentang variasi *adhesive* selain dari jenis *polyester* dan *epoxy* yang akan dapat memberikan ikatan *face* dan *core* yang optimal sehingga performa komposit *sandwich* cantula 3D-UPRs dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book ASTM Standart, 1998, USA

Antonia dkk, 2005, *Komposit Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiber Glass Pada Kulit Kapal*, Teknik Material, ITS, Surabaya.

Billmeyer, FW, 1984, *Textbook of Polymer Science*, New York, USA.

Biswas S.; Srikanth G.; Nangia S, 2001, *Development of Natural Fibre Composites in India*, Composites 2001 Convention and Trade Show, Composites Fabricators Association, Florida, USA.

Derek Hull, 1990, *An Introduction to composite materials*, Cambridg University Press, New York.

Enrico Papa,, 2001, *Optimizing Sandwich Panel Performance*, Webcore technologies, Dayton, Ohio.

Gibson, RF, 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw Hill Inc., New York USA

Hexcel, 2000, *Honeycomb Sandwich Design Technology*, Hexcel Composite, Duxford

Jones R.M, 1975. *Mechanics of Composite Materials*, Scripta Book Company, Washington D.C., USA

Krzysik, A.M.; Youngquist, J.A. 1991, *Bonding of airformed wood fibre/polypropylene fibre composites*. International Journal of Adhesion and Adhesives. 11(4): 235.240.

Lukkasen D. and Meidel A., 2003, *Advanced Materials and Structures and Their Fabrication Process*, Narvik University College. H; N.

Osswald, T. A. and Menges, G. 1995, *Materials Science of Polymers for Engineers*, Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati, OH.

Rafbani, 2006, *Pengaruh Variasi Susunan Corrugated Cardboard Terhadap Karakteristik Mekanik Core Honeycomb*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Schuh G.T, 1999, *Renewable Materials for Automotive Applications*, UNESP-Sao Paulo State University.

Schwartz, M.M, 1984, *Composite Materials Handbook*, McGraw Hill Inc., Nem York, USA.

Stobe D. And Mohamed M.H, 2003, *3D Woven Composite Cost And Performance Viability in Commercial Aplications*, 3 Tex Inc.