

## Analisis Pengaruh Metode Pembersihan *Core*, Pengeringan *Core*, dan *Bonding Test Block* pada Uji *Flatwise Sandwich Carbon Epoxy* dengan *Glass Core*

Kevin Krisna<sup>1)</sup>, N P G Suardana<sup>1\*)</sup>, C I P K Kencanawati<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana

<sup>\*)</sup>Corresponding author : npgsuardana@unud.ac.id

### Abstrak

Penggunaan komposit sebagai pengganti material logam dalam bidang rekayasa sudah semakin banyak digunakan salah satunya panel komposit dengan struktur sandwich. Core pada komposit sandwich memiliki peranan penting sebagai penopang dari skin yang digunakan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik flatwise dari variasi yang digunakan beserta pengaruhnya. Pengujian yang dilakukan adalah uji flatwise (ASTM C297). Hasil uji flatwise dengan nilai tertinggi ada pada variasi pembersihan menggunakan spray MEK, pengeringan menggunakan suhu ruang, dan bonding menggunakan tablepress dengan nilai rata-rata 5,67 MPa. Dari variasi yang digunakan, keseluruhannya memberikan pengaruh pada hasil pengujian.

### Abstract

The use of composites as a substitute for metal materials in the engineering field is increasingly being used, one of which is composite panels with a sandwich structure. The core of the sandwich composite has an important role as a support for the skin used. This test aims to determine the flatwise tensile strength value of the variations used and their effects. The test performed was a flatwise test (ASTM C297). The flatwise test results with the highest value are variations in cleaning using MEK spray, drying using room temperature, and bonding using tablepress with an average value of 5.67 MPa. Of the variations used, all of them have an influence on the test results.

Kata Kunci: *Sandwich composite, flatwise tensile test, honeycomb*

## 1. PENDAHULUAN

Para industriawan melirik penggunaan komposit sebagai produk unggulan karena mampu bersaing dengan logam<sup>[1]</sup>. Bahan komposit sebagai pengganti material logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, tidak hanya dalam bidang transportasi tetapi juga dibidang lainnya seperti properti, arsitektur dan yang lainnya<sup>[2]</sup>.

Akhir-akhir ini, berbagai macam studi tentang struktur ringan sedang dilakukan di dunia<sup>[3]</sup>. Saat ini, perkembangannya sudah mengarah pada aplikasi panel komposit yang difungsikan sebagai struktur, baik sekunder maupun primer. Bahan komposit yang cocok sebagai struktur adalah komposit struktur *sandwich*.

Komposit *sandwich* ini terdiri dari dua lamina komposit (*skin*) yang mengapit *core* di bagian

tengahnya<sup>[1]</sup>. *Core* pada struktur *sandwich* berfungsi untuk memisahkan, mendukung, dan menstabilkan lapisan permukaan sedemikian rupa sehingga kekakuan lentur yang diinginkan tercapai<sup>[6]</sup>. Oleh karena itu, jenis material *core* yang digunakan sangatlah berpengaruh pada komposit *sandwich*.

Pada proses produksinya terdapat banyak sekali permasalahan yang terjadi. Salah satunya berdasarkan kasus lapangan pada PT. Dirgantara Indonesia, terdapat spesifikasi produksi komposit *sandwich* dimana spesifikasi tersebut akan digunakan pada pembuatan part namun dari hasil

uji spesimen terdahulu, nilai pengujian yang dilakukan selalu dibawah nilai spesifikasinya. Pada proses produksi dilapangannya pun terdapat

masalah pada pembersihan dan pengeringan core sehingga dilakukan pengujian kembali dimana proses pembersihan, pengeringan dan bonding dijadikan variasi pada pengujian ini sesuai alur spesifikasi yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik *flatwise* dan pengaruh dari variasi yang dilakukan pada *core* komposit *sandwich* (*honeycomb core*) dengan variasi pembersihan menggunakan spray udara dan spray MEK (*methylethylketone*), pengeringan menggunakan suhu ruang (didiamkan) dan *oven* (120°C), dan *bonding test block* menggunakan *autoclave* dan *tablepress*.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Sandwich Composite

Istilah struktur *sandwich*, biasanya berarti struktur dimana saling berikatan antara lapisan permukaan dengan material ringan pada bagian tengahnya<sup>[4]</sup>. Komposit *sandwich* bukanlah merupakan material yang memiliki sifat mekanis yang unik melainkan merupakan struktur yang harus dirancang khusus untuk penggunaannya<sup>[5]</sup>. Struktur *sandwich* terdiri dari lapisan permukaan, *core*, dan yang menghubungkan keduanya seperti perekat (*adhesive*)<sup>[6]</sup>.

### 2.2 Honeycomb Core

Honeycomb core disebut juga dengan cellular core atau open cell core. Core honeycomb dapat dibuat dari lembaran tipis atau pita yang dibentuk menyerupai konfigurasi sarang lebah<sup>[6]</sup>.

### 2.3 Uji Flatwise

*Flatwise tensile test* digunakan untuk menentukan *flatwise tensile strength* dari *core*, *bonding core*-lapisan permukaan, atau lapisan permukaan dari sebuah *sandwich panel*. Metode pengujian ini yaitu memberikan pembebanan pada konstruksi *sandwich* dengan gaya tarik uniaksial. Gaya ditransmisikan pada *sandwich* melalui *loading block* yang direkatkan pada lapisan permukaan atau direkatkan secara langsung pada permukaan *core*<sup>[7]</sup>.

Berikut persamaan yang digunakan pada pengujian,

Nilai kekuatan *flatwise* adalah perbandingan antara beban yang diberikan dengan luas penampang dari spesimen hingga terjadinya kegagalan<sup>[7]</sup>

$$F_z^{ftu} = P_{max} / A \quad (1)$$

keterangan:

$F_z^{ftu}$  = Nilai flatwise maksimum (MPa)

$P_{max}$  = Beban Maksimum (N)

$A$  = Luas Penampang Spesimen ( $mm^2$ )

Standar deviasi<sup>[7]</sup>

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

keterangan:

$S$  = Standar Deviasi

$\bar{x}$  = Rata-rata Sampel

$n$  = Jumlah Spesimen

Koefisien variasi<sup>[7]</sup>

$$CV = 100 \times S_{n-1} / \bar{x} \quad (3)$$

## 3. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

### 3.1 Alat Penelitian

Penggunaan alat-alat dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi enam yaitu sebagai berikut:

- 1) Alat uji: *Universal testing machine* (Instron 5982) dengan menggunakan ASTM C297 (*Flatwise tensile test*)
- 2) Alat cetak: Menggunakan cetakan (*tool*) berbentuk datar, kompressor, *autoclave*, *tablepress*, *sandblasting machine*, *ultrasonic machine*, *oven*.
- 3) Alat ukur: Termokopel, *vacuum gauge*, penggaris
- 4) Alat K3: Masker, sarung tangan karet, jas lab.
- 5) Alat bantu: *Cutter*, *base vacuum valve*

### 3.2 Bahan Penelitian

- 1) *Release agent*
- 2) *Peel ply*
- 3) *Air weave (breather fabric)*
- 4) Nylon vacuum bag
- 5) Vacuum sealant tape
- 6) Loading Block: Logam paduan aluminium 2024-T3
- 7) Skin (2 layer): Carbon epoxy prepreg (0/90°)
- 8) Solvent: Methyl Ethyl Ketone (MEK)
- 9) Core: Glass Hexagonal Honeycomb Cell (Phenolic Resin)
- 10) Sandwich Adhesive: Film Adhesive

## 11) Bonding Adhesive: Film Adhesive

## 3.3 Pembuatan Spesimen

1) Memeriksa bahan dan alat yang diperlukan untuk spesimen *sandwich*.

1.1 *Carbon prepreg* dan *sandwich adhesive* dikeluarkan dari *refrigerator* dan didiamkan pada ruang CCA agar suhunya sama dengan suhu ruang

1.2 *Core* dikeluarkan dari kontainernya dan dipotong sesuai dengan ukuran pemotongannya

2) Pemotongan *core*

*Core* dipotong menggunakan mesin CNC dimana sebelum pemotongan dilakukan permukaan *core* diberikan skin stick agar tidak terjadi pergeseran saat pemotongan. *Core* dipotong dengan ukuran 60 cm x 30 cm.

3) Pembersihan *core*

*Core* dibersihkan dengan 2 metode yaitu spray udara dan *MEK*.

3.1 Spray Udara: *Core* dibersihkan menggunakan udara dengan kompressor

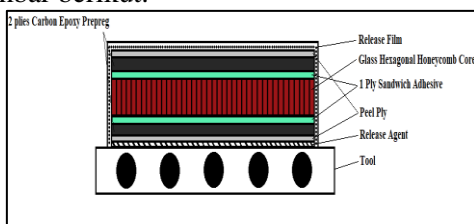
3.2 Spray *MEK*: *Core* dibersihkan menggunakan *MEK* dengan kompressor selama 1 menit

4) Pengeringan *core*

*Core* dikeringkan dengan 2 metode yaitu suhu ruang dan oven.

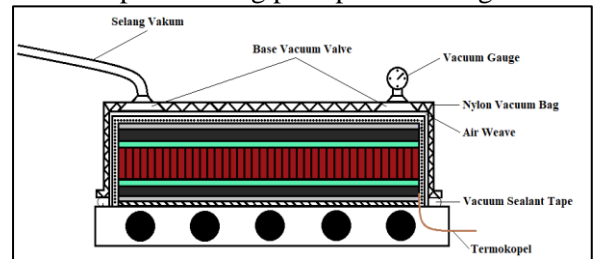
4.1 Suhu Ruang: *Core* didiamkan pada suhu ruang (ruang CCA) selama 1,5 jam

4.2 Oven: *Core* dikeringkan didalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. Selama pengeringan, *core* dimasukkan kedalam plastik agar tidak terkontaminasi

5) *Sandwich panel* dibuat sebanyak 4 buah (sesuai variasi) dengan *manual lay-up* seperti pada gambar berikut.

Gambar 1. Manual lay-up

## 6) Vacuum bagging dilakukan agar udara yang tersisa dapat terbuang pada proses curing.



Gambar 2. Vacuum bagging

## 7) Proses curing dilakukan pada suhu 180±5°C selama 120-135 menit dengan heating rate 1-3°C/ menit dan cooling rate maksimum 3°C/ menit sampai 60°C

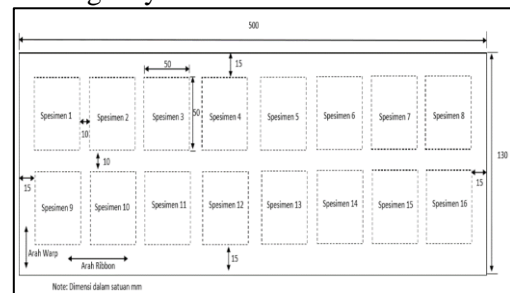
## 8) Pelepasan vacuum sealant tape, nylon vacuum bag, breather fabric, release film, dan peel ply (debugging)

## 9) Ultrasonic Inspection

*Sandwich panel* diperiksa menggunakan mesin ultrasonic untuk memeriksa kembali spesimen mengalami cacat atau tidak.

## 10) Cutting Spesimen

Setiap *sandwich panel* dipotong menjadi 16 bagian dimana ukurannya sesuai dengan sketsa pemotongannya.



Gambar 3. Sketsa Pemotongan

## 11) Sandblasting Loading Block

Untuk menghasilkan permukaan berpori agar *bonding adhesive* dapat melekat lebih kuat pada *loading block*.

12) Spesimen *sandwich* di *lay-up* dengan *loading block*.

## 13) Vacuum bagging dilakukan kembali sebelum proses curing.

## 14) Curing (Bonding Test Block)

14.1 Autoclave

Dilakukan pada suhu 110-127°C selama 90 menit dengan heating rate 0.7-3.9°C/ menit dan cooling rate maksimum 2.9°C/ menit sampai 50°C

14.2 Tablepress

Dilakukan pada suhu 120°C selama 90 menit

15) Debagging dilakukan kembali setelah proses curing dilanjutkan dengan pembersihan spesimen.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir yang didapat setelah pengujian adalah nilai kekuatan tarik *flatwise*, rata-rata variasi, standar deviasi, koefisien variasi, grafik pengujian, dan gambar hasil uji *flatwise*.

4.1 Hasil Uji Flatwise

Pengujian ini mengacu pada ASTM C297. Uji flatwise dilakukan dengan cara menarik kedua loading block pada spesimen untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik flatwisinya. Berikut adalah salah satu hasil perhitungan kekuatan tarik flatwise pada spesimen C9:

Beban Maksimum (N) = 13299,39 N

Luas Penampang (cm<sup>2</sup>) = 25 cm<sup>2</sup>

$$F_z^{ftu} = P_{max} / A$$

$$F_z^{ftu} = 13299,39 \text{ N} / 25 \text{ cm}^2$$

$$F_z^{ftu} = 5319756 \text{ Pa}$$

$$F_z^{ftu} = 5,32 \text{ MPa (dikonversi dan dibulatkan)}$$

Setelah dilakukan pengujian, hasil nilai kekuatan tarik flatwise dari setiap spesimen dibuat kedalam bentuk tabel. Berikut adalah hasil dari uji flatwise

Tabel 1. Hasil Pengujian (Autoclave)

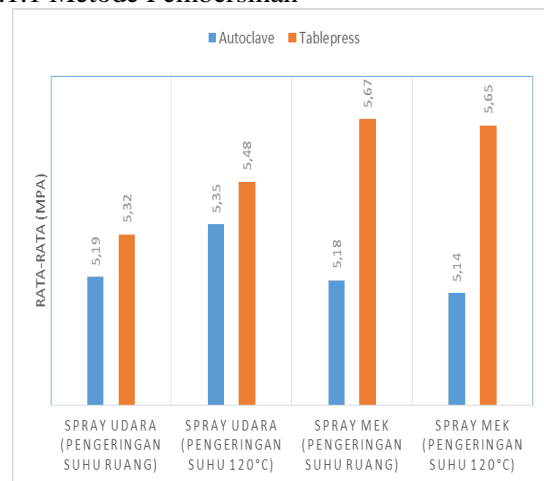
No	Variasi	Kode Spesimen	Beban Maksimum (N)	Nilai Kekuatan Tarik Flatwise (MPa)	Rata-rata Nilai Kekuatan Tarik Flatwise (MPa)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi (%)
1	Spray Udara dengan Pengeringan Pada Suhu Ruang	C9	13299,39	5,32	5,19	0,12	2,24
		C11	12647,34	5,06			
		C12	12732,07	5,09			
		C14	13216,72	5,29			
		C15	12951,15	5,18			
2	Spray Udara dengan Pengeringan Pada Suhu 120	D9	13918,58	5,57	5,35	0,14	2,70
		D14	13552,34	5,34			
		D15	13443,45	5,38			
		D16	13046,96	5,22			
		DX	13046,77	5,22			
3	Spray MEK dengan Pengeringan Pada Suhu Ruang	A9	13471,1	5,39	5,18	0,20	3,81
		A11	13214,76	5,29			
		A13	13219,95	5,29			
		A14	12225,39	4,93			
		A15	12545,75	5,02			
4	Spray MEK dengan Pengeringan Pada Suhu 120	B9	12593,5	5,04	5,14	0,11	2,07
		B10	12794,93	5,12			
		B11	12980,28	5,19			
		B12	13236,23	5,29			

Tabel 2. Hasil Pengujian (Tablepress)

No	Variasi	Kode Spesimen	Beban Maksimum (N)	Nilai Kekuatan Tarik Flatwise (MPa)	Rata-rata Nilai Kekuatan Tarik Flatwise (MPa)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi (%)
1	Spray Udara dengan Pengeringan Pada Suhu Ruang	C1	13856,5	5,54	5,32	0,40	7,44
		C3	12012,95	4,81			
		C6	14592,79	5,84			
		C8	13780,7	5,51			
		CX	12278,32	4,91			
2	Spray Udara dengan Pengeringan Pada Suhu 120	D1	14744,49	5,9	5,48	0,24	4,46
		D4	13208,48	5,28			
		D6	13979,97	5,59			
		D7	13481,3	5,39			
		D8	13078,34	5,23			
3	Spray MEK dengan Pengeringan Pada Suhu Ruang	A1	14077,25	5,63	5,67	0,12	2,04
		A3	13858,37	5,54			
		A4	14246,41	5,7			
		A5	14035,77	5,61			
		A6	14700,76	5,88			
		B1	14888,55	5,96			
4	Spray MEK dengan Pengeringan Pada Suhu 120	B3	13981,54	5,59	5,65	0,16	2,78
		B4	14017,63	5,61			
		B6	13880,33	5,55			
		B8	13841,01	5,54			

Berikut merupakan grafik pengujian untuk metode pembersihan dan pengeringan,

4.1.1 Metode Pembersihan



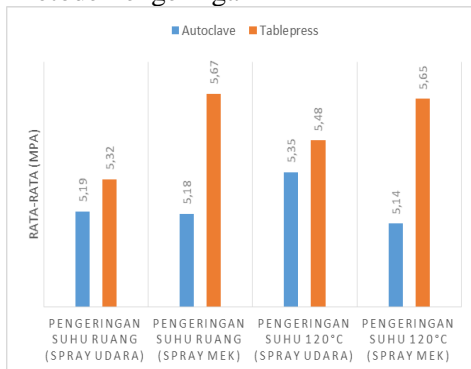
Gambar 4. Grafik Metode Pembersihan

Pada gambar 4 dimana pembersihan menggunakan spray MEK menghasilkan data tertinggi dibandingkan spray udara namun juga memberikan hasil terendah.

Hasil ini diperkuat dengan jurnal penelitian<sup>[9]</sup> dimana spesimen yang dibersihkan menggunakan solvent (alkohol) memberikan hasil yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena resin komposit memiliki sifat menyerap cairan sehingga menyebabkan resin komposit pada spesimen (core) mengalami degradasi (cacat).

Ini menandakan bahwa pembersihan menggunakan spray MEK dapat mempengaruhi hasil dari pengujian terutama pada metode pengeringan dan metode bonding yang digunakan.

#### 4.1.2 Metode Pengeringan



**Gambar 5.** Grafik Metode Pengeringan

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa core yang dikeringkan pada suhu 120°C menghasilkan peningkatan nilai rata-rata dibandingkan dengan dikeringkan menggunakan suhu ruang.

Hasil ini juga diperkuat dengan jurnal penelitian<sup>[8]</sup> dimana spesimen yang lebih kering menghasilkan data yang lebih besar. Pengeringan menggunakan suhu ruang kurang efektif digunakan dikarenakan masih memungkinkan adanya sisa uap air/solvent (moisture) yang masih terjebak pada core.

#### 4.1.3 Metode Bonding

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan nilai rata-rata yang diperoleh bonding autoclave lebih kecil dibandingkan tablepress namun dari koefisien variasinya menandakan bahwa hasil spesimen bonding autoclave lebih stabil nilainya dibandingkan bonding tablepress dimana jarak antar individunya tidak terlalu besar.

Hal ini dipengaruhi karena adanya perbedaan arah gaya pada proses bondingnya dimana autoclave menggunakan tekanan pada fluida (udara) ke seluruh bagian spesimen sedangkan tablepress menggunakan kontak langsung pada bagian test block spesimen (arah vertikalnya). Dari pengamatan secara visual, adanya excess resin yang berlebih pada permukaan test block menggunakan bonding tablepress menyebabkan resin yang digunakan banyak yang terbuang sehingga memungkinkan adanya transfer gaya yang tidak efektif pada saat pengujian.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Beban maksimum pengujian ini ditunjukkan pada variasi pembersihan menggunakan spray MEK, pengeringan menggunakan suhu ruang, dan bonding menggunakan tablepress dengan nilai rata-rata 5,67 MPa.
- 2) Metode pembersihan menggunakan spray MEK dapat menyebabkan cacat pada spesimen (core) sehingga mempengaruhi hasil data yang didapat. Oleh karena itu, metode pembersihan yang lebih baik digunakan adalah spray udara.
- 3) Core yang dikeringkan pada suhu 120°C menghasilkan peningkatan nilai rata-rata dibandingkan dengan dikeringkan menggunakan suhu ruang.
- 4) Adanya perbedaan arah gaya pada proses bondingnya dan pengamatan secara visual, spesimen menggunakan autoclave lebih stabil nilainya dibandingkan tablepress.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamasri, Diharjo, K., & Handiko, G. W. (2006). *Studi Perlakuan Alkali dan Tebal Core Terhadap Sifat Bending Komposit Sandwich Berpenguat Serat Sawit Dengan Core Kayu Sawit*. Jurnal Sains Materi Indonesia, Indonesian Journal of Materials Science, 8, 75–82.
- [2] Prismanto, G. D., & Irfa'i, M. A. (2016). *Studi Tebal Core Komposit Sandwich Berpenguat Serat E-glass dan Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Impact Dengan Matrik Polyester*. Jurnal Teknik Mesin, 04, 281–286.
- [3] Oh, K., Lee, S., Park, H., Kim, Y., & Kong, C. (2007). *Adhesion Properties Investigation of Sandwich Composite Structure With Surface Treatment of Aa 5052 Skin*. 16th International Conference on Composite Materials (ICCM-16), 8-13 July 2007, Kyoto, Japan, 1–4.
- [4] Campbell, F.C. (2010). *Structural Composite Materials*. In ASM International (hal. 629).
- [5] Bitzer, T. (1997). *Honeycomb Technology: Materials, Design, Manufacturing, Applications And Testing*. Chapman & Hall.
- [6] SAE International. (2013). *Composite Materials Handbook: Structural Sandwich Composites* (Vol. 6, hal. 1–353).

- [7] ASTM Standard. (2013). *C 297/C 297M Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions*. ASTM International (Vol. 04).
- [8] Kim, G., & Sterkenburg, R. (2019). *Investigating The Effects Aviation Fluids Have On The Flatwise Compressive Strength of Nomex V Honeycomb Core Material*. *Sandwich Structure & Materials*, 1–18.
- [9] Kumala, Y. R., Prasasti, A., & Saputra, C. S. (2020). *Perbedaan Kekuatan Tekan Resin Komposit Nanofiller Pada Perendaman Obat Kumur Beralkohol dan Non Alkohol*. *Dentistry*, 4(1), 293–301.