

## ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINATE DAN KEKUATAN FLATWISE SANDWICH PANEL DENGAN CORE KAYU BALSA YANG DIBUAT DENGAN MENGGUNAKAN METODA VARTM

Hendri Syamsudin\*; Handoko Subawi\*\*; Bayu Maulana\*

\*Kelompok Keahlian Struktur Ringan, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara  
Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia 40132  
Tel.: 022-254243, Fax: 022-2534164, E-mail: hendri.syamsudin@ae.itb.ac.id

\*\*) Bonding Komposit, Direktorat Aerostructure  
PT Dirgantara Indonesia, Bandung, Indonesia, 40174

### Abstrak

Penelitian metoda manufaktur VARTM (*Vacuum Assisted Resin Transfer Molding*) untuk produksi struktur komposit *sandwich* dan *laminat* sedang dikembangkan di Kelompok Keahlian Struktur Ringan, ITB. Paper ini menjelaskan hasil kajian pada satu jenis *core* untuk kasus *sandwich structure*, dua jenis *reinforcement* (serat gelas) untuk kasus *laminat*, dan tiga jenis campuran matriks. Paper ini juga menunjukkan beberapa parameter yang dianalisa dalam proses produksi menggunakan metoda VARTM. Parameter tersebut, diantaranya, adalah penetapan konfigurasi *inlet* dan *outlet*, penetapan tekanan pada *vacuum pump*, dan modifikasi yang perlu dilakukan agar material komposit yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Selanjutnya ditunjukkan hasil pengujian mekanik, yaitu uji tarik untuk jenis *laminat* dan uji *flatwise* untuk jenis *sandwich structure*. Pada spesimen *laminat*, tegangan tarik maksimum yang paling besar adalah spesimen dengan jenis matriks MT-B. Hasil uji juga menunjukkan bahwa spesimen yang dibuat dengan metoda VARTM memiliki kekuatan tarik maksimum yang lebih tinggi dibandingkan *hand lay-up* dengan jenis matriks dan serat yang sama. Pada spesimen *flatwise*, seluruh spesimen mengalami kegagalan pada bagian *core*. Hal ini berarti kekuatan *bonding* antara *face* dan *core* pada *sandwich structure* lebih tinggi dibandingkan kekuatan pada *core* balsa.

Kata kunci : VARTM, *hand lay-up*, komposit *sandwich* dan *laminat*, kekuatan tarik, *bonding*

### 1. Pendahuluan

Saat ini penggunaan material komposit banyak diaplikasikan pada berbagai produk. Berbagai riset dilakukan dalam bidang teknik manufaktur untuk memperbaiki kualitas produk komposit jenis *laminat* dan *sandwich* karena jenis komposit tersebut banyak diaplikasikan dalam bidang industri. Pada penelitian ini ini, kajian dilakukan pada metoda manufaktur *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) yang merupakan pengembangan dari metoda *resin transfer molding*. Metoda ini dipilih untuk dikaji dikarenakan beberapa keunggulan yang ditawarkan sesuai dengan kebutuhan pada industri kecil dan menengah yang banyak terdapat di Indonesia. Keunggulan tersebut meliputi, kualitas yang baik dan biaya produksi yang

murah. Beberapa variasi dilakukan diantaranya variasi campuran tiga jenis matriks, variasi serat dengan jenis matriks yang sama, serta perbandingan VARTM dengan metoda *hand lay-up*. Sebagai tahap akhir dilakukan pengujian mekanik, yaitu uji tarik untuk komposit *laminat* dan uji *flatwise* untuk komposit *sandwich structure* untuk dilakukan analisa modus kegagalan dan mendapatkan perbandingan data dari variasi-variasi yang ada.

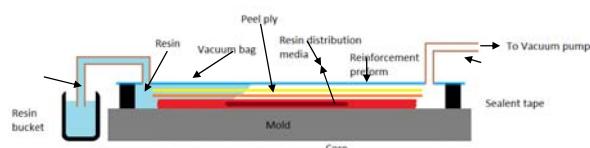
### 2. Metoda Manufaktur VARTM

#### Metode VARTM

Secara singkat, proses manufaktur VARTM dilakukan dalam 3 tahap, yaitu:



1. **Tahap sebelum pengaliran matriks**, yaitu tahap dimana dilakukan pembuatan *preform* dari spesimen yang akan dibuat, termasuk material apa saja yang digunakan, modifikasi apa yang dilakukan, dan tes kebocoran untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sudah dalam kondisi *vacuum*.
2. **Tahap pengaliran matriks**, yaitu tahap dimana matriks pada *resin bucket* dialirkan melalui selang *inlet* yang melewati *preform* menuju ke bagian selang *outlet*.
3. **Tahap curing matriks**, yaitu tahap dimana matriks yang sudah teralirkkan mengalami proses *curing* dalam temperatur ruangan.



Gambar 1. Skema proses VARTM

### 3. Pembuatan Specimen Uji Material

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- Epoxy resin : Bakelite EPR 174
- Epoxy hardener : Bakelite EPH 340 dan EPH 555
- Epoxy thinner : Diluent EPD Z8
- Serat glass : tipe E-glass CWR 400 dan *stitch bonded* EM 900.127 SOF
- Kayu balsa : Auszac (tebal 4mm dan 2mm) sebagai *core* pada jenis *sandwich*, untuk specimen pengujian digunakan balsa dengan tebal 4 mm dengan berat jenis 117.5 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 1. Klasifikasi campuran matriks

Campuran Matriks	Epoxy Resin	Epoxy Hardener	Epoxy Thinner	Komposisi RDH <sup>1</sup>
MT-A2	EPR 174	EPH 340	EPD Z8	4 : 2 : 4
MT-A1	EPR 174	EPH 340	EPD Z8	45 : 10 : 45
MT-B	EPR 174	EPH 555	-	2 : 0 : 1

### Pengukuran Gelling Time dan Viskositas

*Gelling time* adalah kondisi dimana matriks yang pada awalnya berwujud zat cair mulai berubah menjadi zat padat. Pengukuran dilakukan dalam tiga tahap, yaitu *work life*, *pot life*, dan *gel time*. VARTM diharapkan selesai prosesnya ketika matriks masih dalam tahap *work life* (WL).

Tabel 2. Hasil pengukuran *gel time*

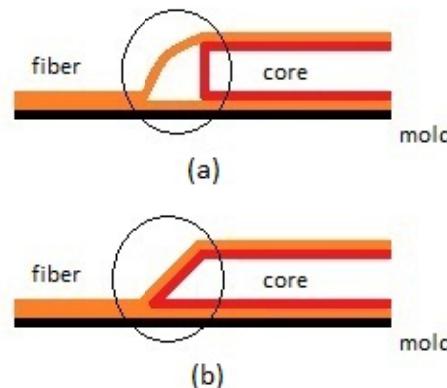
Campuran Matriks	WL	PL	GT
MT-A2	2.45'	3.10'	3.25'
MT-A1	1.25'	1.33'	1.40'
MT-B	33'	38'	41'

Pengukuran viskositas dilakukan untuk mengetahui viskositas dari campuran tiga variasi matriks yang berbeda dan dilakukan pada temperatur ruang. Pengukuran ini dilakukan di Laboratorium Instrumen Analisis, Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung. Viskositas dari campuran matriks adalah sebagai berikut; MT-A20: 4375 cps, MT-A10: 11125 cps, MT-B: 4100 cps.

### Desain Konfigurasi Pada Metode VARTM

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam desain konfigurasi metode ini, diantaranya adalah penetapan konfigurasi *inlet* dan *outlet*, penetapan tekanan pada *vacuum pump*, dan modifikasi apa saja yang dilakukan agar material komposit yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik.

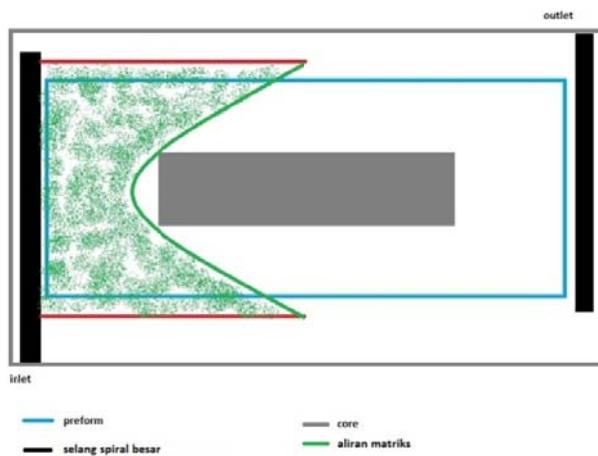
Modifikasi yang dilakukan adalah penggunaan gradien miring pada sisi *core* untuk komposit *sandwich structure* dan penggunaan selang spiral kecil (*vacuum hose*).



Gambar 2. Modifikasi gradien miring

Penggunaan gradien miring membuat tidak adanya ruang kosong yang dapat menyebabkan kegagalan pada proses VARTM seperti terlihat pada gambar 2.





Gambar 3. Penggunaan selang spiral kecil

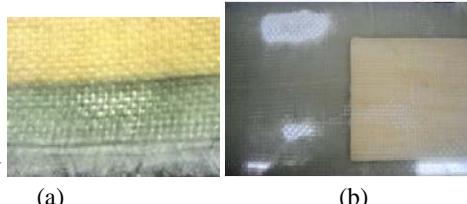
Selang spiral memiliki celah spiral pada setiap sisinya, maka matriks akan teralirkkan keluar melalui celah tersebut ketika matriks telah mencapai bagian ujung selang. Akibat dari penambahan selang spiral kecil tersebut, maka matriks yang mengalir akan melewati selang terlebih dahulu sehingga pengaliran matriks menjadi lebih cepat. Modifikasi ini berfungsi agar proses pengaliran matriks dapat cepat mencapai bagian *outlet* sebelum matriks mencapai *gel time*.

#### Evaluasi Hasil Penelitian VARTM

Keberhasilan metode manufaktur dengan VARTM sangat ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya:

- Menjaga kondisi sistem selalu *vacuum* selama proses dilakukan.
- Besarnya tekanan pada *vacuum pump* yang digunakan tepat dan sesuai dengan kondisi sistem yang ada.
- Sistem yang dibuat harus menjamin proses pengaliran matriks mencapai bagian *outlet* sebelum matriks mencapai *gel time*.
- Viskositas matriks harus sesuai dan tidak terlalu tinggi sehingga pengaliran dapat mencapai bagian *outlet* sebelum matriks mencapai *gel time*.

Berikut adalah kegagalan yang terjadi pada VARTM:



Gambar 4. (a) void. (b) incomplete impregnation

#### 4. Pengujian Mekanik, Fraksi Volume Serat, dan Analisis

Uji tarik dilakukan pada spesimen *laminate* yang mengacu pada ASTM D638-03 (2003). Sedangkan uji *flatwise* dilakukan pada spesimen *sandwich structure* yang mengacu pada ASTM C297/C297M-04 (2004).

##### Pengukuran Fraksi Volume Serat

Nilai dari fraksi volume serat adalah salah satu faktor penting yang menentukan kualitas dan kekuatan suatu material komposit. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan cara *burn-off method*, yaitu dengan cara melakukan pembakaran pada sampel sampai matriks yang mengikat serat habis terbakar. Metode ini mengacu pada ASTM D2584-02 (2002). Berikut adalah nilai fraksi volume serat setelah dilakukan *burn-off method* untuk setiap jenis spesimen:

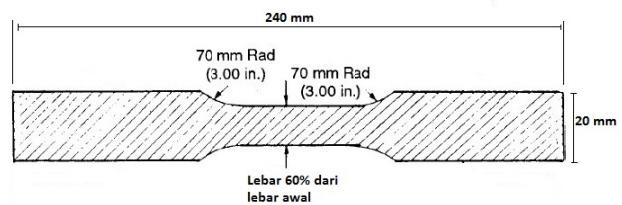
Tabel 3. Data fraksi volume serat

Kode Spesimen	$V_f$
MT-A20	0.57
MT-A10	0.59
MT-B	0.61
L	0.45

##### Uji Tarik

Pada spesimen uji tarik dilakukan lima jenis variasi dan diberikan kode, yaitu:

1. Tiga jenis variasi matriks dengan masing-masing kode MT-A20, MT-A10, MT-B.
2. Satu jenis variasi serat yaitu *stitch bonded* EM 900.127 SOF yang memiliki jenis matriks yang sama dengan MT-B, yaitu variasi dengan kode C.
3. Satu jenis variasi yang menggunakan metode *hand lay-up* tetapi memiliki jenis matriks dan serat yang sama dengan MT-B, yaitu variasi dengan kode L.



Gambar 5. Dimensi spesimen (ASTM D 638-03)

Tabel 4. Hasil pengujian tarik rata-rata untuk setiap



variasi

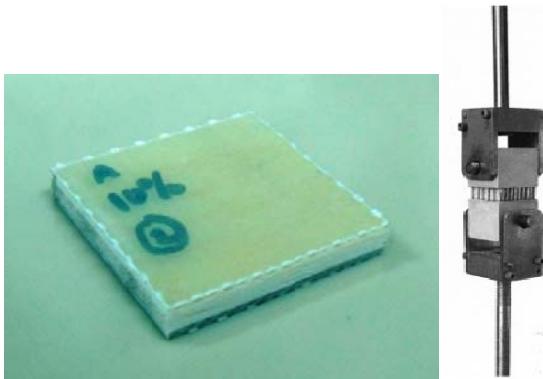
Kode Spesimen	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan Maksimum (Mpa)
MT-A20	662,4	244
MT-A10	686,6	238
MT-B	726,3	245
C	844,8	305
L	622,4	188

**Uji Flatwise**

Spesimen *flatwise* hanya menggunakan variasi matriks dengan jenis serat gelas WR 400 dan *core* kayu balsa (tebal 4 mm) dengan konfigurasi dan kode:

- Matriks F MT-A20 perbandingan (*resin : diluent : hardener*) adalah (4 : 2 : 4)
- Matriks F MT-A10 perbandingan (*resin : diluent : hardener*) adalah (4.5 : 1 : 4.5)
- Matriks F MT-B perbandingan (*resin : hardener*) adalah 1 : 1

F pada kode spesimen menunjukkan *flatwise*. Dimensi spesimen uji memiliki panjang 50 mm dan lebar 50 mm. Sedangkan ketebalan spesimen bervariasi tergantung dari *core* yang digunakan. Spesimen direkatkan pada alat uji seperti pada gambar berikut:



Gambar 6. Spesimen uji *flatwise*

Uji *flatwise* bertujuan untuk mengetahui kekuatan *bonding* antara *face* dan *core* pada komposit *sandwich structure*.

Tabel 5. Data hasil uji *flatwise*

Kode variasi	Nomor spesimen	Displacement at max.load (mm)	Beban maksimum (kg)
F MT-A20	1	0.65	263
	2	0.85	258
	3	0.75	235
F MT-A10	1	0.83	480
	2	0.88	415
	3	0.64	535
F MT-B	1	1.05	490
	2	0.90	425
	3	0.85	480

**5. Kesimpulan**

1. Metode VARTM yang dilakukan dengan menggunakan tiga campuran matriks berhasil menghasilkan material komposit yang memiliki kandungan *void* rendah, serta dapat mengatasi kegagalan seperti *incomplete impregnation*.
2. Modifikasi yang dilakukan pada VARTM seperti penambahan selang spiral kecil (*vacuum hose*) dan penggunaan gradien miring pada core dapat mengurangi resiko kegagalan pada material komposit yang dihasilkan.
3. Viskositas matriks yang lebih rendah dapat dengan cepat mengalir pada serat, sehingga cocok digunakan dalam metode VARTM.
4. Perbandingan kekuatan tarik pada variasi tiga jenis matriks menghasilkan spesimen dengan kode MT-B yang memiliki kekuatan paling tinggi, yaitu sebesar 245 MPa, dan yang paling rendah adalah spesimen dengan kode MT-A10 yaitu sebesar 238 MPa.
5. Spesimen dengan kode C yang menggunakan serat jenis *stitch bonded* EM 900.127 SOF yang memiliki kekuatan lebih tinggi yaitu sebesar 305 MPa dibandingkan dengan spesimen MT-B yang menggunakan serat jenis CWR 400 (yaitu sebesar 245 MPa). Matriks yang digunakan pada variasi ini sama yaitu campuran *epoxy resin* dengan *epoxy hardener* EPH 555.
6. VARTM menghasilkan material komposit yang memiliki kekuatan dan fraksi volume serat yang lebih tinggi (spesimen dengan kode MT-B) dibandingkan dengan metode *hand lay-up* (spesimen dengan kode L). Spesimen VARTM memiliki kekuatan 245 MPa dengan fraksi volume serat 0.61, sedangkan spesimen *hand lay-up* (L) memiliki kekuatan 188 MPa dengan fraksi volume serat 0.45.
7. Pada uji *flatwise*, seluruh spesimen mengalami kegagalan pada bagian *core*, sehingga tidak dapat dilakukan analisa lebih lanjut karena



sesuai tujuan awal uji ini yaitu untuk mengetahui kekuatan *bonding* antara *face* dan *core* pada komposit *sandwich structure*.

## **Daftar Pustaka**

ASTM D638-03 (2003), “Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics”, ASTM International.

ASTM C297/C297M (2004), “Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions”, ASTM International.

ASTM 2584-02 (2002), “Standard Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins”, ASTM International.

## **Pengakuan Dukungan Penelitian**

Penelitian dapat terlaksana karena dukungan Riset Insentif RISTEK 2010, DF-2010-2272.



