

# PENGARUH TINGGI CETAKAN TERHADAP PROSENTASE PENYUSUTAN POLYESTER BERPENGISI SERAT AGAVE

**Bashada Ardhie Brata, Hastono Wijaya, Suharto.**  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. Mayjend Haryono No. 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: [bratabashada@gmail.com](mailto:bratabashada@gmail.com)

## ABSTRAK

Material komposit mampu menggeser dominasi logam dalam aplikasi dan struktural. Pemanfaatan papan komposit sudah semakin luas seperti pada peralatan olah raga, transportasi, peralatan rumah tangga serta *equipment* dalam teknologi *aerospace*. Keuntungan penggunaan material papan komposit ini antara lain; rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah, dan proses pembuatannya mudah. Komposit terdiri dari gabungan antara matrik dan penguat. Penguat yang berupa serat sangat dominan dalam penggunaan pada material komposit. Bila dibandingkan antara berat dan kekuatannya, serat agave yang tergolong serat alami ini memiliki sifat mekanik yang relatif baik dibandingkan dengan serat alam yang lain. Jenis matriks yang digunakan adalah resin *polyester*. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan komposit berpengisi serat agave. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental nyata yang secara langsung digunakan pada obyek yang akan diteliti. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi prosentase serat agave sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan variasi tinggi cetakan 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, dan 7 cm. Variabel terikat yang digunakan adalah prosentase penyusutan pada komposit polyester berpengisi serat agave. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa, berdasarkan prosentase serat agave, semakin tinggi prosentase serat agave maka prosentase penyusutan semakin kecil dengan prosentase penyusutan terendah sebesar 2,25%. Pengaruh tinggi cetakan berdasarkan prosentase penyusutan paling kecil adalah cetakan dengan tinggi 3 cm yaitu 9,66%.

**Kata kunci:** serat agave, polyester, tinggi cetakan, prosentase penyusutan.

## PENDAHULUAN

Penerapan teknologi komposit banyak digunakan sebagai aplikasi pada proses manufaktur sebagai material baru. Material komposit mampu menggeser dominasi logam dalam aplikasi dan struktural. Pemanfaatan papan komposit sudah semakin luas seperti pada peralatan olah raga, transportasi, peralatan rumah tangga serta *equipment* dalam teknologi *aerospace*. Di Asia khususnya Jepang, pada tahun 2005 sekitar 88% komponen otomotif telah di daur ulang, sedangkan pada tahun 2015 ditargetkan komponen yang dapat didaur ulang meningkat menjadi sekitar 95% (Holbery dan Houston, 2006). Keuntungan penggunaan material papan komposit ini antara lain; rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah, dan proses pembuatannya mudah.

Pada penelitian ini disamping menggunakan bahan penguat dari serat agave, jenis matriks yang digunakan adalah resin *polyester*. Resin *polyester* adalah

salah satu jenis *polimer termoset* yang mudah diperoleh dan digunakan masyarakat dari kalangan umum maupun industri dalam skala kecil maupun besar. Resin *polyester* mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dan gas (Hartanto, Ludi, 2009), namun kekurangan dari *polyester* sendiri ialah tingkat penyusutan volumenya yang tinggi. (Amelia, 2014).

Berdasarkan uraian diatas, suatu proses produksi dituntut untuk lebih efisien dan menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan juga memiliki sifat mekanik yang baik, maka perlu adanya pengamatan lebih lanjut mengenai proses produksi komposit yang lebih efisien dengan memperhitungkan penyusutannya, material komposit yang memiliki perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan, juga material komposit yang ramah lingkungan dengan adanya penguat komposit dari serat alam yaitu serat agave

Pada penelitian sebelumnya, Adhitya (2015) meneliti tentang pengaruh variasi fraksi berat serat daun nanas terhadap prosentase penyusutan pada komposit yang menggunakan matriks *polyester*. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwasanya semakin besar

### **Komposit**

Pengertian komposit adalah kombinasi makroskopik dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda. Dikarenakan perbedaan dari bahan pembentuknya, maka dihasilkan material komposit yang sifat mekanik dan karakteristiknya berbeda pula dari bahan-bahan pembentuknya. (Schwartz, 1992).

### **Polimer**

Polimer (*poly* = banyak dan *mer* = bagian) adalah suatu molekul besar atau makromolekul yang dibentuk atas susunan ulang dari molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia. Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu molekul kecil atau monomer saling berikatan dalam suatu rantai polimer atau membentuk tiga dimensi jaringan. Jika monomer memiliki jenis yang sama disebut homopolimer, dan jika monomer memiliki jenis yang berbeda akan menghasilkan kopolimer.

Polimer merupakan gabungan dari beberapa monomer yang membentuk sebuah rantai polimer. Bila rantai tersebut dikelompokkan bersama-sama dalam suatu pola dan orientasi yang acak disebut amorf, jika penggabungannya teratur disebut kristalin.

### **Serat Agave**

Serat Agave *Cantula Roxb* merupakan salah satu jenis serat alam yang potensial dikembangkan untuk material penguat berharga murah dan ramah lingkungan. Serat Agave *Cantula Roxb* merupakan serat alam sebagai hasil dari ekstraksi daun tanaman Agave *Cantula Roxb* yang termasuk dalam keluarga *agavaceae*. Tanaman Agave *Cantula Roxb*

berat serat daun nanas maka penyusutan semakin rendah. Maka diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan tinggi bentuk cetakan terhadap prosentase penyusutan komposit yang berpengisi serat agave.

yang memiliki nama lain Agave *Candelabrum*, Agave *Rumphii*, maupun Manila *Maguey* ini banyak tumbuh di daerah tropis, baik di Asia, Afrika maupun Amerika. Sebagaimana tanaman sejenisnya dalam keluarga *Agavaceae*, Agave *Cantula Roxb* tidak memiliki batang yang jelas, dan memiliki daun yang kaku dengan panjang 100-175 cm dengan duri di sepanjang tepi daunnya. Kandungan serat agave dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposit Serat Agave

Kandungan (%)	Komposisi
Kadar air	13,13
Hemiselulosa	9,45
Selulosa	64,23
Abu	4,98
Lignin	5,91
Wekstraking alkohol benzena	3,38
Kadar air alkohol benzena	11,95

### **Matriks**

Matrik adalah bahan yang berfungsi mengikat penguat satu dengan yang lain. Bahan yang umum dipakai sebagai matrik adalah metal, keramik, atau polimer. Pada saat ini polimer sering dipergunakan karena lebih ringan dan tahan korosi. (Schwartz, 1992).

Bahan pengisi yang berfungsi sebagai penguat pada material komposit dapat berbentuk serat, partikel, dan serpihan. Dalam hal ini sebagai pengikat atau penyatu antara serat dengan serat, partikel dengan partikel yaitu digunakan matriks. Secara umum matriks terbagi atas

dua kelompok yaitu: matriks thermoset, dan matriks termoplastik.

Resin polyester sebelum dicampur dengan zat pengeras/katalis, akan tetap dalam keadaan cair dan akan mengeras setelah pencampuran dengan katalisnya setelah beberapa menit, sesuai dengan jenis dan banyaknya katalis yang digunakan dalam pencampuran.

Curing merupakan suatu proses pengeringan untuk merubah material pengikat dari keadaan cair menjadi padat. Curing ini terjadi melalui reaksi kepolimerisasi radikal antara molekul jenis vinil yang membentuk hubungan silang melalui bagian tak jenuh dari polyester. Reaksi ini timbul karena dipicu oleh katalis yang ada, yang mulai diaktifkan oleh sejumlah kecil akselerator. Standar yang dianjurkan untuk penggunaan katalis adalah 1% pada suhu kamar.

Spesifikasi resin *unsaturated polyester yukalac 157 BQTN* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi resin *unsaturated polyester yukalac 157 BQTN*

Item	Nilai Tipikal	Catatan
Berat jenis (gr / cm <sup>3</sup> )	1,215	
Suhu distorsi panas (°C)	70	
Penyerapan air (suhu ruangan) (%)	0,188	24 jam
	0,466	3 hari
Kekuatan Flexural (Kg/ mm <sup>2</sup> )	9,4	
Modulus Flexural (Kg/ mm <sup>2</sup> )	300	
Daya rentang (Kg/ mm <sup>2</sup> )	5,5	
Modulus rentang (Kg/ mm <sup>2</sup> )	300	
Elongasi (%)	1,6	

### Metode Pembuatan Komposit

Dalam pembuatan komposit diperlukan suatu cetakan dimana cetakan tersebut harus bersih dari kotoran dan permukaannya halus. Cetakan dapat terbuat dari logam, kayu, gips, plastik, dan kaca. Ada 3 metode pembuatan komposit yang sering digunakan, yaitu :

- Metode *Hand Lay Up*
- Metode *Spray Up*
- Metode *Injection Molding*

### Pengujian Prosentase Penyusutan

Pada setiap proses produksi pasti ada kerugian, pada pengecoran salah satu kerugiannya adalah penyusutan. Penyusutan ini mengakibatkan desain produk menjadi tidak maksimal, karena ada proses produksi lanjutan yang memakan waktu dan biaya lebih. Untuk pengujian prosentase penyusutan pada ASTM, terdapat pada seri ASTM D6289. Pada dasarnya standar ASTM mengacu pada rumus densitas atau teori Archimedes, yaitu :

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

dimana :

$\rho$  = Densitas benda (kg/m<sup>3</sup>).

m = massa benda (kg).

v = volume benda (m<sup>3</sup>)

Dari persamaan diatas, perhitungan pada ASTM D6289 menjadi :

$$MS = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

*MS* = *Mold shrinkage* atau prosentase penyusutan spesimen (%).

*V*<sub>0</sub> = Volume cetakan spesimen (m<sup>3</sup>).

*V*<sub>1</sub> = Volume spesimen (m<sup>3</sup>)

### Fraksi Volume

Komposisi serat dalam komposit sangat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya kekosongan ruang pada komposit. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis serat, berat jenis resin, massa komposit, massa resin. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$Wf = \frac{wf}{wc} = \frac{\rho f \cdot Vf}{\rho c \cdot Vc} = \frac{\rho f}{\rho c} \dots\dots\dots (3)$$

$$Vf = \frac{\rho c}{\rho f} \cdot wf = 1 - Vm \dots\dots\dots (4)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matrik, serta densitas fiber dan matrik, maka fraksi



volume dan fraksi berat dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$Vf = \frac{wf/\rho_f}{\frac{wf}{\rho_f} + \frac{wm}{\rho_m}} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

- Wf = fraksi berat serat (%)
- Wf = berat serat (gram)
- $\rho_f$  = densitas serat ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )
- $\rho_c$  = densitas komposit ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )
- Vf = fraksi volume serat (%)
- Vm = fraksi volume matrik (%)
- $v_f$  = volume serat ( $\text{cm}^3$ )
- $v_m$  = volume matrik ( $\text{cm}^3$ )

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah pengaruh prosentase agave dan tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan polyester. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengecoran Logam, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

**Variabel Penelitian**

1. Variabel bebas
  - Variasi prosentase serat agave yaitu: 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%.
  - Tinggi cetakan yaitu: 3cm, 4cm, 5cm, 6cm, dan 7cm.
2. Variabel terkontrol
 

Variable terkontrol yang digunakan dalam penlitian ini adalah bentuk luas penampang cetakan yaitu lingkaran, cara pembuatan dengan menggunakan metode *hand lay-up, curing* dengan suhu ruangan, dan cetakan menggunakan cetakan silicon.
3. Variabel terikat
 

Variabel terikat pada penelitian ini adalah prosentase penyusutan polyester.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data hasil prosentase penyusutan polyester berpengisi serat agave pada cetakan tinggi 3 sampai dengan 7 cm ditunjukkan pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 7.

Tabel 3 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 3 cm.

Tinggi 3 cm					
%	Peny. 1	Peny. 2	Peny. 3	Jumlah	Rataan
0	9.66	8.92	9.13	27.71	9.24
10	9.10	8.57	9.37	27.04	9.01
20	7.67	7.40	7.51	22.58	7.53
30	6.71	7.30	7.03	21.05	7.02
40	5.89	6.66	5.87	18.42	6.14

Tabel 4 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 4 cm.

Tinggi 4 cm					
%	Peny. 1	Peny. 2	Peny. 3	Jumlah	Rataan
0	8.04	9.87	9.55	27.47	9.16
10	7.90	9.73	8.76	26.39	8.80
20	6.69	6.81	6.69	20.18	6.73
30	6.25	5.91	5.59	17.75	5.92
40	5.21	4.76	4.74	14.71	4.90

Tabel 5 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 5 cm.

Tinggi 5 cm					
%	Peny. 1	Peny. 2	Peny. 3	Jumlah	Rataan
0	6.93	7.13	7.50	21.56	7.19
10	6.62	7.02	7.01	20.65	6.88
20	5.65	7.13	6.94	19.73	6.58
30	4.81	7.40	6.64	18.85	6.28
40	3.84	4.52	9.09	17.45	5.82

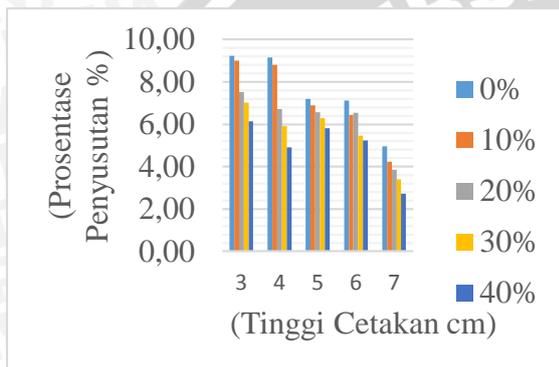
Tabel 6 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 6 cm.

Tinggi 6 cm					
%	Peny. 1	Peny. 2	Peny. 3	Jumlah	Rataan
0	7.52	8.32	5.53	21.38	7.13
10	7.44	6.78	5.11	19.33	6.44
20	7.26	7.38	4.98	19.61	6.54
30	5.61	5.44	5.32	16.37	5.46
40	5.69	5.51	4.54	15.74	5.25

Tabel 7 Hasil Pengolahan data prosentase penyusutan pada tinggi cetakan 7 cm.

Tinggi 7 cm					
%	Peny. 1	Peny. 2	Peny. 3	Jumlah	Rata
0	4.57	4.96	5.36	14.89	4.96
10	3.09	4.13	5.51	12.73	4.24
20	3.33	4.11	4.16	11.60	3.87
30	3.06	3.91	3.26	10.24	3.41
40	3.03	2.55	2.60	8.18	2.73

Hubungan antara prosentase tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan serat agave.



Gambar 1. Grafik hubungan antara tinggi cetakan terhadap prosentase penyusutan serat agave.

Dari grafik hubungan Antara prosentase tinggi cetakan serat agave pada cetakan berbentuk lingkaran, di dapatkan beberapa informasi di antaranya yaitu untuk proses pembuatan secara handlayup, serat agave mempunyai pengaruh pada prosentase penyusutan paling besar pada tinggi cetakan 7 cm prosentase 40% dengan hasil prosentase penyusutan adalah 2,55 %. Hal ini di karenakan luas bidang kontak antara komposit dan serat akan semakin besar sehingga menurunkan prosentase penyusutan.

Dari grafik tersebut juga bisa terlihat bahwa pengaruh tinggi cetakan berdasarkan jarak antar prosentase penyusutan 0-40% yang terendah prosentase penyusutan ialah tinggi 3 cm prosentase 0% yang terendah dengan hasil 9,66 %. Dari grafik tersebut bisa dilihat bahwa hasil terendah penyusutan 9,66%

dikarenakan luas permukaan cetakan yang kecil menyebabkan gaya adhesi yang lebih besar dari gaya kohesi nya sehingga mengalami penyusutan paling besar.

Berdasarkan jarak antar prosentase penyusutan 0-30 % tinggi cetakan paling besar prosentase penyusutannya ialah tinggi 4 cm. Dikarenakan gaya adhesi yang lebih kecil daripada gaya kohesifnya sehingga hasilnya mengalami penyusutan paling kecil.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk metode *hand lay-up*, serat agave mempengaruhi hasil prosentase penyusutan paling kecil pada prosentase 40% tinggi cetakan 7 cm dengan nilai 2,55% prosentase penyusutan.
2. Untuk metode *hand lay-up*, pengaruh tinggi cetakan berdasarkan prosentase penyusutan semakin tinggi cetakan, gaya kohesi antar komposit semakin besar sehingga penyusutan semakin menurun..

## SARAN

1. Pada saat proses pengadukkan campuran diusahakan pelan-pelan untuk menghindari adanya gelembung udara kecil.
2. Pada proses *Hand Lay-Up* lakukan penuangan matrik lebih cepat kedalam cetakan agar campuran matrik dan katalis tidak mengeras.
3. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang jenis-jenis serat yang lain dan berbagai geometri cetakan seperti tinggi cetakan atau diameter cetakan sehingga dapat mengetahui hasil yang optimal dari pengujian penyusutan.

## DAFTAR PUSTAKA

Autar, K. Kaw., 2006. *Mechanics of Composite Materials*, University of South Florida.

Callister, W.D., 2009. *Material Science And Engineering an Introduction eighth edition*, David G. Rethwisch, New York.

Frida, Emma. 1992. Beberapa Sifat Mekanis dari Papan Komposit erat Pendek Ijuk dengan Resin Epoksi dan Resin Poliester. Skripsi. FMIPA. USU: Medan.

Hartomo, A.J. 1992, Memahami Polimer dan Perakat, Yogyakarta.

Havlicek P., 1988, **Casting Engineering**. New York : Editor in Chief.

Schwartz M.M., 1992, **Composite Materials Handbook**, New York: Mc Graw Hill Higher Education

Surdia T., Saito S, 1991, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita, Jakarta.

Vinolita, 2013. Komposit Serat (*coco fibre*) Pengganti Kayu. Asosiasi Industri Sabut Kelapa Indonesia.

