

ANALISA PENGARUH VARIASI KOMPOSISI TERHADAP KEKUATAN TARIK STATIK DAN IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT *ROCKWOOL* PADA PESAWAT TANPA AWAK

Fauzi K. P.¹, Ikhwansyah Isranuri², M. Sabri³, Marragi M⁴, Tugiman⁵, Mahadi⁶, Bustami Syam⁷
^{1,2,3,4,5,6,7}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
 E-mail : ozz_onn@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penggunaan komposit ringan sangat penting dalam meningkatkan kemampuan terbang Pesawat Tanpa Awak (*Unmanned Aerial Vehicle* = UAV) di udara. Salah satu keuntungan komposit diperkuat serat adalah komposit lebih ringan daripada logam dan relatif kuat. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh komposisi yang memiliki sifat mekanis terbaik dari bahan komposit berpenguat serat *rockwool* untuk aplikasi pembuatan pesawat tanpa awak. Material dibuat dengan bahan dasar resin polyester BQTN 157 EX, serat *rockwool* sebagai penguat, dan katalis MEKP. Kajian hanya dilakukan dengan variasi komposisi *rockwool*-polyester (4-96)%, (8-92)%, (12-88)%. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik statik dan uji impak charpy. Dari pengujian tarik statik yang dilakukan, didapatkan bahwa semakin banyak kadar *rockwool* pada komposit, maka kekuatan tarik juga akan meningkat. Kekuatan tarik maksimum terbesar dimiliki komposisi 12% *rockwool* yaitu sebesar 31,169 MPa, dengan regangan sebesar 1,56 % dan modulus elastisitas sebesar 3133,424 MPa. Dari pengujian impak, didapatkan nilai kekuatan impak terbesar dimiliki komposisi 4% *rockwool* yaitu sebesar 0,003733 J/mm², sementara komposisi 12% *rockwool* memiliki kekuatan impak sebesar 0,002489 J/mm², dan komposisi 8% *rockwool* memiliki kekuatan impak terendah yaitu 0,002267 J/m². Dan didapat komposisi *rockwool*-polyester (12-88)% memiliki sifat mekanis terbaik diantara tiga komposisi yang diteliti untuk pesawat tanpa awak.

Kata kunci: Komposit, Resin Polyester, Rockwool, Uji Tarik Statik, Uji Impak Charpy.

1. PENDAHULUAN

Pesawat Tanpa Awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata, kamera, maupun muatan lainnya. Pesawat tanpa awak memiliki bentuk, ukuran, konfigurasi dan karakter yang bervariasi.

Penggunaan komposit ringan sangat penting dalam meningkatkan kemampuan terbang UAV di udara. Untuk alasan bobot, aluminium adalah satu-satunya logam yang digunakan dalam UAV. Komposit telah digunakan dalam komponen beban sederhana, yang terdiri dari sekitar 20% dari bobot pesawat. Untuk pengurangan bobot lebih lanjut, komposit harus digunakan dalam komponen beban yang lebih tinggi seperti ekor, sayap dan badan pesawat.

Dengan adanya pengembangan UAV, maka pengembangan dari sisi material ringan dan kuat untuk fuselage dan sayap pesawat itu sendiri merupakan sebuah kajian teoritis yang selayaknya mendapatkan perhatian dari para peneliti, sehingga diharapkan Pesawat UAV generasi selanjutnya memiliki unjuk kerja yang lebih baik karena menggunakan material yang ringan dan kuat. Bahan komposit yang akan diteliti adalah campuran *rockwool* dengan resin *polyester*.

Penelitian ini dilakukan untuk mencari sifat mekanis yang berupa kekuatan tarik dan kekuatan impak dari bahan komposit tersebut. Melalui penelitian ini diharapkan didapatkan suatu bahan komposit yang ringan dan memiliki sifat mekanik (*mechanical properties*) yang baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utamanya yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan komposisi material pada dasarnya tidak dapat dipisahkan [1]. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui percampuran yang tidak homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komponen utama dari komposit adalah penguat dan matriks. Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Berdasarkan penguatnya, komposit dibagi menjadi komposit berpenguat partikel, komposit berpenguat serat, dan komposit struktural. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren permukaan matrik dan serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, dan tetap stabil setelah proses manufaktur. Berdasarkan matriks nya, komposit dibagi menjadi komposit matrik polimer, komposit matrik keramik, dan komposit matrik logam

2.2. *Rockwool*

Di alam, *rockwool* terbentuk ketika lava dilemparkan ke udara dan mengeras kembali sebagai serat. *Rockwool* dibuat dengan melelehkan bahan baku pada suhu 1.500 ° C. Lelehan batu yang dihasilkan dipintal menjadi serat. Binder dan minyak mineral kemudian ditambahkan untuk membuat materi stabil dan tahan air. *Rockwool* kemudian dipanaskan sampai 200-250 ° C untuk mengeringkan pengikat [2]. Bahan baku utama *rockwool* adalah basalt, dolomite, dan cemented briquettes. Produk *rockwool* diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Rockwool

Sumber: Roxul Inc, Technical Product information (RockTech S Series). 2012
Rockwool yang digunakan memiliki karakteristik seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik <i>rockwool</i>		
Keterangan	Satuan	Nilai
Densitas	kg/m ²	60
<i>Hot surface performance</i>	°C	350
<i>Thermal conductivity (200°C)</i>	W/mK	0.060
<i>Linear shrinkage (maximum temperature)</i>	%	0

Sumber: Roxul Inc, Technical Product information (RockTech S Series). 2012

2.3. Resin Polyester

Polyester resin tak jenuh adalah jenis polimer termoset yang memiliki struktur rantai karbon yang panjang. Matriks jenis ini memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pembentukannya [3]. Spesifikasi resin polyester dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi resin *polyester* tak jenuh

Sifat Mekanik	Satuan	Besaran
Massa jenis	kg/m ³	1200 s/d 1500
Modulus Elastisitas	GPa	2 s/d 4.5
Kekuatan Tarik	MPa	40-90
Elongasi	%	1,6

Sumber: PT. Justus Kimia Raya, 2007.

Resin polyester diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Resin Polyester

2.4. Katalis MEKP

Katalis merupakan material kimia yang digunakan untuk mempercepat reaksi polimerisasi struktur komposit pada kondisi suhu kamar dan tekanan atmosfer. Tanpa pemberian katalis, material komposit tidak akan mengeras dan membentuk gumpalan-gumpalan gelembung. Komposisi katalis yang digunakan adalah tiap 15,15 gram resin diberi 5 tetes pipet tetes katalis [4]. Katalis diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Resin Polyester

2.5. Uji Tarik

Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan melakukan uji tarik kita mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang. Tegangan teknis atau tegangan konvensional pada beban maksimum disebut kekuatan tarik [tensile strength (TS atau S_u)] atau sering disebut juga kekuatan tarik batas [ultimate tensile strength (UTS)] [5]. Spesimen menggunakan standar ASTM D 638 [6].

a. Tegangan (σ) :

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

F = gaya (Newton)

A = luas penampang awal (mm^2)

σ = Tegangan (Nmm^{-2}).

b. Regangan (ϵ):

Adapun rumus regangan adalah:

$$\epsilon = \frac{l_t - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

ϵ = Regangan

l_0 = Panjang spesimen
mula-mula (mm)

Δl = Pertambahan panjang (mm)

l_t = Panjang spesimen setelah
mengalami uji tarik (mm)

c. Modulus Elastisitas

Hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

E = Modulus elastisitas (Nmm^{-2})

σ = Tegangan (Nmm^{-2})

ϵ = Reganga

2.6. Uji Impak

Pengujian impact adalah sebuah metode untuk mengevaluasi ketangguhan relatif dari bahan-bahan teknik. Pada pengujian impact, spesimen mendapatkan beban kejut hingga patah. Spesimen menggunakan standar ISO 179 [7].

a. Energi aktual

$$E_a = E' - f \dots \dots \dots (4)$$

dimana:

E_a = Energi aktual yang dibutuhkan (J)

f = Kerugian energi pada alat (J)

E' = Energi yang didapat dari hasil pengujian (J)

Nilai kerugian energi pada alat uji impact yang digunakan adalah 0,2 J [8].

b. Energi serap impact.

$$E_{\text{serap impact}} = \frac{E_a}{A} \dots \dots \dots (5)$$

dimana:

E_i = Energi serap impact (J/mm²)

A = Luas penampang (mm²).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Rockwool*
- Resin *Polyester* tak jenuh
- Katalis MEKP
- Wax

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Jangka Sorong
- Timbangan digital
- Cawan Tuang
- Kaca
- Sendok Plastik
- Cetakan
- Alat Uji Tarik
- Alat Uji Impact

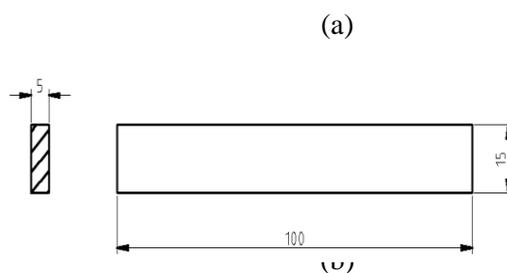
3.3 Pembuatan Spesimen

Metode yang dilakukan dalam proses pembuatan spesimen adalah hand lay-up. Adapun proses pembuatan spesimen dari komposit ini adalah:

- Mempersiapkan semua alat dan bahan.
- Menimbang semua bahan menurut takarannya masing-masing, yaitu 4% *rockwool* dan 96 % resin *polyester* untuk komposisi satu, 8% *rockwool* dan 92% resin *polyester* untuk komposisi dua, 12%

rockwool dan 88% resin *polyester* untuk komposisi tiga. Adapun komposisi antara resin dengan katalis dengan perbandingan 15,15 gram resin ditambahkan katalis sebanyak 5 tetes pipet tetes.

3. Mengoleskan permukaan cetakan dengan *wax*.
4. Meletakkan cetakan di atas permukaan yang rata, yaitu kaca.
5. Mencampurkan *rockwool* dan resin *polyester* sesuai dengan takaran komposisi dan aduk hingga tercampur rata selama 3 menit untuk komposisi satu, 5 menit untuk komposisi dua, dan 7 menit untuk komposisi tiga.
6. Menambahkan katalis pada campuran sesuai komposisi yang ditentukan dan aduk kembali 1 menit.
7. Menuangkan campuran ke dalam cetakan dan ratakan permukaan campuran pada cetakan.
8. Menjepit cetakan dengan kaca menggunakan ragum tangan untuk memberikan tekanan pada cetakan.
9. Selanjutnya membiarkan campuran tersebut pada tekanan atmosfer dan suhu kamar selama 24 jam.
10. Spesimen yang sudah kering dilepas dari cetakan. Bentuk spesimen uji tarik dan impak diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Spesimen Uji,
(a) Bentuk Spesimen Uji Tarik, dan (b) Spesimen Uji Impak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tarik

Berikut adalah hasil pengujian tarik pada tiga komposisi yang berbeda dari komposit *rockwool-polyester*.

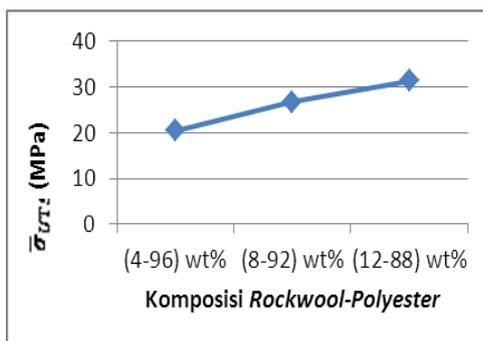
a. Tegangan tarik maksimum

Nilai tegangan tarik maksimum untuk masing-masing spesimen diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai tegangan tarik maksimum rata-rata

Komposisi Rockwool- Polyester	Spesimen	σ_{UTS} (MPa)	$\bar{\sigma}_{UTS}$ (MPa)
(4-96) %	I	19,10498	20,389
	II	21,52886	
	III	20,5342	
(8-92) %	I	24,75799	26,201
	II	25,2989	
	III	28,5471	
(12-88) %	I	29,91233	31,169
	II	33,40033	
	III	30,19436	

Grafik nilai tegangan tarik maksimum dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik nilai tegangan tarik maksimum rata-rata

Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin besar kadar serat *rockwool* di dalam komposit, maka kekuatan tarik maksimum komposit akan semakin besar. Nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi dimiliki oleh komposisi 12% *rockwool* - 88% *polyester*, sebesar 31.169 MPa.

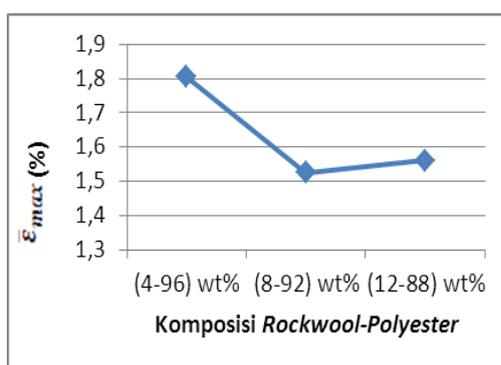
b. Regangan maksimum

Nilai regangan maksimum untuk masing-masing spesimen diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai regangan maksimum rata-rata

Komposisi Rockwool-Polyester	Spesimen	ϵ_{max} (%)	$\bar{\epsilon}_{max}$ (%)
(4-96) %	I	1,6225	1,804
	II	1,84	
	III	1,95	
(8-92) %	I	1,1075	1,525
	II	2,12	
	III	1,3475	
(12-88) %	I	1,465	1,5608
	II	1,81125	
	III	1,40625	

Grafik nilai regangan maksimum masing-masing spesimen dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik nilai regangan maksimum rata-rata

Gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan serat *rockwool* di dalam komposit, maka regangan maksimum yang terjadi akan semakin kecil. Nilai regangan maksimum dimiliki oleh komposisi 4% *rockwool* - 96% *polyester* sebesar 1.804 %.

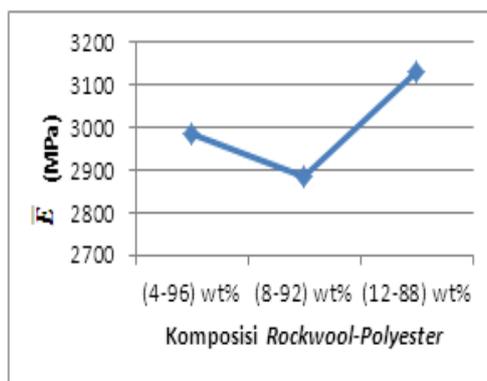
c. Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas untuk masing-masing spesimen diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai modulus elastisitas rata-rata

Komposisi Rockwool-Polyester	Spesimen	E (MPa)	\bar{E} (MPa)
(4-96) %	I	2559,971	2972,215
	II	2998,112	
	III	3358,56	
(8-92) %	I	2927,966	2883,662
	II	2721,886	
	III	3001,133	
(12-88) %	I	2932,938	3133,424
	II	3349,933	
	III	3117,4	

Grafik nilai modulus elastisitas dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik nilai modulus elastisitas rata-rata

4.2 Hasil Pengujian Impak

Berikut adalah hasil dari pengujian impak yang dilakukan Hasil pengujian impak dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian impak

Komposisi Rockwool-Polyester	Spesimen	E' (J)
(4-96) %	I	0,29
	II	0,33
	III	0,28
(8-92) %	I	0,21
	II	0,18
	III	0,18
(12-88) %	I	0,24
	II	0,20
	III	0,18

a. Energi aktual

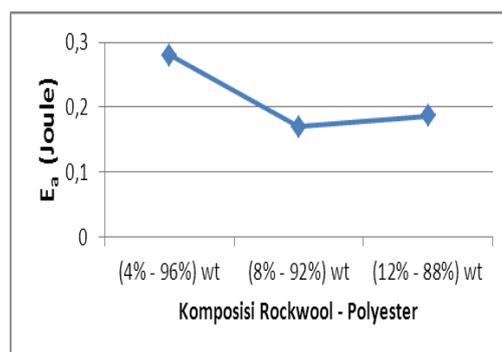
Dari hasil pengujian impact didapatkan nilai f (kerugian energi pada alat). Nilai f didapat dengan cara mengayunkan pendulum tanpa spesimen. Dari pengujian tersebut didapat nilai sebesar 0,02 Joule sebagai nilai f .

Nilai energi aktual dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai Energi Aktual

Komposisi Rockwool-Polyester	Spesimen	E' (J)	E_s (J)	\bar{E}_a (J)
(4-96) %	I	0,29	0,27	0,28
	II	0,33	0,31	
	III	0,28	0,26	
(8-92) %	I	0,21	0,19	0,17
	II	0,18	0,16	
	III	0,18	0,16	
(12-88) %	I	0,24	0,22	0,1867
	II	0,2	0,18	
	III	0,18	0,16	

Grafik nilai energi aktual rata-rata dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik nilai energi aktual rata-rata

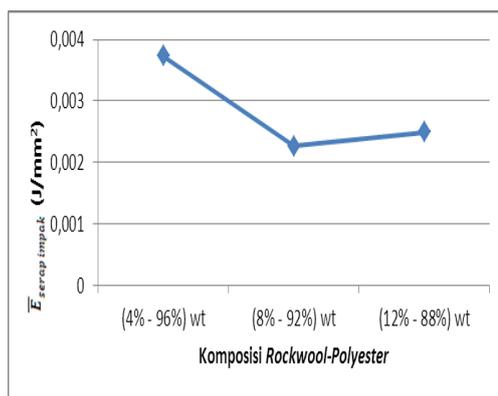
b. Energi serap impact

Nilai energi serap impact dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Nilai Energi Serap Impact

Komposisi Rockwool-Polyester	Spesimen	$E_{serap\ impact}$ (J/mm ²)	$\bar{E}_{serap\ impact}$ (J/mm ²)
(4-96) %	I	0.0036	0.003733
	II	0.00413333	
	III	0.00346667	
(8-92) %	I	0.00253333	0.002267
	II	0.00213333	
	III	0.00213333	
(12-88) %	I	0.00293333	0.002489
	II	0.0024	
	III	0.00213333	

Grafik nilai energi serap impact rata-rata dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik nilai energi impact rata-rata vs komposisi *rockwool* –*polyester* (%)

Gambar 9 memperlihatkan bahwa semakin banyak kadar *rockwool*, maka kekuatan impact cenderung menurun. Namun pada komposit dengan kadar *rockwool* 12%, terjadi peningkatan kekuatan impact, yaitu sebesar 0.002489 J/mm². Kekuatan impact maksimum dimiliki oleh komposit dengan kadar *rockwool* 4%.

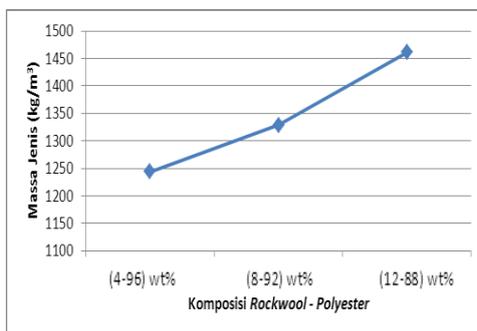
4.3 Massa jenis

Nilai massa jenis masing-masing komposisi diperlihatkan pada tabel 10.

Tabel 9. Nilai Massa Jenis

Komposisi Rockwool Polyester	m (kg)	V (m ³)	ρ (kg/m ³)
(4-96) %	18,7	15,05676	1244,2
(8-92) %	20	15,05676	1328,3
(12-88) %	22	15,05676	1461,14

Grafik massa jenis dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Grafik nilai massa jenis (kg/m³) vs komposisi *rockwool*-*polyester*

Dari grafik di atas, semakin banyak kadar *rockwool* yang di tambahkan, semakin besar massa jenis dari komposit tersebut.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Semakin banyak persentase *rockwool*, maka kekuatan tarik komposit *polyester* diperkuat serat *rockwool* akan semakin besar. Dengan kekuatan tarik maksimum dimiliki komposit dengan komposisi 12% serat *rockwool*, yaitu sebesar 31,169 MPa. Dan kekuatan tarik minimum dimiliki komposit dengan komposisi 4% serat *rockwool*, yaitu sebesar 20.38936 MPa.
2. Komposisi serat *rockwool* dan resin *polyester* mempengaruhi kekuatan dampak komposit dengan kekuatan dampak maksimum dimiliki komposit dengan komposisi 4% serat *rockwool*, yaitu sebesar 0.003733 J/mm². Komposisi 12% serat *rockwool* memiliki kekuatan dampak sebesar 0.002489 J/mm². Dan kekuatan dampak minimum dimiliki komposit dengan komposisi 8% serat *rockwool*, yaitu sebesar 0.002267 J/mm².
3. Nilai massa jenis maksimum dimiliki oleh komposit dengan komposisi 12% serat *rockwool*, yaitu sebesar 1461,14 kg/m³, dan nilai massa jenis minimum dimiliki oleh komposit dengan komposisi 4% serat *rockwool*, yaitu sebesar 1244,2 kg/m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schwartz, M.M. 1984. *Composite Material Handbook*. US: Mc. Graw Hill Book Company.
- [2] <http://rockwoolasia.com>
- [3] Chaula, K.K. 1987. *Composite materials*, First Ed. Berlin: Springer-Verlag New York Inc.
- [4] Michael. 2013. *Daya Serap Air Dan Kandungan Serat (Fiber Content) Komposit Poliester Tidak Jenuh (Unsaturated Polyester) Berpengisi Serat Tandan Kosong Sawit Dan Selulosa*, Skripsi. Departemen Teknik Kimia FT-USU.
- [5] A.Schey, John. 2009. *Proses Manufaktur*. Edisi ketiga. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [6] ASTM D638, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, 2001
- [7] Brown, Roger. 2002. *Handbook of Polymer Testing*. United Kingdom: Rapra Technology Limited.
- [8] Ningsih, Maulida. 2012. *Analisa Kekuatan Material Expanded Polyolefin (Epo) Foam Pada Pesawat Aeromodelling Melalui Uji Tarik Dan Impak*. Skripsi. Departemen Teknik Mesin FT-USU.