

# Pengaruh Variasi Fraksi Berat dan Panjang Serat Komposit Pelepah Kelapa dengan Matriks *Polypropylene* terhadap Kekuatan Tarik pada Proses *Injection Moulding*

(*The Effect of Weight Fraction Variations and Long Fiber Composites of a Coconut Midrib with The Polypropylene Matrix Against Tensile Strength on The Injection Moulding Process*)

Mohammad Bagus E. H.<sup>1</sup>, Hari Arbiantara<sup>2</sup>, Dedi Dwilaksana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
email: baghuseko@gmail.com

## Abstrak

Perkembangan material teknologi rekayasa saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat, salah satunya yaitu komposit. Perkembangan material komposit sekarang ini telah bergeser dari komposit berpenguat serat sintesis menjadi komposit berpenguat serat alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi berat dan panjang serat pelepah kelapa terhadap kekuatan tarik komposit matriks *polypropylene* pada proses *injection moulding*. Pada penelitian ini, serat alami yang digunakan sebagai penguat yaitu serat pelepah kelapa dengan variasi fraksi berat 3%; 5%; 7.5%; 10% dan 12% serta variasi panjang serat yang digunakan yaitu 3 mm, 5 mm dan 7 mm. Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah *injection moulding*. Parameter proses yang digunakan yaitu temperatur *barrel* sebesar 190°C, tekanan 8 bar serta *holding time* 8 detik. Penelitian ini, menghasilkan nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada variasi fraksi berat 5% dengan panjang serat 3 mm yaitu sebesar 12 N/mm<sup>2</sup>. Nilai kekuatan tarik rata-rata terendah didapat pada variasi fraksi berat 12% dengan panjang serat 7 mm sebesar 9.17 N/mm<sup>2</sup>. Penambahan fraksi berat sampai 5% serat pelepah kelapa dengan panjang serat 3 mm dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit. Namun pada penambahan fraksi berat 7% sampai 12% kekuatan tarik mengalami penurunan.

**Kata Kunci:** fraksi berat, panjang serat, serat pelepah kelapa, *injection moulding*, kekuatan tarik.

## Abstract

The development of materials engineering technology now has progress rapidly, one of them is a composite. The development of composite materials have now been shifted from Composite synthetic fibers into natural fibers. The aim of this research is to discover the effect of weight fraction variation and long fiber composite of a coconut midrib with the polypropylene matrix against tensile strength on the injection moulding process. Coconut midrib, one of natural fiber is used as reinforcement in this research, with weight fraction variation 3%; 5%; 7.5%; 10% and 12% and used fiber length variation 3 mm, 5 mm and 7 mm. Injection moulding is used method for making composite. The parameter process use 190°C barrel temperature, 8 bar pressure and 8 seconds holding time. From these results, the average value of the highest tensile strength was obtained at 5% weight fraction variation with 3 mm of fiber length is equal to 12 N/mm<sup>2</sup>. the average value of the lowest tensile strength was obtained at 12% weight fraction variation with 7 mm of fiber length at 9.17 N/mm<sup>2</sup>. The addition up to 5% weight fraction of fiber coconut midrib with 3 mm fiber length can increase the tensile strength of the polypropylene matrix composite. But the addition of the weight fraction of 7% to 12% tensile strength was decreased.

**Keywords:** weight fraction, fiber length, fiber of coconut midrib, injection moulding, the tensile strength.

## Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat, khususnya perkembangan di bidang material teknologi rekayasa. Perkembangan material sekarang ini menuntut akan adanya material yang tidak hanya mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi tetapi juga mempunyai berat yang ringan. Salah satu material yang memenuhi persyaratan dalam perkembangan material yaitu komposit.

Perkembangan komposit sekarang ini telah beralih dari komposit berpenguat serat sintesis ke komposit dengan serat alami karena serat sintesis sangat sulit untuk diuraikan oleh alam dan serat sintesis menjadi sebuah permasalahan yang sangat serius bagi lingkungan hidup. Pada tahun 2009, United Nation mendeklarasikan sebagai tahun “*International Year of Natural Fibres*” yang bertujuan untuk menaikkan profil serat-serat alam [1]. Telah banyak dilakukan penelitian tentang serat dari bahan alami yang bisa dijadikan sebagai alternatif pengganti serat dari bahan

sintetis. Serat alami memiliki kelebihan lebih ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah, salah satu serat alami yang mampu dijadikan penguat yaitu serat pelepah kelapa.

Penelitian terdahulu [2] serat pelepah kelapa dengan matriks polyester. Variasi yang digunakan yaitu panjang serat 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Serta fraksi volume serat 5 %, 10% 15%. Penelitian lain oleh [3] dalam penelitiannya tentang pengaruh panjang serat pada temperatur uji yang berbeda terhadap kekuatan tarik komposit serat tapis kelapa. Variasi panjang yang digunakan 5 mm, 10 mm dan 15 mm dengan temperatur uji -5°C, 10°C, dan 25°C. Hasil pengujian tarik maksimal terjadi pada temperatur 25°C dengan panjang serat 5 mm kekuatan tariknya 15,77 Mpa.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan serat kelapa, metode pembuatan komposit dilakukan secara manual yaitu menggunakan metode *hand lay up*. Dengan menggunakan mesin pencetak plastik seperti *injection moulding*, proses produksi secara massal dapat tercapai. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis menggunakan metode *injection moulding* dalam pembuatan komposit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan variasi fraksi berat dan panjang serat komposit serat pelepah kelapa dengan matriks *polypropylene* terhadap kekuatan tarik pada proses *injection moulding*.

**Metode Penelitian**

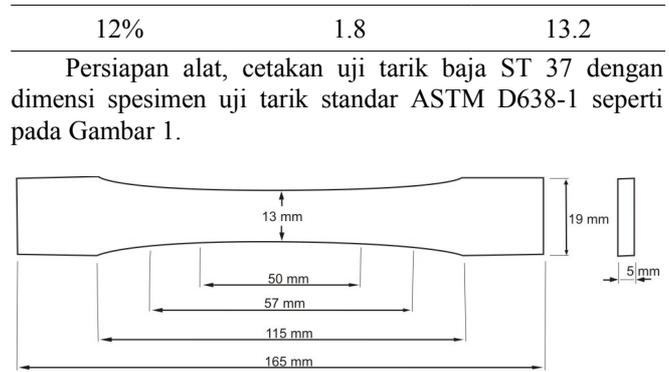
Penelitian yang dilakukan yaitu pembuatan komposit berpenguat serat pelepah kelapa dengan matriks *polypropylene*. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah fraksi berat serat pelepah kelapa sebesar 3%, 5%, 7.5%, 10%, 12% dan panjang serat yang digunakan 3 mm, 5 mm dan 7 mm. Metode pembuatan komposit yang digunakan yaitu menggunakan mesin *injection moulding* tipe piston standard penelitian merk *Burkert* , model: RN 350, tegangan listrik: 220 volt/50 hz/600 watt, tekanan mekanis: 10 bar, suhu: 20°C - 450°C. Temperatur *barrel* yang digunakan untuk proses pembuatan komposit yaitu 190 °C dengan tekanan sebesar 8 bar serta *holding time* 8 detik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat pelepah kelapa. Matriks *Polypropylene homopolymer* jenis Trilene HI10HO. Alat-alat yang digunakan yaitu mesin *injection moulding* merk *Burkert*, mesin Uji tarik *Universal Testing Machine*, cetakan uji tarik baja ST 37.

Persiapan bahan, serat pelepah kelapa dipotong dengan ukuran 3 mm, 5 mm dan 7 mm. Dengan berat satu spesimen uji tarik sebesar 15 gram. Maka perhitungan komposisi komposit diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi komposit

Fraksi Berat Serat	Berat Serat (gram)	Berat PP (gram)
3%	0.45	14.55
5%	0.75	14.25
7.5%	1.125	13.875
10%	1.5	13.5



Gambar 1. Spesimen uji tarik

Persiapan alat, cetakan uji tarik baja ST 37 dengan dimensi spesimen uji tarik standar ASTM D638-1 seperti pada Gambar 1. Setelah persiapan alat dan bahan, proses pencetakan spesimen menggunakan mesin *injection moulding* sesuai level penelitian dengan pengulangan sebanyak 5 kali pengulangan.

**Hasil Dan Pembahasan**

**A. Hasil Penelitian**

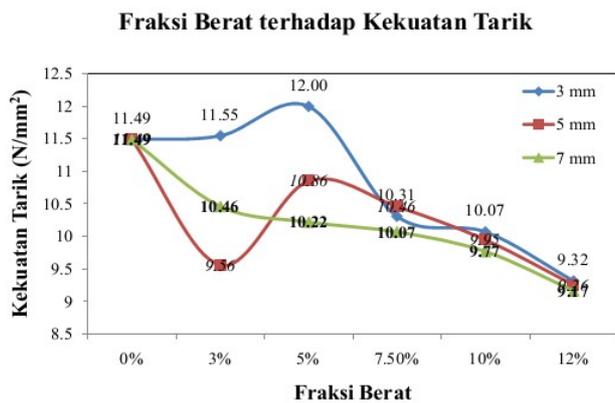
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data hasil perhitungan kekuatan tarik dari masing-masing variasi pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Perhitungan Kekuatan Tarik

Fraksi Berat	Panjang Serat (mm)	Kekuatan Tarik Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
0%	-	11.49
	3	11.55
	5	9.56
3%	7	10.46
	3	12
	5	10.86
5%	7	10.22
	3	10.31
	5	10.46
7.5%	7	10.07
	3	10.07
	5	9.95
10%	7	9.77
	3	9.32
	5	9.26
12%	7	9.17

**B. Pembahasan Kekuatan Tarik**

Dari Tabel 2 ditunjukkan data perhitungan kekuatan tarik komposit serat pelepah kelapa matriks *polypropylene* didapat grafik fraksi berat terhadap kekuatan tarik yang diperlihatkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pengaruh fraksi berat terhadap kekuatan tarik

Dari Gambar 2, hasil variabel yang paling tepat untuk mendapatkan kekuatan tarik tertinggi adalah variasi fraksi berat 5% dengan panjang serat 3 mm, menghasilkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 12 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai terendah terjadi pada variasi fraksi berat 12% panjang serat 7 mm dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 9.17 N/mm<sup>2</sup>.

Terlihat dalam Gambar 2, penambahan fraksi berat 3% hingga 5% dengan kombinasi 3 mm meningkatkan kekuatan tarik komposit serat pelepah kelapa dibandingkan dengan PP murni. Hal ini sesuai dengan penelitian [4] bahwa penambahan fraksi volume serat dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Namun pada penambahan fraksi berat 7% sampai 12% kekuatan tarik semakin menurun. Hal ini diakibatkan ikatan yang lemah antara serat dan matriks karena ruang matriks untuk mengikat serat menjadi berkurang, sehingga beban tidak dapat ditransfer dengan baik pada matriks ke serat [5]. Ikatan yang baik antara serat dan matriks, membuat serat mampu menyerap beban yang ditransfer oleh matriks dengan baik. Hal ini membuat kekuatan tarik komposit yang dihasilkan tinggi [6].

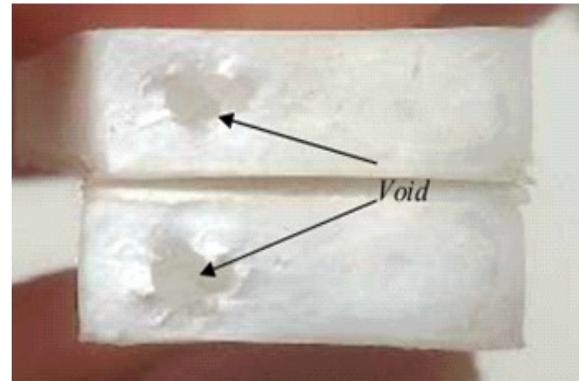
Kekuatan tarik rata-rata tertinggi komposit terjadi pada panjang serat 3 mm dan terendah terjadi pada panjang serat 7 mm. Hal ini disebabkan pada panjang serat 3 mm, serat dapat terdistribusi dengan baik dari pada panjang serat 7 mm sehingga ikatan antara matriks dan serat dapat berlangsung dengan baik.

Selain itu ukuran serat juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik komposit, pada [1] penggunaan serat yang berukuran kecil sebagai penguat komposit menghasilkan kekuatan komposit yang relatif lebih baik serta analisis retakannya menunjukkan ikatan yang lebih baik antara serat dan matriks.

### C. Hasil Uji Foto Makro

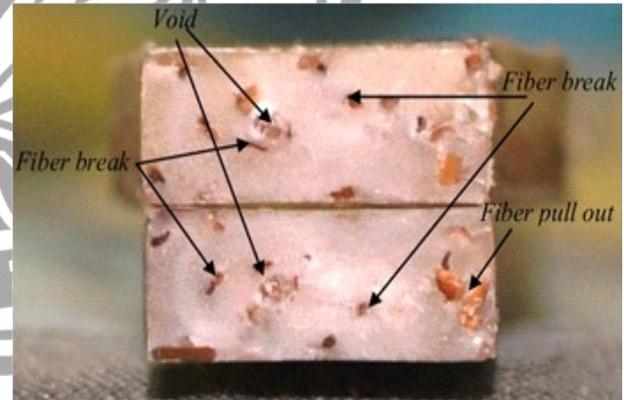
Pada PP murni rata-rata nilai kekuatan tarik komposit yaitu sebesar 11.49 N/mm<sup>2</sup>. Bentuk patahan yang terjadi setelah spesimen diuji tarik yaitu patah getas, karena daerah patahan yang relatif rata dan tidak disertai deformasi plastis. Terlihat pada patahan spesimen PP murni dalam Gambar 3 di bawah terdapat *void* atau rongga yang terbentuk akibat adanya udara yang terjebak di dalam *barrel* ketika pemasukan material ke dalam *hopper*. Sehingga saat

penginjeksian udara ikut masuk ke dalam cetakan hingga spesimen membeku.



Gambar 3. Patahan spesimen uji tarik *polypropylene* murni

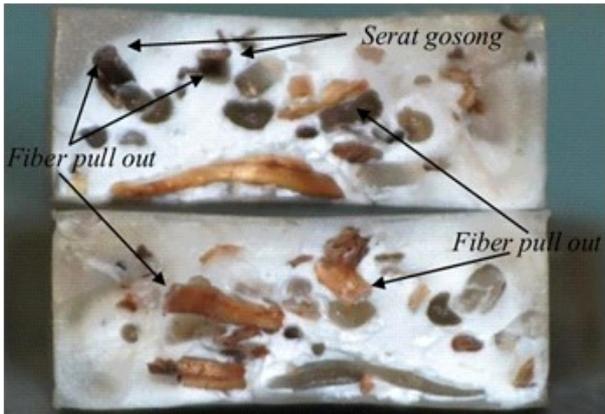
Pada spesimen fraksi berat 5% panjang serat 3 mm bentuk patahan yang terjadi setelah diuji tarik yaitu patah getas, karena permukaan daerah patahan relatif rata dan tidak disertai deformasi plastis. Nilai rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 12 N/mm<sup>2</sup> merupakan nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi dari penelitian ini. Terlihat pada Gambar 4, jumlah serat yang mengalami *fiber break* relatif banyak, menunjukkan bahwa terjadi ikatan yang baik antara serat dan matriks, sehingga serat mampu menyerap beban yang ditransfer oleh matriks dengan baik. Selain itu serat terdistribusi secara merata diperlihatkan dalam Gambar 4. Distribusi serat yang seragam membuat sifat keseluruhan komposit menjadi lebih baik [6].



Gambar 4. Patahan spesimen uji tarik fraksi berat 5% dan panjang 3 mm

Nilai kekuatan tarik rata-rata pada spesimen fraksi berat 12% panjang serat 7 mm merupakan nilai kekuatan tarik terendah yaitu sebesar 9.17 N/mm<sup>2</sup>. Diperlihatkan dalam Gambar 5, banyak menunjukkan *fiber pull out*, hal ini disebabkan terlalu banyaknya jumlah serat membuat ruang matriks untuk mengikat serat semakin sempit sehingga kekuatan tarik menurun karena beban tidak ditransfer sempurna dari matriks ke serat. Selain itu terdapat juga banyak serat gosong atau berubah menjadi karbon yang juga dapat menurunkan kekuatan tarik komposit. Serat yang memiliki kekuatan lebih besar dan mempunyai ikatan lebih baik dengan matriks akan terjadi *fiber breaking* sedangkan

serat yang memiliki ikatan yang lemah dengan matriksnya maka serat tersebut mengalami *fiber pull out* [7].

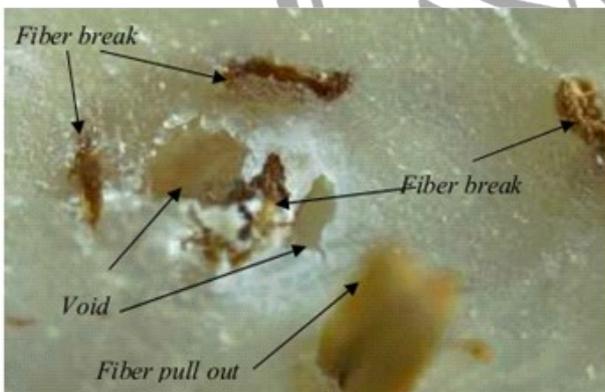


Gambar 5. Patahan spesimen uji tarik fraksi berat 12 % dan panjang 7 mm

#### D. Hasil Uji Foto Mikro

Fenomena-fenomena patahan yang terjadi pada spesimen uji tarik dapat diketahui lebih jelas melalui foto mikro pada penampang patahan spesimen setelah diuji tarik serta ikatan yang terjadi antara matriks PP dan serat pelepah kelapa dapat diamati. Pada penelitian ini pengamatan dilakukan dengan perbesaran 40X.

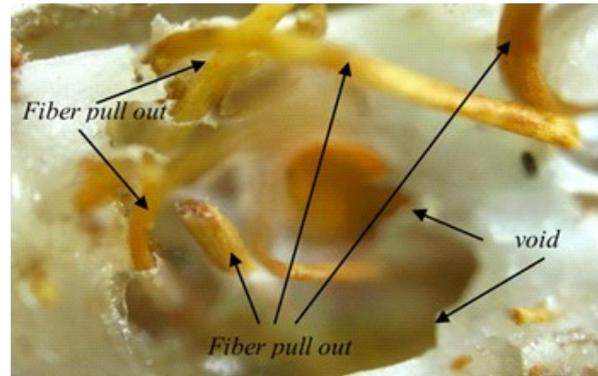
Pada foto mikro spesimen fraksi berat 5% dengan panjang serat 3 mm yang diperlihatkan dalam Gambar 6, tampak banyak terjadi *fiber break* yang menandakan bahwa terdapat ikatan yang baik antara matriks dan serat, sehingga saat serat menanggung beban yang diterima matriks, serat tidak terlepas dari matriksnya.



Gambar 6. Struktur mikro patahan spesimen fraksi berat 5% dengan panjang serat 3 mm

Pada spesimen fraksi berat 12 % dengan panjang serat 7 mm yang diperlihatkan dalam Gambar 7. Serat yang semakin banyak mengakibatkan serat berkumpul pada suatu titik dan kemampuan matriks untuk mengikat serat berkurang, karena matriks tidak memiliki cukup ruang untuk mengikat serat. Kondisi ini menyebabkan adanya celah pada daerah *interface* sehingga ikatan pada daerah *interface* menjadi lemah dan kemampuan untuk mentransfer tegangan dari matriks ke serat menjadi berkurang. Akibatnya banyak serat yang terlepas dari matriksnya (*fiber pull out*). Terdapat

juga luasan *void* yang cukup besar sehingga menjadikan kekuatan tarik rata-rata terendah dalam penelitian ini.



Gambar 7. Struktur mikro patahan spesimen fraksi berat 12% dengan panjang serat 7 mm

Dari foto-foto bentuk patahan tersebut, masih terdapat banyak *void* dalam spesimen uji tarik. Penyebab terjadinya *void* karena udara yang terjebak dalam spesimen. *Void* merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penurunan nilai kekuatan tarik pada spesimen. Karena dengan adanya *void* dalam komposit akan dapat memicu terjadi konsentrasi tegangan awal yang mengakibatkan munculnya titik awal retakan [5].

### Kesimpulan

Penambahan serat pelepah kelapa sebagai penguat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik komposit dengan matriks *polypropylene*. Pada variasi fraksi berat 5% dengan panjang serat 3 mm diperoleh nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 12 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kekuatan tarik rata-rata terendah terjadi pada variasi fraksi berat 12% dengan panjang serat 7 mm dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 9.17 N/mm<sup>2</sup>.

Penambahan fraksi berat sampai 5% serat pelepah kelapa dengan panjang serat 3 mm dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit. Namun pada penambahan fraksi berat 7% sampai 12% kekuatan tarik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan jumlah serat penguat yang digunakan terlalu banyak sehingga ruang matriks untuk mengikat serat semakin berkurang.

Dari hasil penelitian ini dengan menggunakan serat pelepah kelapa sebagai penguat, didapatkan semakin panjang ukuran serat yang digunakan sebagai penguat akan menurunkan kekuatan tarik pada komposit serat pelepah kelapa dengan matriks *polypropylene*.

### Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, pada pembuatan komposit menggunakan mesin *injection moulding* tipe piston ini, distribusi serat yang terjadi tidak dapat tersebar merata. Untuk itu, pada penelitian selanjutnya tentang pembuatan komposit dengan penguat serat ini dianjurkan menggunakan mesin *screw injection moulding* karena dengan adanya *screw* diharapkan dapat mengaduk material

dalam *barrel* sehingga distribusi serat dan matriks dapat tercampur merata.

Dari hasil foto makro maupun mikro penelitian ini tampak pada daerah patahan masih terdapat banyak *void* akibat adanya udara yang terjebak. Oleh karena itu, untuk meminimalisir terjadinya *void* dalam spesimen, penulis menganjurkan untuk memperkecil ukuran butir *polypropylene* yang akan digunakan. Agar ruang udara kosong dalam *barrel* dapat dikurangi dan diharapkan mampu meminimalisir terjadinya *void*.

### Daftar Pustaka

- [1] Bakri. 2011. *Tinjauan Aplikasi Serat Sabut Kelapa Sebagai Penguat Material Komposit*. Jurnal Mekanikal Vol. 2 No. 1. Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako. Palu.
- [2] Sari, Nasmi Herlina, etc. 2011. *Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Serat Pelepah Kelapa Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Polyester*. Jurnal Vol. 1 No. 2 Teknik Mesin Universitas Mataram. Mataram.
- [3] Lokantara, Putu etc. 2010. *Pengaruh Panjang Serat Pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [4] Ari, Muhammad. 2011. *Sifat-sifat Mekanik dari Flax/Polypropylene*. Tesis. Teknik Mesin Universitas Indonesia. Depok
- [5] Ramadhana, Arif. 2013. *Pengaruh Variasi Tekanan dan Persentase Massa Serbuk Arang Kayu Terhadap Kekuatan Tarik Material Plastik Polypropylene Pada Proses Injection Moulding*. Tugas akhir S-1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jember.
- [6] Callister, William D dan Rethwisch, David G. 2009. *Materials Science and Engineering an Introduction*. John Willey and Sons, Inc.
- [7] Taufik, M. Ikhsan, etc. 2013. *Perilaku Creep Pada Komposit Polyester Dengan Serat Kulit Bambu Apus*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung