

## ANALISIS SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT PLASTIK HDPE BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK DAN BENDING

**Bambang Margono<sup>1</sup>, Haikal<sup>1\*</sup>, Lujeng Widodo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Indonesia, 57552

<sup>2</sup> Program Studi Kimia Tekstil, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Indonesia, 57552

### ABSTRAK

Dalam studi ini, penelitian mengenai investigasi sifat-sifat mekanik dari material komposit serat alami yang berbahan matriks HDPE dan *reinforced* serat ampas tebu (*bagasse*) telah dilakukan. Komposit dibuat dengan cara *pressured sintering* dengan variasi fraksi volume antara matriks dan *reinforced* berturut turut 40% : 60%, 50% : 50%, dan 60% : 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prosentase serat ampas tebu sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan bending komposit. Peningkatan volume fraksi serat ampas tebu berdampak terhadap terbentuknya rongga-rongga di dalam komposit yang berakibat pada penurunan kekuatan. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar 60% : 40% dengan nilai rerata 15.5 MPa. Sedangkan kekuatan bending tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar volume 60% : 40% dengan nilai rerata 16.8 MPa.

**Kata kunci :** *bagasse; komposit; matriks HDPE; sifat-sifat mekanik.*

### ABSTRACT

*This study, research on the investigation of the mechanical properties of natural fiber composite materials made from HDPE matrix and reinforced fiber of bagasse has been done. The composites were prepared by pressured sintering with variation of volume fraction between matrix and reinforced respectively 40%: 60%, 50%: 50%, and 60%: 40%. The results showed that the percentage of bagasse fiber greatly affect the tensile strength and bending strength of composite. An increase in the volume of the bagasse fibers affects the formation of cavities within the composite resulting in a decrease in strength. The highest tensile strength was obtained on HDPE plastic composition and 60%: 40% bagasse fiber with a mean value of 15.5 MPa. While the highest bending strength obtained on HDPE plastic composition and bagasse fiber volume of 60%: 40% with a mean value of 16.8 MPa.*

**Keywords :** *bagasse; composite; HDPE matrix; mechanical properties.*

---

\* Penulis korespondensi  
Email: haikal@sttw.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Pengembangan di sektor industri pertahanan dalam memproduksi sistem persenjataan merupakan agenda nasional yang masih menjadi perhatian khusus oleh suatu negara berkembang. Penggunaan teknologi permesinan yang maju telah diupayakan sebagai langkah untuk membuat persenjataan yang canggih. Selain itu, penerapan material terbaharukan juga dilakukan untuk meningkatkan efisien dari produk persenjataan.

Komposit merupakan suatu material terbaharukan yang banyak diterapkan oleh industri pertahanan dalam pembuatan bodi kendaraan seperti pesawat terbang, perkapalan maupun kendaraan roda empat. Hal ini berkaitan dengan sifat dari komposit itu sendiri yang memiliki keunggulan antara lain berat lebih ringan, ketahanan terhadap korosi yang tinggi serta biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen dan baut-baut penyambung. Komposit terbuat dari gabungan antara dua atau lebih material pembentuk dengan campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Widodo 2008). Secara garis besar menurut Daniel, Ishai et al. (1994) ada tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya yaitu pertama *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Kedua *Laminade Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Ketiga *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Material komposit dapat tersusun dari material sintetis, kombinasi antara material sintetis dengan bahan alami atau kombinasi antara bahan alami. Penelitian mengenai komposit dengan menggunakan bahan alami telah dilakukan sejak tahun 1981 oleh peneliti sebelumnya yaitu Lakkad dan Patel (1981). Penelitian komposit serat alami dengan menggunakan serat kelapa telah dilakukan oleh Maryanti, Sonief et al. (2011). Selain itu, penggunaan serat alami nanas sebagai bahan pembuat komposit juga telah diteliti oleh Kurniawan (2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi berat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik dari material komposit. Selain fraksi berat, pengaruh panjang serat juga berdampak terhadap sifat

mekanik komposit. Hal ini dibuktikan oleh peneliti sebelumnya yaitu Purboputro (2006) yang telah melakukan penelitian dengan variasi panjang serat.

Ampas tebu merupakan salah satu limbah alami yang banyak ditemukan di Negara Indonesia. Penelitian mengenai komposit alami berbahan penguat ampas tebu telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Yudo dan Jatmiko telah melakukan penelitian mengenai komposit berpenguat serat ampas tebu ditinjau dari kekuatan tarik dan dampak (Yudo and Jatmiko 2008). Pengaruh komposisi campuran filler terhadap kekuatan bending komposit ampas tebu dengan serbuk kayu juga telah dilakukan oleh Rianto (2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi campuran yang sama yaitu 20% ampas tebu dengan 20% serbuk kayu dapat menghasilkan kekuatan bending dengan nilai tertinggi Clareyna dan Mawarani (2013) telah melakukan penelitian mengenai karakteristik komposit polimer berpenguat serat ampas tebu.

Berdasarkan hasil riset sebelumnya telah menunjukkan bahwa fraksi volume pada pembuatan komposit berbahan serat alami sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik dari komposit tersebut. Akhir-akhir ini telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh fraksi volume dari serat hybrid yaitu penggabungan antara serbuk kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan serat ampas tebu (*bagasse*) untuk aplikasi pada bodi kendaraan (Perdana 2016). Walaupun penerapan serat ampas tebu sebagai bahan penguat serat komposit telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Namun demikian, perpaduan komposisi antara ampas tebu dengan bahan tertentu dalam pembuatan komposit serat alami akan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Oleh karena itu, peneliti pada tulisan ini telah melakukan investigasi perpaduan antara limbah serat ampas tebu dengan plastik HPDE sebagai bahan pembuatan komposit serat alami serta menganalisa sifat mekanik komposit tersebut ditinjau dari kekuatan tarik dan bending.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik HDPE yang merupakan hasil limbah botol susu atau jerigen yang diperoleh dari CV. Vanilla Plastik, Jl. Raya Gawok Kluyon, Desa Waru, Kecamatan Gatak, Sukoharjo. Limbah plastik HDPE dipotong-potong dengan ukuran  $\pm 10$  mm lalu dicuci dan dikeringkan dengan sinar matahari.

HDPE yang sudah kering kemudian digiling dengan menggunakan mesin *chruser* hingga menjadi butiran-butiran. Butiran-butiran HDPE disaring dengan menggunakan mesh 30. Ampas tebu didapatkan dari PG. Tasikmadu Karanganyar, Ngijo Tasikmadu, kabupaten Karanganyar. Ampas tebu yang sudah dicuci dan dibersihkan kemudian diambil seratnya lalu dipotong-potong dengan panjang 5 mm. Selanjutnya serat ampas tebu direndam ke dalam larutan NaOH 5% untuk menghilangkan kandungan liknin atau gabus selama 30 menit kemudian dijemur dibawah sinar matahari sampai kering.

## 2.2 Pembuatan Sampel

Penentuan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *Purposive Sampling*. Sampel dalam penelitian ini adalah komposit serat ampas tebu dengan serbuk HDPE yang mempunyai komposisi campuran *filler* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Setiap variasi volume serbuk HDPE dan serat ampas tebu dicampur dalam satu wadah, kemudian dicampur menggunakan mixer dengan putaran 60 rpm selama 5 menit. *Isophrophil alcohol* ditambahkan pada saat proses pencampuran berlangsung (Wang, Hsu et al. 2009). Bahan komposit yang sudah tercampur rata dituang ke dalam cetakan kemudian dicetak menggunakan *hot press machine* pada suhu 165°C selama 15 menit dengan tekanan 100 kg/cm<sup>2</sup>. Sampel komposit dibuat sebanyak 3 buah untuk setiap variasi komposisi *filler*.

Tabel 1. Komposisi campuran *filler* serat ampas tebu dengan serbuk HDPE

Spesimen	Variasi Volume	
	HDPE	Serat Ampas Tebu
I	60%	40%
II	50%	50%
III	40%	60%

## 2.3 Pengujian Sampel

### 2.3.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Pengujian dilakukan dengan mesin uji "*Universal Testing Machine*" berkapasitas 2 ton dengan laju

pembebanan 8 mm/menit. Spesimen pengujian tarik dibentuk sesuai dengan standar ASTM D 638 seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

### 2.3.2 Pengujian Bending

Material komposit umumnya memiliki sifat tekan yang lebih baik dibanding sifat tariknya. Pada pengujian bending ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur dari material komposit. Pada perlakuan uji bending bagian atas spesimen mengalami proses penekanan dan pada bagian bawah mengalami proses tarik sehingga akibatnya spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Gambar 2 menunjukkan dimensi spesimen uji bending sesuai dengan standar ASTM D 790.

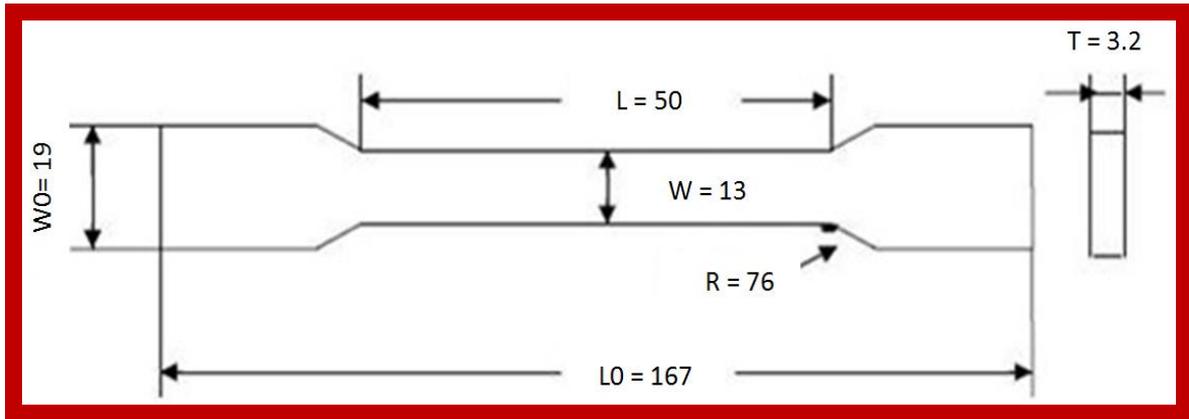
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kekuatan Tarik Komposit Terhadap Variasi Serat Ampas Tebu

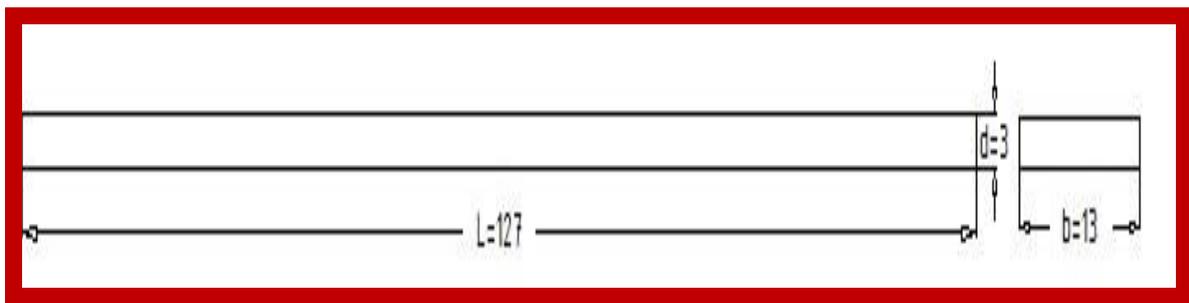
Pengaruh variasi serat ampas tebu terhadap kekuatan tarik komposit telah diinvestigasi. Pengujian pertama dilakukan dengan komposisi plastik HDPE 40% dan serat ampas tebu 60%, variasi kedua dengan komposisi plastik HDPE 50% dan serat ampas tebu 50%, variasi ketiga dengan komposisi plastik HDPE 60% dan serat ampas tebu 40%. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa besarnya tegangan tarik relatif terhadap variasi komposisi *filler* seperti ditunjukkan pada gambar 3.

Nilai tegangan tarik pada variasi komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu untuk spesimen I, spesimen II, dan spesimen III menghasilkan tegangan tarik rerata berturut-turut sebesar 15.5; 12.8; 6.4 MPa. Spesimen I menghasilkan tegangan tarik tertinggi dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu sebesar 15.5 MPa. Hal ini dikarenakan fraksi volume plastik HDPE lebih banyak dibanding dengan fraksi volume serat ampas tebu. Komposit bermatrik plastik HDPE ini memiliki sifat plastis yang tinggi pada fraksi volume plastik HDPE 60% sehingga tegangan tarik yang dihasilkan dapat optimal.

Tegangan tarik rata-rata pada spesimen II dengan komposisi plastik HDPE 50% dan serat ampas tebu 50% menunjukkan penurunan yaitu 12 MPa. Sedangkan tegangan tarik pada spesimen III dengan komposisi plastik HDPE 40% dan serat ampas tebu 60% adalah yang paling rendah yaitu 6,4 MPa. Menurunnya tegangan tarik pada komposit plastik HDPE berpenguat serat ampas tebu ini seiring



Gambar 1. Dimensi benda pengujian tarik (satuan mm)



Gambar 2. Dimensi benda pengujian bending (satuan mm)

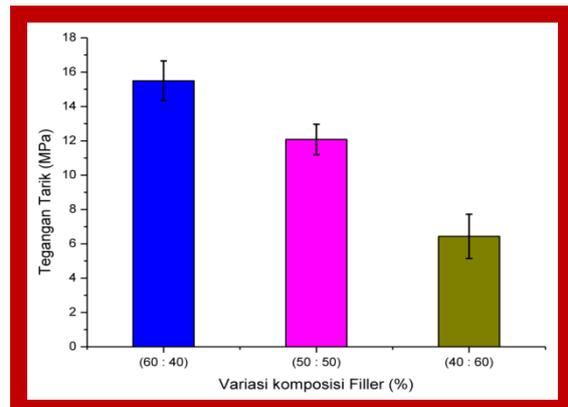
dengan bertambahnya fraksi volume serat ampas tebu. Partikel plastik HDPE tidak dapat terdistribusi sempurna sampai ke bagian dalam serat sehingga pada bagian dalam komposit terjadi banyak rongga. Rongga mengakibatkan kekuatan tarik menurun.

Jika suatu bahan komposit memiliki kekuatan maksimum semakin besar maka regangan maksimum yang dimiliki bahan komposit juga semakin besar. Regangan maksimum menunjukkan nilai keuletan atau besarnya deformasi plastis yang dimiliki bahan pada saat bahan tersebut patah (Callister and Rethwisch 2011). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai keuletan bahan komposit maka bahan tersebut tidak mudah putus saat diuji tarik.

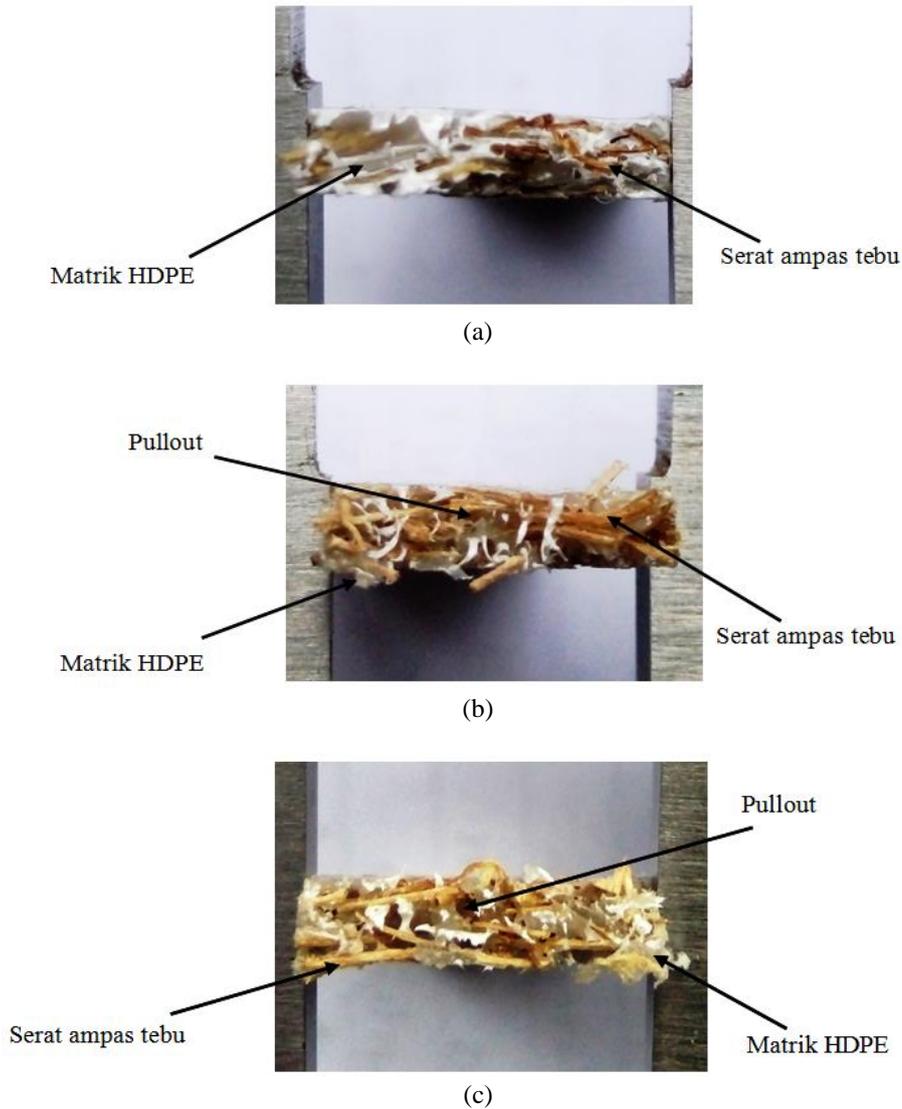
### 3.2 Pengamatan Struktur Makro

Pengamatan struktur makro dilakukan pada bentuk permukaan patahan benda uji. Berikut ini adalah data gambar foto patahan makro seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengujian foto makro menunjukkan bahwa matriks (HDPE) dan *reinforced* (serat ampas tebu) memiliki interaksi yang bagus. Matriks plastik HDPE dapat terdistribusikan dengan baik hingga dapat mengisi seluruh bagian-bagian serat.

Terlepasnya serat ampas tebu dari matriks plastik HDPE pada saat diuji tarik atau pembebanan yang lainnya, maka tipe patahan tersebut dapat diistilahkan dengan *pullout*. *Pullout* terjadi karena bonding atau ikatan antarmuka *reinforced* terhadap matriks kurang baik (Mishra, Mohanty et al. 2003). Selain itu, pendistribusian serat ampas tebu yang kurang merata juga menjadi faktor terjadinya *pullout*. Hal ini ditunjukkan pada variasi komposisi *filler* 50% : 50% terlihat bahwa jumlah serat mengumpul pada salah satu bagian (Gambar 4b)



Gambar 3. Nilai tegangan tarik spesimen pada tiap variasi komposisi



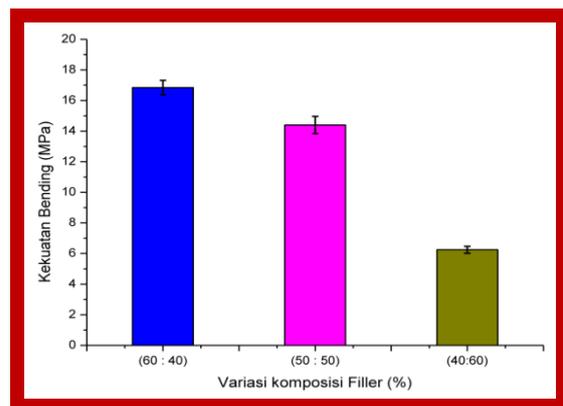
Gambar 4. Permukaan patahan pada komposit dengan komposisi HDPE dan serat ampas tebu sebagai berikut: (a). Spesimen I; (b). Spesimen II; (c). Spesimen III

### 3.3 Kekuatan Bending Komposit Terhadap Variasi Serat Ampas Tebu

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur dari komposit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu untuk spesimen I, spesimen II, dan spesimen III menghasilkan kekuatan bending rerata berturut-turut sebesar 16.8; 14.4; 6.2 MPa seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Kekuatan bending terbesar dihasilkan oleh komposit dengan perbandingan komposisi HDPE dan serat ampas tebu adalah 60% : 40% dengan nilai kekuatan bending rerata sebesar 16,8 MPa. Kekuatan bending pada variasi ini paling tinggi dikarenakan fraksi volume plastik HDPE lebih banyak daripada

serat ampas tebu sehingga membuat adanya ikatan yang baik antara matriks dengan *reinforced*.



Gambar 5. Nilai kekuatan bending spesimen pada tiap variasi komposisi



Gambar 6. Spesimen hasil uji bending

Selain itu juga, sifat mekanik dari HDPE yang memiliki sifat plastis lebih tinggi dibandingkan dengan ampas tebu.

Kekuatan bending yang rendah terjadi pada variasi komposisi dengan perbandingan 50% : 50% dan 40% : 60%. Seiring dengan peningkatan jumlah serat ampas tebu pada komposit berdampak pada semakin banyaknya daerah-daerah yang berongga (Gambar 4b dan 4c). Semakin meningkat jumlah rongga yang dihasilkan maka kekuatan komposit akan semakin menurun. Gambar 6 menunjukkan hasil spesimen yang telah diuji bending.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian serta pembahasan data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Nilai kekuatan tarik rerata yang paling optimal dari komposit plastik HDPE berpenguat serat ampas tebu didapat pada variasi fraksi volume HDPE 60% dan serat ampas tebu 40% sebesar 15.5 MPa. Sedangkan kekuatan bending rata-rata yang paling optimal juga didapat pada variasi fraksi volume HDPE 60% dan serat ampas tebu 40% sebesar 16.8 MPa.
2. Peningkatan prosentase dari serat ampas tebu sebagai *reinforced* dari komposit berdampak terhadap penurunan kualitas sifat mekanik.
3. Kerusakan berupa *pullout* terjadi pada variasi fraksi volume HDPE dengan serat ampas tebu dengan perbandingan 50% : 50% dan 40% : 60%.

#### REFERENSI

- Callister, W. D. and D. G. Rethwisch (2011). *Materials science and engineering*, John wiley & sons NY.
- Clareyna, E. D. and L. J. Mawarani (2013). "Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat Bagasse." *Jurnal Teknik ITS* 2(2): F208-F213.
- Daniel, I. M., et al. (1994). *Engineering mechanics of composite materials*, Oxford university press New York.
- Kurniawan, A. (2012). Uji Karakteristik Sifat Fisis Dan Mekanis Serat Agave Cantula Roxb (Nanas) Anyaman 2D Pada Fraksi Berat (40%, 50%, 60%), Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lakkad, S. and J. Patel (1981). "Mechanical properties of bamboo, a natural composite." *Fibre science and technology* 14(4): 319-322.
- Maryanti, B., et al. (2011). "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik." *Rekayasa Mesin* 2(2): 123-129.
- Mishra, S., et al. (2003). "Studies on mechanical performance of biofibre/glass reinforced polyester hybrid composites." *Composites Science and Technology* 63(10): 1377-1385.
- Perdana, M. (2016). "Pengaruh Fraksi Volume Penguat Terhadap Kekuatan Lentur Green Composite Untuk Aplikasi Pada Bodi Kendaraan." *Jurnal Ipteks Terapan* 9(4).

- Purboputro, P. I. (2006). "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Enceng Gondok Dengan Matriks Poliester."
- Rianto, Y. (2011). "Pengaruh Komposisi Campuran Filler terhadap Kekuatan Bending Komposit Ampas Tebu-Serbuk Kayu dalam Matrik Polyester."
- Wang, M.-W., et al. (2009). "Sintering process and mechanical property of MWCNTs/HDPE bulk composite." *Polymer-plastics technology and engineering* 48(8): 821-826.
- Widodo, B. (2008). "Analisa sifat mekanik komposit epoksi dengan penguat serat pohon aren (ijuk) model lamina berorientasi sudut acak (random)." *Jurnal teknologi technoscientia*: 1-5.
- Yudo, H. and S. Jatmiko (2008). "Analisa teknis kekuatan mekanis material komposit berpenguat serat ampas tebu (baggase) ditinjau dari kekuatan tarik dan dampak." *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan* 5(2): 95-101.