

## ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT ANYAMAN RAMI BERPENGIKAT MARIKS GONDORUKEM DENGAN PENAMBAHAN PLASTICIZER GLISEROL DAN TEPUNG TAPIOKA

\*Tegar Ramadhan Aminulloh<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: tegarramadhanaminulloh29@gmail.com

### Abstrak

Komposit serat alam menjadi alternatif material ramah lingkungan yang menjanjikan di berbagai industri karena kelebihanannya, seperti ketersediaan tinggi dan sifat biodegradabel. Namun, komposit ini cenderung getas, terutama pada laju regangan tinggi, sehingga berisiko mengalami kerusakan mendadak tanpa deformasi plastis. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi sifat getas komposit melalui penambahan *plasticizer*. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* yang dilanjutkan dengan *compression molding*, dengan variasi fraksi massa 20% dan kadar *plasticizer* (15%, 20%, 25%). Serat yang digunakan adalah jenis serat rami yang sudah dianyam sedangkan penguatnya menggunakan gondorukem dan *plasticizer* yang digunakan adalah gliserol dan tepung tapioka. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi, yaitu 9,27 MPa, diperoleh pada komposit dengan fraksi *plasticizer* 15%. Sebaliknya, nilai terendah tercatat sebesar 8,17 MPa pada komposit dengan *plasticizer* 25%. Penambahan *plasticizer* menurunkan kekuatan tarik pada komposit akibat melemahnya ikatan antarmolekul dalam matriks dan efeknya kegetasan komposit menjadi berkurang.

**Kata kunci :** getas; komposit serat alam; *plasticizer*; serat rami; *tensile strength*

### Abstract

*Natural fiber composites are becoming a great alternative to environmentally friendly materials in various industries due to their advantages, such as high availability and biodegradability. However, these composites tend to be brittle, especially at high strain rates, thus risking sudden damage without plastic deformation. This study aims to reduce the brittle nature of composites through the addition of plasticizers. The composites were made using the hand lay-up method followed by compression molding, with variations in mass fraction of 20% and plasticizer content (15%, 20%, 25%). The fiber used is a type of ramie fiber that has been woven while the reinforcement uses gondorukem and the plasticizers used are glycerol and tapioca starch. The tensile test results showed that the highest tensile strength, 9.27 MPa, was obtained in the composite with 15% plasticizer fraction. In contrast, the lowest value was recorded at 8.17 MPa in the composite with 25% plasticizer. The addition of plasticizer decreased the tensile strength of the composites due to the weakening of intermolecular bonds in the matrix and the effect was that the toughness of the composites was reduced.*

**Keywords :** brittle; natural fiber composite; plasticizer; ramie fiber; tensile strength

### 1. Pendahuluan

Banyak sekali masalah yang perlu diatasi oleh umat manusia terutama para ahli, masalah seperti efek pemanasan global dan pencemaran lingkungan menjadi pekerjaan rumah yang berat bagi mereka. Hal ini terjadi karena banyaknya penggunaan material seperti baja dan plastik dalam dunia industri yang produksinya membutuhkan banyak energi serta material ini sulit didaur ulang setelah habis masa pakainya [1]. Komposit menjadi salah satu alternatif solusi dari sekian banyak solusi dalam mengatasi permasalahan yang ada didalam dunia industri karena kelebihan yang ditawarkan. Komposit adalah bahan yang dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bahan penyusun dalam campuran yang tidak homogen dengan sifat mekanik yang berbeda-beda dari setiap bahan komponen. Dua komponen utama komposit adalah penguat dan matriks. Matriks berfungsi sebagai bahan untuk mengikat penguat, sedangkan penguat berfungsi sebagai bahan yang digunakan sebagai pengisi.

Serat rami merupakan salah satu dari sekian banyak serat alam yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan material biokomposit. Serat rami yang digunakan sebagai bahan penguat untuk bahan komposit alam berasal dari daun tanaman sisal (*Bohemeria Nivea*). Serat rami lebih ramah lingkungan tetapi sama kuatnya dengan serat sintesis seperti karbon dan serat kaca [2]. Kekurangan komposit serat alam yaitu cenderung menunjukkan perilaku getas, terutama pada laju regangan tinggi, yang dapat menyebabkan kerusakan mendadak tanpa deformasi plastis yang signifikan [3]. Terdapat

beberapa cara untuk mengurangi kekurangan komposit tersebut seperti memodifikasi serat atau memodifikasi matriks. Penambahan *plasticizer* dalam pembuatan matriks termasuk kedalam modifikasi matriks. *Plasticizer* mampu meredam sifat getas yang umumnya melekat pada komposit serat alam. *Plasticizer* secara signifikan meningkatkan nilai kekuatan tarik dan lentur material komposit. Bahkan penambahan dalam jumlah yang relatif kecil pun dapat memberikan dampak positif yang nyata pada sifat mekanik keseluruhan. Selain itu, *plasticizer* berperan penting dalam meningkatkan kompatibilitas antar komponen polimer yang tidak saling larut, sehingga menghasilkan matriks polimer yang lebih homogen dan meningkatkan kinerja komposit secara menyeluruh [4].

Dengan menambahkan *plasticizer* berupa gliserol dan tepung tapioka (*cassava starch*), penelitian ini akan memodifikasi matriks gondorukem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi sifat getas komposit dan mengetahui kekuatan tarik komposit serat rami berpengikat matriks gondorukem dengan menggunakan gliserol dan tepung tapioka sebagai *plasticizer*.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1. Serat Rami

Serat rami didapatkan dari kulit kayu tanaman rami. Serat rami tergolong dalam serat klasik karena sudah dimanfaatkan oleh berbagai negara sejak dahulu. Penggunaan serat rami pertama kali diketahui di tahun 200 SM, pada waktu itu serat rami dimanfaatkan menjadi kain kafan pemakaman di Tiongkok Cina. Selain itu penggunaan rami telah dilaporkan di India pada periode kuno, rami disebutkan sebagai kain rumput dalam puisi-puisi Sansekerta dari Kalidas dalam Kitab Ramayana. Selain itu, pada masa kini telah dilakukan upaya untuk mengembangkan produk berbasis bio dengan memanfaatkan serat rami di bidang otomotif, mebel, konstruksi, dll. Serat rami digunakan secara luas untuk produksi berbagai macam tekstil, pulp, kertas, bahan kimia pertanian, komposit, dll (Thyavihalli Girijappa dkk., 2019).

Secara kimia rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, linen, hemp dan lain-lain. Serat ini merupakan serat selulosa terpanjang, terkuat, dan paling berorientasi tinggi. Sebagai salah satu serat alami terkuat, serat rami tetap kuat walaupun dalam keadaan basah. Serat rami mengandung 83-96% selulosa dan konstituen non-selulosa lainnya seperti *gums*, *waxes*, dan *fats* [5]. Serat rami tidak terpengaruh kelembaban udara, pada kelembaban mencapai 25% dimensi serat rami tidak akan berubah. Serat rami memiliki kemampuan menyerap air atau *moisture regain* yang tinggi yaitu 12%, karena itulah serat rami mudah menyerap cairan. Selain itu, rami tahan terhadap serangan jamur, bakteri serta pelapukan dan ditambah lagi memiliki stabilitas dimensi yang baik dan tahan luntur terhadap pencucian dan sinar matahari. (Novarini dkk., 2015).

### 2.2. Gondorukem

Gondorukem dihasilkan dari proses penyulingan getah batang pohon pinus. Karakteristik gondorukem yaitu berupa padatan berwarna kuning kecoklatan. Hartono (2017) menjelaskan bahwa gondorukem mengandung kandungan asam yang terdiri dari 80-90% senyawa asam yang dapat dipisah menjadi dua kelompok secara garis besar yaitu tipe *abietic* dan *pimaric*. Asam *abietic* mudah terisomeri oleh panas dan mudah teroksidasi oleh oksigen sedangkan asam *pimaric* lebih stabil sehingga tidak berubah selama proses pengolahan. Kandungan asam *pimaric* bersifat hidrofobik atau menahan air, dan kandungan asam *abietic* memiliki sifat hidrofilik yang tidak stabil sehingga mudah teroksidasi oleh pemanasan. Gondorukem dapat digunakan sebagai *tackifier*, pemacu kekentalan dan pemacu pelekatan.

### 2.3. Terpentin

Terpentin merupakan cairan berwarna bening dengan aroma yang menyengat yang berasal dari getah pohon pinus yang sudah melewati proses pengolahan. Terpentin adalah bagian dari komponen penyusun matriks. Fungsi terpentin yaitu sebagai bahan pengencer supaya matriks gondorukem tidak terlalu kental sehingga memudahkan dalam proses pelapisan pada serat. Selain itu terpentin digunakan sebagai bahan pelarut ketika proses pembuatan matriks gondorukem sehingga komponen penyusun matriks lebih cepat tercampur dengan satu sama lain

### 2.4. Katalis

Katalis merupakan bahan tambah dalam pembuatan matriks. Fungsi katalis adalah mempercepat proses pengerasan cairan matriks (*curing*). Reaksi matriks semakin cepat seiring dengan banyaknya penggunaan katalis, tetapi disisi lain keunggulan katalis juga akan menimbulkan panas pada saat *curing* dan menyebabkan rusaknya komposit serta menjadikan komposit yang dibuat menjadi getas atau rapuh. Oleh karena itu batas penggunaan katalis adalah 1% samapi 2% dari matriks yang digunakan. Katalis yang dipakai dalam penelitian ini adalah katalis *metyl etyl keton peroksida* (MEKPO)[8].

### 2.5. Gliserol

Gliserol merupakan salah satu komponen penyusun *plasticizer*. Gliserol adalah senyawa alami dan bahan kimia terbarukan berupa cairan yang kental, berwarna bening dan tidak berbau. Gliserol banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Gliserol akan dicampurkan komponen penyusun *plasticizer* lainnya untuk ditambahkan pada matriks gondorukem.

## 2.6. Tepung Tapioka

Tepung tapioka atau *cassava starch* merupakan komponen dalam membuat *plasticizer* dalam penelitian ini. Tepung tapioka berasal dari singkong yang telah diolah dan biasanya digunakan sebagai bahan pengental. Tepung tapioka berbentuk serbuk halus dan berwarna putih selayaknya tepung pada umumnya

## 2.7. Fabrikasi Komposit

### a. Persiapan alat dan bahan

Langkah awal fabrikasi atau pembuatan komposit yaitu mempersiapkan segala kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan komposit. Adapun alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut.

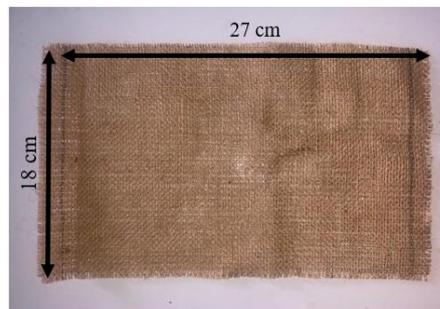
- *Magnetic stirrer*
- Kaca
- Cetakan
- *Hot Press Machine*
- Density meter
- Timbangan digital
- Mortar dan alu
- Teflon
- Aluminium foil
- Sendok dan skrap
- Gunting
- Penggaris besi
- Gelas beaker
- *Vernier caliper*
- *Universal testing machine*
- Plat besi 1mm

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Serat Rami
- Gondorukem
- Katalis
- Terpentin
- Gliserol
- Tepung tapioka
- Akuades
- Wax
- Perekat *dextone*

### b. Pemotongan serat

Serat rami yang sudah dianyam awalnya berupa lembaran yang panjang dan lebar. Serat akan dipotong menyesuaikan ukuran dari cetakan yang dipakai dengan panjang diberikan toleransi 2 cm pada masing-masing ujungnya untuk memudahkan dalam proses pengolesan matriks nantinya. Sebelum dipotong lembaran serat ditandai menggunakan spidol sesuai dengan ukuran kemudian dipotong menggunakan gunting. Serat yang sudah terpotong ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Serat yang sudah dipotong.

### c. Pembuatan matriks

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan matriks adalah gondorukem, terpentin, katalis MEKPO, dan campuran *plasticizer* yang terdiri dari gliserol, tepung tapioka, akuades. Gondorukem yang awalnya berupa padatan-padatan yang besar dihaluskan terlebih dahulu hingga menjadi serbuk gondorukem yang halus menggunakan mortar dan alu. Bahan-bahan tersebut sebelumnya akan ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mengukur massa masing-

masing bahan yang disesuaikan dengan fraksi massa yang telah ditentukan. Setelah itu semua bahan secara bertahap akan dimasukan dalam teflon yang dipanaskan menggunakan *magnetic stirr*.

*Magnetic stirr* dipanaskan mencapai suhu 90°C kemudian gondorukem yang pertama kali dimasukan, ditunggu selama 10 menit agar gondorukem mencair. Suhu 90°C digunakan karena berada diatas titik leleh gondorukem, yaitu sekitar 65°C [9], sehingga dapat mempercepat proses pencairan dan menghasilkan matriks yang homogen. Setelah suhu mencapai 110°C, terpentin ditambahkan dan dicampur secara merata. Pencampuran *plasticizer* (gliserol dan tepung tapioka) pada gondorukem cair dilakukan pada suhu 130°C agar tidak terjadi penggumpalan sehingga didapatkan campuran matriks yang homogen. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Aldas dkk (2020), apabila *plasticizer* dicampurkan pada suhu dibawah 130°C maka *plasticizer* akan menggumpal dan mengeras sehingga terjadi pengendapan dan menghasilkan matriks yang tidak homogen. Kemudian katalis MEKPO ditambahkan setelah campuran gondorukem cair dan *plasticizer* larut secara homogen.

Setelah katalis ditambahkan, suhu akan dinaikkan mencapai 160°C dengan tujuan menguapkan kandungan terpentin sehingga pengeringan komposit menjadi lebih cepat. Karena semakin banyak kandungan terpentin maka laju pengeringan komposit akan berkurang sehingga waktu pengeringan komposit menjadi lebih lama [11]. Campuran matriks ini akan dipertahankan dalam bentuk cair agar campuran matriks tidak mengering dan mengeras dengan cara dipanaskan terus selama proses pengolesan pada serat nantinya. Proses pembuatan matriks ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan matriks.

d. Pengolesan matriks pada serat (Metode *Hand Lay-up*)

Setelah matriks sudah dibuat dan siap dioleskan langkah selanjutnya yaitu pengolesan matriks pada serat menggunakan metode *hand lay-up*. Pengolesan dilakukan diatas kaca yang sudah dilapisi menggunakan *wax*. Hal ini bertujuan agar spesimen tidak lengket sehingga tidak susah ketika diambil.

Serat diletakan diatas kaca, matriks dituangkan diatas serat kemudian diratakan diseluruh permukaannya menggunakan skrap sambil ditekan untuk meminimalisir adanya *void* atau ruang kosong yang terjadi karena pengolesan yang tidak merata. Setelah serat sudah terolesi dengan baik, lapisan serat kedua diletakan diatasnya hingga serat lapisan kedua menempel dengan baik pada serat lapisan pertama. Proses ini dilakukan secara berulang hingga mencapai ketebalan lapisan yang diinginkan. Proses pengolesan matriks ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses *hand lay-up*.

e. Proses pengeringan tahap 1

Setelah serat diolesi dengan matriks proses selanjutnya adalah proses pengeringan. Serat akan dibiarkan pada suhu ruangan untuk mengering. Tujuan dari proses ini adalah agar matriks dapat menempel dengan sempurna pada serat. Proses ini akan memakan waktu 2-3 hari sebelum melanjutkan ke proses selanjutnya yaitu proses *hot compression*.

f. Proses *Hot Compression*

Spesimen yang sudah dipotong dilapisi menggunakan *aluminium foil* dengan tujuan agar memudahkan dalam mengeluarkan spesimen dari cetakan setelah proses *hot compression* nantinya. *Aluminium foil* yang digunakan dilapisi dengan wax agar *aluminium foil* tidak menempel pada spesimen. Spesimen kemudian diletakan pada cetakan yang digunakan. Gambar komposit yang terlapisi aluminium foil pada cetakan *hot press* yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Spesimen dilapisi menggunakan aluminium foil.

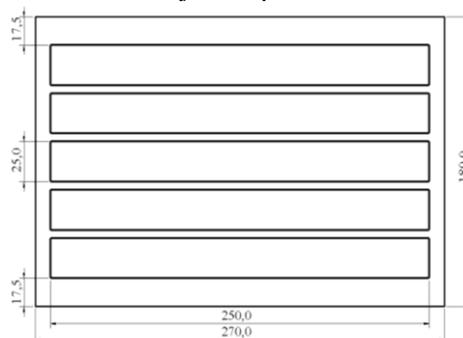
Setelah spesimen sudah terlapisi dengan *aluminium foil* dan diletakan pada cetakan, maka spesimen siap menjalani proses selanjutnya yaitu proses *hot compression* menggunakan mesin *hot press*. Landasan penekan mesin *hot press* akan dipanaskan terlebih dahulu sebelum proses kompresi dimulai, yaitu dengan cara mengatur suhu elemen pemanasnya menjadi 60°C. Suhu 60°C digunakan karena *melting point* gondorukem adalah sekitar ± 65°C [9]. Setelah suhu mencapai 60°C, dongkrak hidrolik akan digunakan untuk menerapkan tekanan pada cetakan. Kondisi ini akan dipertahankan selama 3 menit hingga tekanan maksimal tercapai. Tujuannya agar matriks meleleh kemudian matriks akan merata ke seluruh permukaan serat karena adanya tekanan yang diberikan.

g. Proses pengeringan tahap 2

Proses Pengeringan tahap 2 ini yaitu proses pengeringan spesimen yang telah menjalani proses *hot compression*. Dalam proses *hot compression* matriks akan meleleh kembali karena panas yang diberikan oleh mesin. Agar spesimen dapat menjalani proses selanjutnya maka spesimen perlu dikeringkan terlebih dahulu. Pengeringan tahap ini dilakukan secara alami pada suhu ruang dan memerlukan waktu sekitar 6 hingga 7 hari hingga spesimen benar-benar kering.

h. Pemotongan spesimen komposit

Spesimen yang sudah melewati proses pengeringan tahap 2 selanjutnya akan dipotong menyesuaikan dengan standar dimensi pengujian kekuatan tarik pada komposit yaitu standar ASTM D3039. Agar mendapatkan hasil potong dengan tingkat kepresisian yang tinggi dan memastikan spesimen memenuhi standar dimensi yang telah ditetapkan maka proses pemotongan spesimen yang dipilih adalah menggunakan proses pemotongan *laser cutting*. Adapun detail dimensi pemotongan spesimen uji tarik dalam satuan mm ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Dimensi pemotongan spesimen dalam satuan mm.

i. Proses inspeksi dimensi

Proses inspeksi atau pengecekan dimensi merupakan proses pemeriksaan dimensi spesimen terakhir sebelum spesimen melewati proses pengujian tarik. Proses ini dilakukan dengan mengukur dimensi spesimen untuk memastikan dimensi spesimen yang sudah dipotong baik itu panjang, lebar dan tebalnya benar-benar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pengecekan ini dilakukan pada setiap spesimen yang akan diuji kekuatannya.

## 2.8. Pengujian Tarik

Uji kekuatan tarik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari material yang diuji. Prinsip pengujian ini yaitu memberi beban gaya tarik sesumbu dengan spesimen yang mana gaya akan bertambah besar hingga spesimen putus sambil dihitung pertambahan panjangnya. Hasil dari penarikan kekuatan tarik terhadap spesimen adalah perubahan bentuk (deformasi) spesimen, yaitu pergeseran butiran kristal spesimen hingga terlepasnya ikatan kristal tersebut karena gaya maksimum. Dalam melakukan uji tarik, data yang akan didapat saat melakukan pengujian antara lain; tegangan tarik ( $\sigma$ ), regangan ( $e$ ), *percent elongation* (%EL). Adapun persamaan yang digunakan dalam pengujian tarik ditunjukkan pada persamaan 1, 2 dan 3.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

F = Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$$e = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad (2)$$

Keterangan

$e$  = Regangan

$L_1$  = Panjang benda setelah *fracture* (mm)

$L_0$  = Panjang benda mula-mula (mm)

$$\%EL = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan

%EL = Persen elongasi

$L_1$  = Panjang benda setelah *fracture* (mm)

$L_0$  = Panjang benda mula-mula (mm)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pengujian Tarik

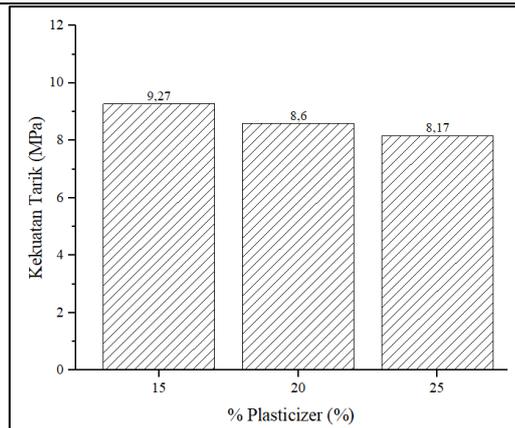
Proses pengujian kekuatan tarik pada spesimen komposit dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-3039. Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Tarik Komposit

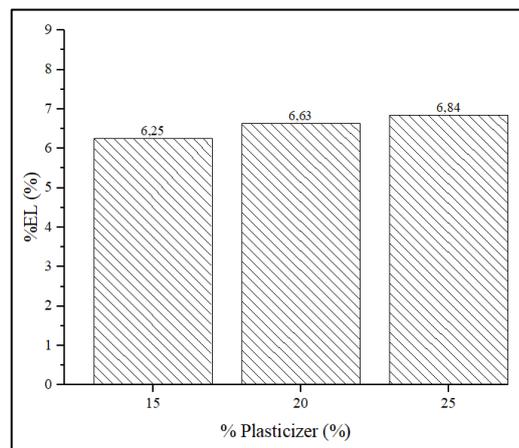
Variasi	Kode	$F_{max}$ (N)	$\bar{F}_{max}$ (N)	$\sigma$ (MPa)	$\bar{\sigma}$ (MPa)	%EL (%)	$\%EL$ (%)
S20% P15%	1BA	894,81	914,28	9,16	9,27	6,26	6,25
	2BA	875,07		8,83		6,52	
	3BA	972,97		9,81		5,96	
S20% P20%	1BB	858,45	833,45	8,89	8,60	7,23	6,63
	2BB	793,08		8,11		6,35	
	3BB	848,82		8,80		6,31	
S20% P25%	1BC	797,47	770,45	8,50	8,17	6,08	6,84
	2BC	727,89		7,73		7,99	
	3BC	785,99		8,27		6,45	

### 3.2. Pembahasan Hasil Pengujian

Data hasil pengujian kekuatan tarik yang ditunjukkan pada Tabel 1 diubah menjadi bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



**Gambar 6.** Nilai kekuatan tarik komposit



**Gambar 7.** Nilai persen elongasi komposit

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara presentasi kadar plasticizer dan kekuatan tarik pada komposit. Penambahan kadar plasticizer mengakibatkan tren penurunan kekuatan tarik pada komposit. Nilai kekuatan tarik mengalami penurunan dari 9,27 Mpa pada plasticizer 15% menjadi 8,6 MPa pada komposit dengan kandungan plasticizer 20% kemudian turun lagi menjadi 8,17 MPa pada komposit dengan kandungan plasticizer 25%.

*Plasticizer* digunakan untuk membuat matriks gondorukem menjadi lebih lentur dengan cara melemahkan ikatan antar molekul didalamnya, akibatnya modulus elastisitas menurun sehingga fleksibilitas meningkat. Tetapi seiring dengan penambahannya, jika kadar *plasticizer* ditambah, efeknya akan berdampak pada sifat mekanik komposit. Matriks yang terlalu lunak tidak mampu lagi menyalurkan gaya tarik dengan baik ke serat penguat. Akibatnya, beban lebih banyak terserap oleh matriks yang lemah, bukan oleh serat sehingga kekuatan tarik komposit secara keseluruhan menjadi berkurang. Seperti yang diamati oleh Hazrati dkk (2021), dimana penambahan konsentrasi *plasticizer* dari 30% menjadi 60% menyebabkan penurunan nilai *tensile strength* yang drastis dari 6,13 MPa menjadi 1,40 MPa. Penurunan ini terjadi karena lemahnya kekuatan intermolekul yang menyebabkan struktur kurang stabil sehingga tidak mampu menahan beban tarik secara maksimal.

Kemudian kaitan lain terhadap sifat mekanik komposit adalah keuletan yang ditandai dengan nilai persen elongasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7 terjadi tren kenaikan nilai persen elongasi seiring dengan penambahan plasticizer meskipun tidak terlalu signifikan. Pada *plasticizer* 15% nilai persen elongasi sebesar 6,25% kemudian pada *plasticizer* 20% nilai persen elongasinya sebesar 6,63 % dan pada *plasticizer* 25% nilai persen elongasinya sebesar 6,84%. Melanjutkan penjelasan sebelumnya bahwa *plasticizer* bekerja dengan cara melemahkan kekuatan ikatan antar molekul dalam matriks yang membuat komposit lebih fleksibel atau lentur. Ternyata efek ini menyebabkan komposit mampu meregang lebih jauh sebelum patah, yang ditandai dengan peningkatan nilai elongasi (%EL). Dengan demikian penambahan *plasticizer* memberikan efek kepada komposit yaitu menjadi lebih ulet.

Pengamatan visual pada spesimen komposit setelah diuji tarik dilakukan menggunakan makroskop, hasilnya sebagian besar mengalami kerusakan berupa patahan jenis *fiber pull-out* yang ditunjukkan pada Gambar 8. Gambar 8 merupakan foto makroskopis spesimen dengan variasi serat 20% dan plasticizer 20%. Dari Gambar 8, terlihat spesimen mengalami kerusakan jenis *fiber pull-out*. Ciri-ciri visual yang mendukung terjadinya *fiber pull-out* adalah serat-serat yang tampak terlepas atau tertarik keluar dari permukaan matriks, namun tidak mengalami kerusakan secara struktural.



Gambar 8. Kerusakan jenis *fiber pull-out*

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan plasticizer gliserol dan tepung tapioka terhadap kekuatan tarik komposit dapat disimpulkan bahwa penambahan plasticizer mengakibatkan ikatan antarmuka antara matriks dan serat menjadi lemah sehingga kekuatan tarik menurun. Tetapi efek lain yang ditimbulkan dari penambahan plasticizer adalah meningkatkan nilai persen elongasi komposit sehingga komposit menjadi lebih ulet. Setelah uji tarik komposit kebanyakan mengalami jenis kerusakan *fiber pull-out* yang ditandai dengan serat yang tertarik keluar dari permukaan matriks tanpa mengalami kerusakan secara struktural. Nilai kekuatan tarik pada komposit serat 15% *plasticizer* sebesar 9,27 MPa, pada komposit serat 20% *plasticizer* 20% 8,6 Ma sebesar dan pada komposit serat 20% *plasticizer* 25% sebesar 8,17 MPa.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] I. H. M. S. Nettersheim, N. S. G. Sotelo, J. C. Verdonk, and K. Masania, "Engineered living composite materials," Sep. 29, 2024, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.compscitech.2024.110758.
- [2] H. Zarafshani *et al.*, "Environmental assessment of woven hemp fibre reinforced epoxy composites and potential applications in aerospace and electric scooter industries," *Results in Materials*, vol. 20, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.rinma.2023.100474.
- [3] T. K. Khieng, S. Debnath, E. Ting Chaw Liang, M. Anwar, A. Pramanik, and A. K. Basak, "A review on mechanical properties of natural fibre reinforced polymer composites under various strain rates," May 01, 2021, *MDPI AG.* doi: 10.3390/jcs5050130.
- [4] F. Dominici *et al.*, "Improved toughness in lignin/natural fiber composites plasticized with epoxidized and maleinized linseed oils," *Materials*, vol. 13, no. 3, Feb. 2020, doi: 10.3390/ma13030600.
- [5] S. N. Pandey, "Ramie fibre: Part I. Chemical composition and chemical properties. A critical review of recent developments," *Textile Progress*, vol. 39, no. 1, pp. 1–66, Mar. 2007, doi: 10.1080/00405160701580055.
- [6] E. Novarini *et al.*, "Potensi Serat Rami (Boehmeria Nivea S. Gaud) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil Dan Produk Tekstil Dan Teknik The Potency Of Ramie Fiber (Boehmeria Nivea S. Gaud) As A Raw Materials For Textiles And Textile Products And Technical Textile Industries," 2015.
- [7] R. Hartono, "Otensi Gondorukem Sebagai Coating Baja Tulangan Beton Untuk Proteksi Terhadap Korosi Pada Lingkungan Basah," 2017.
- [8] A. Riyanto, S. M. B. Respati, and I. Syafaat, "Tegangan Pullout dan Perekaan Permukaan pada Serat Daun Pandan Duri (Pandanus Tectorius)-Resin Polyester," *Momentum*, vol. 15, pp. 70–78, 2019.
- [9] Abdulmalik, Nadia, and Khairunnisa, "Pengaruh Komposisi Damar Mata Kucing pada Pembuatan Lilin Batik," 2016.
- [10] M. Aldas, C. Pavon, J. López-Martínez, and M. P. Arrieta, "Pine resin derivatives as sustainable additives to improve the mechanical and thermal properties of injected moulded thermoplastic starch," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 7, Apr. 2020, doi: 10.3390/app10072561.
- [11] D. Bolcu and M. M. Stănescu, "A study of the mechanical properties of composite materials with a dammar-based hybrid matrix and two types of flax fabric reinforcement," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 8, 2020, doi: 10.3390/POLYM12081649.
- [12] K. Z. Hazrati, S. M. Sapuan, M. Y. M. Zuhri, and R. Jumaidin, "Effect of plasticizers on physical, thermal, and tensile properties of thermoplastic films based on Dioscorea hispida starch," *Int J Biol Macromol*, vol. 185, pp. 219–228, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.099.