

ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT RAMI BERPENGUAT MATRIKS GONDORUKEM DENGAN PENAMBAHAN *PLASTICIZER* GLISEROL DAN PATI JAGUNG

*Kevin Anderas Sitompul¹, Sulardjaka², Norman Iskandar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: kevin060401@gmail.com

Abstrak

Gondorukem merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai matriks pada komposit karena memiliki sifat yang lengket pada fasa cair, sehingga dapat digunakan untuk mengikat serat. Gondorukem memiliki kelemahan yakni memiliki sifat yang getas apabila berada di fasa padat. Oleh sebab itu diperlukan upaya untuk membuat matriks gondorukem yang tidak getas dengan penambahan unsur *plasticizer*. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui hasil proses manufaktur komposit dengan menggunakan metode *hand lay-up* dan *hot compression* serta mengetahui kekuatan tarik komposit yang menggunakan matriks gondorukem dengan penambahan *plasticizer*. Penelitian ini menggunakan fraksi massa serat 20% dan persentase *plasticizer* 10%, 15%, dan 20%. Spesifikasi spesimen disesuaikan dengan ASTM D-3039. Metode *hand lay-up* digunakan dengan menggunakan pemanas *magnetic stirr*, dan metode *compression molding* dilakukan dengan alat *hot compression*. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan metode *hand lay-up* banyak ditemukan *void* dan serat yang belum terlapsi matriks, selain itu penambahan unsur *plasticizer* akan meningkatkan kesulitan dalam mengolesi matriks. Metode *hot compression* dapat mengurangi *void* yang terbentuk dan memaksimalkan keseragaman bentuk spesimen. Hasil pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi yakni pada variasi persentase *plasticizer* 10% dengan beban tarik 896,21 N dan kekuatan tarik sebesar 12,62 MPa. Adapun urutan kekuatan tarik tertinggi ke terendah yakni dengan penambahan *plasticizer* 10%, 15% dan 20%.

Kata kunci: *compression molding*; gondorukem; *hand lay-up*; matriks; *plasticizer*

Abstract

Gum rosin is a material that can be used as a matrix in composites because it has sticky properties in the liquid phase, so it can be used to bind fibers. Gondorukem has the disadvantage of being brittle when in the solid phase. Therefore, efforts are needed to make a non-brittle gum rosin matrix with the addition of plasticizer elements. This study aims to determine the results of the composite manufacturing process using the hand lay-up and hot compression methods and to determine the tensile strength of composites using a gum rosin matrix with the addition of plasticizers. This study used a fiber mass fraction of 20% and a plasticizer percentage of 10%, 15% and 20%. Specimen specifications adapted to ASTM D-3039. The hand lay-up method is used using a magnetic stir heater, and the compression molding method is carried out using a hot compression tool. The results showed that the use of the hand lay-up method found voids and fibers that had not been coated with a matrix, besides the addition of plasticizer elements would increase the difficulty in smearing the matrix. The hot compression method can reduce the voids formed and maximize the uniformity of the specimen shape. The results of the tensile test showed that the highest tensile strength was at 10% plasticizer percentage variation with a tensile load of 896.21 N and a tensile strength of 12.62 MPa. The order of tensile strength from highest to lowest is with the addition of 10%, 15%, and 20% plasticizer.

Keywords: *compression molding*; gum rosin; *hand lay-up*; matrix; *plasticizer*

1. Pendahuluan

Komposit merupakan salah satu jenis material yang saat ini banyak digunakan dan dikembangkan pada berbagai sektor industri. Komposit merupakan material yang terdiri atas dua atau lebih substansi penyusun yang menghasilkan karakteristik yang lebih unggul dibandingkan karakteristik individu penyusunnya. Secara umum komposit terdiri atas dua bagian yakni matriks yang berfungsi untuk mengikat dan melindungi serat dan serat berfungsi untuk menahan beban yang diberikan pada komposit [1].

Saat ini komposit dapat dibagi atas beberapa klasifikasi seperti klasifikasi berdasarkan jenis matrik dan serat. Namun dibalik banyaknya jenis komposit yang beredar saat ini, komposit yang berbahan dasar alam merupakan jenis komposit yang menjadi fokus penelitian beberapa tahun terakhir. Komposit berbahan alam *green composite* merupakan jenis komposit yang masih dalam proses pengembangan dikarenakan memiliki keuntungan bila dibandingkan dengan komposit berbahan sintetis. Kelebihan utama biokomposit dibandingkan dengan jenis komposit lainnya yakni karena berasal dari bahan alami sehingga mudah diuraikan didalam tanah, dan tentunya ramah lingkungan. Selain itu beberapa penelitian mengungkapkan bahwa biokomposit dapat terurai dengan mudah dan berpotensi menjadi pupuk organik yang dapat memperkaya kandungan tanah [2]. Dibalik kelebihan yang dimiliki dibandingkan dengan jenis komposit lainnya, biokomposit tentunya memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan biokomposit pada umumnya yaitu rendahnya ikatan antara permukaan serat dengan matriks yang disebabkan adhesi yang buruk antara serat dan matriks. Selain itu pada beberapa kasus ditemukan bahwa kekuatan biokomposit dinilai lebih rendah dibandingkan dengan komposit bahan sintetis [3].

Untuk mengatasi beberapa kekurangan biokomposit dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti memilih serat yang unggul, memberikan perlakuan terhadap serat, dan melakukan modifikasi terhadap matriks. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas komposit yakni dengan melakukan modifikasi terhadap matriks. Salah satu bahan alam yang memiliki potensi untuk dimodifikasi dan digunakan pada komposit untuk menggantikan peran resin polimer sintetis yakni getah dari pohon pinus. Resin yang dihasilkan oleh getah pohon pinus tersusun atas kandungan terpenin, dan gondorukem. Gondorukem dapat dimanfaatkan sebagai matriks pada komposit yang berperan sebagai pengikat serat, karena memiliki karakter yang lengket ketika mencair. Walaupun dapat dimanfaatkan sebagai matriks, gondorukem memiliki sifat yang sangat getas dan mudah patah ketika berada pada fasa padat sehingga perlu dimodifikasi untuk memperbaiki sifatnya [4].

Gondorukem tanpa modifikasi memiliki karakteristik getas, hanya bisa larut pada pelarut asam ataupun organik, dan sukar larut pada air. Oleh karena sifatnya yang getas maka gondorukem perlu dilakukan perlakuan ataupun penambahan unsur tertentu untuk mengurangi tingkat kegetasannya [5]. Menurut Jiugao dkk [6], unsur gliserol dan pati dapat digunakan sebagai unsur *plasticizer*. Unsur *plasticizer* adalah unsur yang dapat memberikan sifat plastis pada suatu campuran unsur, sehingga dapat mengurangi tingkat kegetasan suatu material.

Penelitian ini akan melakukan memodifikasi gondorukem dengan adanya penambahan unsur *plasticizer* gliserol dan pati jagung yang berperan sebagai unsur plastis pada matriks. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kegetasan komposit dan mengetahui nilai kekuatan tarik komposit serat rami berpenguat matriks gondorukem dengan penambahan unsur *plasticizer* gliserol dan pati jagung.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Serat Rami

Serat rami merupakan jenis serat yang berasal dari tanaman rami yang banyak dijumpai pada berbagai daerah di Indonesia. Tanaman rami yang memiliki nama latin *Boehmeria nivea L. Gaud* merupakan anggota *Urticaceae family* yang merupakan tanaman penghasil serat yang berasal dari batang tanaman rami. Tanaman ini merupakan tanaman yang pertama kali tumbuh pada bagian tengah dan barat negara Cina, yang tumbuh berkembang ke berbagai daerah seperti Brazil, Filipina, Taiwan, Korea, Kamboja dan negara lainnya. Pada negara Indonesia, tanaman rami banyak ditemukan pada daerah seperti Wonosobo, Lahat, Lampung, Sumatera, dan daerah lainnya [7].

Serat rami merupakan serat alami yang berasal dari tanaman rami. Serat rami banyak digunakan pada industri tekstil ataupun sebagai bahan penyusun komposit karena memiliki sifat mekanis yang sangat baik. Pada serat alami memiliki kandungan seperti selulosa, hemiselulosa, lignin dan pektin yang umum terdapat pada serat alami lainnya. Serat rami memiliki kadar selulosa sebesar 69%-91% yang lebih tinggi dibandingkan kadar hemiselulosa sebesar 5%-15%. Kandungan selulosa pada serat rami sangat tinggi yang membuat kekuatan nilai dari *tensile strength* serat rami yang tinggi sebesar 400 – 938 MPa yang menjadikannya salah satu serat dengan sifat mekanis terbaik [8].

2.2. Gondorukem

Gondorukem yang memiliki nama latin *Colophonia Resina* merupakan suatu resin alami yang didapatkan dari pohon Tusam atau pohon Pinus Merkusii [9]. Menurut Kencanawati dkk. [10], getah pohon pinus termasuk jenis oleoresin yang terdiri atas kandungan resin dan minyak. Oleoresin adalah campuran yang terdiri dari minyak dan resin. Resin alami biasanya terdapat pada suatu tanaman untuk melindungi dirinya dari suatu kerusakan. Oleoresin yang terdapat pada getah pohon pinus akan dipisahkan antara kandungan resin dan minyak melalui proses distilasi atau penyulingan. Hasil penyulingan tersebut bertujuan untuk menguapkan kandungan minyak pada getah pohon pinus yang dinamakan terpenin, dan akan menghasilkan endapan resin yakni gondorukem. Apabila getah pohon pinus dilakukan proses distilasi maka akan menghasilkan pengotor, gondorukem dan terpenin.

Gondorukem memiliki sifat berwarna kuning transparan, pada fasa cair bersifat lengket, dan sukar larut didalam air. Gondorukem dapat meleleh hingga berbentuk cairan lengket dan apabila dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan kembali. Oleh sebab itu, gondorukem banyak digunakan sebagai bahan perekat pada industri cat, industri sabun, kertas hingga vernis karena mampu berperan sebagai media perekat yang baik [11].

2.3. Terpentin

Terpentin atau dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *turpentine* merupakan hasil olahan dari getah pohon *Pinus Merkusii*. Pada subbab di atas telah dijelaskan bahwa getah pohon pinus yang merupakan oleoresin akan melalui proses distilasi atau penyulingan untuk memisahkan kandungan minyak pada getah pohon pinus. Minyak hasil distilasi getah pohon pinus inilah yang dinamakan terpentin. Terpentin memiliki karakteristik cairan berwarna bening dengan aroma tajam menyerupai aroma minyak kayu putih, tidak bersifat korosif, mudah menguap pada udara terbuka, dan mudah terbakar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Inestia dan Utami [12], disebutkan bahwa terpentin banyak digunakan pada industri yang bergerak pada sektor kosmetik, minyak wangi, hingga cairan pembersih. Hal ini dapat terjadi karena terpentin merupakan cairan yang mudah menguap, dan mampu melarutkan suatu endapan sehingga dapat digunakan sebagai pelarut organik. Minyak terpentin pada penelitian ini akan digunakan sebagai bahan pengencer dan pelarut gondorukem yang berperan sebagai matriks. Minyak terpentin berperan untuk mengencerkan matriks, sehingga matriks tidak terlalu lengket dan memudahkan proses pembuatan komposit.

2.4. Katalis

Metil etil keton peroksida atau dikenal dengan istilah MEKPO adalah bahan yang paling umum digunakan sebagai unsur katalis pada proses pembuatan komposit. Katalis merupakan bahan yang digunakan untuk mempercepat laju reaksi yang terjadi pada resin atau bioresin yang membuat laju pengeringan resin (*curing*) atau bioresin semakin cepat dari pada seharusnya. Pada dasarnya penggunaan katalis berfungsi untuk mempercepat laju reaksi pada suatu sistem yang ditandai dengan kenaikan temperatur sistem pada campuran resin.

Penggunaan katalis metil etil keton peroksida pada pembuatan komposit berfungsi untuk mempersingkat proses produksi dan pengeringan (*curing*) dengan mempercepat laju reaksi. Proses pengeringan suatu komposit menjadi suatu tahapan yang membutuhkan waktu yang cukup panjang, sehingga diperlukan upaya untuk mempersingkat tahapan tersebut. Menurut Kencanawati dkk [10], penggunaan katalis harus sesuai dengan takaran dan tidak boleh digunakan secara berlebihan. Penggunaan katalis yang berlebihan akan mengakibatkan laju pengeringan yang menurun, perubahan densitas, dan penurunan kekuatan [10 ; 13].

2.5. Pati Jagung

Pati jagung atau *corn starch* merupakan hasil olahan dari tanaman jagung yang berbentuk seperti tepung. Tanaman jagung yang memiliki nama latin *Zea mays* merupakan tanaman umum yang banyak dijumpai pada berbagai belahan di dunia. Tanaman jagung merupakan tanaman yang sangat bermanfaat bagi manusia dikarenakan dapat dikonsumsi dan dimanfaatkan pada berbagai sektor. Pati Jagung memiliki sifat yang dapat larut dan mampu berikatan dengan air (hidrofilik). Pati jagung tidak hanya dapat digunakan pada bahan pangan atau produk sehari-hari melainkan dapat digunakan pada pembuatan biopolimer. Penggunaan pati jagung pada polimer bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis atau kimiawi suatu material. Penggunaan pati jagung juga dapat dikombinasikan dengan material biopolimer untuk mengurangi tingkat resistensi terhadap air [14].

Penggunaan pati jagung pada biopolimer sering dikombinasikan dengan gliserol sebagai unsur *plasticizer* pada biopolimer. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hazrol dkk [15], membuktikan bahwa peran pati jagung pada unsur *plasticizer* dapat mengurangi tingkat kegetasan pada biopolimer. Hal ini juga ditegaskan oleh penelitian yang dilakukan oleh Nasir dan Othman [16], yang menjelaskan bahwa penggunaan pati jagung dan gliserol dengan kadar yang tepat menghasilkan sifat material yang maksimal. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan menggunakan pati jagung sebagai salah satu bahan penyusun unsur *plasticizer* untuk meningkatkan sifat mekanis dan kimiawi matriks gondorukem.

2.6. Gliserol

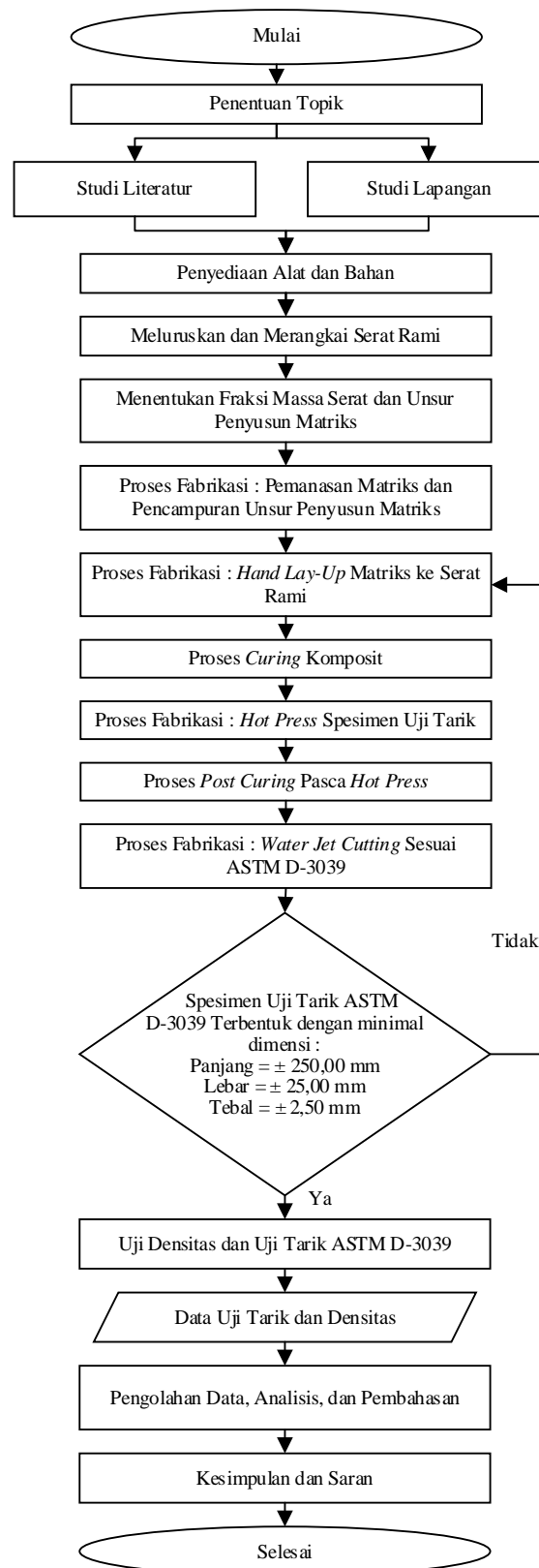
Gliserol merupakan salah satu hasil olahan dari proses pemurnian minyak kelapa sawit dari industri *crude palm oil* dan *palm kernel oil*. Sifat fisik gliserol apabila diamati merupakan cairan yang berwarna bening bersih, tidak berwarna, tidak berbau, agak kental, dan memiliki sedikit rasa manis. Proses untuk menghasilkan gliserol diawali dengan proses pemisahan minyak kelapa sawit dari kotoran yang tidak diinginkan (*degumming*), kemudian akan dihidrolisis menggunakan air sehingga menghasilkan senyawa gliserol [17].

Gliserol merupakan salah satu unsur *plasticizer* alami yang banyak digunakan pada berbagai aplikasi. Penggunaan unsur *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas sehingga mengurangi tingkat kegetasan suatu material. Menurut Setyaningrum dkk [18] kemampuan gliserol dalam meningkatkan elastisitas dapat terjadi karena dapat meningkatkan ikatan hidrogen pada suatu matriks dan meningkatkan jarak antara molekul.

Penggunaan gliserol sebagai salah satu bahan *plasticizer* bisa digunakan pada pembuatan *edible film* untuk mengemas atau membungkus makanan [19]. Penelitian menyebutkan bahwa gliserol dapat meningkatkan elongasi dan kekuatan tarik *edible film* pada takaran yang tepat. Pada penelitian tersebut didapatkan peningkatan kekuatan tarik *edible film*, namun akan lebih lemah pada beban tarik yang rendah. Pada penelitian ini gliserol merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk membuat larutan *plasticizer*. Larutan *plasticizer* yang telah dibuat akan dicampurkan dengan matriks gondorukem. Unsur gliserol sebagai bahan *plasticizer* diharapkan dapat mengurangi tingkat kegetasan matriks campuran meningkatkan keuletan matriks campuran.

2.7. Alur Penelitian

Pada suatu penelitian diperlukan diagram alir yang menunjukkan alur kerja ataupun tahapan suatu penelitian. Adapun alir penelitian yang hendak dilakukan dirujuk pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.8. Fabrikasi Komposit

Pembuatan spesimen komposit pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua metode yakni metode *hand lay-up* dan metode *compression molding*. Metode *hand lay-up* merupakan metode yang pembuatan komposit dengan mengoleskan matriks pada serat dengan bantuan sendok dan skrap. Pemilihan metode *hand lay-up* merupakan metode yang paling cocok digunakan dibandingkan metode lain karena sifat gondorukem yang kental dan lengket saat cair. Metode lainnya yang digunakan adalah metode *compression molding* dengan bantuan mesin *hot press*. Metode ini bertujuan untuk memanaskan kembali spesimen komposit untuk menghilangkan *void* atau celah udara yang terdapat didalam komposit.

Sebelum dilakukan fabrikasi, akan diawali dengan tahapan persiapan dengan mempersiapkan segala kebutuhan untuk melakukan proses fabrikasi. Salah satunya melakukan studi literatur dan studi lapangan. Tahapan studi literatur bertujuan untuk memberikan pemahaman dasar dan acuan bagi penulis untuk dapat melakukan penelitian yang hendak dilakukan. Studi lapangan bertujuan untuk memberikan pemahaman bagi penulis mengenai ilmu praktik dan proses fabrikasi komposit untuk memudahkan penulis melakukan proses fabrikasi spesimen komposit yang diinginkan.

Setelah dilakukan studi literatur dan studi lapangan, tahapan selanjutnya yakni mempersiapkan segala alat dan bahan yang dibutuhkan untuk memproduksi spesimen komposit. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam membuat komposit sebagai berikut.

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan komposit sebagai berikut.

- a. Gondorukem
- b. Terpentin
- c. Katalis
- d. Serat rami
- e. Gliserol
- f. Pati jagung
- g. Aquades
- h. Wax
- i. Alumunium foil

Alat yang dibutuhkan dalam pembuatan komposit sebagai berikut.

- a. Kaca
- b. Cetakan *hot press*
- c. *Magnetic stirr*
- d. Timbangan digital
- e. Gelas beaker
- f. *Vernier caliper*
- g. Gunting
- h. Sarung tangan
- i. Mortar dan alu
- j. Sendok dan skrap
- k. Teflon
- l. Alat *hot compress*
- m. Alat uji Tarik

Setelah semua alat dan bahan dipersiapkan dilanjutkan dengan meluruskan serat rami menjadi sebuah susunan serat lurus yang memiliki beberapa lapisan. Serat rami yang telah dipotong dan telah diluruskan, dan disusun rapih di atas kaca yang telah diberi selotip pada kedua sisi kaca. Serat yang telah menempel pada satu bagian selotip, selotip lainnya akan ditempelkan di atas serat agar dapat menempel dengan sempurna. Tahapan ini dilakukan beberapa kali hingga mendapatkan jumlah lapisan serat yang diinginkan. Gambar serat rami yang telah disusun dirujuk pada Gambar 2.



Gambar 2. Serat rami yang telah diluruskan

Tahapan selanjutnya yakni menentukan fraksi massa dari setiap bahan penyusun komposit. Fraksi massa ini menjadi acuan dalam melakukan proses manufaktur komposit. Proses ini melibatkan proses penimbangan setiap bahan berdasarkan persentase masing-masing bahan yang telah didapatkan. Tahapan selanjutnya yakni mengoleskan wax pada permukaan kaca agar spesimen komposit tidak menempel dengan permukaan kaca.

Langkah selanjutnya adalah menimbang dan mempersiapkan bahan yang akan dibuat menjadi matriks komposit seperti gondorukem, terpentin, pati jagung, gliserol, dan aquades. Takaran dan persentase bahan yang termasuk ke dalam matriks ditentukan menggunakan perbandingan sesuai dengan fraksi massa masing-masing bahan yang telah ditetapkan. Bahan-bahan yang termasuk dalam matriks akan ditimbang dan diletakkan pada gelas plastik yang telah ditandai dan dinamai.

Proses pemanasan gondorukem dilakukan dengan cara memanaskan gondorukem bubuk pada teflon yang telah dipanaskan menggunakan *magnetic stirr*. Proses pemanasan serbuk gondorukem dilakukan pada temperatur 90°C. Hal ini bertujuan agar temperatur pada teflon merata. Temperatur teflon akan dinaikkan ke 110°C dan menuangkan terpentin pada gondorukem, dan diaduk hingga kekentalan gondorukem menjadi berkurang. Penambahan terpentin bertujuan untuk mempercepat proses pencairan gondorukem dan mengurangi kekentalan matriks. Tahapan selanjutnya yaitu menuangkan larutan *plasticizer* gliserol dan pati jagung pada gondorukem cair pada temperatur 130°C, dan diaduk beberapa menit. Pencampuran unsur *plasticizer* harus dilakukan pada temperatur tersebut agar tidak terjadi penggumpalan sehingga sukar larut. Katalis metil etil keton peroksida dicampurkan setelah campuran gondorukem larut secara homogen dan dicampurkan pada temperatur 130°C. Setelah katalis metil etil keton peroksida dicampurkan, temperatur *magnetic stirr* dinaikkan menjadi 160°C selama beberapa menit.

Matriks yang telah mencair didalam teflon akan dituangkan ke lapisan serat dan akan diratakan menggunakan skrap besi. Setelah sebuah lapisan terlaminasi oleh campuran tersebut hingga rata, lapisan selanjutnya diletakkan di atasnya dan dioleskan kembali hingga rata. Matriks yang telah dioleskan keatas serat selanjutnya akan dijemur beberapa hari pada udara terbuka untuk mengeringkan spesimen komposit. Adapun gambar proses pengeringan komposit pada udara terbuka dirujuk pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen komposit yang dijemur

Setelah komposit yang telah dilapisi dan melewati tahapan *hand lay-up*, akan dikeringkan dengan dijemur beberapa hari. Komposit yang telah kering akan dipersiapkan untuk melalui tahapan kompresi menggunakan mesin *hot press*. Komposit yang telah kering akan diukur dan disesuaikan dengan cetakan yang tersedia dan akan dipotong sesuai ukuran cetakan. Spesimen yang telah disesuaikan akan dibungkus menggunakan *aluminium foil*, dan cetakan akan dilapisi *wax* agar memudahkan pengangkatan komposit. Pelapisan komposit menggunakan *aluminium foil* dan pelapisan cetakan menggunakan *wax* bertujuan agar komposit tidak lengket dan menempel pada permukaan cetakan. Pada Gambar 4 merupakan proses *hot compression* yang dilakukan pada alat *hot compress* dengan temperatur 60° dengan waktu penahanan 5 menit.



Gambar 4. Proses *hot compression*

Spesimen yang telah dilakukan tahapan kompresi akan melunak, dilepaskan dari cetakan, dan didiamkan pada permukaan rata hingga mengeras. Proses pendinginan kedua dengan membiarkan spesimen dijemur 1-2 hari sehingga dapat mengeras dengan baik dan *aluminium foil* dapat dilepaskan. Spesimen yang telah mengeras dan dilepas *aluminium foil*, akan dipotong sesuai standar ASTM. Pemotongan spesimen menjadi ukuran yang lebih kecil sesuai ASTM D3039 menggunakan bantuan alat *laser jet*.

2.9. Pengujian Tarik

Uji tarik merupakan sebuah pengujian yang dilakukan pada suatu material yang akan diberikan gaya tarik diantara kedua ujung material yang saling bertolakan (berlawan arah dan saling menjauhi). Pengujian tarik merupakan sebuah pengujian yang penting dilakukan untuk mengetahui suatu material dapat digolongkan dalam material yang elastis atau getas. Adapun data-data yang dapat diambil melalui pengujian tarik seperti kekuatan tarik maksimum, batas luluh, elongasi, hingga modulus elastisitas. Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam pengujian tarik dirujuk pada persamaan 1,2 dan 3 dibawah.

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

Keterangan :

σ = tegangan (N/mm²)

F = beban tarik (Newton)

A = luas penampang (mm²)

$$e = \frac{L_i - L_o}{L_o} \quad (2)$$

Keterangan :

e = regangan

L_i = panjang material setelah pengujian (mm)

L_o = panjang material mula-mula (mm)

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (3)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas (N/mm²)

σ = tegangan (N/mm²)

e = regangan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Tarik

Kekuatan tarik pada material komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dengan penambahan *plasticizer* dilakukan dengan pengujian tarik sesuai ASTM D-3039. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian tarik sesuai ASTM D-3039

Variasi		Luas Area (mm ²)	Gaya Maksimal (N)	Jangkauan Gaya Maksimal (N)	Kuat Tarik (Mpa)	Jangkauan Kuat Tarik (Mpa)
Fraksi Massa Serat	Kode					
S : 20% P : 10%	A1	59,05	658,16	F _{min} = 622,10 F _{max} = 896,21	11,14	σ _{min} = 9,59 σ _{max} = 12,62
	A2	70,95	896,21		12,62	
	A3	64,93	622,10		9,58	
S : 20% P : 15%	B1	76,57	475,79	F _{min} = 475,79 F _{max} = 626,51	6,21	σ _{min} = 6,21 σ _{max} = 9,39
	B2	67,23	626,51		9,31	
	B3	63,49	596,62		9,39	
S : 20% P : 20%	C1	60,83	475,79	F _{min} = 428,55 F _{max} = 475,79	6,21	σ _{min} = 5,59 σ _{max} = 6,38
	C2	76,57	428,55		5,59	
	C3	70,55	450,50		6,38	

3.2. Analisis Hasil Pengujian

3.2.1 Proses Manufaktur

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *hand lay-up* dan metode *compression molding*. Metode *hand lay-up* merupakan metode yang memiliki prinsip kerja dan peralatan yang sederhana. Penggunaan metode *hand lay-up* memiliki tujuan utama untuk mencampurkan semua bahan penyusun komposit serta melapisi serat menggunakan matriks. Metode *hand lay-up* merupakan metode yang sangat mengandalkan kemampuan dan keterampilan pengguna dalam mengoleskan matriks ke serat.

Pada metode *hand lay-up* semua bahan penyusun matriks akan dicampurkan melalui proses pemanasan. Proses pemanasan dilakukan untuk mencairkan gondorukem bubuk serta mencampurkan unsur *plasticizer*, sehingga dapat menjadi suatu larutan yang homogen. Pada tahapan ini salah satu parameter yang harus dikontrol adalah pengaturan temperatur pada setiap pencampuran bahan penyusun matriks. Pengaturan temperatur menjadi penting karena dapat memengaruhi kualitas larutan matriks maupun spesimen yang terbentuk. Proses pengolesan harus dilakukan secara cepat agar tidak terjadi pengeringan matriks sebelum serat di atasnya ditempelkan. Proses pengolesan harus dilakukan secara cepat agar lapisan yang akan ditempelkan di atasnya dapat menempel dengan baik dan meminimalisir serat yang tidak terlapisi oleh matriks.

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan, didapati karakteristik manufaktur antara persentase fraksi massa serat dengan persentase *plasticizer*. Apabila semakin tinggi persentase fraksi massa serat, maka jumlah matriks akan semakin sedikit. Hal ini memungkinkan adanya peningkatan serat yang tidak terlapisi dengan baik. Namun apabila persentase fraksi massa serat semakin sedikit, maka jumlah matriks semakin banyak. Hal ini memungkinkan adanya peningkatan serat terlapisi dengan baik. Semakin tinggi kandungan *plasticizer* maka matriks akan semakin kental, sehingga proses pengolesan akan semakin susah. Namun semakin rendah kandungan *plasticizer* maka matriks akan semakin cair, sehingga proses pengolesan akan semakin mudah.

Untuk mengatasi berbagai permasalahan yang timbul pasca pelaksanaan metode *hand lay-up*, maka spesimen akan dilakukan metode *compression molding*. Pada metode *compression molding* spesimen akan dipadatkan atau ditekan pada sebuah cetakan tertutup yang akan diberikan panas tertentu. Pelaksanaan metode *compression molding* dilakukan pada temperatur 60°C beberapa menit, dan ditekan hingga cetakan tertutup rapat.

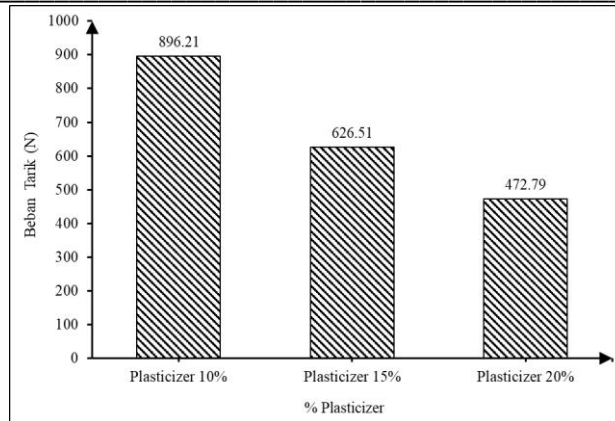
Pada metode *compression molding*, spesimen akan ditekan hingga ketebalan spesimen menjadi lebih tipis namun menjadi lebih padat dan kokoh. Pada metode ini spesimen akan dipanaskan kembali sehingga matriks akan meleleh dan melapisi rongga atau bagian matriks yang belum terlapisi serat sehingga dapat menutupi bagian yang belum terlapisi matriks. Hasil menunjukkan spesimen yang belum dikompresi memiliki permukaan yang tidak rata dikarenakan ketebalan matriks yang belum merata, dan masih terdapat serat yang belum terlapisi matriks. Pada spesimen yang telah dikompresi memiliki permukaan yang merata ditandai matriks yang tersebar merata dan spesimen yang telah dipadatkan.

3.3.2 Pengujian Tarik

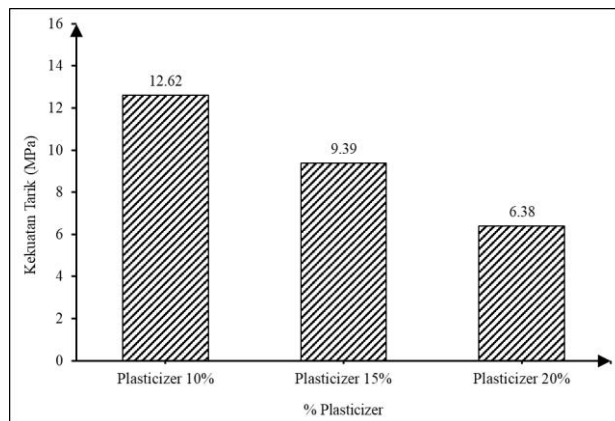
Berdasarkan gambar yang telah terlampir pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada fraksi massa serat 20%, persentase *plasticizer* yang berbeda memengaruhi beban tarik dan kekuatan tarik komposit. Pada Gambar 5 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara setiap variasi dengan beban tarik yang dimiliki spesimen. Pada Gambar 8 merupakan grafik yang menunjukkan kekuatan tarik spesimen setiap variasi. Pada fraksi massa serat 20% dapat dilihat terjadi penurunan beban tarik dan kekuatan tarik seiring dengan penambahan unsur *plasticizer* yang semakin banyak. Pada fraksi massa serat 20% beban tarik tertinggi dan kekuatan tarik tertinggi berada pada komposit dengan penambahan *plasticizer* sebanyak 10% sebesar 896,21 N dan 12,62 MPa. Beban tarik dan kekuatan tarik tertinggi variasi fraksi massa serat 20% berada pada spesimen dengan penambahan *plasticizer* 10%, dan terlemah berada pada penambahan *plasticizer* sebanyak 20%.

Penurunan beban tarik dan kekuatan tarik seiring dengan penambahan *plasticizer* terjadi karena sifat *plasticizer* yang sangat ulet sehingga memengaruhi sifat dari gondorukem. Semakin banyak penambahan unsur *plasticizer* terhadap gondorukem maka akan menghasilkan spesimen yang semakin ulet sehingga semakin mudah untuk mengalami deformasi pada beban yang diberikan dan semakin lentur. Oleh sebab itu spesimen dengan tingkat keuletan terendah hingga tertinggi yakni pada penambahan *plasticizer* 10%, 15%, dan 20%.

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 terlihat penurunan beban tarik dan kekuatan tarik yang signifikan pada penambahan *plasticizer* 15% dan 20%. Peristiwa penurunan kekuatan tarik yang signifikan pada penambahan *plasticizer* 15% dan 20% disebabkan karena penambahan unsur *plasticizer* yang terlalu banyak. Penelitian yang dilakukan oleh Tarique dkk. [20], mengungkapkan bahwa dengan penambahan *plasticizer* sebanyak 15% terjadi penurunan kekuatan tarik yang signifikan begitu juga pada penambahan *plasticizer* 30% dan 45%. Pengamatan visual yang dilakukan oleh penelitian tersebut mengungkapkan bahwa biopolimer sebelum ditambahkan unsur *plasticizer* memiliki sifat yang rigid dan getas, namun setelah penambahan *plasticizer* menjadi ulet dan tidak rapuh. Berdasarkan penelitian serupa yang dilakukan oleh peneliti lain, unsur *plasticizer* dapat mengurangi tingkat kegetasan suatu material namun menurunkan kekuatan tarik. Penambahan *plasticizer* pada material yang getas akan mengakibatkan material tersebut menjadi lebih ulet, fleksibel dan tidak getas namun kekuatan tarik dari material tersebut akan menurun.



Gambar 5. Perbandingan beban tarik komposit



Gambar 6. Perbandingan kekuatan tarik komposit

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian eksperimental yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi massa serat terhadap variasi penambahan *plasticizer* terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks utama gondorukem diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Komposit serat rami yang menggunakan matriks gondorukem dengan penambahan unsur *plasticizer* berhasil dibuat dengan metode *hand lay-up* yang dilanjutkan dengan metode *compression molding*. Pada keberjalanan proses manufaktur ditemukan hubungan antara pengaruh variasi fraksi massa serat ataupun persentase *plasticizer* terhadap pembuatan komposit. Apabila semakin tinggi persentase fraksi massa serat, semakin besar kemungkinan terdapat lapisan serat yang tidak terlapsi dengan baik, namun apabila persentase fraksi massa serat semakin sedikit maka serat semakin mudah untuk terlapsi. Semakin tinggi kandungan *plasticizer* maka matriks akan semakin kental, sehingga proses pengolesan akan semakin susah, namun semakin rendah kandungan *plasticizer* maka matriks akan semakin cair, sehingga proses pengolesan akan semakin mudah. Kecacatan yang dijumpai pada spesimen yakni masih terdapatnya serat yang belum terlapsi matriks sehingga membentuk *void* di dalam komposit. Jenis kerusakan dan patahan yang terjadi pada spesimen yang ditemukan adalah patahan *brush type* atau eksplosif, patahan vertikal, dan *debonding*.
2. Nilai kekuatan tarik variasi fraksi massa serat 20% *plasticizer* 10% sebesar 11,11 MPa, serat 20% *plasticizer* 15% sebesar 8,30 MPa dan serat 20% *plasticizer* 20% sebesar 6,06 MPa.

5. Daftar Pustaka

- [1] Manu, T. dkk. (2022). "Biocomposites: A review of materials and perception". *Materials Today Communications*, 31, hal. 103308. doi:10.1016/j.mtcomm.2022.103308.
- [2] Alkandary, A., dan Netravali, A. N. (2023). "Hybrid green composites using rice straw and jute fabric as reinforcement for soy protein-based resin". *Composites Part B-Engineering*, 256, hal. 110626. doi:10.1016/j.compositesb.2023.110626.
- [3] Mochane, M. J. dkk. (2021). "A review on green composites based on natural fiber-reinforced polybutylene succinate (PBS)". *Polymers*, 13(8), hal. 1200. doi:10.3390/polym13081200.
- [4] Cao, H. dkk. (2023). "The effects of superheated steam heat-treatment on turpentine content and softening point of

- resin”. *Industrial Crops and Products*, 192, hal. 116139. doi:10.1016/j.indcrop.2022.116139.
- [5] Yadav, B. K. dkk. (2016). “Rosin: Recent advances and potential applications in novel drug delivery system”. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 31(2), hal. 111-126. doi:10.1177/0883911515601867.
- [6] Jiugao, Y. dkk. (2005). “The effects of citric acid on the properties of thermoplastic starch plasticized by glycerol”. *Starch-Stärke*, 57(10), hal. 494-504. doi: 10.1002/star.200500423.
- [7] Habibie, S. dkk. (2021). “Prospect of ramie fiber development in indonesia and manufacturing of ramie fiber textile-based composites for industrial needs, an overview”. *International Journal of Composite Materials*, 11(3), hal. 43-53. doi:10.5923/j.comaterials.20211103.01.
- [8] Vigneshwaran, S. dkk. (2020). “Recent advancement in the natural fiber polymer composites: A comprehensive review”. *Journal of Cleaner Production*, 277, hal. 124109. doi:10.1016/j.jclepro.2020.124109.
- [9] Kishore B, D. (2021). “Analysis of Composite Material on Natural Fibre and Natural Resin”. *International Journal of Science and Research*, 10(8). doi: 10.21275/SR21731214149.
- [10] Kencanawati, C. dkk. (2019), “Karakteristik Fisik Dan Mekanik Pine Resin Sebagai Matriks Dengan Variasi Aditif MEKPO”.
- [11] Kurniawan, D. dkk. (2015). “Penentuan waktu baku dan analisis keseimbangan lini produksi pada industri pengolahan gondorukem dan terpentin”. *Jurnal Pertanian*, 6(2), hal. 88-91.
- [12] Inestia, D., dan Utami, H. (2019). “Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Konsentrasi Katalis Pada Sintesis α -Terpineol dari Terpentin dengan Katalis Asam Trikloroasetat”. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), hal. 171-175.
- [13] Cakir, F. (2022). “Effect of curing time on polymer concrete strength. *Challenge Journal of Concrete Research Letters*”, 13(2), hal. 54-61. doi:10.20528/cjcr.2022.02.001.
- [14] Lu, D. R. dkk. (2009). “Starch-based completely biodegradable polymer materials”. *Express polymer letters*, 3(6), hal. 366-375. doi:10.3144/expresspolymlett.2009.46.
- [15] Hazrol, M. D. dkk. (2021). “Corn starch (*Zea mays*) biopolymer plastic reaction in combination with sorbitol and glycerol”. *Polymers*, 13(2), hal. 242. doi:10.3390/polym13020242.
- [16] Nasir, N. N., dan Othman, S. A. (2021). “The Physical and Mechanical Properties of Corn-based Bioplastic Films with Different Starch and Glycerol Content”. *Journal of Physical Science*, 32(3). hal. 89-101. doi:10.21315/jps2021.32.3.7.
- [17] Aufari, M. A., Robianto, S., dan Manurung, R. (2013). “Pemurnian Crude Glycerine Melalui Proses Bleaching Dengan Menggunakan Karbon Aktif”. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), hal. 44-48.
- [18] Kishore B, D. (2021). “Analysis of Composite Material on Natural Fibre and Natural Resin”. *International Journal of Science and Research*, 10(8). doi: 10.21275/SR21731214149.
- [19] Setyaningrum, C. C. dkk. (2020). “Optimasi Penambahan Gliserol sebagai Plasticizer pada Sintesis Plastik Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa”. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 4(2), hal. 96-104.