

PENGARUH FRAKSI VOLUME TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN LENTUR KOMPOSIT RESIN BERPENGUAT SERBUK KAYU

Femiana Gapsari, Putu Hadi Setyarini

Teknik Mesin, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145
E-mail : femianagapsari@gmail.com

Abstract

On the research, composite was made from polyester with volume of filler fraction variable of 15%, 30%, 45% and the type of filler was Mahogany (Swietenia mahogani). The filler measurement used was 50 mesh. Polymer matrix used was BQTN 157 unsaturated resin polyester. The tensile test of experiment specimen was based on ASTM D638 M-93. and the bending specimen was based on D790-92 Standard. The highest of tensile strength on the volume fraction of 30% that is of 2.081916 kg/mm². For the composite material with particle of composite material mahogany with filler volume fraction of 15% had the average flexural strength of 34.98 N/mm². On the particle with volume fraction of 30% had the highest average flexural strength of 45.6780 N/mm². The highest Modulus of Elasticity(E) and Shear Modulus (G) was owned by the composite with filler volume of 635.464 kg/mm² dan 958.85 MPa

Keywords : Composite, volume fraction, tensile strength, flexural strength

LATAR BELAKANG

Kayu merupakan bahan mentah yang sudah dimanfaatkan sejak masa lampau oleh manusia. Kayu adalah salah satu hasil alam yang melimpah di Indonesia. Kayu sebagai bahan alami, akan mengalami proses daur ulang alami setelah menunaikan fungsinya, dan terdegradasi menjadi unsur-unsur dasarnya. Di Indonesia, potensi kayu sebagai *filler* sangat besar, terutama limbah serbuk kayu yang pemanfaatannya masih belum optimal.

Masyarakat Lombok memiliki kesenian topeng yang dibentuk dengan teknik ukiran kayu mahoni. Sisa ukiran kayu mahoni memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah dan nilai ekonomis yang tinggi. Topeng dapat juga dibuat dengan komposit. Berkembangnya kunjungan wisatawan di Lombok meningkatkan penjualan topeng kayu mahoni. Kebutuhan akan kayu mahoni semakin meningkat, limbah sisa ukiran topeng juga meningkat. Hal ini tidak diimbangi dengan ketersediaan kayu mahoni. Berdasarkan pertimbangan diatas diperlukan penelitian untuk mendapatkan alternatif pembuatan topeng yang terbuat dari limbah

kayu mahoni dan resin polyester. Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tak homogen, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya.

Penelitian mengenai komposit telah banyak dilakukan. Ukuran butir dan fraksi volume dari filler material komposit akan mempengaruhi sifat mekanik dari material komposit [1]. Perilaku mekanik material komposit terhadap beban statik berupa beban tarik dan beban bending tergantung dari bentuk dan ukuran dari filler. Pada ikatan antara matriks dan filler, fraksi volume filler, aspek rasio dari filler merupakan faktor terpenting untuk menentukan kekuatan dari matriks polimer [2].

Dari perancangan topeng komposit alternative dari limbah kayu mahoni

membutuhkan topeng yang lebih ringan dari topeng ukiran. Selain ringan dibutuhkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur yang tinggi serta memiliki nilai efisiensi dan ekonomis.

Berdasarkan permasalahan diatas maka alternati pengganti kayu mahoni yang semakin langka dan penggunaan limbah kayu mahoni sisa ukiran menjadi topeng komposit harus disesuaikan. Komposisi komposit matriks polimer yang memberikan sifat mekanik yg terbaik perlu diteliti. Untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian pengaruh fraksi volume dari filler kayu mahoni terhadap kekuatan tarik dan lenturnya.

METODE PENELITIAN

Bahan

Komposit terbagi atas matriks dan Filler. Matriks yang digunakan adalah jenis *Unsaturated Polyester Resin* dengan merek dagang *YUKALAC 157 BQTN-EX*, dengan data teknis sebagai berikut:

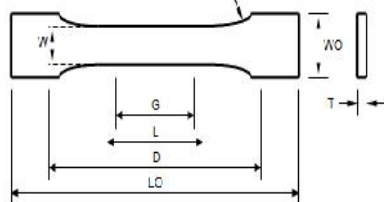
- a. Densitas (ρ) : 1,2 g/cm³
- b. Kekuatan tarik (σ) : 12,07 N/mm²
- c. Modulus elastisitas (E) : 1,18.10³ N/mm²
- d. Poison rasio (ν) : 0,33

Dalam resin ini, umumnya telah mengandung komposisi campuran antara resin polyester tak jenuh murni dan bahan pelarut *stiren* dengan nilai perbandingan sekitar 3:1. Selain itu ditambahkan katalis berupa MEKPO (Metil Etil Keton Peroksida), berfungsi sebagai zat *curing*, mempersingkat waktu *curing* dan meningkatkan ikatan silang polimernya.

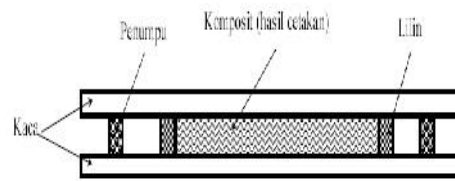
Kayu mahoni digunakan sebagai filler. Mahoni memiliki massa jenis 0.64 gr/cm³.

Geometri dan Dimensi Spesimen

Spesimen dibuat dengan cetakan. Spesimen uji tarik dibuat dengan mengacu pada ASTM D 638M-93 Tipe M-I [3].



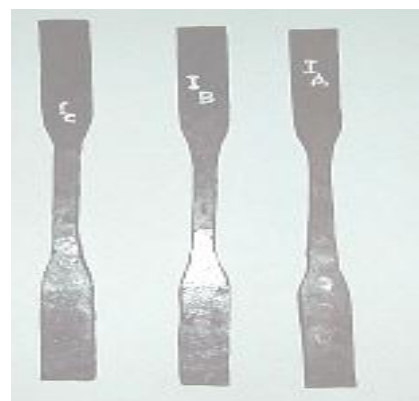
Gambar 1.Dimensi Spesimen uji tarik



Gambar 2. Gambar cetakan uji tarik

Tabel 1. Dimensi Spesimen untuk Ketebalan (T) = 8 ± 0,2 mm

| DIMENSI | Panjang, mm | Toleransi, mm |
|---------------------------|-------------|---------------|
| W, lebar daerah sempit | 10 | ± 0,5 |
| L, panjang daerah sempit | 60 | ± 0,5 |
| WO, lebar keseluruhan | 20 | ± 0,5 |
| LO, panjang keseluruhan | 250 | No max |
| G, panjang ukur | 60 | ± 0,25 |
| R, jari-jari kelengkungan | 60 | ± 1 |

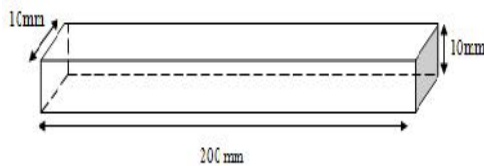


Gambar 3. Spesimen uji tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik Universal Testing Machine untuk mendapatkan karakteristik sifat material terhadap beban tarik (*tensile*). Sebelum pengujian, diukur panjang ukur (gauge length) awal, tebal dan lebar spesimen untuk mencari luas awal. Pada pengujian tarik yang diukur adalah nilai

beban maksimum yang mampu diterima oleh material uji (nilai beban maksimum yang diperlukan untuk mematahkan material uji).

Standard ukuran dimensi untuk pengujian bending pada material komposit jenis plastik mengacu pada **ASTM D 790 – 92**. [4].



Gambar 4. Dimensi spesimen uji bending

Cetakan untuk spesimen terbuat dari kaca dengan ukuran panjang, lebar, dan ketebalan yang mengacu pada **ASTM D 790 – 92**, yaitu standard ukuran dimensi untuk pengujian bending pada material komposit jenis plastik.

Penyiapan Serbuk

Data berat jenis kering udara (ρ) dari kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) sebagai penguat adalah 0.64 gr/cm^3 . Serbuk kayu yang diperoleh kemudian disaring dengan mesin Sieve and Shaker dengan saringan berukuran 50 mesh setelah itu dioven pada temperatur $\pm 90^\circ\text{C}$ dengan lama waktu ± 60 menit.

Komposisi Spesimen

Perbandingan volume antara serbuk kayu dengan resin sebesar 15%, 30%, 45%. Adapun berat masing-masing serbuk kayu dan resin ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Komposisi Spesimen Uji Tarik

| Fraksi Volume | Volume Resin (ml) | Volume Filler (ml) | Densitas Resin (gr/ml) | Densitas Filler (gr/ml) | Massa Resin (gr) | Massa Filler (gr) |
|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| 0% | 80 | 0 | 1.2 | 0 | 96 | 0 |
| 15% | 68 | 12 | 1.2 | 0.64 | 81.6 | 7.68 |
| 30% | 56 | 24 | 1.2 | 0.64 | 67.2 | 15.36 |
| 45% | 44 | 36 | 1.2 | 0.64 | 52.8 | 23.04 |

Setelah ditimbang resin dicampur dengan serbuk kayu di gelas kimia. Setelah teraduk merata kemudian ditambah katalis sebesar 1% dari 100% volume resin yang digunakan. Sebelum resin mengeras, adonan itu dimasukkan ke dalam cetakan. Ditunggu sampai resin mengeras ($\pm 45-60$ menit) agar hasilnya benar-benar keras dan padat. Lalu spesimen yang telah terbentuk itu dilepaskan dari cetakan dengan hati-hati.

Tabel 3. Komposisi Spesimen Uji Bending

| Fraksi Volume | Volume Resin (ml) | Volume Filler (ml) | Densitas Resin (gr/ml) | Densitas Filler (gr/ml) | Massa Resin (gr) | Massa Filler (gr) |
|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| 0% | 20 | 0 | 1.2 | 0 | 24 | 0 |
| 15% | 17 | 3 | 1.2 | 0.64 | 20.4 | 1.92 |
| 30% | 14 | 6 | 1.2 | 0.64 | 16.8 | 3.84 |
| 45% | 11 | 9 | 1.2 | 0.64 | 13.2 | 5.76 |

Pengujian spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin uji bending yaitu **NEXYGEN**, untuk mengetahui perilaku mekanik berupa kekuatan bending, regangan, dan modulus elastisitas dari material uji terhadap pembebanan statik berupa beban bending bending.

Perhitungan kekuatan bending didasarkan pada pembebanan arah transversal pada material uji sampai saat terjadinya patah pada material uji. Dengan mengacu pada kondisi pembebanan yang terpusat ditengah – tengah material uji, yang sering disebut *“Three Point Bending”*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:[4]

$$\sigma_b = \frac{3 PL}{2 bh^2}$$

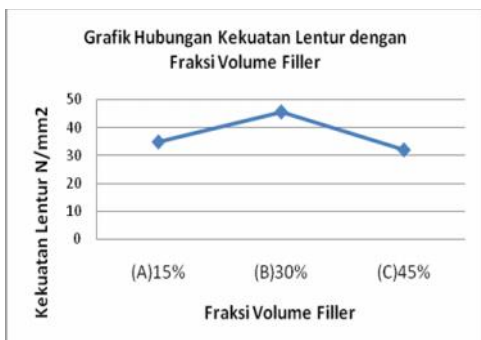
Dimana: σ_b = Kekuatan bending (N/mm^2)
 P = Beban bending maksimum (N)
 L = Jarak tumpuan (mm)
 B = Lebar material uji (mm)
 H = Tebal material uji (mm).

Pada pengujian bending akan didapat pula Modulus Geser (G) berdasarkan Analisa Material Komposit Makromekanik.

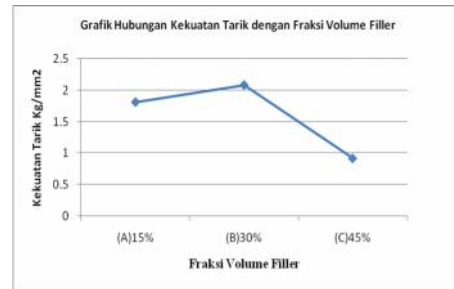
HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposit berpenguat serbuk kayu mahoni memiliki kekuatan tarik paling besar pada fraksi volume 30% yaitu sebesar 2.081916 kg/mm². Kemudian diikuti komposit dengan variasi fraksi volume 15% dan 45% yang masing-masing sebesar 1.81135 kg/mm² dan 0.915482 kg/mm². Komposit berpenguat serbuk kayu mahoni memiliki regangan paling besar pada fraksi volume 30% dengan nilai 0,01. Kemudian diikuti komposit dengan variasi fraksi volume 30% dan 45% yang masing-masing sebesar 0,009 dan 0.007333. Komposit berpenguat serbuk kayu mahoni memiliki modulus elastisitas paling besar pada fraksi volume 30% yaitu 635.464 kg/mm². Kemudian diikuti komposit dengan variasi fraksi volume 15% dan 45% yang masing-masing bernilai 576.830 kg/mm² dan 368.2625 kg/mm².

Untuk material komposit dengan partikel dari kayu mahoni material komposit dengan dengan fraksi volume filler 15% mempunyai kekuatan lentur rata-rata 34.98 N/mm². Kemudian mengalami kenaikan kekuatan mencapai titik tertinggi pada fraksi volume 30%, dan kemudian kekuatannya turun pada fraksi volume 45%. Pada partikel dengan fraksi volume 30% memiliki kekuatan lentur rata-rata sebesar 45.6780 N/mm². Pada komposit dengan fraksi volume filler 45% memiliki kekuatan lentur rata-rata sebesar 32.1165 N/mm². Modulus Geser pada fraksi volume filler 15% adalah sebesar 958.85 MPa. Pada komposit dengan fraksi volume filler 30% dan 45% memiliki modulus geser sebesar 1765.405 MPa dan 1707,406 Mpa.



Gambar 5. Hubungan Kekuatan Lentur dengan Fraksi Volume Filler



Gambar 6. Hubungan Kekuatan Tarik dengan Fraksi Volume Filler

Mengingat model struktur resin (termasuk polimer termoplastik) yang semikristalin, yang terdiri rantai polimer yang konfigurasi tersusun rapi (*lamellar*), dan di selingi bagian yang terdiri atas rantai-rantai polimer yang tidak teratur (*amorph*), pada saat dikenai tegangan, maka spesimen akan mengalami proses sebagai berikut: *Interlamellar stretching*, dimana bagian yang *amorph* akan mengalami perubahan; *Intracrystalline slip*, dimana bagian *lamellanya* mengalami perubahan; dan lempeng *lamellar* mengalami slip. Selanjutnya konfigurasi rantai polimer akan terarah ke arah beban tarikan. Apabila hal ini diteruskan maka rantai tersebut akan putus.

Dengan adanya partikel berupa filler, maka pada beberapa daerah pada resin sebagai matriks akan terisi oleh partikel, sehingga pada saat terjadi *interlamellar stretching*, deformasi yang terjadi pada bagian *amorph* dapat di minimalisir oleh partikel. Mekanisme penguatannya adalah, bahwa dengan adanya partikel, maka jarak antara bagian polimer yang strukturnya kristalin (berbentuk seperti lempengan/lamellar) akan diperpendek oleh adanya partikel tadi. Dengan semakin meningkatnya jumlah partikel yang ada (sampai pada batasan tertentu dimana matriks masih mampu mengikat partikel), maka deformasi yang terjadi juga akan semakin berkurang, karena beban yang sebelumnya diterima oleh matriks akan diteruskan atau ditanggung juga oleh partikel sebagai penguat. Hal inilah yang menyebabkan pada fraksi volume 30% pada penelitian ini mempunyai kekuatan mekanik

yang tertinggi, karena tegangan yang diberikan pada spesimen akan terdistribusi secara merata karena beban yang juga ikut disanggah oleh partikel, dan matriks disini akan lebih berfungsi sebagai pendistribusi tegangan.

Ikatan antara matriks dan filler harus kuat. Apabila ikatan yang terjadi cukup kuat, maka mekanisme penguatan dapat terjadi. Tetapi apabila ikatan antar permukaan partikel dan matriks tidak bagus, maka yang terjadi adalah filler hanya akan berperan sebagai impurities atau pengotor saja dalam spesimen. Hal ini terjadi pada fraksi volumefiller 45% pada penelitian ini, dimana dengan banyaknya filler resin sebagai matriks tidak akan dapat mengikat dengan baik filler yang masuk. Akibatnya filler akan terjebak dalam matriks tanpa memiliki ikatan yang kuat dengan matriksnya. Sehingga akan ada udara yang terjebak dalam matriks sehingga dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Akibatnya beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata. Hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan mekanik pada komposit.

Ikatan antar permukaan yang terjadi pada awalnya merupakan gaya adhesi yang ditimbulkan karena: Kekasaran bentuk permukaan, yang memungkinkan terjadinya interlocking antar muka, Gaya elektrostatik yaitu gaya tarik menarik antara atom bermuatan ion, Ikatan Van der Waals karena adanya dipol antara partikel dengan resin.

Permulaan kekristalan (nukleasi) pada polimer bisa terjadi secara acak diseluruh matriks ketika molekul-molekul polimer mulai bersekutu (nukleasi homogen) atau mungkin juga terjadi disekitar permukaan suatu kotoran (impurities asing), yaitu mungkin suatu nukleator sengaja ditambahkan sehingga terjadi nukleasi heterogen. Jadi partikel yang ditambahkan pada polimer akan berpengaruh terhadap kristalisasi dari polimer itu sendiri. Peningkatan volume filler akan mengurangi deformability (khususnya pada permukaan) dari matriks sehingga menurunkan keuletannya. Selanjutnya, komposit akan memiliki kekuatan lentur yang rendah. Namun apabila terjadi ikatan antara matriks dan filler kuat sifat mekanik akan meningkat karena distribusi tegangan merata.

Pola distribusi dari partikel juga akan mempengaruhi kekuatan mekanik. Pola distribusi partikel dalam matriks dapat dianalisa secara sederhana dengan menghitung densitas dari komposit pada beberapa bagiannya dalam satu variabel. Dari hasil perhitungannya, densitas komposit memiliki nilai-nilai yang berbeda-beda dalam satu variabelnya. Hal ini menunjukkan pola sebaran dari partikel yang kurang homogen.

Sifat dasar dari serbuk kayu sebagai filler dalam komposit resin serbuk kayu ini sebenarnya perlu diperhatikan. Kayu merupakan bahan yang sebagian besar terdiri dari selulosa (40-50%), hemiselulosa (20-30%), lignin (20-30%) dan sejumlah kecil bahan-bahan anorganik dan ekstraktif [5]. Karenanya kayu bersifat hidrofilik kaku, serta dapat terdegradasi secara biologis. Sifat-sifat itu menyebabkan kayu kurang sesuai bila digabungkan dengan plastik yang bersifat hidrofobik.

Pada penelitian ini komposit dianalisa secara makroskopik. Makroskopik adalah menganalisa bahan komposit dengan anggapan bahan komposit bersifat homogen sehingga dalam analisa kekuatan komposit berdasarkan kekuatan komposit secara keseluruhan. Sedangkan tinjauan secara mikroskopik pada penelitian ini diabaikan. Mikroskopik adalah menganalisa bahan komposit berdasarkan interaksi antara penguat dan matriksnya.

Selain itu juga masih ditemui adanya surface crack yang nantinya bisa menjadi permulaan dari suatu retakan. Dari sini juga akan memicu terbentuknya rongga (void). Hal ini terjadi karena shrinkage pada saat proses pendinginan, dimana laju pendinginan yang tidak sama, khususnya pada daerah permukaan yang lebih cepat dingin dibandingkan bagian yang lain

Void yang terdapat pada komposit terjadi karena adanya udara yang terjebak dalam tangki aduk pada saat proses pengadukan. Juga karena proses pengadukan yang kurang baik, saat proses pencetakan, bahkan pada preparasi spesimen. Void pada komposit juga bisa disebabkan karena *moisture contamination*, dimana sebelum proses ada kemungkinan

terjadi penyerapan air, baik itu dari bahannya maupun dari peralatannya sendiri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Komposit resin serbuk kayu ini cukup memadai untuk digunakan sebagai topeng komposit. Untuk itu diperlukan kekuatan yang tinggi dan kekakuan tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi terbaik dari komposit resin serbuk kayu ini adalah fraksi volume 30% dengan *filler* kayu mahoni. Pada komposisi ini diperoleh kekuatan tarik 2.081916 kg/mm² modulus elastisitas paling tinggi yaitu sebesar 635.464 kg/mm².
2. Material komposit berpenguat serbuk kayu yang dibuat dalam penelitian ini merupakan material isotropi dengan berpenguat pendek berorientasi susunan yang acak 2 dimensi.
3. Kekuatan lentur tertinggi dicapai oleh komposit dengan volume fraksi filler untuk kayu mahoni dengan kuat lentur sebesar 45.6780 N/mm².

Saran

1. Dalam pencampuran matriks dan filler hendaknya benar-benar homogen agar filler terdistribusi merata dan dapat diikat dengan baik oleh matriks, untuk menghindari adanya *void* yang menyebabkan cacat pada spesimen.
2. Relative Humidity hendaknya lebih dikontrol untuk percobaan selanjutnya.

3. Kepresisian dan kemampuan peralatan diharapkan lebih baik dari percobaan ini.
4. Untuk menaikkan *interfacial adhesion* antara serbuk kayu dan resin dibutuhkan *coupling agent*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stark Nicole & Rowlands, 2003, "Effects Of Wood Fiber Characteristics On Mechanicalproperties Of Wood/Polypropylene Composites", *Wood and Fiber Scienc.*, 35(2), 167-174.
- [2] McCrum, N. G., Buckley, C. P., Bucknall, C. B., 1997., *Principles of Polymer Engineering*, 2nd Ed., Oxford University Press, New York.
- [3] AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM), 2000a., *Tensile Properties of plastics*. ASTM D638, Annual Book of ASTM Standarts, American Society for Testing aterials, Philadelphia.
- [4] AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (ASTM), 2000a., *Flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*. ASTM D790. Annual Book of ASTM Standarts. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [5] Setyawati, Dina., 2003, ""Komposit Serbuk Kayu Plastik Daur Ulang" *Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Kayu dan Plastikor*: Institut Pertanian Bogor.