**KARAKTERISASI MATERIAL KOMPOSIT JERAMI-EPOKSI YANG DIBUAT DENGAN PROSES *VACUUM BAG***

**Wahdan Kurniawan**

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung*

Abstrak

*Pemanfaatan material komposit pada saat ini semakin berkembang, penggunaannya mulai dari peralatan rumah tangga, furnitur sampai ke sektor perindustrian. Material komposit memiliki keunggulan yaitu densitas yang rendah, tahan korosi dan proses pembuatannya yang sederhana. Dalam penelitian ini dipilih serat jerami sebagai penguat pada material komposit ini karna mudah didapatkan dan dimaksudkan juga untuk pemanfaatan jerami yang biasanya hanya digunakan sebagai bahan pupuk atau makanan ternak, bahkan banyak yang dibiarkan membusuk atau dibakar sehingga menjadi polusi. Objek pada penelitian ini adalah membuat dan melakukan serangkaian pengujian pada material komposit berserat jerami dengan variasi panjang serat 20 mm dan 30 mm yang menggunakan resin epoksi sebagai pengikat dan pembuatan dengan metode vacuum bag moulding. Serangkaian pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari material tersebut dan dilakukan juga perhitungan ulang fraksi volume sebenarnya untuk dibandingkan dengan fraksi volume awal 50 % jerami. Hasil pengujian menunjukan bahwa material komposit dengan panjang serat jerami 20 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata 18,99 MPa dan kekuatan bending rata-rata 98,05 MPa, sedangkan untuk material komposit dengan panjang serat jerami 30 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata 19,68 MPa dan kekuatan bending rata-rata 98,86 MPa. Fraksi volume setelah material komposit jadi adalah 35% jerami.*

*Kata kunci: kekuatan tarik, kekuatan bending, jerami-epoksi, vacuum bag moulding.*

1. **Pendahuluan**

Kebutuhan komponen dengan kemampuan struktural, ringan serta kuat mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Selain memiliki kemampuan struktural, ringan dan kuat, material yang ramah lingkungan juga merupakan tuntutan teknologi sekarang ini. Salah satu material yang diharapkan mampu memenuhi hal tersebut adalah material komposit dengan material pengisi serat alam. Keunggulan yang dimiliki oleh serat alam yaitu densitas yang rendah, mudah didapatkan, harga lebih murah, ramah lingkungan, dan tidak membahayakan bagi kesehatan.

Serat yang mudah didapatkan dan banyak tersedia salah satunya adalah dari jerami padi. Pada saat ini pemanfaatan jerami kurang efisien, biasanya hanya untuk kebutuhan ternak dan untuk keperluan berkebun sebagai pupuk bahkan akhirnya hanya dibakar hingga menimbulkan polusi. Sehingga banyak limbah jerami dari hasil tani padi. Guna untuk meningkatkan fungsi dari jerami padi tersebut maka dipilihlah serat dari jerami padi sebagai pengisi pada material komposit yang akan dibuat.

Banyak cara untuk membuat material komposit salah satu cara yang digunakan yaitu dengan proses *vacuum bag moulding*. Proses ini melibatkan ruang vakum/kedap udara dan didalamnya ditempatkan cetakan sehingga dalam ruang vakum tersebut dihasilkan temperatur dan tekanan yang dibutuhkan untuk proses pembuatan komposit yang lebih baik.

Salah satu variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbedaan panjang serat. Untuk mengetahui pengaruh panjang serat terhadap material komposit maka dilakukan pengujian tarik dan pengujian bending serta dilakukan analisis terhadap patahan hasil pengujian mekanik guna mengetahui kekuatan ikatan antara serat dan matrik. Matrik yang digunakan yaitu resin epoksi.

1. **Tinjauan Pustaka**

Secara sederhana material komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Material komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu material pengisi dan material pengikat yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah material pengisi sedangkan material pengikatnya menggunakan suatu material yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Fungsi dari material pengisi yaitu untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi.

Penggunaan serat pada komposit bertujuan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi. Serat mempunyai bentuk tipis dan panjang, dan mempunyai ciri-ciri cukup pada struktur dalamnya. Serat berdasarkan unsur pembentuknya ada dua, pertama adalah serat alam (*natural fibers*), yaitu serat yang berasal dari hewan, tumbuhan dan mineral, contonya kapas, wol, sutra, rami dan serat alam lainnya. Kedua seratsintetik (*synthetic fibers*) yaitu serat buatan seperti nilon, rayon, acetates poliester dan lain-lain. Pada penelitian ini menggunakan serat alam yaitu serat jerami.

Matrik yang digunakan dalam komposit adalah harus mampu meneruskan beban sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik artinya tidak ada reaksi yang mengganggu. Pada penelitian ini matrik yang digunakan adalah *resin termoset* dengan jenis resin epoksi.

Suatu proses pembuatan material komposit bermacam-macam, salah satunya *vacuum bag moulding.*

Dengan metode *vacuum bag moulding* cetakan berisi komposit akan dimasukan kedalam kantong kedap udara kemudian udara didalam kantong tersebut akan dipompa keluar. Fungsinya yaitu untuk menghilangkan void-void atau rongga dengan memaksa keluar udara yang terperangkap. Cara ini termasuk cara yang ekonomis dan mudah dilakukan.

Gambar 1. Skematik Proses Vacuum Bag

**Air**

Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress strain test*). Dari pengujian ini dapat kita ketahui beberapa sifat mekanik material yangsangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

Tegangan teknik :

σ *=* $\frac{F}{A\_{0}}$ ............................................................[2.1]

Regangan teknik :

ε *=* $\frac{l\_{1}-l\_{0}}{l\_{0}}$ *=* $\frac{ΔL}{l\_{0}}$ ...........................................[2.2]

Modulus Elastisitas Tarik :

E *=* $\frac{σ}{ε}$ ............................................... .............[2.3]

Keterangan :

*σ* = Tegangan (MPa)

*F* = Beban (N)

*A0*= Luas penampang (mm2)

*ε* = Regangan

*E* = Modulus elastisitas tarik (MPa)

*l0* = Panjang daerah ukur (mm)

*ΔL* = Pertambahan panjang (mm)

Pengujian yang dilakukan untuk matrik(jenis plastik resin) dan kompositnya, dapat menggunakan standar pengujian ASTM D 638.



Keterangan :

W = *Width of narrow section* 13 mm

L = *Length of narrow section* 57 mm

Wo = *Width overall*, min. 19 mm

Lo = *Length overall*, min. 165 mm

G = *Gage lenght* 50 mm

D = *Distance between grips* 115 mm

R = *Radius of fillet* 76 mm

Gambar 2. *Neat resin tensile specimen for thicknesses of* 0.28 in (7 mm) *or less*. (*From ASTM Standard* D 638)

Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material dapat dilakukan dengan pengujian bending terhadap material tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Untuk mencari tegangan bending dan modulus elastisitas bending yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Tegangan bending :

σb *=* $\frac{3PL}{2bd^{2}}$ ...........................................................[2.4]

Modulus elastisitas bending :

Keterangan :

σb= Tegangan bending (MPa)

*P* = Beban (N)

Eb= Modulus elastisitas bending (MPa)

*δ* = Defleksi (N/mm)

*L* = Panjang Span/jarak antara titik

 tumpuan, 80 mm

*Lo* = Panjang spesimen, 120 mm

*b* = Lebar spesimen, 15 mm

*d* = Tebal spesimen, 6 mm

Eb *=* $\frac{L^{3}P}{4bd^{3}δ}$ ........................................................[2.5]



Gambar 3. Bentuk spesimen uji bending standar ASTM D790.

1. **Pembuatan Dan Pengujian**

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : serat jerami, resin epoksi, NaOH, *maximum mold release wax, vacuum bag*, timbangan digital, gelas ukur, cetakan kaca, klem, mesin gergaji, *pressure gauge vacuum,* sendok, *cutter*, gunting, kuas, pisau, spidol, pulpen, solatip, klip, busa dan penggaris.

Berikut ini adalah langkah-langkah proses pembuatan material komposit sampai menjadi spesimen pengujian tarik dan bending.

1. Siapkan serat jerami yang telah dipotong sesuai ukuran 20 mm dan 30 mm.
2. Cuci lalu rendam masing-masing serat jerami pada larutan NaOH selama satu jam dengan wadah yang berbeda agar ukuran serta satu tidak tercampur dengan ukuran serat lainnya, setelah satu jam cuci kembali lalu keringkan.
3. Siapkan cetakan lalu lapisi ruang cetaknya dengan *wax*, gunakan kuas untuk mengoleskan *wax* secara merata.
4. Timbanglah serat jerami dan campuran resin epoksi sesuai dengan fraksi volume yang telah dihitung. Campuran antara epoksi dan hardener yaitu 1:1.
5. Tuangkan setengah dari campuran resin epoksi kedalam cetakan, tempatkan serat jerami pada cetakan yang sebelumnya telah di isi dengan resin epoksi lalu tekan-tekan dan ratakan dengan menggunakan sendok supaya memenuhi ruang cetak, selanjutnya tuangkan sisa campuran resin epoksi pada cetakan dan tekan-tekan kembali agar campuran resin epoksi tersebut masuk diantara serat-seratnya, setelah itu tutup dengan kaca.
6. Pasang klem pada cetakan yang telah di isi tersebut supaya terjadi pengepresan/penekanan secara merata sehingga memadatkan campuran antara resin epoksi dan serat jerami.
7. Setelah proses ini pasangkan klip-klip pada seluruh sisi cetakan, masing-masing sisi terdiri dari 3 klip. Klip ini berfungsi sebagai pengganti klem karna klem akan dilepas sebelum cetakan dimasukan kedalam *vacuum bag*.
8. Lapisi/bungkus sisi-sisi cetakan yang berisi material komposit berserat jerami 20 mm dan 30 mm dengan menggunakan busa. Busa berfungsi untuk mencegah terjadinya sobekan pada plastik vakum oleh klip dan sisi-sisi cetakan kaca yang tajam.
9. Masukan cetakan yang telah dilapisi dengan busa-busa tersebut kedalam *vacuum bag* (cetakan berisi material komposit berserat jerami 20 mm dan 30 mm), tutup rapat-rapat *vacuum bag* lalu sedot udara didalamnya dengan menggunakan *mini pump* sampai panah pada *vacuum pressure gauge* menunjuk ke nilai antara -0,02 sampai -0.1 cmHg.
10. Keringkan, lama proses pengeringan antara 12 – 15 jam.
11. Setelah benar-benar kering ambil cetakan dan lepas klem atau klip lalu bongkar cetakan tersebut dengan menggunakan pisau atau *cutter*.
12. Bersihkan material komposit yang sudah jadi dari sisa-sisa *wax* dan tempelkan pola yang berbentuk spesimen pengujian tarik dan bending pada permukaan material komposit tersebut. Pola berfungsi sebagai jalur penggergajian pembuatan spesimen pengujian tarik dan bending.
13. Potong material komposit mengikuti jalur pola yang telah dibuat dengan menggunakan mesin gergaji.



 ( a ) ( b ) ( c )

Gambar 4. (a) Materal komposit jadi, (b) Spesimen pengujian bending, (c) Spesimen pengujian tarik.

Langkah-langkah pengujian tarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Siapkan spesimen pengujian tarik dan lakukan peng- ukuran sebagai data awal spesimen.
2. Siapkan mesin pengujian tarik.
3. Pasang spesimen pengujian pertama jepit pada chuck atas kemudian atur chuck bawah untuk menjepit spesimen dengan tepat. Pastiakn kedua chuck menjepit dengan kuat.
4. Jalankan mesin dengan kecepatan penarikan konstan.
5. Karna alat plotter grafik pada mesin tidak berfungsi, maka lakukan pembacaan secara manual dengan cara mencatat perubahan beban yang terjadi pada setiap pertambahan panjang 0,1 mm (Data yang didapatkan bisa dibuat grafik).
6. Setelah spesimen patah hentikan proses penarikan dengan cara mematikan motor secara perlahan.

Langkah-langkah pengujian bending dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Siapkan spesimen pengujian bending, lakukan peng-ukuran sebagai data awal spesimen dan tentukan titik tumpuan serta titik tengah dengan memberi tanda garis.
2. Tempatkan spesimen pada komponen penumpu, pastikan tepat dengan garis tumpuan yang telah dibuat.
3. Atur indentor penekan sampai menyentuh spesimen.
4. Jalankan mesin dengan kecepatan penekanan konstan.
5. Catat perubahan beban yang terjadi pada setiap defleksi 0,1 mm sampai spesimen patah.
6. Matikan mesin secara parlahan setelah spesimen patah
7. **Hasil Dan Pembahasan**
8. **Fraksi Volume**

Fraksi volume akhir di tentukan dengan membandingkan berat komposit pada timbangan dengan berat komposit hasil perhitungan. Perhitungan bisa dilakukan dengan mengolah persamaan densitas.

$ρ=\frac{m}{v}$ => $ρ $x $v$ = $m$ maka, $m\_{resin}$ +$ m\_{serat}$ = $m\_{composit}$ jadi, ($ρ\_{r} $x $v\_{r}$) + ($ρ\_{s} $x $v\_{s}$) = $m\_{c}$

Dengan menskalakan volume serat dan volume resin dari 1-100 maka akan didapatkan berat komposit dari 1% sampai dengan 100%, setelah didapatkan akan dibandingkan dengan berat hasil penimbangan. Berat yang diambil sebagai patokan fraksi volume adalah berat komposit hasil perhitungan yang paling mendekati berat hasil penimbangan.

Dari data hasil perhitungan pada material komposit serat 20 mm dengan data awal volume komposit 2,001 cm3 yang paling mendekati dengan berat hasil penimbangan 1,95 gr adalah pada fraksi volume 35% yaitu 1,97 gr.Pada material komposit serat 30 mm dengan data awal volume komposit 2,0445 cm3 yang paling mendekati dengan berat hasil penimbangan 2 gr adalah pada fraksi volume 35% yaitu 2,014 gr.

1. **Hasil Pengujian Tarik**

|  |  |
| --- | --- |
| Spesimen | Panjang serat jerami |
| pengujian | 20 mm | 30 mm |
| tarik | (*σ*) | (*ε*) | (E) | (*σ*) | (*ε*) | (E) |
| I | 18,45 MPa | 0,042 | 439,28 MPa | 18,15 MPa | 0,04 | 453,79 MPa |
| II | 17,88 MPa | 0,038 | 470,46 MPa | 23,05 MPa | 0,044 | 523,78 MPa |
| III | 20,66 MPa | 0,036 | 573,98 MPa | 17,83 MPa | 0,042 | 424,58 MPa |
| Rata-rata | 18,99 MPa | 0,039 | 494,57 MPa | 19,68 MPa | 0,042 | 467,38 MPa |

 Tabel 1. Kekuatan tarik (*σ*), Elongasi (*ε*) dan Modulus elastisitas (E) tarik material komposit.

30 mm

20 mm

Gambar 5. Grafik σ – ε pada material komposit

1. **Hasil Pengujian Bending**

|  |  |
| --- | --- |
| Spesimen | Panjang serat jerami |
| pengujian | 20 mm | 30 mm |
| bending | (*σb)* | (Eb) | (*σb)* | (Eb) |
| I | 103,87 MPa | 3687,34 MPa | 98,4 MPa | 2936,91 MPa |
| II | 92,98 MPa | 3954,37MPa | 105,1 Mpa | 3556,94 MPa |
| III | 97,31 MPa | 3941,75 MPa | 93,09 MPa | 3213,55 MPa |
| Rata-rata | 98,05 MPa | 3861,15 MPa | 98,86 MPa | 3235,8 MPa |

Tabel 2. Kekuatan tarik (σb) dan Modulus elastisitas (Eb) bending material komposit.

1. **Pembahasan Hasil Perhitungan**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Material | Vf | Harga rata-rata |
| Kompost | (%) | σmax (MPa) | ε | E (MPa) | σb max (MPa) | Eb (MPa) |
| Serat 20 mm | 35 | 18,99 | 0,039 | 494,57 | 98,1 | 3861 |
| Serat 30 mm | 35 | 19,68 | 0,042 | 467,38 | 98,9 | 3236 |

Tabel 3. Hasil pengolahan data.

Gambar 6. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan dan modulus elastisitas dari material komposit.

Dari tabel diatas dapat dilihat, tegangan tarik paling tinggi adalah pada material komposit dengan panjang serat jerami 30 mm yaitu 19,68 MPa, regangan tarik paling tinggi adalah pada material komposit dengan panjang serat jerami 30 mm yaitu 0,042 dan modulus elastisitas tarik paling tinggi adalah pada material komposit dengan panjang serat jerami 20 mm yaitu 494,57 MPa, sedangkan pada pengujian bending harga rata-rata paling optimal dari setiap parameter yang terdiri dari, tegangan bending paling tinggi adalah pada material komposit dengan panjang serat jerami 30 mm yaitu 98,86 Mpa dan modulus elastisitas bending paling tinggi adalah pada material komposit dengan panjang serat jerami 20 mm yaitu 3861,15 MPa.

Seperti menurut teori bahwa panjang serat mempengaruhi kekuatan komposit. Pada material komposit ini tegangan tarik dan tegangan bending paling optimal yaitu pada material komposit dengan panjang serat jerami 30 mm.

Dilihat dari sifat mekaniknya ternyata pada material komposit jerami-epoksi ini memiliki sifat tekan yang lebih baik dari sifat tarik, itu dapat diketahui dari harga kekuatan bending yang jauh lebih besar dari kekuatan tarik. Material komposit ini bersifat kaku, kekakuatan yang paling besar adalah pada material komposit dengan serat 20 mm karna memiliki modulus elastisitas yang lebih besar dari serat 30 mm.

Pengujian pada material komposit belum tentu membawa hasil yang benar-benar baik itu bisa dilihat pada banyak faktor antara lain :

* Pada faktor serat, penempatan serat kurang seragam dan merata sehingga kemungkinan penurunan kekuatan bisa terjadi.
* Adanya void-void yang sudah jelas mengindikasikan material yang jelek, void ini terjadi karena pada proses pembuatan material komposit dilakukan kurang terlalu benar.
* Bentuk serat, khususnya diameter serat jerami yang terlalu besar. Dalam teori dikatakan, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi.
1. **Struktur Ikatan Serat Dan Matrik**

Bagus tidaknya struktur ikatan antara serat dan matrik salah satunya bisa dilihat pada patahan hasil pengujian mekanik.

Dilihat dari foto diatas setelah patah ternyata ada sebagian serat yang tidak putus tetapi hanya lepas dari matrik. Itu menandakan bahwa ikatan antara serat dan matrik tidak begitu bagus. Hal tersebut bisa diakibatkan antara lain :

* Serat yang terlalu besar
* Kadar air dalam serat
* Serat kotor
* Void-void yang timbul diantara serat dan matrik

Gambar 7. Foto patahan hasil pengujian mekanik

1. **Keunggulan Dan Kekurangan**

Berikut ini adalah beberapa keunggulan dari material komposit yang telah dibuat ini :

* Ringan karena memiliki densitas yang rendah
* Memiliki tampilan yang transparan
* Memiliki sifat *insulator thermal* dan *electric* yang baik
* Pembuatan bisa dibentuk tergantung *moulding* nya
* Ramah lingkungan
* Memiliki keuntungan karean serat yang mudah didapat dan alat alat pembuatan yang sederhana

Berikut ini adalah beberapa kekurangan dari material komposit yang telah dibuat ini :

* Kekuatan tidak setara dan lebih lemah dari logam
* Hanya mampu proses gergaji dan proses bor
* Tidak bisa dilakukan pengelasan
* Memiliki kerugian karena harga resin yang cukup mahal
1. **Kesimpulan**

Setelah melakukan analisis dan perhitungan dari data dan hasil pengujian tentang pengaruh variasi panjang serat jerami terhadap material komposit jerami-epoksi dapat disimpulkan antara lain :

1. Pada material komposit penggunaan panjang serat 30 mm lebih kuat dari pada 20 mm, itu dilihat dari harga paling besar yaitu pada kekuatan tarik 19,68 MPa dan pada kekuatan bending 98,9 MPa.
2. Modulus elastisitas tarik dan bending paling besar dimiliki oleh material komposit dengan panjang serat 20 mm yaitu 494,57 MPa dan 3861 MPa.
3. Fraksi volume awal 50% pada material komposit tidak mencapai hasil yang direncanakan karena hanya mencapai 35%, itu disebabkan pada saat proses pembuatan hanya menggunakan alat sederhana.
4. Adanya *void-void* pada spesimen diakibatkan pada saat proses pembuatan dilakukan dengan cara yang kurang benar.
5. Faktor serat diantaranya diameter serat, panjang serat, kadar air pada serat dan cara pembersihan pada serat berpengaruh pada kekuatan ikatan antara serat dan matrik.

**Daftar Pustaka**

ASTM. D 638-02 *Standart test method for tensile properties of plastics.* Philadelphia, PA : *American Society for Testing and Materials.*

ASTM. D 790 – 02 *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material*.Philadelphia, PA : *American Society for Testing and Materials.*

Gibson, F.R., 1994, “*Principles of Composite material Mechanis”, International Edition”*, McGraw-Hill Inc, New York.

Jones, M. R., 1975, *Mechanics of Composite Material*, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

Callister, W.D., 1997, ”*Material Science And Engineering*”, Jhon Wiley & Sons,New York.

Mueler, Dieter, H., 2003. New Discovery in the Properties ofComposites Reinforced with Natural Fibers. Journal ofIndustrial Textiles, Vol. 33, No. 2. Sage Publications.

Summers, Matthew. D., 2000, “ Fundamental Properties of Rice Straw in comparison with Softwoods”.

Van Vlack, L. H., 1992, “ *Ilmu dan Teknologi Bahan*”, Edisi ke-5, Erlangga,Bandung.

Surdia, T, dan Saito S., 1985. “*Pengetahuan Bahan Teknik”,* Edisi ke-1, Dainippon Gita Karya Printing, Jakarta.

Surdia, T, dan Saito S., 1992, “*Pengetahuan Bahan Teknik”*, Edisi ke-3, Pradnaya Paramita, Jakarta.

Lembar informasi pertanian, 2000, “Pembuatan Jerami Fermentasi”, Instalasi Penelitian dan Pengkajian teknologi Pertanian Mataram.

[*http://yugotr.multiply.com/journal/item/1*](http://yugotr.multiply.com/journal/item/1)

november 2010

<http://ashwintooldesigner.blogspot.com/2008/10/vacuum-bag-molding.html>

februari 2011

<http://www.scribd.com/doc/24125880/Fabrication-Processes>

februari 2011