

ANALISIS KARAKTERISTIK KEKAKUAN BEAM DARI BAHAN KOMPOSIT EPOXY-SERAT BAMBU DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Hammada Abbas, Hairul Arsyad, Lukmanul Hakim Arma¹⁾

Abstrak: Penelitian ini menyelidiki karakteristik komposit epoxy-serat bambu yang berkaitan dengan sifat kekakuannya (modulus elastisitas komposit dengan pengujian tarik, pergeseran beam dalam arah sumbu Y pada berbagai titik dan dalam arah sumbu X sepanjang beam dengan menggunakan metode elemen hingga, penguatan yang ditimbulkan oleh serat bambu). Komposit ini memiliki ciri *anisotropic*. Serat bambu disusun dengan arah 0°, 30°, 45°, 60° dan 90° menjadi bentuk beam sepanjang 300 mm. Hasil penelitian menunjukkan kontribusi serat arah 30° paling besar dalam penguatan modulus elastisitas komposit sebesar 993 N/mm² dan defleksi terkecil sebesar 4,55 mm.

Kata kunci: *modulus elastisitas, lendutan, slope.*

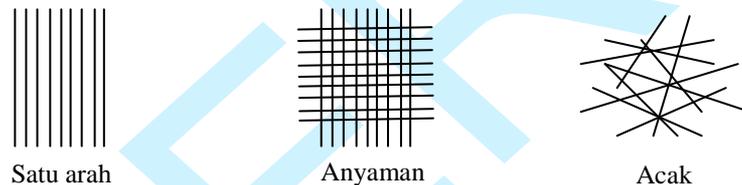
I. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur dibutuhkan bahan yang memiliki sifat - sifat istimewa yang sulit didapat dari logam. Komposit merupakan bahan alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pada umumnya bahan komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Tata Surdia & Shinroku Saito, 1999). Komposit terdiri dari bahan yang diperkuat dan bahan penguat. Bahan yang diperkuat berfungsi sebagai pengikat atau matriks. Kelebihan bahan komposit jika dibandingkan dengan logam adalah perbandingan kekuatan terhadap berat yang tinggi, kekakuan, ketahanan terhadap korosi dan lain -lain. Perkembangan komposit tidak hanya dari komposit sintetis tetapi juga mengarah ke komposit natural dikarenakan keistimewaan sifatnya yang *renewable* atau terbarukan, sehingga mengurangi konsumsi Petrokimia maupun gangguan lingkungan hidup. Penggabungan serat alami dan serat sintesis sebagai serat penguat telah diteliti sebelumnya oleh sugiarto, dkk (2003). kedua serat yang digunakan yaitu serat kontinu dan searah dengan arah pembebanan. Hasil dari penelitian tersebut memperlihatkan bahwa kekuatan tarik komposit meningkat secara linear terhadap kenaikan fraksi volume serat sintesis sampai batas fraksi volume serat 20% yang sesuai dengan *rule of mixture*. Hasil penelitian Jasman (2008) terhadap serat

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin

bambu menunjukkan kekakuan atau Modulus elastisitas (E , N/mm^2) juga meningkat secara linear hingga pada fraksi volume serat 20%.

Istilah komposit memberikan suatu pengertian yang sangat luas dan berbeda-beda mengikuti situasi perkembangan bahan itu sendiri. Gabungan dua atau lebih bahan merupakan suatu konsep yang diperkenalkan untuk menerangkan definisi komposit (Hendra S Ginting, 2002). Keuntungan bahan komposit adalah mempunyai kualitas baik dengan sifat-sifat material yang diperbaiki sebagai berikut: kekuatan, kekakuan, kekuatan fatik, berat, konduktivitas panas, ketahanan aus, ketahanan korosi. Hal yang perlu diperhatikan pada komposit yang diperkuat agar dapat membentuk produk yang efektif adalah komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada komponen matriksnya, harus ada ikatan permukaan yang kuat antara komponen penguat dengan matriksnya. Performa komposit ditentukan juga melalui karakteristik geometrik seratnya seperti panjang serat, diameter, bentuk dan orientasinya. Berikut ini beberapa tipe umum orientasi sebaran serat dalam suatu bahan komposit :



Gambar 1. Macam Sebaran Serat

1. Komponen Komposit

a. Matriks

Meskipun serat merupakan ciri khas komposit, pertama-tama kita memperhatikan fungsi matriks. Secara ideal, matriks seharusnya mampu untuk:

1. Menginfiltrasi serat dan cepat membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar.
2. Membentuk suatu ikatan yang koheren, umumnya dalam bentuk ikatan kimia di semua permukaan serat/matriks.
3. Menyelubungi serat yang biasanya sangat peka-takik, dan melindunginya dari kerusakan antar-serat berupa abrasi dan melindungi serat terhadap lingkungan.
4. Mentransfer tegangan kerja ke serat.
5. Memisahkan serat sehingga kegagalan serat-individu dibatasi dan tidak merugikan integritas komponen secara keseluruhan.

6. Melepas ikatan dari serat individu dengan cara menyerap energi regangan, apabila kebetulan terjadi perambatan retak dalam matriks yang mengenai serat.
7. Tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur.

Matriks pada umumnya terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Polimer (plastik) merupakan bahan yang umum yang digunakan, meskipun dalam penggunaan yang memerlukan ketahanan temperatur yang tinggi. Beberapa material logam dapat digunakan seperti aluminium, tembaga, magnesium, bahkan titanium.

a. Resin Epoksi (matriks)

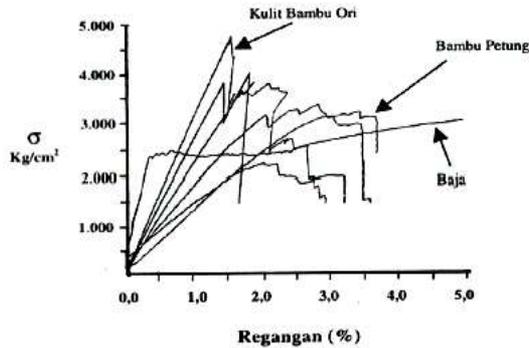
Thermosetting plastik merupakan bahan plastik yang telah mengalami reaksi kimia oleh aksi panas atau katalis, tidak dapat dicairkan maupun diproses kembali, kekakuan tinggi, kestabilan suhu tinggi, kestabilan dimensi tinggi, resistensi terhadap mulur dan deformasi di bawah pembebanan, ringan dan sifat isolasi termal dan listrik yang tinggi. Plastik termoset ini salah satunya adalah epoksi. Resin epoksi juga biasa digunakan untuk matriks penguat serat untuk komponen dengan performa tinggi seperti yang dilakukan dengan serat modulus tinggi.

b. Serat (Reinforced)

Kekuatan komposit sebenarnya ada pada seratnya. Daya rekat suatu serat justru meningkat bila diameter kecil, misalnya kekuatan tariknya, juga modulusnya. Serat seperti silika, alumina, aluminium silika, titania, zirkonia, boron, boron karbida, silikon karbida, silikon nitrida, dipakai pada komposit dengan media matriks berupa polimer, logam. Ada beberapa jenis serat yang banyak digunakan yaitu serat karbon, serat gelas, serat aramid, paduan aluminium, serat alam (rami, bambu dll.) Syarat-syarat serat sebagai penguat adalah memiliki rasio panjang per diameter yang tinggi, modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks, ukuran yang kecil sehingga luas permukaan kontak lebih besar dan mengurangi terjadinya cacat.

Serat Bambu

Bambu adalah tanaman termasuk Bamboideae, salah satu anggota sub familia rumput, pertumbuhannya sangat cepat. Pada masa pertumbuhan, bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam, atau 120 cm per hari. Di dunia tercatat lebih dari 75 genus dan 1250 spesies bambu. Diagram berikut ini memperlihatkan kekuatan tarik bambu dibandingkan dengan baja



Gambar 2. Diagram Tegangan-Regangan Bambu dan Baja
 Sumber : Morisco (1999)

Berikut ini adalah data beberapa nilai karakteristik penting dari serat batang bambu :

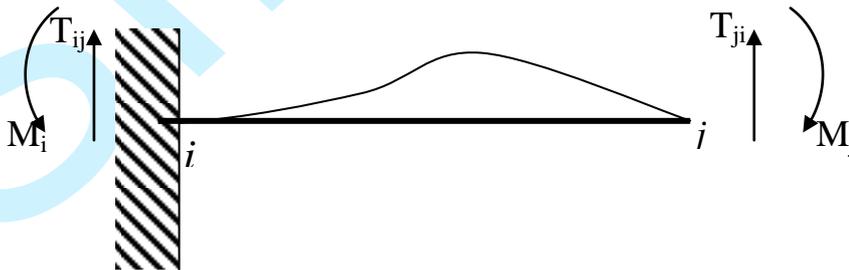
Tabel 1. Karakteristik Material Bambu

Properties	Bamboo (across the fiber)	Bamboo (along the fiber)
Density (10^3 kgm^{-3})	0.802	0.802
Tensile Strength (MNm^{-2})	8.6	200.5
Initial Tensile Modulus (GNm^{-2})		24.5
Flexural Strength (MNm^{-2})	9.4	230.9
Impact Strength (KJm^{-2})	3.02	63.54

Sumber : Morisco (1999)

Serat bambu tergolong serat alami bersama serat ijuk, serat batang pisang dll. Serat bambu yang dikombinasikan dengan resin sebagai matriks akan dapat menghasilkan komposit alternatif yang salah satunya berguna untuk aplikasi material kapal.

Analisa Metode Elemen Hingga pada beam



Bentuk di atas diubah ke dalam bentuk matriks kekakuan balok lentur :

$$\begin{Bmatrix} T_{ij} \\ M_{ij} \\ T_{ji} \\ M_{ji} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -2L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & 6L & 4L^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} V_i \\ \alpha_i \\ V_j \\ \alpha_j \end{Bmatrix}$$

II. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Metalurgi Fisik, Laboratorium Mekanik Terpakai Jurusan Mesin Universitas Hasanuddin Makassar, Laboratorium Logam Akademi Teknik Industri Makassar dan Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi Bandung (ITB)

2. Peralatan Penelitian

Peralatan Pengujian Tarik, Impak dan tekuk (bending)

- Universal Testing Machine, untuk mengukur kekuatan tarik dan modulus elastis spesimen komposit serta kekuatan tekuk
- Dial gauge untuk mengukur pertambahan regangan yang terjadi pada spesimen tarik dan lendutan
- Alat uji Impak, untuk membuat patahan akibat beban impak

3. Pembuatan Komposit

Proses pembuatan serat bambu:

Serat bambu kontinu

- Mengupas, memukul dan memisahkan kulit bambu yang telah dipilih hingga didapat serat bambu kontinu
- Mengeringkan serat bambu kontinu di bawah sinar matahari hingga kering hingga diperoleh berat serat yang paling kecil

Proses pembuatan komposit adalah sebagai berikut:

- Katalis dicampurkan sebanyak $\pm 1\%$ dari volume resin, kemudian diaduk secara merata, hingga resin dan katalis menjadi homogen.
- Menuangkan campuran resin sebanyak $\frac{1}{2}$ cetakan.
- Memasukkan serat bambu ke dalam cetakan, kemudian menekan serat hingga gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.
- Menuangkan campuran resin ke dalam cetakan, hingga mencapai batas volume yang tepat.

- e. Terakhir melakukan proses finishing spesimen dengan kikir, hingga didapatkan dimensi yang tepat.

4. Spesimen

Spesimen yang digunakan dalam penelitian getaran adalah material komposit epoxy-serat bambu dengan variasi persentase serat, dimensi yaitu panjang 850 mm, lebar 25 mm dan tebal 12.5 mm.

Spesimen uji tarik didasarkan pada ASTM E 8. Dimana dimensi spesimen seperti terlihat pada gambar dibawah ini :

5. Prosedur Penelitian

1) Pengujian tarik

- a. Spesimen dipasang pada pencekam selanjutnya pencekam dikunci.
- b. Memberikan pembebanan yang sesuai untuk bahan komposit yaitu 200 Newton
- c. Mencatat nilai beban yang terjadi pada spesimen setiap langkahnya dan setiap perpanjangannya, hingga spesimen patah.
- d. Menutupi permukaan patahan spesimen untuk keperluan pengujian fraktografi

2) Pengujian Bending

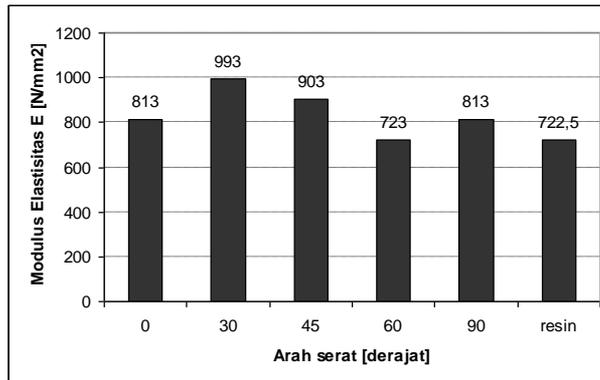
Pada pelaksanaan penelitian ini benda uji yang berupa material komposit epoxy-serat bambu ditumpu pada tumpuan sederhana (Simple Beam), yaitu tumpuan jepit dan tumpuan rol. Beban diberikan di ujung beam. Selanjutnya diukur difleksi di titik pembebanan dan pergeseran di titik tumpuan rol. Tahap pelaksanaan sebagai berikut :

- 1) Beam ditumpu pada tumpuan jepit dan rol yang pada ujung dibiarkan bebas tanpa tumpuan.
- 2) *Displacement gauge* diletakkan pada tumpuan untuk mengukur besar pergeseran.
- 3) Beban diberikan pada ujung bebas.
- 4) Besar beban terbaca pada dial gauge dan pergeseran terukur pada *displacement gauge*.
- 5) Pemberian beban dilanjutkan hingga mendapat hasil defleksi maksimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian tarik diperoleh nilai modulus elastisitas spesimen yang menunjukkan sifat kekakuan bahan tersebut (grafik 1). Nilai modulus elastisitas komposit tertinggi diperoleh pada arah serat 30 derajat yakni 993 N/mm^2 , kemudian arah serat 45 derajat yakni 903 N/mm^2 , Pada arah serat 0 derajat dan 90 derajat memiliki nilai modulus elastisitas yang sama yakni 813 N/mm^2 , Demikian pula dengan arah serat 60 derajat

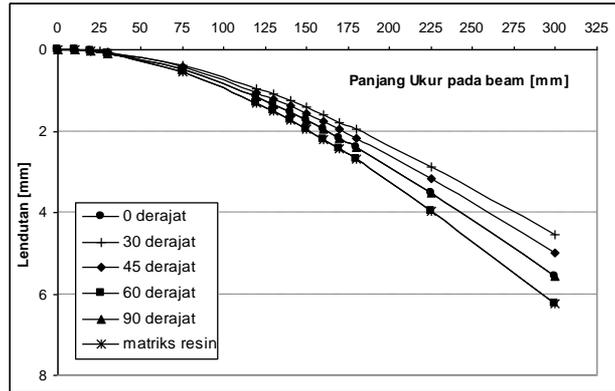
memiliki modulus elastisitas yang hampir sama dengan resin tanpa penguat serat bambu yakni 723 N/mm^2 ,



Grafik 1. Kekakuan Beam dari Bahan Komposit Resin Epoxy-Serat Bambu

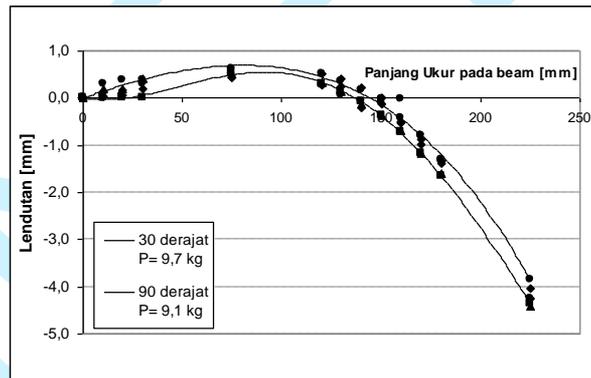
Dari hasil pengujian bending atau tekuk dimana beban P , diberikan pada sisi ujung bebas beam sedangkan ujung lainnya dijepit (grafik 2). Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa beam dengan arah serat 30 derajat mengalami lendutan terkecil yakni 4,55 mm pada ujung bebas yang dibebani sebesar 1 kg, kemudian beam dengan arah serat 45 derajat, 0 dan 90 derajat, dan yang paling besar mengalami lendutan pada beban yang sama adalah beam dengan arah serat 60 derajat dan resin tanpa serat. Lendutan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh kekakuan atau modulus elastisitas bahan komposit ini, oleh karena itu kecenderungan yang sama antara grafik 1 dengan grafik 2 untuk semua arah serat.

Grafik 1 dan 2 menunjukkan bahwa 20% (fraksi volume) serat bambu dalam matriks resin epoxy memberikan penguatan yang signifikan berupa peningkatan modulus elastisitas dibandingkan dengan resin epoxy tanpa serat. Pengaturan arah serat dalam matriks yakni 0° , 30° , 45° , 60° dan 90° juga menyebabkan perbedaan nilai modulus elastisitas. Modulus elastisitas tertinggi dalam fraksi volume 20% serat tercapai pada arah serat 30° .



Grafik 2. Lendutan Beam pada Beban $P= 1$ kg dengan Metode Elemen Hingga

Grafik 3 menunjukkan lendutan beam yang dilakukan secara eksperimen. Penguatan modulus elastisitas komposit dalam arah 30° dapat dilihat pada sisi beam yang mengalami jepitan. Slope (putaran sudut) sejauh 30 mm dari jepitan bernilai nol radian atau tidak terjadi slope sedangkan dalam arah serat yang lain nilainya diatas nol. Hal ini menjadi fonemena menarik untuk diteliti lebih lanjut



Grafik 3. Lendutan Beam Sebesar 10 mm pada Panjang Ukur 300 mm dengan Cara Eksperimen

IV. KESIMPULAN

1. Modulus elastisitas tertinggi pada komposit resin epoxy-serat bambu fraksi volume 20% diperoleh pada arah serat 30° .

Hammada Abbas, Hairul Arsyad, Lukmanul Hakim Arma, Analisis Karakteristik Kekakuan 155 Beam dari Bahan Komposit Epoxy-Serat Bambu dengan Metode Elemen Hingga

2. Pergeseran beam dalam arah sumbu Y (defleksi) terkecil pada beban $P=1$ kg diperoleh pada arah serat 30° .
3. Penguatan modulus elastisitas pada komposit resin epoxy-serat bambu dalam arah 30° terlihat pada slope yang terjadi sepanjang 30 mm dari jepitan beam yang bernilai nol.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Abbas H. Prof.Dr.Ir. MSME, 1994. **Aplikasi Metode Elemen Hingga untuk analisis sifat mekanik struktur bentuk bidang dengan bantuan komputer**. Penelitian. Jurusan Mesin Universitas Hasanuddin.
- K. Vierck, Robert, Munaf, Dicky Rezady, 1986. **Analisa Getaran** (Terjemahan). Penerbit Eresco, Bandung.
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku, 1999. **Pengetahuan Bahan Teknik**, Pradnya Paramita, Jakarta.