

## Pengaruh Lingkungan Terhadap Sifat Tarik dan Bending Komposit Serat Glass

Kristomus Boimau<sup>1</sup>, Jamasri<sup>2</sup>, Verdy A. Koehuan<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik – Universitas Gadjah Mada

Jln. Adisucipto - Penfui Kupang NTT, 85222

E-mail: boimau\_mesinunc@yahoo.com

### Abstrak

Model analisis perilaku mekanik komposit polimer yang sering disajikan oleh peneliti didasarkan pada asumsi kondisi lingkungan (*hygrothermal*) yang konstan. Namun dalam kenyataannya, aplikasi material komposit sering kali berada pada kondisi lingkungan yang tidak konstan atau selalu berubah seperti pada blade turbin angin, panel *cool box* ikan dan perahu berbahan *fiber glass* yang selalu bekerja pada kondisi kelembaban dan temperatur yang berubah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap sifat tarik dan sifat bending komposit serat glass dengan fraksi volume serat ( $V_f$ ) sebesar 40%. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serat glass dan resin poliester. Specimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM D638 sedangkan spesimen uji bending sesuai standar ASTM D790. Spesimen uji dicetak dengan metode *hand lay up* diikuti dengan penekanan dan dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya komposit hasil cetakan dipotong sesuai standar uji tarik dan bending, kemudian spesimen uji tersebut diberi perlakuan yang berbeda yakni perendaman dalam air dan air laut serta di lingkungan terbuka (di atap rumah) selama 30 hari. Proses pengujian tarik dan bending dilakukan sesaat setelah spesimen dikeluarkan dari dalam air, dengan terlebih dahulu ditimbang sehingga dapat diketahui persentase penyerapan air. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa spesimen yang direndam dalam air selama 30 hari memiliki kekuatan tarik terendah yakni sebesar 85,45 Mpa, sedangkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 179,95 Mpa yang diperoleh pada spesimen uji tanpa perlakuan perendaman. Hasil uji bending pun menunjukkan bahwa spesimen dilingkungan terbuka selama 30 hari memiliki kekuatan bending terendah yakni sebesar 102 Mpa, sedangkan kekuatan bending tertinggi sebesar 279,46 Mpa yang diperoleh pada spesimen uji tanpa perlakuan. Hasil foto makro menunjukkan adanya retak pada specimen uji bending, sedangkan pada spesimen uji tarik terlihat adanya *fiber pullout* dan *delaminasi*.

**Keywords:** Komposit, Serat Glass, Kekuatan Tarik, Kekuatan Bending, Lingkungan

### Pendahuluan

Material komposit yang ringan telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi dibidang rekayasa karena massa jenisnya rendah dan performance yang tinggi dalam hal kekuatan dan kekakuan serta tahan terhadap korosi. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan material komposit telah menggeser bahan logam tradisional yang sudah digunakan dalam pembangunan di sektor otomotif, maritim dan kedirgantaraan (Bothelho dkk, 2003).

Penggunaan serat sintesis masih banyak digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik dan proses pencetakannya lebih mudah dibandingkan dengan serat alam.

Model analisis perilaku mekanik komposit polimer yang sering disajikan oleh peneliti didasarkan pada asumsi kondisi lingkungan (*hygrothermal*) yang konstan (Gibson, 1994;

Chiou and Bradley, 1994). Namun dalam kenyataannya, aplikasi material komposit sering kali berada pada kondisi lingkungan yang tidak konstan atau selalu berubah seperti pada blade turbin angin, panel *cool box* ikan dan perahu berbahan *fiber glass* yang selalu bekerja pada kondisi kelembaban dan temperatur yang berubah. Material teknik pada umumnya dan komposit khususnya selalu mengalami perubahan sifat mekanik (kekuatan dan ketangguhan) akibat pengaruh lingkungan (*hygrothermal*) sehingga sangat penting untuk dianalisis. Efek *hygrothermal* yang paling banyak mempengaruhi perilaku mekanik komposit adalah perubahan temperatur dan kadar air (kelembaban). Pengaruh temperatur sering disebut sebagai efek *termal*, sedangkan kadar air (kelembaban) sering disebut sebagai *higroskopis* (Gibson, 1994).

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan kajian sifat mekanik terhadap material komposit akibat

pengaruh air laut (Hammami, 2004; Mourad 2001; Merah 2010). Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan statis mengalami penurunan dengan sedikit perubahan modulus elastisitas akibat meningkatnya kadar air.

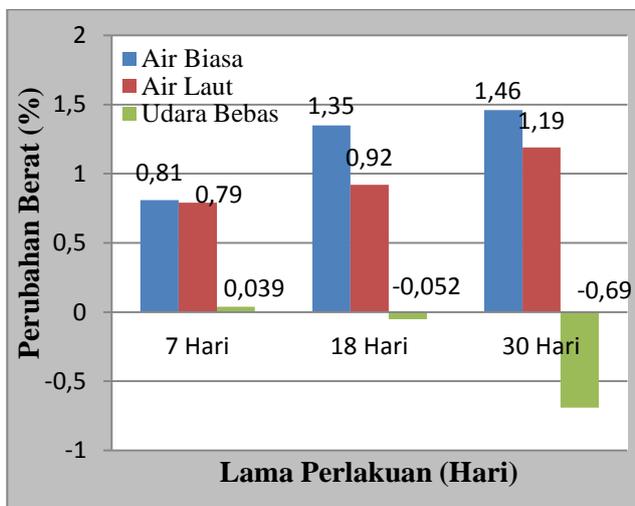
### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan serat glass sebagai penguat dan resin poliester sebagai matrik. Material komposit dibuat dengan perbandingan serat-matrik sesuai aturan *rule of mixture* (ROM), dimana fraksi volume serat ( $V_f$ ) yang digunakan adalah 40%.

Specimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM D 638, sedangkan specimen uji bending sesuai ASTM D 790 dengan metode *hand lay up* diikuti dengan penekanan dan dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya cetakan dibuka dan specimen hasil cetakan dipotong sesuai standar uji tersebut. Kemudian specimen uji direndam dalam air dan air laut serta dibiarkan di udara terbuka (di atas atap) selama 30 hari. Proses pengujian dilakukan pada hari ke 7, 18 dan 30, yang didahului dengan penimbangan berat specimen sehingga dapat diketahui berat akhir setelah perlakuan. Setelah ditimbang, dilanjutkan dengan pengujian tarik dan pengujian *Three Point Bending* dengan alat uji Torsion Universal Testing Machine.

### Hasil dan Pembahasan

Perlakuan perendaman specimen pada lingkungan air biasa dan air laut serta dibiarkan pada udara terbuka selama 30 hari, memberikan pengaruh terhadap massa specimen seperti tampak pada gambar di bawah ini.

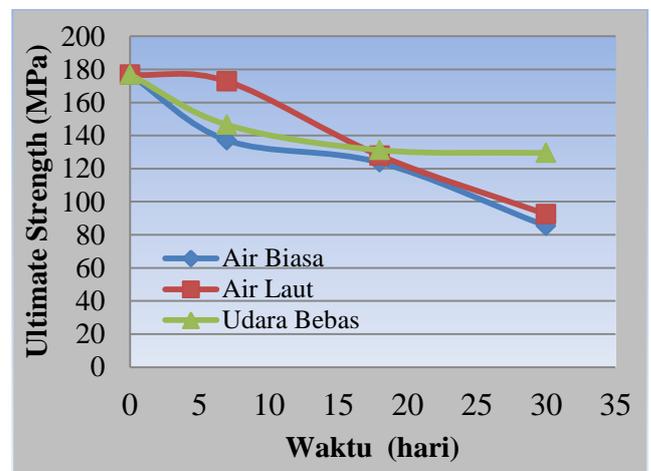


Gambar 1. Perubahan Berat Komposit Akibat Lingkungan

Pada gambar 1 di atas menunjukkan bahwa specimen yang diberi perlakuan perendaman dalam air biasa dan air laut mengalami penambahan berat, sedangkan yang dibiarkan pada udara terbuka mengalami penurunan berat. Penambahan berat tersebut disebabkan oleh karena adanya void pada specimen sehingga air terdifusi ke dalam specimen, namun persentase penyerapan air tidak terlalu besar yakni hanya 1,46% untuk air biasa dan 1,19% untuk specimen yang direndam dalam air laut. Sebaliknya untuk specimen yang dibiarkan di udara terbuka dalam hal ini ditempatkan di atap rumah ternyata mengalami degradasi berat. Hal ini disebabkan karena kadar air atau minyak yang terkandung dalam specimen berkurang akibat panas matahari pada siang hari. Keragaman data penyerapan air disebabkan karena ketidakteraturan kerapatan specimen saat dicetak, sehingga tingkat penyerapan pun berbeda. Namun dari gambar terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman maka penyerapan air pun semakin tinggi.

### Kekuatan Tarik

Hasil pengujian tarik yang dilakukan terhadap specimen uji komposit setelah mendapat perlakuan selama 30 hari pada lingkungan yang berbeda menunjukkan bahwa kekuatan tarik cenderung menurun seperti tampak pada gambar 2 berikut.

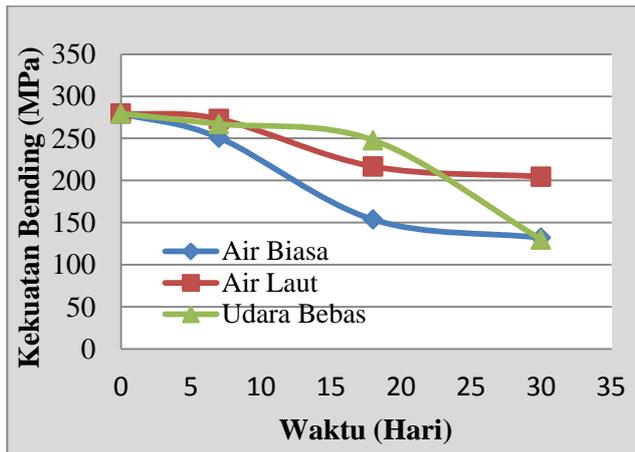


Gambar 2. Kekuatan Tarik Maksimum Komposit

Dari gambar 2 di atas, terlihat bahwa komposit yang direndam dalam air biasa dan air laut mengalami penurunan kekuatan tarik sebesar  $\pm 51\%$  yakni dari 176 Mpa menurun hingga 85 MPa sedangkan komposit yang dibiarkan pada udara terbuka menurun dari 176 Mpa menjadi 129 MPa atau sebesar 26,7%. Data ini menggambarkan bahwa lingkungan air dapat menyebabkan kekuatan tarik menurun akibat terdifusinya air ke dalam komposit sehingga ikatan *interfacial* serat matrik menjadi lemah. Sedangkan pada komposit yang dibiarkan di udara terbuka, menyebabkan komposit semakin berkurang kadar airnya sehingga mudah retak saat dikenai beban.

### Kekuatan Bending

Pengujian bending yang dilakukan terhadap komposit diperoleh data yang ditampilkan dalam bentuk grafik seperti tampak pada gambar 3. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kekuatan bending komposit cenderung menurun setelah 30 hari diberi perlakuan. Seperti halnya pada pengujian tarik, menurunnya kekuatan bending komposit juga diduga akibat air yang terserap sehingga melemahnya ikatan *interfacial* serat-matrik.



**Gambar 3.** Kekuatan Bending Maksimum Komposit

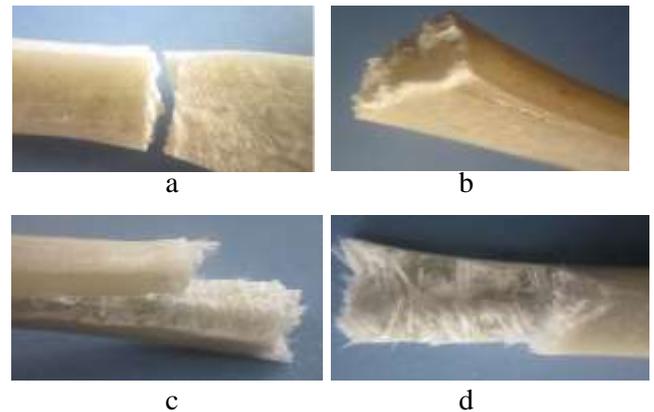
Dari gambar 3 tampak bahwa nilai kekuatan bending sebelum mendapat perlakuan sebesar 279,5 MPa, namun setelah 30 hari direndam dalam air biasa menurun menjadi 132,02 MPa dan menjadi 204 MPa pada air laut. Demikian juga dengan komposit yang dibiarkan di udara terbuka mengalami penurunan kekuatan menjadi 129 MPa. Pada gambar di atas menunjukkan bahwa pada hari ke 7, nilai kekuatan bending untuk semua jenis perlakuan memiliki nilai yang hampir sama, namun saat hari ke 18 dan 30 terjadi perbedaan yang signifikan.

Kondisi seperti ini juga terjadi pada hasil uji tarik (gambar 2), yang mana nilai kekuatan tarik pada hari ke 18 hampir sama untuk ke tiga jenis perlakuan. Hal ini disebabkan karena ketidakteragaman spesimen uji dari berbagai aspek terutama hasil cetakan yang dapat terlihat dengan jelas dari hasil foto makro patahan akibat uji tarik.

### Foto Makro Patahan

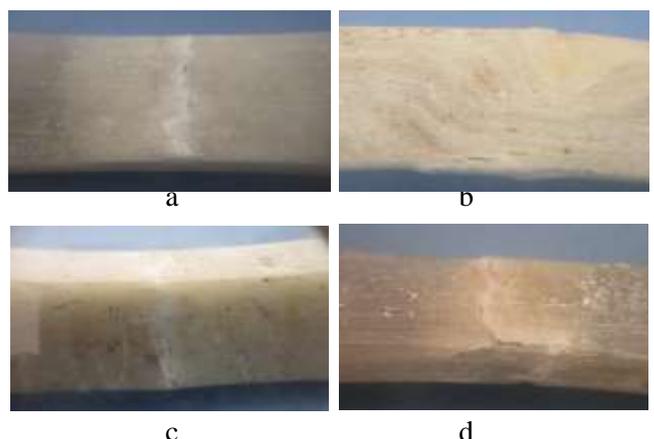
Foto makro patahan terhadap specimen uji setelah pengujian menunjukkan adanya *fiber pull-out* dan *delaminasi*, namun ada juga patahan yang menunjukkan tidak adanya *fiber pull-out*, seperti tampak pada gambar 4. Menurut Berthelot (1997),

tipe patahan tanpa *fiber pull-out* menggambarkan ikatan serat-matrik yang sangat kuat sehingga serat dan matrik sama-sama putus, sedangkan tipe patahan dengan *fiber pull-out* menunjukkan ikatan serat-matrik yang buruk. Hasil pengamatan terhadap patahan yang terjadi, menunjukkan bahwa patahan dengan *fiber pull-out* dan *delaminasi* dapat terjadi akibat resin tidak sempurna membasahi serat saat proses pencetakan sehingga menyebabkan serat mudah terlepas dari matriknya yang pada akhirnya memberikan dampak terhadap kekuatan mekanik komposit yang rendah.



**Gambar 4.** Patahan Komposit Akibat Beban Tarik

Dari gambar di atas, tampak bahwa patahan pada gambar 4a dan 4b tidak terdapat *fiber pull-out*, sebaliknya pada gambar 4c dan 4d terlihat dengan jelas *fiber pull-out*. Namun pada pengujian bending, jenis patahan hampir sama yakni adanya retak pada permukaan bawah spesimen uji. Hal ini disebabkan karena pada pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami beban tekan, sedangkan bagian bawah mengalami pembebanan tarik sehingga terjadi retak seperti tampak pada gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Patahan Komposit Akibat Uji Bending

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan beberapa hal yakni:

1. Kadar air komposit cenderung meningkat seiring

dengan semakin lamanya waktu perendaman, namun kenaikannya hanya 1,46%.

2. Kekuatan tarik dan bending komposit serat glass mengalami penurunan sebesar 51% akibat bertambahnya kadar air.
3. Lingkungan berair dan ruang terbuka memberikan pengaruh yang hampir sama terhadap penurunan kekuatan tarik dan bending komposit.

### **Ucapan Terima kasih**

Terimakasih kepada DP2M Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui skim penelitian Hibah Pekerti Tahun 2013

### **Referensi**

Berthelot, J.M, *Mechanical Behavior and Structural Analysis*, Springer (1997)

Chiou, P and Bradley, W. L., *Effects Of Seawater Absorption On Fatigue-Crack Development In Carbon / Epoxy Edt Specimens*, Composites, v. 26, n. 12, p. 869-876, (1995)

Gibson, R. F., *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw – Hill, (1994)

Hammami, A.; Al-Ghuilani, N., *Durability And Environmental Degradation Of Glass-Vinylester Composites*. Polymer Composites, v. 25, n. 6, p. 609-616, (2004).

Merah, N. et al, *Effects of Harsh Weather And Seawater on Glass Fiber Reinforced Epoxy Composite*. Journal of Reinforced Plastics and Composites, v. 29, n. 20, p. 3104-3110, (2010).

Mourad, A. H. I. et al. *Effect of Seawater and Warm Environment on Glass/Epoxy and Glass / Polyurethane Composites*. Applied Composite Materials, v. 17, n. 5, p. 557-573, (2010).