

Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Dengan Perlakuan Alkali Bermatriks Polyester

Arif Nurudin¹⁾, Achmad As'ad Sonief²⁾, Winarno Yahdi Atmodjo²⁾
 Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Cirebon¹⁾
 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang²⁾
 Jl. MT.Haryono 167 Malang 65145, Indonesia
 E-Mail: arifnurudin@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is knowing the tensile strength and bending strength of polyester reinforced waru (*Hibiscus tiliaceus*) fiber composites with alkali treatment and variations in fiber orientation so we get the proper utilization of its strength properties. This composite material may be can replace fiberglass are expensive as reinforcement material in the process of making the ship's hull. The method is performed by conducting alkalization hibiscus fiber skin with 5% NaOH solution for 2 hours. In the manufacture of test specimens made of composite test variations using four layers of fibers and fiber orientation angle is $0^\circ/45^\circ/45^\circ/0^\circ$; $45^\circ/0^\circ/0^\circ/45^\circ$; $45^\circ/0^\circ/45^\circ/0^\circ$. Test object is made by hand lay-up and with an emphasis manually using a mold and press. Matrices are used polyester resin 157 BTQN and catalyst type MEKPO a concentration of 1%. Photo of specimen fracture was observed with a macro image observation. Mechanical properties are obtained from tensile tests and bending tests. The results showed that tensile strength and bending strength influence by alkali treatment of NaOH 5%. Polyester reinforced waru fiber composite specimens with 5% NaOH treatment for 2 hours is the same strength of attraction between the fiber direction angle of $0^\circ/45^\circ/45^\circ/0^\circ$ is 66.14 N/mm^2 ; $45^\circ/0^\circ/0^\circ/45^\circ$ is $66,46 \text{ N/mm}^2$; and $45^\circ/0^\circ/45^\circ/0^\circ$ is 66.78 N/mm^2 . Tensile strength without alkali treatment is 49.13 N/mm^2 on the fiber orientation direction $0^\circ/45^\circ/45^\circ/0^\circ$. The maximum bending strength obtained is 179.78 N/mm^2 on the fiber orientation angle $0^\circ/45^\circ/45^\circ/0^\circ$ with 5% NaOH alkali treatment. Bending strength of the lowest found in the direction of fiber orientation angle $45^\circ/0^\circ/0^\circ/45^\circ$ without alkali treatment is 134.43 N/mm^2

Keywords: composite, waru fiber, alkalization, fiber direction

PENDAHULUAN

Teknologi hijau atau teknologi ramah lingkungan semakin serius dikembangkan oleh negara-negara di dunia saat ini, menjadikan suatu tantangan yang terus diteliti oleh para pakar untuk dapat mendukung kemajuan teknologi ini. Salah satunya adalah teknologi komposit dengan material serat alam (*Natural Fiber*). Tuntutan teknologi ini disesuaikan juga dengan keadaan alam yang mendukung untuk pemanfaatannya secara langsung.

Penelitian ini dilakukan seiring dengan majunya eksploitasi penggunaan bahan alami dalam kehidupan sehari-hari terutama penggunaan serat alam sebagai penguat matrik komposit. Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alam adalah jumlahnya

berlimpah, memiliki *specific cost* yang rendah, dapat diperbarui, serta tidak mencemari lingkungan.

Waru (*Hibiscus tiliaceus*) merupakan jenis tanaman yang sangat dikenal oleh penduduk Indonesia. Jenis ini biasanya dapat ditemukan dengan mudah karena tersebar luas di daerah tropik dan terutama tumbuh berkelompok di pantai berpasir atau daerah pasang surut. Oleh karena sering ditemukan hidup di tepi pantai maka tanaman ini juga biasanya disebut waru laut. Waru atau baru (*Hibiscus tiliaceus*, suku kapas-kapasan atau *Malvaceae*), juga dikenal sebagai waru laut telah lama dikenal sebagai pohon peneduh tepi jalan atau tepi sungai dan pematang serta pantai [1]. Walaupun tajuknya tidak terlalu rimbun, waru disukai karena akarnya tidak dalam sehingga tidak merusak jalan dan bangunan di sekitarnya [2].

Pada penelitian sebelumnya untuk mengetahui perilaku perubahan sifat fisis dan mekanis bahan komposit menggunakan serat alami yaitu tapis kelapa sebagai penguat dan epoxy 7120 dengan Versamid 140 sebagai matrik. Perlakuan terhadap serat dilakukan dengan NaOH dan $KMnO_4$ dengan persentase masing-masing 0,5%, 1%, dan 2% berat. Perbandingan epoxy dan hardener yaitu 7:3 dan 6:4, serta orientasi serat tapis 0° , 45° dan 90° . Hasil dari penelitian di dapatkan Variasi persentase 0,5%, 1%, and 2% berat NaOH dan $KMnO_4$ memberi pengaruh dimana semakin besar persentasenya permukaan serat menjadi semakin bersih, kadar wax berkurang dan lebih kasar sehingga ikatan serat dengan matrik semakin kuat sehingga meningkatkan kekuatan tarik. Variasi orientasi serat tapis 0° , 45° dan 90° memberi pengaruh secara significant terhadap kekuatan tarik komposit baik dengan perlakuan NaOH maupun $KMnO_4$. Kekuatan tarik maksimum terdapat pada komposit yang memiliki orientasi serat 45° [3].

Pengaruh lama perlakuan alkali terhadap properti komposit serat jute. Berdasarkan penelitiannya dapat disimpulkan bahwa properti komposit serat jute akan berharga optimum pada lama perlakuan alkali 2 jam. Pada lama perlakuan alkali yang sama harga tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dari material komposit akan naik seiring dengan kenaikan fraksi berat serat [4].

Perlakuan alkali (5% NaOH) serat kenaf dapat membersihkan lapisan lilin (lignin dan kotoran) pada permukaan serat sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* antara serat dengan matrik poliester. Pada perlakuan serat selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam, kekuatan tarik bahan komposit kenaf acak - *unsaturated* poliester memiliki kekuatan tertinggi pada perlakuan serat selama 2 jam sedangkan untuk kekuatan bending mempunyai nilai tertinggi pada perlakuan serat selama 1 jam [5].

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan

unsur-unsurnya [6]. Komposit terdiri dari matrik sebagai pengikat dan filler sebagai pengisi komposit. Keunggulan dan keuntungan bahan komposit diantaranya yaitu dapat memberikan sifat-sifat mekanik terbaik yang dimiliki oleh komponen penyusunnya, bobotnya yang ringan, kemudian tahan korosi, ekonomis, dan tidak sensitif terhadap bahan-bahan kimia [7].

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH^- dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa [4].

Berdasarkan tinjauan penelitian sebelumnya diatas maka penelitian ini menggunakan serat alam yaitu serat kulit waru dengan perlakuan alkali NaOH 5 % selama 2 jam. Perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah komposit dibuat dengan penguat serat kulit waru, metode pembuatan spesimen menggunakan 4 layer serat kontinyu dan variasi arah orientasi sudut serat. Diharapkan dalam penelitian ini didapatkan kekuatan tarik dan bending yang maksimal. Pemilihan serat kulit dari pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai penguat pada komposit karena serat kulit waru memiliki struktur serat yang kontinyu dan anyaman alami yang kuat tetapi pemanfaatannya masih sangat terbatas. Oleh sebab itu dibutuhkan pemanfaatan yang lebih baik lagi terutama serat kulit waru sebagai alternatif untuk bahan dasar komposit, dan secara tidak langsung nilai tambah (added value) dari tanaman ini bisa ditingkatkan dan tanaman waru bisa dijadikan sebagai tanaman industri.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini peneliti menginginkan pemanfaatan serat kulit pohon waru sebagai bahan alternatif penguat komposit. Serat kulit pohon waru yang merupakan serat alam akan dijadikan sebagai penguat matriks polyester. Material alternatif komposit ini dibuat dengan penguat serat kulit waru dengan perlakuan alkali NaOH 5%

selama 2 jam dan layerisasi serat kontinyu alami serta orientasi arah seratnya pada matrik polyester BTQN 157 dengan katalis MEKPO 1%. Kekuatan mekanis dari komposit berpenguat serat kulit waru didapatkan dengan dua pengujian yaitu pengujian tarik dan pengujian bending dan diharapkan karakterisasi kekuatannya dapat digunakan dengan tepat pada pemanfaatannya.

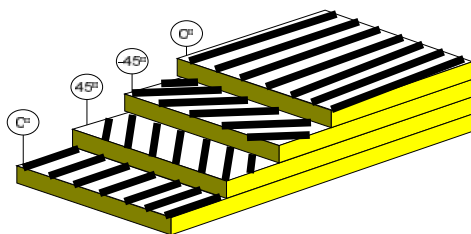
Untuk mendapatkan serat yang baik kulit waru direndam dalam air selama kurang lebih 3 minggu sehingga kulit kayu yang melekatkan serat-serat pada kulit dapat hilang dan serat akan terpisah menjadi lembaran serat yang diharapkan. Tebal rata-rata serat dari kulit waru setelah diukur perlembarnya mempunyai ketebalan rata-rata 0,115 mm dan kekuatan tarik serat waru sekitar 334 Mpa [8]

Metode perlakuan serat yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses alkalisasi. Proses preparasi alkalisasi meliputi pembuatan larutan NaOH yaitu dengan menghitung perbandingan volume. Konsentrasi NaOH yang digunakan adalah larutan NaOH 5%.3

Metode alkalisasi serat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- Serat kulit waru yang telah bersih dari kulit kayu direndam selama 120 menit dalam larutan NaOH 5%. Pencucian serat dilakukan dengan menggunakan aquades sampai bersih
- Pengeringan serat pada temperatur 80°C selama 8 Jam

Dalam pembuatan spesimen uji dilakukan variasi menggunakan jumlah empat layer serat dan arah orientasi sudut serat yaitu 0°/45°/-45°/0° ; 45°/0°/0°/-45°; 45°/0°/-45°/0°



Gambar 1. Contoh penyusunan orientasi arah sudut serat (0°/45°/-45°/0°)

Pembuatan spesimen komposit dilakukan dengan metode *hand lay up* dengan langkah sebagai berikut:

- a. Cetakan dilapisi dengan wax secara merata agar spesimen yang dibuat mudah lepas dari cetakan.
- b. Mengukur volume resin sesuai dengan perbandingan volume serat penguat yang dilakukan dengan 4 tahap pengadukan.
- c. Katalis dicampurkan sebanyak 1 % dari volume resin, kemudian diaduk secara merata selama 2 menit dan didiamkan selama kurang lebih 4 menit agar gelembung udara bisa terlepas.
- d. Menuangkan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan. diratakan dengan menggunakan kuas atau rol cat.
- e. Meletakkan serat kulit waru sebagai layer pertama keatas resin yang telah dituang ke dalam cetakan, kemudian di rol atau ditekan-tekan agar gelembung udara yang terperangkap dalam cetakan dapat keluar. Lalu didiamkan selama kurang lebih 15 menit.
- f. Membuat campuran resin, dan katalis seperti langkah sebelumnya sebagai pelapis diatas serat waru.
- g. Menuangkan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan, lalu diratakan dengan kuas.
- h. Dan seterusnya dengan langkah yang sama sampai layer ke empat

HASIL DAN PEMBAHASAN

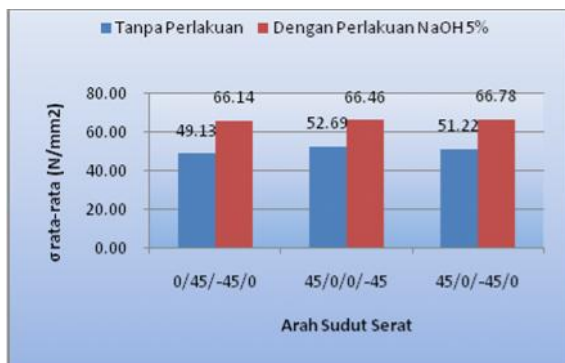
Berdasarkan data hasil pengujian tarik (Tabel 1) dapat diketahui nilai rata-rata kekuatan tarik dan nilai rata-rata modulus elastisitas tarik dari spesimen komposit serat kulit waru dengan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam dan tanpa perlakuan alkali. Nilai rata-rata kekuatan tarik dan nilai rata-rata modulus elastisitas tarik terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1. Harga Kekuatan, regangan dan Modulus Elastisitas Hasil Uji Tarik Spesimen Komposit

| Sudut serat | Perlakuan Alkali | | | |
|----------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Tanpa Alkali | | NaOH 5% | |
| | E N/mm ² | N/mm ² | E N/mm ² | N/mm ² |
| 0°/45°/-45°/0° | 39958,3 | 46,11 | 41818,2 | 66,35 |
| | 32968,7 | 50,72 | 51320,7 | 65,38 |
| | 40461,5 | 50,58 | 52339,6 | 66,68 |
| 45°/0°/0°/-45° | 41965,5 | 58,51 | 54440,0 | 65,43 |
| | 40000,0 | 53,85 | 41641,7 | 67,07 |
| | 45285,7 | 45,72 | 49678,5 | 66,88 |
| 0°/45°/0°/-45° | 58578,9 | 53,51 | 44531,2 | 68,51 |
| | 33218,7 | 51,11 | 41090,9 | 65,19 |
| | 35172,4 | 49,04 | 60260,8 | 66,63 |

66,14N/mm²; 45°/0°/0°/-45° yaitu 66,46N/mm²; dan 45°/0°/-45°/0° yaitu 66,78 N/mm². Artinya arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° ; 45°/0°/0°/-45°; dan 45°/0°/-45°/0° tidak memberikan perbedaan kekuatan tarik yang signifikan atau bisa dikatakan variasi orientasi serat tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan tariknya karena semua kekuatan tariknya sama (Tabel 3). Hal ini dikarenakan masing-masing memiliki jumlah layer yang sama yaitu 4 layer dan jumlah orientasi sudut serat yang sama pula (2 arah 0° dan 2 arah 45°). Sementara gaya yang dikenakan pada uji tarik terhadap benda uji adalah gaya aksial. Perbedaan sedikit nilai kekuatan tariknya dikarenakan serat waru yang tersusun secara alami memiliki diameter serat yang berbeda dan tidak bisa dikontrol seperti serat buatan. Proses pembuatan spesimen, void yang terjadi juga mempengaruhi hasil kekuatan tariknya.

Berdasarkan pengaruh NaOH 5% selama 2 jam terlihat perbedaan yang signifikan antara kekuatan tariknya (Tabel 2). Kekuatan tarik arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° meningkat 25,71%, arah sudut serat 45°/0°/0°/-45° meningkat 20,71% dan arah sudut serat 45°/0°/-45°/0° meningkat sebesar 23,30%. Ini berarti dengan adanya perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam terjadi *interface bonding* yang lebih baik antara serat dan matriknya.



Gambar 2. Nilai Kekuatan Tarik rata-rata



Gambar 3. Nilai Modulus Elastisitas Tarik (E) Rata-rata

Dari Gambar 2 Kekuatan tarik maksimal terdapat pada serat dengan perlakuan NaOH 5%. Harga kekuatan tariknya hampir sama antara arah sudut serat 0°/45°/-45°/0° yaitu

Tabel 2. Hasil Analisis Varian (Anova) Terhadap Kekuatan Tarik dan Perlakuan Serat Menggunakan NaOH 5%

| SUMMARY | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|----------|--------|
| Groups | Count | Sum | Av | Var | | |
| Tanpa perlakuan | 9 | 459,1 | 51,0 | 15,8 | | |
| Perlakuan NaOH | 9 | 598,1 | 66,4 | 1,08 | | |
| ANOVA | | | | | | |
| Source of Variation | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| Between Groups | 1073,2 | 1 | 1073,2 | 126,8 | 5,13E-09 | 4,49 |
| Within Groups | 135,3 | 16 | 8,46 | | | |
| Total | 1208,6 | 17 | | | | |

Pada data Tabel 2 didapatkan bahwa F hitung 126,84 dan level signifikan 5 % diperoleh F tabel 4,494. Karena F hitung > F tabel maka H₀ ditolak. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari pengaruh perlakuan serat terhadap kekuatan tarik komposit.

Tabel 3. Hasil Analisis Varian (Anova) Terhadap Orientasi Arah Sudut Serat dan Kekuatan Tarik Dengan Perlakuan Serat NaOH 5%

| Groups | Count | Sum | Av | Var | | |
|---------------------|-------|-------|-------|------|---------|--------|
| perlakuan | 9 | 598,1 | 66,4 | 1,08 | | |
| perlakuan max | 9 | 600,1 | 66,68 | 0 | | |
| ANOVA | | | | | | |
| Source of Variation | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| Between Groups | 0,221 | 1 | 0,22 | 0,40 | 0,532 | 4,494 |
| Within Groups | 8,653 | 16 | 0,54 | | | |
| Total | 8,874 | 17 | | | | |

Pada data Tabel 3 didapatkan bahwa F hitung 0,4088 dan level signifikan 5 % diperoleh F tabel 4,494. Karena F hitung < F tabel maka H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh arah orientasi sudut serat terhadap kekuatan tarik komposit dengan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam.

Berdasarkan data hasil pengujian bending pada Tabel 4 dapat diketahui nilai rata-rata kekuatan bending dan nilai rata-rata modulus elastisitas bending dari spesimen komposit serat kulit waru dengan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam dan tanpa perlakuan alkali. Nilai rata-rata kekuatan bending dan nilai rata-rata modulus elastisitas bending arah sudut serat $0^\circ/45^\circ/-45^\circ/0^\circ$; $45^\circ/0^\circ/0^\circ/-45^\circ$; dan $45^\circ/0^\circ/-45^\circ/0^\circ$ terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5

Tabel 4. Harga Kekuatan bending, Modulus Elastisitas Bending Hasil Uji bending Spesimen Komposit

| Arah serat | Perlakuan Alkali | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Tanpa Alkali | | NaOH 5% | |
| | Eb (N/mm ²) | b (N/mm ²) | Eb (N/mm ²) | b (N/mm ²) |
| $0^\circ/45^\circ/-45^\circ/0^\circ$ | 3893,96 | 148,04 | 4439,00 | 181,08 |
| | 3965,44 | 143,40 | 5277,36 | 172,17 |
| | 4060,22 | 156,15 | 3879,65 | 186,08 |
| $45^\circ/0^\circ/0^\circ/-45^\circ$ | 3676,60 | 143,09 | 3779,05 | 166,59 |
| | 3600,00 | 117,38 | 4537,31 | 142,37 |
| | 3424,00 | 142,82 | 3759,22 | 162,13 |
| $45^\circ/0^\circ/-45^\circ/0^\circ$ | 3135,39 | 132,32 | 3592,45 | 160,08 |
| | 4758,97 | 150,98 | 4495,53 | 174,88 |
| | 3933,33 | 156,72 | 4860,76 | 156,35 |
| $0^\circ/-45^\circ/0^\circ/45^\circ$ | 3783,54 | 136,82 | 4114,29 | 167,76 |
| | 3379,44 | 152,22 | 4800,00 | 156,51 |
| | 3979,49 | 126,25 | 3541,75 | 152,75 |



Gambar 4. Nilai Tegangan Bending Rata-rata



Gambar 5. Nilai Modulus Elastisitas Bending Rata-rata

Berbeda dari pengujian tarik yang pembebanannya secara aksial, pada data hasil pengujian bending arah sudut serat 0°/45°-45°/0° ; 45°/0°/0°-45°; 45°/0°-45°/0° dan 0°-45°/0°/45° memberikan hasil kekuatan bending yang berbeda sesuai arah sudut seratnya (Tabel 7). Dari Gambar 4 Kekuatan bending tertinggi terjadi pada arah sudut serat 0°/45°-45°/0° dengan perlakuan Alkali NaOH 5% yaitu sebesar 179,78 N/mm². Hal ini disebabkan oleh faktor orientasi serat yang searah dengan beban. Dengan kata lain, sudut 0° menahan beban sampai batas maksimumnya kemudian beban didistribusikan pada sudut 45°-45° pada seluruh luasan sehingga arah sudut serat 0°/45°-45°/0° memberikan kontribusi optimumnya pada peningkatan kekuatan bending komposit. Terlihat juga bahwa harga momen bending arah sudut serat 0°/45°-45°/0° mempunyai harga yang paling tinggi yaitu 4320 N.mm (Tabel 5). Hubungan antara kekuatan bending dan momen bending yaitu kekuatan bending komposit merupakan kekuatan dalam menahan momen bending maksimum. Semakin besar momen bendungnya, semakin besar pula kekuatan bendungnya.

Tabel 5. Harga Momen Bending Rata-Rata

| arah serat | Momen Bending (N.mm) | |
|------------|----------------------|-------------------|
| | Tanpa Perlakuan | Perlakuan NaOH 5% |
| 0/45/-45/0 | 3882,67 | 4320,00 |
| 45/0/0/-45 | 3413,33 | 3573,33 |
| 45/0/-45/0 | 3552,00 | 3978,67 |
| 0/-45/0/45 | 3509,33 | 3840,00 |

Berdasarkan pengaruh perlakuan NaOH 5% selama 2 jam terlihat perbedaan yang signifikan antara kekuatan bendungnya (Tabel 3.6). Kekuatan bending arah sudut serat 0°/45°-45°/0° meningkat 17%, arah sudut serat 45°/0°/0°-45° meningkat 11%, arah sudut serat 45°/0°-45°/0° meningkat sebesar 10% dan arah sudut serat 0°-45°/0°/45° meningkat 13% . Ini berarti dengan adanya perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam terjadi *interface bonding* yang lebih baik antara serat dan matriknya.

Tabel 6 Hasil Analisis Varian (Anova) Terhadap Perlakuan Serat Menggunakan NaOH 5% dan Kekuatan Bending

| SUMMARY | | | | | | |
|---------------------|-------|------|--------|--------|---------|--------|
| Groups | Count | Sum | Av | Var | | |
| Tanpa perlakuan | | 170 | 142,2 | 146,95 | | |
| Perlakuan NaOH | 12 | 1958 | 163,2 | 270,13 | | |
| ANOVA | | | | | | |
| Source of Variation | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| Between Groups | 2657 | 1 | 2657,6 | 12,74 | 0,0017 | 4,301 |
| Within Groups | 4585 | 22 | 208,5 | | | |
| Total | 7245 | 23 | | | | |

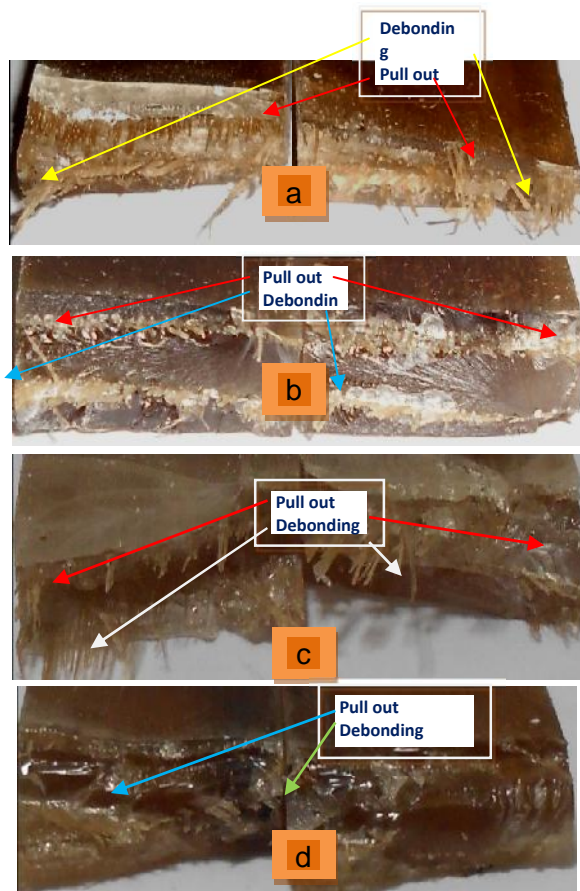
Pada data Tabel 6 didapatkan bahwa F hitung 12,7436 dan level signifikan 5 % diperoleh F tabel 4,300949. Karena F hitung > F tabel maka H0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari pengaruh perlakuan serat terhadap kekuatan bending komposit.

Tabel 7. Hasil Analisis Varian (Anova) Terhadap Orientasi Arah Sudut Serat dan Kekuatan bending

| Groups | Count | Sum | Av | Var | | |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|---------|--------|
| TP1 | 3 | 447,5 | 149,19 | 41,6 | | |
| TP2 | 3 | 403,3 | 134,4 | 217,9 | | |
| TP3 | 3 | 440,0 | 146,6 | 162,7 | | |
| TP4 | 3 | 415,3 | 138,4 | 170,4 | | |
| P1 | 3 | 539,3 | 179,7 | 49,6 | | |
| P2 | 3 | 451,0 | 150,3 | 592,8 | | |
| P3 | 3 | 491,3 | 163,7 | 96,0 | | |
| P4 | 3 | 477,0 | 159 | 60,9 | | |
| ANOVA | | | | | | |
| Source of Variation | SS | df | MS | F | P-value | F crit |
| Between Groups | 4460,7 | 7 | 637,2 | 3,66 | 0,014 | 2,657 |
| Within Groups | 2784,8 | 16 | 174, | | | |
| Total | 7245,5 | 23 | | | | |

Pada data Tabel 7 didapatkan bahwa F hitung 3,661 dan level signifikan 5 %

diperoleh F tabel 2,657. Karena F hitung > F tabel maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh orientasi arah sudut serat terhadap kekuatan bending komposit.



- a) Spesimen uji tarik tanpa perlakuan alkali;
- b) Spesimen uji tarik dengan perlakuan alkali;
- c) Spesimen uji bending tanpa perlakuan alkali;
- d) spesimen uji bending dengan perlakuan alkali.

Gambar 6. Foto Makro Permukaan Patah Spesimen

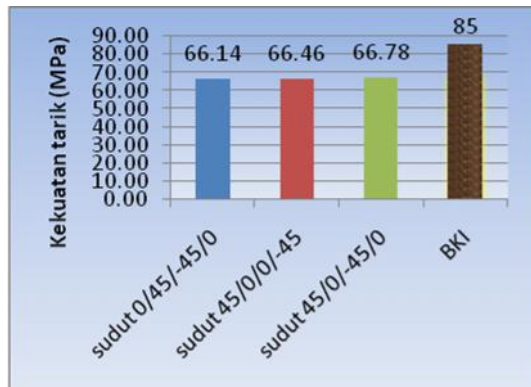
Gambar 6 memperlihatkan patahan yang terjadi pada spesimen komposit uji tarik dan uji bending. Terlihat pada Gambar 6a pada spesimen uji tarik dan Gambar 6c pada spesimen uji bending terlihat banyak sekali *debonding*. Pada saat beban dikenakan pada spesimen tanpa perlakuan ini, banyak serat yang terlepas dari matriknya karena ikatan antara serat dan matrik menjadi tidak sempurna. Lapisan seperti lilin pada serat yang mengakibatkan kegagalan ini sehingga

kekuatan tarik dan kekuatan bending tidak maksimal. Pada kondisi kegagalan ini, matrik dan serat sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang yang lebih besar, tetapi karena ikatan antara serat dan matrik gagal, maka komposit pun mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya regangan dan tegangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah.

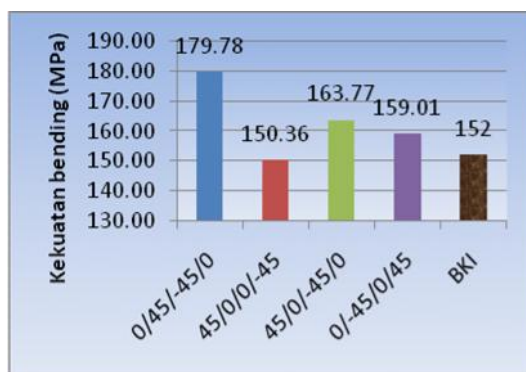
Gambar 6b pada spesimen uji tarik dan Gambar 6d pada spesimen uji bending memperlihatkan patahan yang lebih baik. Patahan yang terjadi adalah patah getas karena terlihat permukaan patahan yang relatif rata. Dengan perlakuan alkali 5% NaOH selama 2 jam permukaan serat menjadi kasar sehingga matrik mampu mengikat serat dengan lebih baik ketika beban dikenakan pada spesimen uji. Dengan hilangnya lapisan lilin pada permukaan serat akibat perlakuan alkali maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit menjadi lebih tinggi. Peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan bending ini menunjukkan perubahan pada interface antara serat dan matrik, karena kekuatan komposit adalah gabungan antara kekuatan serat dan matrik, sehingga akan tergantung dari *interface* tersebut, semakin baik ikatan serat- matrik maka beban tarik dan beban bending yang diberikan pada komposit akan terdistribusi pada serat dengan lebih baik.

Penggunaan serat gelas sebagai komposit penguat pada kapal *fiberglass* tampak sudah terdesain dengan baik, akan tetapi fasilitas material tersebut kurang produktif di Indonesia karena pembuatannya menggunakan proses ilmiah atau kimia yang tidak semua negara bisa memproduksinya, untuk mendapatkan material tersebut Indonesia masih impor [9]. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pemanfaatannya untuk produksi lambung kapal dengan membandingkan kekuatan mekanisnya. Perbandingan hasil pengujian spesimen yaitu dengan peraturan yang dikeluarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 2006 tentang peraturan kapal untuk material non metal. Besaran yang disyaratkan dalam peraturan ini khusus dispesifikasikan untuk kapal – kapal FRP dengan bahan

penguat *fiberglass* yang diisi oleh serat pengkuat baik itu jenis *Mat and Woven Roving*.



Gambar 7. Perbandingan Kekuatan Tarik Dengan Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Yang Disyaratkan BKI



Gambar 8. Perbandingan Kekuatan Bending dengan Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Bending yang Disyaratkan BKI

Menurut BKI non metal 2006 komposit yang bisa diaplikasikan untuk material lambung kapal minimal mempunyai kekuatan sebesar 85 MPa untuk pengujian tarik dan 152 MPa untuk pengujian bending [10]. Mengacu pada peraturan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) tahun 2006 dan membandingkan nilai hasil uji tarik dari masing-masing variasi arah serat dengan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam dapat dilihat bahwa semua variasi arah serat pada uji tarik belum dapat memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan sebagai standar tolak ukur kekuatan material serat gelas baik itu jenis

Mat and Woven Roving untuk pengganti bahan kulit badan kapal.

Gambar 8 terlihat nilai hasil uji bending untuk variasi arah serat $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$; $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ dan $0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}$ dapat memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan BKI. Variasi arah serat $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$ diperoleh nilai kekuatan bending sebesar 150,36 Mpa sehingga belum dapat memenuhi standar yang disyaratkan BKI yaitu sebesar 152 MPa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlakuan alkalisasi serat menggunakan NaOH 5% selama 2 jam memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit.
2. Orientasi arah sudut serat tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik tetapi berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan bending.
3. Hasil pengujian tarik didapatkan nilai sebesar 66,14 MPa pada orientasi arah sudut serat $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$, pada orientasi sudut serat $45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}$ sebesar 66,46 Mpa dan 66,78 Mpa pada orientasi arah sudut serat $45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$. Nilai hasil pengujian tersebut belum dapat digunakan sebagai serat penguat dalam pembuatan kulit badan kapal karena belum memenuhi nilai standar persyaratan yang disyaratkan oleh pihak BKI yaitu nilai standar kekuatan tarik sebesar 85 MPa.
4. Hasil pengujian bending didapatkan nilai tertinggi sebesar 179,78 MPa pada orientasi arah sudut serat $0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$. Nilai hasil pengujian tersebut dapat digunakan sebagai serat penguat dalam pembuatan kulit badan kapal karena sudah memenuhi nilai standar persyaratan yang disyaratkan oleh pihak BKI yaitu nilai standar kekuatan bending sebesar 152 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2011, *Daun, Bunga, Buah dan Biji Tanaman waru (Hibiscus Tiliaceus)*.

- [http://tnalaspurwo.org/media/pdf/key_war_u_lengis_\(hibiscus_tiliaceus_1\).pdf](http://tnalaspurwo.org/media/pdf/key_war_u_lengis_(hibiscus_tiliaceus_1).pdf).
Diunduh tanggal 3 Agustus 2011
- [2] Suratman, 2008. "*Mengenal Lebih Dekat Suku Waru- Waruan (Malvaceae)*". <http://suratmanbiologiuns.wordpress.com/2008/05/12/mengenal-Lebih-dekat-suku-waru-waruan-malvaceae/>.
- [3] Lokantaro dan Ngakan Putu Gede Suardana (2007). *Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanik komposit tapis kelapa*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 1 No. 1, (15 – 21)
- [4] Erwin, 2011. *Peningkatan kualitas sifat mekanik komposit polyester dan serat bundung*. Tesis, Teknik Mesin FT Brawijaya, Malang.
- [5] Diharjo K., Jamasri, Soekrisno , Rochardjo H.S.B, 2005. *Tensile Properties of Undirecttional Continuous Kenaf fiber Reinforced Polyester Composite*. International Seminar Proceeding, Kentingan Physic Forum, UNS, Surakarta, Indonesia
- [6] Gibson, Ronald.1994. "Principles of composite material". New York:Mc Graw Hill
- [7] Matthews F. L. And R.D . Rawling 1994. *Composite Material Engineering Science Technology and Medicine*, Chopman & Hall. London
- [8] Rianto. A, 2011. *Karakterisasi Kekuatan Bending dan Hidrofobisitas Komposit Serat Kulit Waru (hibiscus tiliaceus) Kontinyu Bermatrik Pati Ubi Kayu*. Tesis, Teknik Mesin FT Brawijaya, Malang.
- [9] Bagus, Y., Ihdianur., 2010. *Pemanfaatan serat kenaf sebagai bahan pengganti serat gelas pada komposit FRP*. Abstraksi laporan penelitian, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya ITS. Surabaya
- [10] Biro Klasifikasi Indonesia. 2006. "*Peraturan Untuk material-non metal*". Jakarta