
PENGARUH ALKALISASI TERHADAP KOMPATIBILITAS SERAT SABUT KELAPA (*Cocos Nucifera*) DENGAN MATRIKS *POLYESTER*

Sugeng Prasajo*, SM Bondan Respati, Helmy Purwanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

*Email: genkgokil22@gmail.com

Abstrak

Teknologi ramah lingkungan semakin serius dikembangkan oleh negara-negara di dunia saat ini, salah satunya adalah teknologi komposit dengan material serat alam (*Natural Fiber*). Serat sabut kelapa adalah salah satu serat alam yang mulai marak digunakan dalam pembuatan komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh alkalisasi NaOH terhadap kekuatan tarik serat tunggal dan topografi permukaan serat. Pengujian pull-out juga dilakukan untuk mengetahui tegangan geser serat dengan matriks resin polyester. Serat sabut kelapa yang telah dipisahkan dari tempurung direndam kedalam larutan NaOH selama 2 jam dengan variasi konsentrasi NaOH yaitu tanpa perendaman, 2% NaOH, 5%NaOH dan 8% NaOH. Hasil yang diperoleh dari uji tarik serat tunggal menunjukkan bahwa dengan fraksi berat 5% NaOH perendaman selama 2 jam kekuatan tarik optimal sebesar 94,07 MPa, hal ini juga terbukti dari hasil foto mikro penampang patahan serat jenis ductile and stake socket. Sedangkan kekuatan tarik serat tanpa perlakuan, 2% NaOH dan 8% NaOH berturut-turut adalah 34,33 MPa, 72,09 MPa dan 63,14 MPa. Kemudian pada pengujian pull out nilai tegangan geser tertinggi sebesar 3,57 MPa lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan dan konsentrasi 2%, dan 8%NaOH yaitu sebesar 1,4 MPa, 1,7 MPa dan 1,74 MPa. Dari hasil penelitian yang dilakukan, serat sabut kelapa memiliki kompatibilitas yang baik dengan resin polyester setelah dilakukan perlakuan alkali NaOH.

Kata kunci: Alkalisasi, Serat sabut kelapa, Uji tarik serat tunggal, Uji pull-out, Kompatibilitas

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa (*Cocos Nucifera*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan kehidupan manusia sehari-hari.

Kekuatan tarik serat meningkat setelah diberi perlakuan alkalisasi selama 2 jam dengan konsentrasi NaOH 5% (Nugraha, 2015). Tetapi peningkatan konsumsi NaOH justru akan semakin menurunkan kekuatan tarik serat rami (Nugraha, 2015 dan Marsyahyo, 2006).

Serat sabut kelapa

Serat sabut kelapa adalah serat alami alternatif dalam pembuatan komposit, yang pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna

dikemudian hari. Serat kelapa ini mulai dilirik penggunaannya karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan

(*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya serat kelapa yang tidak dimanfaatkan, serta tidak membahayakan kesehatan.

Tabel 1. Kekuatan tarik serat alam (Wibowo, 2014)

Serat	Masa Jenis (gr/cm ³)	Regangan (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Young (GPa)
Kelapa	0,435	29	200	0,9
Bambu	0,215	3	575	27
Nanas	0,324	4,3	458	15,2
Pisang	0,243	5,9	95	1,4

Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa serat kelapa memiliki kekuatan tarik sebesar 200 Mpa dan *modulus young* 0,9 Gpa. Kekuatan tarik terbesar dimiliki oleh serat bambu yaitu 575 Mpa dengan *modulus young* 27 Gpa.

Matrik thermoset jenis polyester

Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matriks. Matriks berfungsi sebagai pelindung, pendukung, transfer beban, dan perekat serat. Matriks *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan. Bahan tambahan utama adalah katalis (Hardener). Jenis katalis untuk resin *polyester* yaitu *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO).

Perlakuan kimia serat sabut kelapa dengan NaOH (alkalisasi)

Alkaline treatment atau *mercerization* adalah perlakuan kimia yang paling sering digunakan untuk serat alami. Tujuan dari alkalisasi yang paling penting disini adalah mengacaukan ikatan *hydrogen* di stuktur serat, sehingga menambah kekasaran serat tersebut.

Kekuatan tarik

Kinerja material komposit dengan penguatan serat salah satunya dipengaruhi oleh sifat seratnya, sehingga kekuatan tarik serat penting untuk diketahui untuk memahami bagaimana perilaku produk akhir komposit. Kekuatan tarik dihitung menggunakan persamaan 1: (Nugraha, 2015)

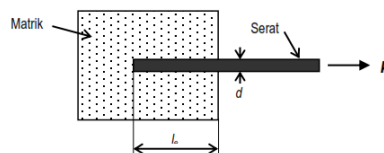
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

dengan σ adalah kekuatan tarik serat yang dihasilkan beban tarik (P) dibagi luasan rata-rata (A). Regangan dihitung dengan perubahan panjang (ΔL) dibagi panjang awal (L). (Nugraha, 2015)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Kekuatan geser interfacial

Suatu serat dengan diameter d pada suatu matrik dan dalam kondisi tertarik lepas seperti ditunjukkan pada gambar. Kekuatan geser interfacial sangat tergantung pada mutu ikatan antara serat/matrik.



Gambar 1. Mekanisme *pull out* (Nugraha, 2015)

Gaya tarik longitudinal pada serat akan menghasilkan geser pada daerah interfase serat/matrik dan ketika serat tertarik lepas dari matrik maka terjadi tegangan geser *interfacial* antara serat-matrik. Kekuatan geser interfacial (τ_i) kemudian ditentukan dari gaya yang menyebabkan *debonding* (P), diameter serat (d), dan panjang serat tertanam (l_e), dengan persamaan (4). (Nugraha, 2015), sedangkan kompatibilitas adalah tingkat kesesuaian antara serat dengan matriks untuk dibuat menjadi sebuah komposit.

$$\tau_i = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l_e} \quad (4)$$

Tegangan dan regangan

Tegangan didefinisikan sebagai tahanan terhadap gaya-gaya luar. Tegangan menurut Smith (1986) dapat dirumuskan sesuai dengan persamaan 5.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (5)$$

dimana : σ = tegangan (N/mm²)

F = beban (Newton)

Ao = Luas penampang awal (mm²)

Regangan (*strain*) e adalah besar deformasi per satuan panjang. Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linear rata-rata, yang diperoleh dengan cara pembagian antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang mula-mula. Perumusan regangan menurut Callister (1986) sesuai dengan persamaan 6. (Nugraha, 2015)

$$\text{Regangan} = \frac{Lu - Lo}{Lo} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan : Lu = panjang sesudah patah (mm)

Uji tarik serat tunggal

Masing-masing spesimen serat sabut kelapa diikatkan pada kedua ujung kertas menggunakan lem dengan panjang ujung (*gauge length*) yang telah ditentukan. Lima set spesimen disiapkan. Alat uji tarik serat dikalibrasi terlebih dahulu. Sebelum diuji kertas dipotong pada bagian tengah terlebih dahulu. Pastikan *grip* tercekam dengan baik pada alat pengecam.

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang diamati pada penelitian ini ada tiga jenis variabel, antara lain: Variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan metode modifikasi serat yang dilakukan, yaitu tanpa alkalisasi, dengan alkalisasi NaOH 2%, 5% dan 8%. Variabel terikat yang digunakan adalah kekuatan tarik serat tunggal, tegangan geser, dan struktur mikro. Variabel terkontrol yang digunakan antara lain: Penambahan katalis MEKPO sebesar 1% untuk cetakan resin, proses alkalisasi dilakukan selama 2 jam, pembuatan spesimen dan pengujian pada suhu ruang.

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan adalah:

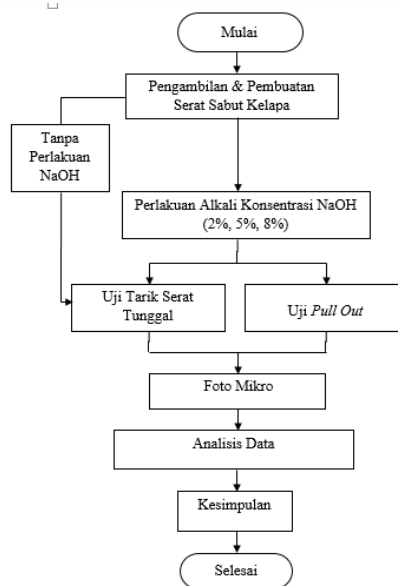
1. Alat uji tarik serat tunggal
2. Mikroskop metalografi

Adapun peralatan pendukung lainnya untuk membuat spesimen uji tarik dan spesimen *single fiber pull out* yaitu antara lain : cetakan untuk pengujian pull out yang dibuat dari pipa ukuran 5/8 inchi, karton duplex, lem kertas, lilin/malam, gelas ukur, gunting/*cutter*, ampelas, *grease*, dan isolasi.

Bahan yang digunakan adalah:

1. Resin *unsaturated polyester* tipe 108
2. NaOH kristal (2%, 5 %, dan 8% dengan pelarut air
3. Serat sabut kelapa
4. Katalis MEKPO (*methyl ethyl ketone peroxide*) dan *aquadest*.

Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Serat dipisahkan terlebih dahulu dari buahnya, kemudian serat direndam kedalam larutan alkali dan sebagian tanpa perendaman. Pengujian tarik serat tunggal dan uji *pull-out* dilakukan pada semua spesimen dan hasilnya diamati dengan mikroskop metalografi. hasil pengujian dianalisis kemudian ditarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

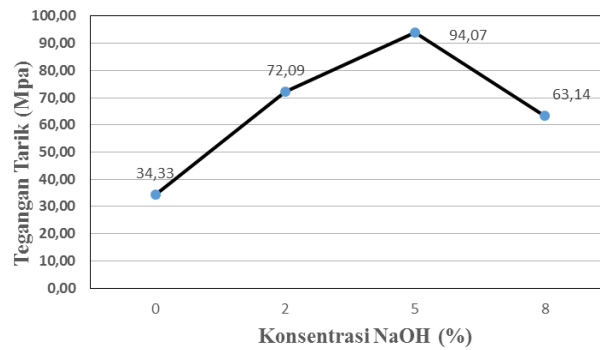
Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal

Pengujian tarik serat tunggal pada serat sabut kelapa bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimal pada setiap perendaman NaOH selama 2 jam dengan variasi konsentrasi NaOH 2%, 5%, 8% dan tanpa perlakuan. Pada pengujian tarik serat tunggal diperoleh nilai beban tertinggi dan regangan hingga serat putus. Berdasarkan nilai beban dan rumus (5) maka diperoleh nilai tegangan tarik dan regangan sebagaimana pada Tabel 2 Gambar 3 dan 4

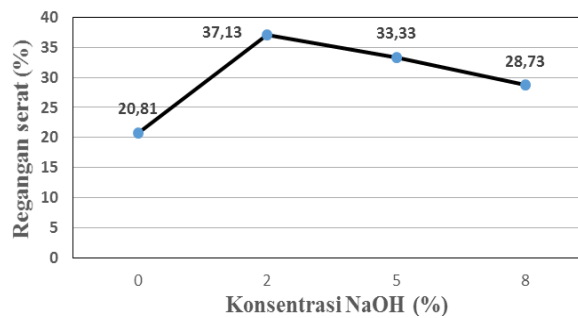
Tabel II. Hasil Pengujian tarik

NaOH (%)	Beban (F) N	Luas serat (A) mm ²	Tegangan tarik (σ) Mpa	Regangan %
0	3,86	0,15	34,33	20,81
2	6,64	0,10	72,09	37,13
5	8,23	0,90	94,07	33,33
8	5,41	0,10	63,14	28,73

Pada hasil pengujian tarik serat tunggal sabut kelapa tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik sebesar 34,33 Mpa, kemudian setelah dilakukan perlakuan alkali konsentrasi NaOH 2% selama 2 jam kekuatan tariknya meningkat sebesar 72,09 Mpa. Efek perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik serat tunggal tertinggi pada konsentrasi NaOH 5 % yaitu sebesar 94,07 Mpa. Sedangkan pada perlakuan NaOH 8% kekuatan tariknya menurun menjadi 63,14 Mpa.



Gambar 3 grafik pengaruh alkalisasi terhadap tegangan tarik



Gambar 4. Grafik pengaruh alkalisasi terhadap regangan serat

Dari hasil pengujian tarik serat sabut kelapa dengan perlakuan alkali menunjukkan bahwa efek perlakuan alkali selama 2 jam dapat meningkatkan sifat mekanis kekuatan tarik dengan 5% NaOH, hal ini disebabkan belum adanya penambahan diameter yang signifikan pada serat sabut kelapa. Namun pada %NaOH lebih dari 5% serat mulai terdegradasi dan akhirnya rapuh. Sesuai dengan prinsip dasar bahwa kekuatan tarik berbanding terbalik dengan luas penampang, sehingga semakin besar luas penampang akan semakin menurunkan kekuatan tarik.

Model Patahan Serat Tunggal

Meningkatnya konsentrasi NaOH dapat menurunkan kekuatan tarik serat tunggal sabut kelapa. Penurunan kekuatan tarik dipengaruhi oleh proses opening yang berlebihan dan terurainya serat tunggal akibat pelarutan lignin sebagai pengikat antar serat. Model patahan serat tunggal sabut kelapa akan memberikan informasi keunikan perilaku serat akibat beban tarik. Sifat ulet dan getas dapat diamati langsung dari bentuk patahan ujung serat. Semakin tinggi konsentrasi NaOH bentuk patahan serat cenderung getas. Meskipun demikian ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil kekuatan tarik serat yakni cacat alami pada masa pertumbuhan serat dan akibat jamur atau bakteri sehingga serat memiliki karakteristik permukaan dan mekanis yang relatif bervariasi.



Gambar 5. Foto mikro patahan *brittle fracture* (patah getas) 0% NaOH

Gambar 6. Foto mikro patahan *brittle fracture axial split* (keras-getas) 2% NaOHGambar 7. Foto mikro patahan *ductile dan stake socket* 5% NaOHGambar 8. Foto mikro patahan *independent fibrillar* 8% NaOH

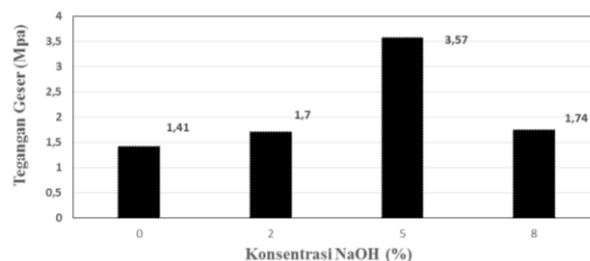
Hasil Pengujian *Single Fiber Pull-out*

Dari pengujian diperoleh data *Interfacial Shear Stress* (IFSS) sebagai berikut,

Tabel III. Data IFSS

NaOH (%)	Panjang Serat Tertanam le (mm)	Diameter Serat (mm)	IFSS Mpa
0	1	0,45	1,41
2	1	0,51	1,7
5	1	0,41	3,57
8	1	0,37	1,74

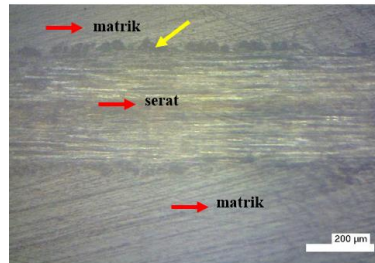
Kekuatan geser *interfacial* (τ_i) antara serat sabut kelapa-resin poliester yang tampak pada Gambar 9 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan geser *interfacial* akibat perlakuan alkali % NaOH. Kekuatan geser *interfacial* perlakuan alkali tertinggi pada konsentrasi 5% NaOH sebesar 3,57 Mpa lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan dan konsentrasi 2% NaOH yaitu sebesar 1,4 Mpa dan 1,7 Mpa.



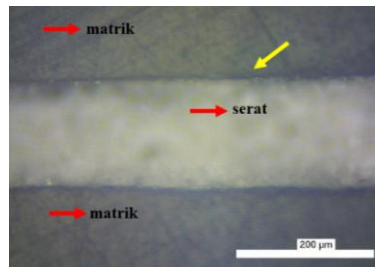
Gambar 9. Grafik pengaruh alkalisasi terhadap tegangan geser serat sabut kelapa

Tingginya tegangan *interfacial* pada Gambar 9 diakibatkan oleh semakin kasarnya permukaan serat akibat perlakuan alkali, sehingga terjadi ikatan yang semakin kuat antara matrik dengan serat. Pada hasil foto mikro terlihat sisa-sisa resin *polyester* melekat pada permukaan serat sabut kelapa sehingga *wettability* serat baik. Kekuatan geser *interfacial* menurun pada konsentrasi 8% NaOH yaitu sebesar 1,7 Mpa, penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya kemampuan rekat antara serat dan matriks akibat berkurangnya kadar lignin pada permukaan serat sehingga mengurangi kekuatan ikatan antar muka.

Hasil foto mikro

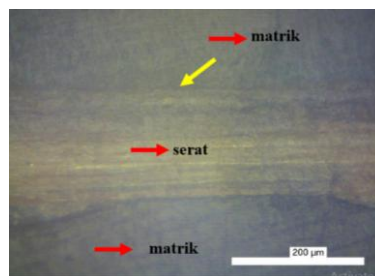


Gambar 10. Foto mikro 0% NaOH

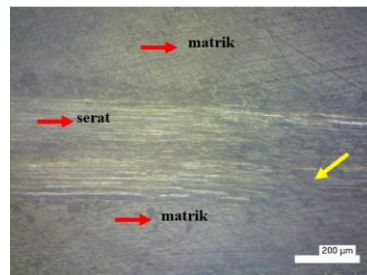


Gambar 11. Foto mikro 2% NaOH

Gambar 10 menunjukkan hubungan antara matrik dan serat sabut kelapa tanpa perlakuan alkali, terlihat bahwa tidak adanya ikatan yang baik antara serat dengan matrik. Permukaan serat tampak halus dan muncul celah tak beraturan di sepanjang sisi serat, hal ini membuktikan kemampuan matrik untuk membasahi dan mengisi permukaan serat masih kurang baik. Namun setelah adanya perlakuan salkali 2% NaOH seperti ditunjukkan Gambar 11 ikatan matrik dan serat semakin membaik, ditunjukkan dengan matrik membasahi sepanjang sisi serat.



Gambar 12. Foto mikro 5% NaOH



Gambar 13. Foto mikro 8% NaOH

Gambar 12 celah disepanjang sisi serat nyaris tidak ada, ditunjukkan oleh panah kuning adanya ikatan yang baik antara matrik dan serat. Dalam hal ini berarti matrik mampu membasahi serat dengan baik yang kemudian menyebabkan adhesi ikatan antar muka dan mechanical interlocking yang baik dibanding perlakuan 2% NaOH.

Selanjutnya pada perlakuan 8% NaOH (Gambar 13) ikatan antara serat dan matrik hampir serupa dengan sebelumnya namun di beberapa sisi serat timbul retak (*crack*) seperti di tunjukkan oleh panah kuning. Hal ini disebabkan karena ikatan adhesi antar muka serat sabut kelapa dengan matrik terlalu kuat.

Hasil foto makro

Gambar 14 . Spesimen uji *pull-out* tanpa perlakuan

Gambar 14 menunjukkan bahwa kondisi matrik dengan serat tanpa perlakuan yang tercabut sempurna. Area permukaan tidak terlihat adanya crack yang menandakan serat tercabut dengan mudah. Ujung serat terlihat belum sepenuhnya terbasahi oleh matrik, hal ini menunjukkan bahwa *wettability* serat masih kurang maksimal dikarenakan lapisan serat masih terhalang oleh kotoran dan senyawa kimia (*lignin*, *hemisellulose*) serat sabut kelapa.

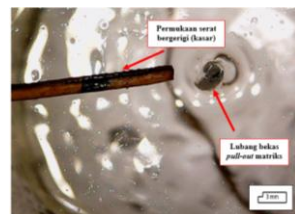
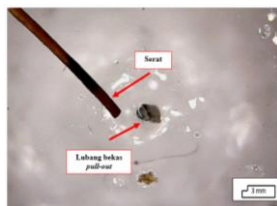
Gambar 15. Spesimen uji *pull-out* perlakuan alkali 2% NaOH

Foto makro pada perlakuan alkali 2% NaOH (Gambar 15) serat sabut kelapa yang tercabut terlihat permukaannya lebih kasar (bergerigi) area morfologi ini akan terlihat dengan jelas jika dilihat dengan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*). Pada bagian ujung serat juga terlihat lebih mengkilap karena sebagian matrik membasahi serat dan ikut tercabut, Hal ini membuktikan bahwa perlakuan alkali memberikan efek *wettability* permukaan serat terhadap matrik resin *polyester*. Jika dilihat pada lubang bekas cabutan menunjukkan bahwa belum ada serat yang tertinggal didalam matrik.



Gambar 16. Spesimen uji *pull-out* perlakuan alkali 5% NaOH

Gambar 16 menunjukkan foto makro perlakuan alkali 5% NaOH, terlihat bahwa serat tercabut dengan baik dan sebagian serat terkelupas kemudian tertinggal di dalam matriks, ini menunjukkan adanya adhesi ikatan yang baik antara serat sabut kelapa dan matriks resin polyester. Ikatan ini terjadi karena matriks *polyester* mampu penetrasi ke dalam pori-pori serat yang kadar *lignin* nya sudah tidak menghalangi waktu penetrasi. Hal ini membuktikan bahwa perlakuan alkali 5% NaOH terhadap permukaan serat menghasilkan kompatibilitas ikatan antar molekul permukaan serat-matrik lebih optimal dibanding tanpa perlakuan.



Gambar 17. Spesimen uji *pull-out* perlakuan alkali 8% NaOH

Konsentrasi kadar NaOH saat perlakuan alkali memiliki efek yang cukup besar terhadap kompatibilitas serat. Terlalu tinggi kadar NaOH saat perendaman menyebabkan proses opening yang berlebihan dan terurainya serat tunggal akibat pelarutan *lignin* sebagai pengikat antar serat (Marsyahyo dkk). Larutan alkali dengan konsentrasi di atas 8% menyebabkan degradasi fisik serat seperti pada Gambar 17 hasil uji *pull-out* menunjukkan serat tercabut dengan mudah dari matriks ditandai dengan permukaan ujung serat yang bersih, tidak ada matriks yang ikut tercabut oleh serat dan permukaan ujung serat tidak mengkilap. Proses terbukanya pori-pori serat (*opening*) tidak merata pada permukaan serat mengakibatkan serat tidak mampu menampung penetrasi media resin yang diyakini mampu menaikkan tegangan geser *interfacial*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: Perlakuan perendaman alkali dengan konsentrasi NaOH 5% selama 2 jam meningkatkan kekuatan tarik serat tunggal yakni sebesar 94,07 MPa. Kenaikan kekuatan tarik ini disebabkan meningkatnya *wettability* antara serat dan matriks akibat *surface roughness* yang baik pada permukaan serat sehingga terjadi *interfacial bonding* yang baik. Terlalu tinggi konsentrasi larutan NaOH menurunkan kekuatan tarik serat akibat degradasi kimia yang menyebabkan serat mudah terurai.

Meningkatnya tegangan geser *interfacial* dipengaruhi oleh %NaOH. Tegangan geser *interfacial* tertinggi pada serat dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam yakni 3,57 MPa dan terendah pada serat tanpa perlakuan sebesar 1,41 MPa.

Saran

Untuk memperoleh hasil yang akurat dengan ketelitian yang lebih kecil dan mudah dibaca sebaiknya pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik standar dan digital. Penelitian perlakuan alkali selama 2 jam dengan variasi kadar konsentrasi %NaOH masih perlu dikembangkan karena pada penelitian ini belum divariasikan lama perendaman.

DAFTAR PUSTAKA

Marsyahyo, E., Soekrisno, R., Heru S.B. Rocharjo, Jamasri., 2006 “Karakterisasi Hasil Perlakuan Kimia Alkali X%NaOH terhadap Topografi Permukaan, Kekuatan Tarik dan Model Patahan

- Serat Tunggal Rami (Boehmeria nivea).*” Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin V-BKSTM: 2-3
- Nugraha, I.P., 2015 “*Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Geser Interfacial Serat Alam Rami-Resin Epoxy.*” Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV ,: 2-4.
- Smith F.W., 1986. “*Principles of Materials Science And Engineering*”.Mc.Graw-Hill, Univ. Of Central Florida.
- Wibowo, R, D, 2014, “*Sifat Fisis Da Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Yang Di Treatment Menggunakan Kmno4,* Skripsi, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.