Pengaruh Konsentrasi *Alkali* dan Waktu Perendaman Terhadap Kuat Geser Rekatan pada Antarmuka Serat Serabut Kelapa-*Epoksi*

(*The Effect of Alkali Concentration and Immersion Time on the Interfacial Shear Strength of Coconut Fiber-Epoxy System*)

Moh Sholekan, NIM 20110130038
Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini merupakan prapenelitian pengembangan produk bahan baku komposit dari *thermoset* resin Epoksi dan serat (*fiber*) alami dari serabut kelapa serta bahan pengisinya (*filler*) mengunakan serat serabut kelapa (*coco fiber*). Bahan-bahan tersebut memiliki ketahanan kimiawi baik, kekuatan tarik tinggi dan lebih tahan terhadap uap air. Penelitian menggunakan metode eksperimen (*experimental research*) yaitu suatu penelitian yang subyeknya diberi perlakuan kemudian diukur akibat perlakuan pada diri subyek. Pada penelitian ini perlakuan diberikan pada *fiber* melalui perendaman serat serabut kelapa dalam larutan Alkali yang berbeda konsentrasi dan berbeda waktu rendaman. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan kotoran atau lapisan *lignin* yang menempel pada serat serabut kelapa agar bisa menghasilkan komposit ber*fiber* serabut kelapa baik.

Uji atau eksperimen dilakukan terhadap kekuatan tarik material komposit serat serabut kelapa-epoksi. Pengujian dilakukan pada spesimen serat tunggal, yang sebelumnya telah diberi perlakuan perendaman: 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, dan kadar larutan alkali: 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Pengujian komposit serat serabut kelapa/epoksi mengacu standar *American Society for Testing Material* (ASTM) D 3039/D 3039M untuk pengujian tarik dan ASTM D 4255/D 4255M-83 untuk pengujian geser.

Hasil-hasil eksperimen menyimpulkan bahwa kuat geser serat serabut kelapa ditentukan oleh konsentrasi Alkali dan lamanya perlakuan perendaman serat. Untuk konsentrasi Alkali tinggi waktu perendaman lebih singkat antara 0 sampai dengan 2 jam, akan menghasilkan pembersihan *lignin* yang cukup baik sehingga *interface* antara serat dengan matriks terjadi dengan sempurna. Hal tersebut menjadikan kuat geser yang dimiliki dari ikatan *interface* pun membesar.

Kata kunci : komposit, serat serabut kelapa, matriks, alkali, lignin, interface, kuat geser

1. Pendahuluan

Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, elastis, kuat, melimpah, ramah lingkungan serta ekonomis. Serat serabut kelapa yang dikombinasikan dengan epoksi sebagai matriks akan dapat menghasilkan komposit alternatif yang baik. Analisa perlakuan kimia dan fisik serat serabut kelapa diarahkan pada peningkatan kualitas serabut kelapa baik kualitas teknik (kekuatan dan keuletan). Serat alam mempunyai kemampuan untuk ditingkatkan kualitasnya (*biogradebility*) relatif baik.

Pentingnya perlakuan serat alam sebelum digunakan sebagai media penguatan pada komposit untuk menghasilkan ikatan *interface* serat-matrik yang baik (Rowel dan Han, 2000). Perlakuan yang dimaksud adalah perendaman serat alam dengan waktu tertentu untuk menghilangkan kotoran yang menempel ataupun lapisan *lignin* yang menempel

pada serat. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, banyak ilmuwan menggunaan larutan alkali NaOH sebagai bahan kimia yang dicampurkan ketika perendaman (Anonim, 2006).

Penelitian Setiyawan, A. (2007) mengenai hubungan antara perlakuan alkali pada serat komposit terhadap pengujian dinamik, bahwa perlakuan alkali pada serat dapat menaikan kekuatan impak komposit, yaitu optimal pada perlakuan alkali selama 3,25 jam. Lain halnya dengan Saputra, Y. E. (2007) dan Rahayu, L. R. (2007) yang menyatakan bahwa semakin lama perlakuan alkali semakin turun tegangan dan regangan bending komposit. Dari beberapa hasil penelitian sebelumnya, penelitian ini diharapkan mampu melengkapi temuan dalam mengem-bangkan rekayasa baru material komposit.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Material Komposit

Kata dasar komposit adalah "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat.

Komposit dan *alloy* memiliki perbedaan dari cara penggabungannya. Dimana komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat), sedangkan *alloy* digabung secara mikros-kopis sehingga tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975 dalam Masruri, 2011).

2.2 Unsur penyusun Komposit

Komposit terdiri dari matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), fiber sebagai penguat (penahan beban utama), interfasa (pele-kat antar dua penyusun) dan interface (permuka-an fasa yang berbatasan dengan fasa lain).

Fiber sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, sedangkan matriks memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser dan mampu mendistribusikan beban. Serat *(fiber)* berfungsi untuk memberikan kekuatan pada material matriks dengan cara memindahkan gaya dari beban yang dikenakan dari matriks yang lebih lemah pada fiber yang lebih kuat.

Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks, sehingga matriks dan serat saling berhubungan. Polimer yang digunakan sebagai matriks disebut resin. Dalam hal ini resin yang dipakai adalah resin epoksi merupakan jenis matrik *thermoset*, yang mana ketika dipanaskan pada tahap awal, termoset melunak dan mampu mengalir di dalam cetakan. Tapi pada temperatur yang tinggi, terjadi reaksi kimia yang mengeraskan material sehingga akhirnya menjadi padatan yang tidak mampu lebur kembali *(infusible solid)*. Resin epoksi juga memiliki stabilitas ukuran (penyusutan dalam proses *curing* kecil), mudah dalam pengerjaan, murah harganya, mempunyai kekuatan yang tinggi, ketahanan kimia yang baik serta mempunyai daya rekat yang bagus terhadap berbagai jenis serat. Epoksi atau *polypoxyde* adalah sebuah polimer *thermo-set* yang terbentuk dari reaksi 2 campuran, satu epoksi *hardener* tipe *general porpose (polyami-noamida)*, kedua epoksi matrik tipe *general porpose (bispenola epichlorohidrin)*, dengan perbandingan 1:1.

2.3 Alkali

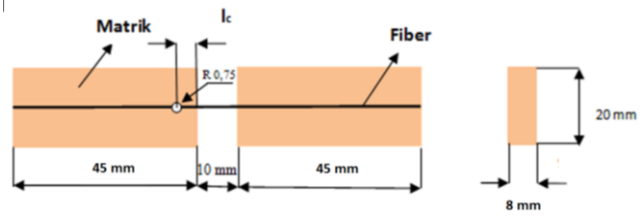
Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal dengan sebutan soda kaustik atau sodium hidroksida, yang merupakan sejenis basa logam kaustik. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat selulosa telah diteliti dan dan dilaporkan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami hydrophilic serat dapat memberikan kekuatan interfacial dengan matriks polimer secara optimal (Bismarck dkk, 2002).

2.4 Antarmuka Serat/Matrik

Antar muka serat-matriks atau *interface* ditandai dengan adanya diskontinuitas. Adanya rekatan *interface* yang kuat menyebabkan beban yang diterima serat lebih besar daripada matrik. Sehingga matriks akan mengalami gagal geser memanjang arah serat dan menyebabkan patah britel dengan banyak permukaan patahan. Rekatan *interface* yang lemah maka *debonding* akan terjadi, dan membentuk patahan banyak (Agarwal, 1990).

2.5 Kekuatan tarik Komposit

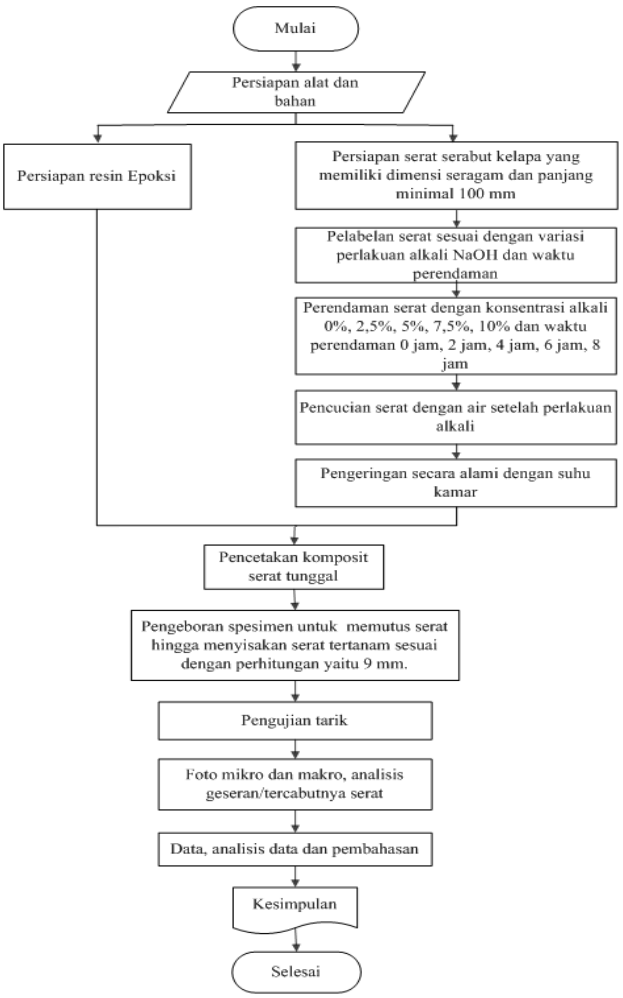
Uji tarik bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan pengujian tarik dapat diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan dan mengetahui sejauh mana material bertambah panjang.



Gambar 1. Bentuk Spesimen

3. Metode Penelitian

Alur atau sistematika penelitian ini seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan membuat sampel dan menguji sampel komposit serat serabut kelapa/epoksi mengacu standar *American Society for Testing Material* (ASTM) D 3039/D 3039M untuk pengujian tarik dan ASTM D 4255/D 4255M-83 untuk pengujian geser. Jumlah masing-masing sampel uji tiga buah dan proses perendaman serat dengan larutan air dan alkali NaOH dengan volume 500 cc. Larutan air dan alkali NaOH dengan konsentrasi alkali NaOH sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Resin yang digunakan sebagai matriks pada penelitian ini yaitu Eposchon A sebagai epoksi primer dan Eposchon B sebagai hardener dengan perbandingan 1:1. Manufaktur resin ini oleh PT. Justus Kimiaraya Jakarta.

Data hasil pengujian mekanis dipresen-tasikan dalam bentuk grafik, dianalisis dengan membandingkan terhadap hasil-hasil penelitian terdahulu. Hasil pengujian pada spesimen didapatkan karakteristik patahan *fiber pull out* sedangkan yang lainnya mengalami *fiber breakage* (putus). Kuat geser antar-muka dihitung dengan menggunakan persamaan (a) sedangkan kuat tarik dihitung menggunakan persamaan (b).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{..... (a)}$$

Keterangan :
σ = tegangan tarik (MPa)
A = luas penampang (mm^2)
P = beban tarik maksimum (N)

$$\tau = \frac{P}{A} \quad \text{..... (b)}$$

Keterangan :
τ = tegangan geser (MPa)
P = beban tarik maksimum (N)
A = luas bidang geser (mm2)

4. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran kekuatan tarik komposit yang berstruktur serat serabut kelapa dilakukan melalui pengujian tarik serat tunggal Spesimen I, II dan III dengan laju pembebanan 2 mm/detik didapat harga beban tarik maksimum, P_{max} (N) saat serat tercabut. Harga kekuatan tarik didapat dari besarnya gaya atau beban maksimum pada waktu serat tercabut atau putus. Selanjutnya harga P_{max} (N) tarik dari ketiga spesimen pada penelitian ini dibagi luas bidang geser (mm^2) untuk mendapatkan harga tegangan geser rata-rata (MPa).

4.1 Analisis Perbandingan Antar Perlakuan

Di bawah ini adalah hasil uji tarik tegangan geser antara ikatan serat dan matriks dengan perlakuan perendaman serat serabut kelapa yang berbeda durasi waktu perendaman: 0, 2, 4, 6 dan 8 jam dan kadar larutan alkali: 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%.

Tabel 1. Data Waktu Perendaman dan Kuat Geser Rata-rata rekatan *Interface*

Alkali	Waktu Perendaman (jam)	MPa Rata-rata
0%	0	0,454
	0	0,454
	0	0,454
0%	2	0,369
	4	0,416
	6	0,405
	8	0,426
2,5%	2	0,451
	4	0,392
	6	0,549
	8	0,410

5%	2	0,378
	4	0,329
	6	0,370
	8	0,618
7,5%	2	0,478
	4	0,513
	6	0,335
	8	0,399
10%	2	0,651
	4	0,578
	6	0,520
	8	0,431

Dari hasil uji tarik yang dilakukan, ikatan *interface* antara matriks dan serat yang paling baik diperoleh dari uji tarik perlakuan perendaman serat 2 jam pada Alkali 10%, dimana pada perlakuan ini diperoleh tegangan geser rata-rata sebesar 0,651 MPa yang merupakan gaya geser terbesar pada eksperimen ini.

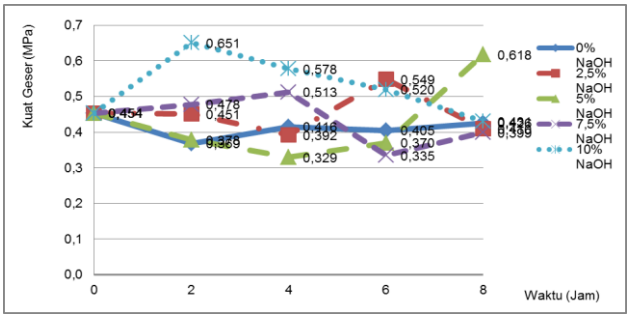
4.2 Analisis Pengaruh Konsentrasi Alkali dan Waktu Perendaman Serat

Diperoleh kenyataan dari serangkaian data yang didapat dalam eksperimen, bahwa kuat geser rata-rata rekatan *interface* komposit dipe-ngaruhi oleh konsentrasi Alkali dan waktu perendamannya. Terlihat bahwa kuat geser rata-rata *interface* terbesar adalah perlakuan peren-daman 2 jam pada konsentrasi Alkali 10%, yaitu sebesar 0.651 Mpa. Pada kondisi ini analisis foto mikro spesimen adalah sebagai berikut:

Gambar 3. Hasil Foto Mikro Spesimen Perendaman Serat 2 jam Konsentrasi Alkali 10%

Tampak sebagaimana foto di Gambar 3. di atas, ujung pemotongan serat berdimensi tebal. Kontak permukaan terlihat padu, mengindikasikan bahwa ikatan *interface* antara serat dan matriks terjadi baik. Pada permukaan lain dari serat terdapat *wax* akibat dari efek tarik ketika dilakukan uji tarik. Fenomena ini mengindikasikan ketahanan serat pada perlakuan ini, sehingga uji tarik berakibat pada matriks. Efek pencahayaan ada di tengah-tengah serat sebagai akibat permukaan yang cembung. Uji tarik pada perlakuan ini memperoleh tegangan geser rata-rata sebesar 0,651 MPa.

Keseluruhan perolehan eksperimen kuat tarik (geser) rata-rata *interface* dalam semua bauran konsentrasi Alkali dan waktu perenda-man serat serabut kelapa untuk komposit ini bisa dilihat pada Gambar 4. di bawah ini:



Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi alkali (NaOH) dan waktu perendaman terhadap kuat geser rekatan antar muka serat serabut kelapa/epoksi

Dari grafik diatas didapatkan bahwa tegangan kuat geser *interface* antara serat serabut kelapa dan epoksi tertinggi didapatkan pada perlakuan alkali (NaOH) 10% dan waktu perendaman selama 2 jam yaitu sebesar 0,65 MPa. Nilai kuat geser pada perlakuan alkali (NaOH) 10% terus mengalami penurunan seiring bertambahnya lama waktu perendaman. Pada waktu perendaman 4 jam nilai kuat geser mengalami penurunan menjadi 0,578 MPa, perendaman 6 jam nilai kuat geser 0,520 MPa, dan perendaman 8 jam nilai kuat geser 0,431 MPa. Hal ini disebabkan karena pada fase konsentrasi tersebut, serat sudah mengalami pengelupasan kotoran *(lignin)* dan alkali mengikis permukaan serat.

Nilai kuat geser pada perlakuan alkali 7,5% diperoleh nilai yang berbeda untuk setiap waktu perendaman. Perlakuan alkali dengan variasi waktu perendaman 2 jam diperoleh nilai 0,478 MPa, variasi waktu perendaman 4 jam diperoleh nilai 0,513 MPa, variasi waktu perendaman 6 jam diperoleh nilai 0,335 MPa dan variasi waktu perendaman 8 jam diperoleh nilai 0,399 MPa. Nilai kuat geser pada perlakuan alkali 7,5% dengan variasi waktu perendaman 2 jam dan 8 jam sebenarnya lebih tinggi dari 0,478 MPa dan 0,399 MPa karena serat mengalami putus pada saat pengujian tarik. Serat yang mengalami putus memiliki ikatan serat dengan matriks lebih tinggi dibanding kuat tarik pada saat pengujian tarik.

Nilai kuat geser pada perlakuan alkali 5% dengan variasi waktu perendaman 2 jam diper-oleh nilai 0,378 MPa, variasi waktu perendaman 4 jam diperoleh nilai 0,329 MPa, variasi waktu perendaman 6 jam diperoleh nilai 0,370 MPa dan variasi waktu perendaman 8 jam diperoleh nilai 0,618 MPa. Nilai kuat geser yang diperoleh dari variasi waktu perendaman 8 jam lebih tinggi dari variasi waktu perendaman yang lainnya karena

diameter serat yang lebih besar dengan permukaan tidak rata atau cenderung kasar dengan diameter serat membesar dari arah tarikan.

Nilai kuat geser pada perlakuan alkali 2,5% dengan variasi waktu perendaman 2 jam diperoleh nilai 0,451 MPa, variasi waktu peren-daman 4 jam diperoleh nilai 0,392 MPa, variasi waktu perendaman 6 jam diperoleh nilai 0,549 MPa dan variasi waktu perendaman 8 jam diperoleh nilai 0,410 MPa. Nilai kuat geser tertinggi diperoleh dari variasi waktu perendaman 6 jam dikarenakan diameter serat yang lebih besar sehingga beban (P) yang dihasilkan besar.

Nilai kuat geser pada perlakuan alkali 0% dengan variasi waktu perendaman 2 jam diperoleh nilai 0,369 MPa, variasi waktu perendaman 4 jam diperoleh nilai 0,416 MPa, variasi waktu perendaman 6 jam diperoleh nilai 0,405 MPa dan variasi waktu perendaman 8 jam diperoleh nilai 0,426 MPa. Nilai kuat geser yang diperoleh dari variasi waktu perendaman 4 jam sebenarnya lebih tinggi dari 0,416 MPa karena serat mengalami putus pada saat pengujian tarik. Serat yang mengalami putus memiliki ikatan serat dengan matriks lebih tinggi dibanding kuat tarik pada saat pengujian tarik.

Dari rangkaian eksperimen dalam penelitian ini bisa disimpulkan bahwa kuat geser tertinggi, yakni 0.651 MPa dihasilkan melalui perlakuan perendaman selama dua jam dengan konsentrasi larutan alkali 10%. Berikutnya perlakuan perendaman delapan jam pada larutan Alkali 5% menghasilkan kuat geser 0,618 MPa. Kemudian pada perlakuan perendaman 4 (empat) jam dengan konsentrasi Alkali 7,5%, yakni 0,513 MPa. Selanjutnya pada perlakuan perendaman 6 (enam) jam pada larutan alkali 2,5% menghasilkan kuat geser sebesar 0.549 MPa. Terakhir pada perlakuan perendaman 0% Alkali selama 8 (delapan) jam memberikan tegangan geser rata-rata *interface* sebesar 0,426 MPa.

4.3 Pembahasan

Perolehan angka-angka tegangan (kuat) geser rata-rata *interface* komposit pada ekperimen dalam penelitian ini pada kenyataannya tidak dihasilkan hanya dari perlakuan waktu perendaman serat serabut kelapa atau hanya dari perlakuan konsentrasi Alkalinya saja. Akan tetapi kuat geser rata-rata *interface* lebih disebabkan oleh bauran perlakuan keduanya, yakni variasi antara waktu perendaman dan konsntrasi larutan Alkali.

Hal ini terbukti kuat geser terbesar pada perlakuan perendaman serat selama 2 jam diperoleh pada konsentrasi Alkali 10%. Pada perlakuan perendaman serat selaama 4 jam kuat geser rata-rata diperoleh pada konsentrasi Alkali 10%, yaitu 0,578 Mpa. Pada perlakuan perendaman 6 jam kuat geser rata-rata terjadi pada konsentrasi Alkali 2,5% yakni sebesar 0.549 Mpa. Terakhir perlakuan perendaman serat selama 8 jam, kuat geser rata-rata diperoleh pada konsentrasi Alkali 5% yaitu 0.618 Mpa.

Hasil penelitian Saputra Y.E. (2007) dan Rahayu L.R. (2007) yang menyatakan bahwa semakin lama perlakuan alkali semakin turun tegangan dan regangan bending komposit tidak berlaku sepenuhnya pada penelitian ini. Sebab untuk konsentrasi Alkali 5% tegangan atau kuat geser rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan perendaman delapan jam; artinya semakin lama perendaman serat serabut kelapa akan menghasilkan kuat tarik *fiber* yang baik sehingga mampu mengkontribusi kuat geser rata-rata *interface* semakin baik. Sementara untuk konsentrasi larutan Alkali 10% tegangan geser tertinggi diperoleh pada perlakuan perendaman dua jam, dan semakin lama perendaman kuat geser rata-ratanya cenderung menurun. Artinya, perlakuan perendaman serat serabut kelapa pada konsentrasi Alkali yang semakin tinggi (10%) akan menghasilkan kuat tarik *fiber* yang semakin menurun dan akan mengkontribusi kuat geser rata-rata *interface* yang juga cenderung menurun. Artinya dalam penelitian ini ditemukan kesimpulan bahwa kuat tarik serat serabut kelapa ditentukan oleh konsentrasi Alkali dan lamanya perlakuan perendaman serat. Untuk konsentrasi Alkali tinggi waktu perendaman lebih singkat –antara 0 sampai dengan 2 jam, akan menghasilkan pembersihan *lignin* yang cukup baik sehingga interface antara serat dengan matriks terjadi dengan sempurna. Hal tersebut menjadikan kuat geser yang dimiliki dari ikatan tersebut besar pula.

Kekuatan komposit sepenuhnya ditentukan oleh kesenyawaan kekuatan matriks dan fiber. Dimana kesenyawaan keduanya ditentukan oleh interfasa dan interface bahan matrik dan fiber dari komposit tersebut. Untuk fiber dengan menggunakan serat alami, sebagaimana dilakukan pada penelitian ini, memerlukan perlakuan tertentu untuk bisa menghasilkan kuat geser interface (komposit) tertentu. Hal ini sebagaimana Schwartz (1984) menyatakan bahwa aspek yang penting dalam penunjukkan sifat-sifat mekanis dari komposit adalah optimasi dari ikatan interface antara fiber dan matrik yang digunakan. Mengapa demikian, sebab fiber berperan dalam memberikan kekuatan komposit sementara matrik memberi-kan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser dan mampu mendistribusikan beban.

5. Kesimpulan

Berdasar pada analisa dari data hasil pengujian tentang pengaruh konsentasi alkali dan waktu perendaman alkali sesuai tahapan perlakuan terhadap serat serabut kelapa pada matriks epoksi maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi Alkali berpengaruh terhadap kuat geser rata-rata antarmuka serat-matriks dan mampu mengkontribusi kekuatan 0,651 MPa pada konsentrasi alkali 10% pada waktu perendaman 2 jam.
2. Waktu perendaman alkali memberikan pengaruh terhadap kuat geser rata-rata antarmuka serat-matriks pada komposit. Semakin lama waktu perendaman alkali dengan konsentrasi yang tinggi (10%) akan menghasilkan kuat tarik *fiber* yang semakin menurun dan akan mengkontribusi kuat geser rata-rata *interface* yang juga cenderung menurun.
3. Dari 63 spesimen serat tunggal yang dilakukan pengujian, sebagian besar serat mengalami *fiber pull out* sebesar (78%) sedangkan 22% spesimen serat tunggal mengalami putus**.**

Daftar Pustaka

Anonim, 1998, *"Annual Book ASTM Standart",* USA.

Agarwal,B. 1990. *"Analysis and Performance of Fiber Composite", Second edition.* Wiley Interscince. USA.

Bismarck, A., Askargorta, I.A., Lamphe, T., Wielaye, B., Stamboulis, A.,Skenderovich, I., Limbach, H.H., 2002, *"Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibres: Surface Properties and the Water Uptake Behavior, Polymer Composite Vol 23, no. 5",* Technical University of Berlin, Institute of Chemical Technology Department of Macromolecular Chemistry, TC06 D-10623 Berlin, Germany.

http://en.wikipedia.org.wiki/Resin

http://kelapaindonesia2020,2012

http://www.bppt.go.id,/index.php

Jones, R.M., 1975, *"Mechanics of Composite Materials, Institute of Technology",* Mc Graw-Hill, Washington D.C.

Masruri, 2011, "*Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman Serat Cantula Terhadap Sifat Mekanik (Bending, Tarik Paku, Daya Permesinan) Dan Densitas Pada Komposit Semen Serbuk Aren-Cantula",* Tugas akhir S1 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

PT. Justus Kimia Raya,2001.*"Technical Data Sheet",* PT. Justus Kimia Raya : Jakarta.

Rahayu, L. R., 2007, "*Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/epoxy Resin Serat Pendek Random",* Skripsi, UNNES, Semarang.

Rowell, R,M., Han, J.S and Rowell, J.S., 2000, *"Characterization and Factors Effecting Fiber Properties: Natural Polimers and Agrofibers Composites.Preparation, Properties and Application"*. Emrapa Instrumentacao Agropecuria, Brasil.

Sangaji, Etta Mamang dan Sopiah. 2010. *Metodologi Penelitian, Pendekatan Praktis dalam Penelitian*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Saputra, Y. E., 2007, *Jurnal Teknik Pomits Vol. 1 No. 2 ISSN: 2301 - 9271,* Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Schwartz, M.M., 1984, *"Composite Material Handbook"*, Mc Graw-Hill, Singapura.

Setiyawan, A., 2007, " *Kajian Pengaruh Fraksi Volume Dan Perlakuan Alkali Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Nanas-Nanasan Dengan Matrik Poliester",* Tugas Akhir , Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Sudarisman, 2009, *"Flexural behavior of hybrid FRP composites",* thesis, Curtin University of Technology, Australia.