

## Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Diameter Serat Terhadap Kuat Geser Rekatan pada Antar-muka Serat Sabut Kelapa-Poliester

Sudarisman<sup>1,a</sup>, Muh. Budi Nur Rahman<sup>1</sup>, dan Irvan M. Ishaq<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Yogyakarta 55183.

<sup>2</sup>Alumni, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Yogyakarta 55183.

<sup>a</sup>Corresponding author: [sudarisman05@yahoo.com.au](mailto:sudarisman05@yahoo.com.au)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi alkali dan diameter serat terhadap kuat geser rekatan pada antar-muka serat sabut kelapa dengan matrik poliester. Dengan demikian maka akan dapat diketahui panjang minimum serat tersebut untuk dapat memanfaatkan secara optimal potensi kekuatannya dengan biaya dan upaya penyiapan serat seminimal mungkin. Serat sabut kelapa, diperoleh dari buah kelapa lokal yang sudah tua namun belum kering. Setelah dicabut dari gumpalan sabutnya satu persatu, serat-serat tersebut dicuci dengan air mengalir. Serat kemudian dikeringkan, direndam dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% berat, selama dua jam untuk membersihkan lemak dan *pectin* yang masih tersisa. Selanjutnya dinetralkan dengan cara merendamnya dalam air selama dua hari yang setiap enam jam rendaman diaduk dan air perendamnya diganti. Akhirnya serat-serat tersebut dibilas dengan air mengalir, kemudian dikeringkan pada suhu kamar. Sebelum dibenamkan ke dalam matrik poliester Yukalac C 108 B dengan katalis MEKPO, serat-serat tersebut dikelompokkan menurut diameternya dan diambil sampel untuk diukur diameternya melalui foto mikronya. Diperoleh diameter rata-rata 220  $\mu\text{m}$  untuk serat kecil, 444  $\mu\text{m}$  untuk serat sedang, dan 652  $\mu\text{m}$  untuk serat besar. Spesimen dibuat dengan dicetak secara individual. Pengujian dilakukan dengan menarik specimen sehingga terlepas antara kedua bagiannya. Sedangkan untuk mengetahui moda gagal pada dan di sekitar antar-muka dilakukan analisis foto makro yang diambil segera setelah dilakukan pengujian.

Dari penelitian diperoleh bahwa semakin besar diameter serat, kuat geser rekatan pada antar-mukanya semakin rendah. Untuk serat kecil dan sedang semakin tinggi konsentrasi alkali akan semakin rendah kuat geser rekatan pada antar-mukanya, tetapi sebaliknya untuk serat besar. Kuat geser rata-rata tertinggi diperoleh untuk serat kecil dengan perendaman pada air tanpa NaOH yaitu sebesar 2,08 MPa, dan terendah untuk serat besar dengan perendaman pada larutan dengan konsentrasi NaOH 5% yaitu sebesar 0,27 MPa. Untuk serat sedang diperoleh kuat geser tertingginya sebesar 0,69 MPa, dan untuk serat besar diperoleh nilai kuat geser tertingginya sebesar 0,45 MPa.

**Keywords:** konsentrasi NaOH, diameter serat, serat sabut kelapa, matrik poliester, kuat geser antar-muka

### Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya menjaga kelestarian alam, serat alami makin banyak digunakan sebagai penguat material komposit misalnya untuk dinding pintu, papan panel instrumen, bagian-bagian tempat duduk, dan dinding dalam bagasi mobil (Brosius 2006). Serat tersebut digunakan sebagai substitusi serat sintetis yang sulit terurai di alam pasca masa pakainya. Selain karena lebih mudah terurai secara alami, dibandingkan dengan serat sintetis, beberapa serat alami pada umumnya memiliki masa jenis yang lebih kecil, mudah diperoleh secara local, dan

memiliki sifat menyekat panas dan meredam suara (Brosius 2006).

Beberapa penelitian tentang sabut kelapa telah dilaporkan. Prasetya (2007) melaporkan bahwa kekuatan *bending* material komposit serat sabut kelapa yang dikenai perlakuan alkali (larutan NaOH 5%) selama 0, 2, 4 dan 6 jam, dibenamkan dalam matrik poliester dengan metode cetak tekan pada  $V_f$  antara 15%–45%, kemudian diuji mengacu pada standar ASTM D790 pada sebuah UTM merk TORSEE, adalah tertinggi diperoleh pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan alkali selama enam jam pada  $V_f = 33,2\%$  sebesar 45,31 (MPa). Komposit yang diperkuat serat dengan 2 jam perlakuan alkali memiliki modulus *bending* tertinggi, pada  $V_f =$

24,4% yaitu sebesar 3,7 (GPa). Penampang patahan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali memiliki moda gagal *fiber pull-out* dengan cabutan serat yang lebih panjang, sedangkan pada spesimen yang diperkuat serat dengan perlakuan alkali selain *fiber pull-out* juga terdapat *debonding*. Adanya *fiber pull-out* menunjukkan bahwa kuat geser rekatan pada antar-muka serat-matrik rendah yang mungkin disebabkan perlakuan alkali yang dilakukan belum optimal.

Nurmaulita (2010) melaporkan bahwa bentuk susunan dan persentase kandungan serat berpengaruh pada karakteristik papan komposit serat sabut kelapa dengan resin poliester. Kuat tarik rata-rata optimal adalah pada susunan serat unidireksional dengan persentase berat 20% yaitu 275,3 kg.f/cm<sup>2</sup>. Kuat lentur optimal diperoleh pada susunan serat unidireksional dengan persentase berat serat 20% yaitu 556,4 kg.f/cm<sup>2</sup>, sedangkan kuat impak optimal adalah pada susunan serat silang dengan persentase berat serat 20% yaitu 3,86 J/mm<sup>2</sup>.

Penelitian lain, Sabari (2009), melaporkan bahwa material komposit bermatrik poliester 157 BQTN-EX dengan katalis MEKPO yang diperkuat anyaman 3D serat sabut kelapa mencapai kuat tarik (ASTM D 638-02) tertinggi sebesar 8,41 MPa pada  $V_f = 50\%$ , sedangkan modulus elastisitas rata-rata tertinggi sebesar 106,78 MPa pada  $V_f = 40\%$ . Ketangguhan impak (ASTM D 256-00) rata-rata tertinggi diperoleh pada  $V_f = 40\%$  sebesar 0,031 J/mm<sup>2</sup>.

Penelitian Siddiq (2010) menunjukkan bahwa kekuatan, regangan patah dan modulus elastisitas tarik material komposit serat sabut kelapa unidireksi- onal/epoksi semakin tinggi seiring dengan naiknya fraksi volume serat. Kekuatan bending menurun dengan semakin tingginya  $V_f$ , sedangkan modulus elastisitas dan regangan patah menunjukkan sebaliknya. Kekuatan tarik rata-rata tertinggi diperoleh pada  $V_f = 55,6\%$  yaitu 30,77 MPa, regangan patah rata-rata tertinggi pada  $V_f = 31,7\%$  yaitu 0,41 mm/mm, dan modulus elastisitas rata-rata tertinggi pada  $V_f = 0\%$  (poliester tanpa serat) dan  $V_f = 55,6\%$  yaitu 0,13 GPa. Kuat *bending* rata-rata tertinggi diperoleh pada  $V_f = 0\%$  sebesar 77,93 MPa, harga regangan patah tertinggi diperoleh pada  $V_f = 55,6\%$  sebesar 0,0492 mm/mm, modulus elastisitas rata-rata tertinggi pada  $V_f = 55,6\%$  yaitu 1,65 GPa. Pengamatan foto makro permukaan patahan menunjukkan bahwa moda patah yang terjadi didominasi oleh *debonding* yang diikuti *fiber pullout* hampir pada semua persentase kandungan serat.

Sudarsono, dkk. (2010) dari penelitiannya tentang

pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan pengikat lem kopal melaporkan bahwa pengujian berat jenis, terlihat bahwa papan partikel dengan perbandingan berat serat : lem = 1 : 6 mempunyai berat jenis terkecil, sedangkan *MOE bending* tertinggi diperoleh pada perbandingan berat serat : lem = 1 : 6 yaitu 89,201 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan *MOR bending* tertinggi diperoleh pada perbandingan berat serat : lem = 1 : 5 yaitu 2,455 kg/mm<sup>2</sup>.

Penelitian-penelitian tersebut mengkaji pemanfaatan serat sabut kelapa sebagai material penguat komposit bermatrik polimer atau lem kopal. Secara umum dapat dikatakan bahwa kekuatan, modulus elastisitas maupun regangan patahnya masih relatif rendah. Beberapa diantaranya melaporkan bahwa permukaan patahan menunjukkan moda gagal *debonding* dan *fiber pull-out*, yang mungkin disebabkan oleh lemahnya rekatan pada antar-muka serat-matrik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali, dalam hal ini kadar NaOH, dalam penyiapan serat dan diameter serat terhadap kuat geser rekatan antar-muka serat-matrik pada sistem serat sabut kelapa-poliester. Dengan diperolehnya harga ini maka diharapkan kekuatan, modulus elastisitas dan regangan patah material komposit yang dihasilkan akan dapat ditingkatkan.

## Metoda Eksperimen

### Material

Sebagai matrik yang sekaligus berfungsi sebagai pemegang serat (*holder*) dipilih poliester yang terdiri atas resin Yukalac C 108 B dengan katalis *methylethyl ketone peroxide* (MEKPO) yang diproduksi oleh PT. Justus Kimiaraya, Jakarta. Sesuai dengan petunjuk dari produsennya, perbandingan massa resin terhadap katalis adalah 100 : 1. Dipilihnya resin ini karena mudah diperoleh di pasaran dan murah sehingga produk yang dihasilkan secara ekonomis akan dapat bersaing di pasaran. Sedangkan serat sabut kelapa diperoleh dari kulit buah kelapa lokal kabupaten Bantul.

Serat diambil dari kulit buah kelapa yang sudah tua, namun belum kering, dengan cara mencabut satu persatu. Serat yang panjangnya kurang dari 12 cm tidak digunakan agar pengaturannya di dalam cetakan lebih mudah. Serat tersebut kemudian dicuci pada air mengalir sampai bersih dari kotoran padat yang masih tercampur, kemudian ditiriskan dan dikeringkan pada suhu kamar. Selanjutnya diberikan perlakuan alkali dengan merendamnya di dalam larutan NaOH dalam air untuk membersihkan lemak dan *pectin* sehingga rekatan antar-mukanya dapat ditingkatkan (Viel, 2013). Kandungan NaOH divariasikan 0% (tanpa NaOH), 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% selama 2 jam. Serat tersebut kemudian dinetralkan dengan cara merendamnya dalam

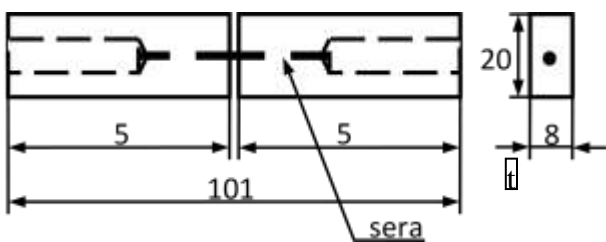
air selama tiga hari, yang setiap enam jam rendaman diaduk dan airnya diganti. Setelah tiga hari, serat diangkat dari rendaman, ditiriskan dan dikeringkan perlahan pada suhu kamar agar terjadi pengeringan yang merata antara bagian luar dan dalamnya sehingga bebas dari tegangan sisa akibat perbedaan kelembaban.

Serat yang sudah kering kemudian dipisahkan menurut ukuran ‘diameter’nya menjadi kecil, sedang dan besar. Setiap kelompok ukuran tersebut diambil sampel secara acak, masing-masing sebanyak 15 batang untuk diukur di bawah mikroskop. Dari pengukuran diperoleh ‘diameter’ 154  $\mu\text{m}$  – 307  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 220  $\mu\text{m}$  untuk serat kecil, 356  $\mu\text{m}$  – 587  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 444  $\mu\text{m}$  untuk serat sedang, dan 450  $\mu\text{m}$  – 818  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 652  $\mu\text{m}$  untuk serat besar.

### Peperiapan Spesimen

Spesimen dibuat dengan cara dicetak satu persatu. Bentuk dan ukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 1. Sebelum serat diletakkan, dinding dalam cetakan dioles dengan vaselin agar hasil cetakan mudah dilepas. Celah antara kedua pemegang serat (*holders*) dibuat dengan cara menyisipkan plat mika berlubang yang kedua permukaannya telah diolesi dengan vaselin. Dengan hati-hati, serat diletakkan tepat di tengah penampang lintang sepanjang spesimen, kemudian campuran resin dengan katalis yang telah disiapkan dituangkan ke dalam cetakan. Setelah sekitar empat jam, spesimen telah keras, dilepas dari cetakannya, dan plat mikanya dilepas.

Agar kapasitas gaya geser antar-muka tidak lebih besar dari kapasitas gaya tarik pada serat, maka panjang serat tertanam dibuat bervariasi. Untuk setiap kelompok ukuran serat digunakan tiga



**Gambar 1.** Bentuk dan ukuran (milimeter) spesimen

variasi panjang serat tertanam seperti disajikan pada Tabel 1. Panjang serat tertanam diperoleh dengan memotong serat yang telah dibenamkan dalam matrik dengan cara membor dengan mata bor berdiameter 3 mm arah memanjang serat dimulai dari ujung bebas pemegang serat, seperti terlihat pada Gambar 1 di atas. Persiapan terakhir spesimen adalah dengan memberi label pada setiap spesimen.

Spesimen yang telah siap diuji, dibebani dengan cara ditarik pada UTM Controlab TN20MD sampai kedua bagian spesimen terpisah satu dari yang lain.

**Tabel 1.** Variasi panjang serat tetanam (mm)

Diameter serat	Kecil	Sedang	Besar
Panjang serat	1, 1,5, 2	2, 3, 4	3, 4, 5

Pemasangan specimen pada mesin uji harus dilakukan dengan sangat hati-hati, dan diperhatikan bahwa posisi memanjang serat tepat pada arah pembebanan. Sebagian besar spesimen dengan perlakuan NaOH sampai dengan 7,5% mengalami gagal geser pada antar-muka serat-matrik yang ditandai dengan tercabutnya serat (*fiber pull-out*) dari pemegangnya, hanya beberapa spesimen yang mengalami gagal dengan putusya serat (*fiber breakage*) pada celah yang telah disiapkan. Sedangkan pada perlakuan NaOH 10% tidak ada yang mengalami gagal geser, sehingga data untuk perlakuan ini tidak diikuti dalam analisis. Untuk mengurangi pengaruh tingkat akurasi pengukuran besar beban pada pengujian ini, dilakukan koreksi dengan menghitung nilai rata-rata skala pada grafik hasil pengujian kemudian beban maksimum terkoreksi diperoleh dengan mengalikan tinggi grafik dengan skala tersebut. Besar kuat geser rekatan antar-muka dihitung dengan persamaan (1) (Zhandarov dan Mader, 2005).

$$\tau = \frac{F}{\pi d l} \quad (1)$$

dengan  $F$ ,  $d$  dan  $l$  berturut-turut adalah gaya tarik maksimum (N), diameter serat (mm), dan panjang serat tertanam (mm).

Sejara setelah diuji tarik, spesimen tersebut dipersiapkan untuk diambil foto makro dan foto mikronya. Persiapan dilakukan dengan membelah spesimen tepat pada tengah serat pada arah memanjangnya, dipoles sehingga terlihat jelas kondisi permukaan bekas antar muka serat-matrik. Foto makro diambil dengan menggunakan kamera digital Canon IXUS 100 IS beresolusi 12,1 MP, sedangkan foto mikro menggunakan mikroskop merk Zeiss tipe Axiolab beresolusi 5 MP. Dengan pengamatan pada bekas antar-muka tersebut dapat diketahui apakah kegagalan tercabutnya serat akibat adanya *debonding* pada antar-muka atau karena terjadi gagal geser setempat atau lokal pada arah memanjang (*longitudinal local shear*) di sekitar antar-muka tersebut. Luas penampang dan keliling serat dihitung dari foto mikro penampang serat dengan bantuan perangkat lunak terbuka (*open source software*) ImageJ (NIH, 2011).

### Hasil dan Pembahasan

#### Hubungan Beban-Perpanjangan

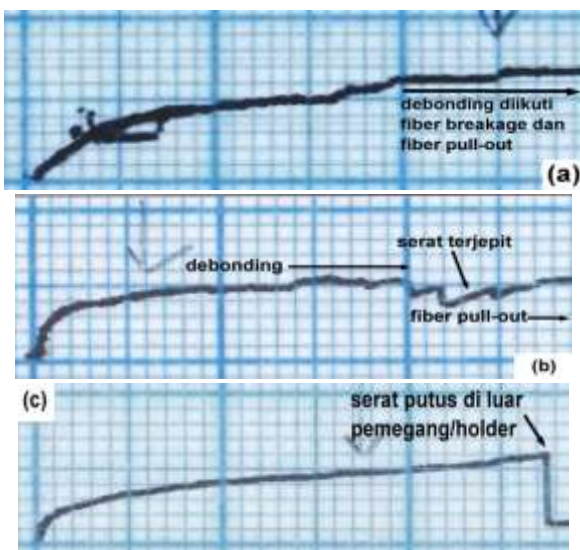
Beberapa contoh grafik hasil pengujian untuk variasi diameter serat dan konsentrasi NaOH ditunjukkan pada

Gambar 2. Terlihat bahwa laju kenaikan besar gaya penarik untuk berbagai variasi berbeda antara satu variasi dengan variasi lainnya. Pada diameter serat kecil terlihat beban maksimum,  $P_{max}$ , tidak terlalu tinggi. Hal ini dapat disebabkan luas penampang serat maupun luas antar-mukanya yang kecil, dan juga dapat disebabkan perbedaan perlakuan alkalinnya.

Pola hubungan beban dengan perpanjangan pada Gambar 2 menunjukkan kenaikan besar beban sampai dengan maksimum kemudian diikuti fenomena yang berbeda. Pada Gambar 2(a) terlihat bahwa setelah tercapai beban maksimum diikuti beban relatif konstan kemudian sedikit menurun. Pola ini menunjukkan setelah tercapai beban maksimum mulai terjadi *debonding* pada antar-muka, kemudian diikuti putusya serat karena antar-muka tak lagi mampu menahan beban sehingga sebagian besar beban ditransfer ke serat. Selanjutnya terjadi *fiber pull-out*. Gambar 2(b) mengalami kejadian yang sama dengan Gambar 2(a) sampai dengan awal terjadinya *fiber pull-out*. Namun karena ada bagian serat yang tercabut yang lebih besar dari bagian di depannya, maka bagian tersebut akan terjepit ketika memasuki lubang bekas bagian di depannya yang lebih kecil, sehingga terjadi fluktuasi beban. Sedangkan Gambar 2(c) menunjukkan serat putus di luar pemegang (*holder*) akibat serat yang tertanam terlalu panjang sehingga beban geser anta-muka yang mampu ditahannya lebih besar dari beban tarik yang mampu ditahan oleh seratnya.

**Pengaruh konsentrasi NaOH**

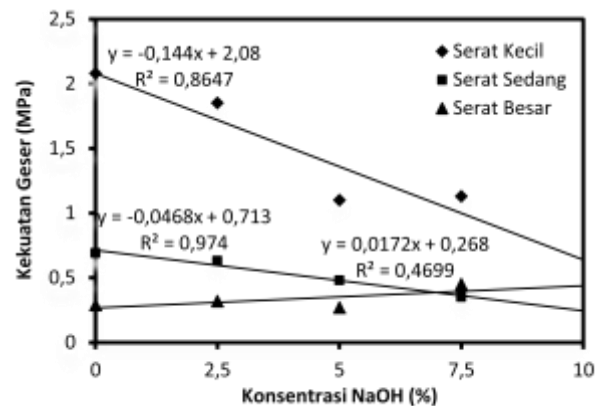
Hubungan antara konsentrasi NaOH larutan



**Gambar 2.** Tiga pola hubungan beban-perpanjangan yang berbeda: (a) serat sedang tanpa NaOH, (b) serat kecil - NaOH = 7,5%, (c) serat sedang - NaOH = 10%.

perendam serat dengan kekuatan geser rata-rata *interface* serat-matrik ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat bahwa, kecuali untuk serat besar, kekuatan geser rata-rata pada antar-muka serat-matrik turun dengan naiknya konsentrasi NaOH. Kuat geser tertinggi diperoleh untuk serat kecil dengan perendaman serat tanpa NaOH yaitu sebesar 2,08 MPa, kemudian turun sampai mencapai 1,13 MPa untuk perendaman serat dengan larutan NaOH 7,5%. Untuk serat berdiameter sedang nilai tertinggi juga diperoleh pada perendaman tanpa NaOH yaitu sebesar 0,69 MPa, kemudian turun sampai dengan 0,35 MPa untuk serat dengan perendaman dalam larutan NaOH 7,5%. Secara umum kuat geser rekatan antar-muka serat-matrik untuk serat besar adalah yang paling rendah. Selain itu, fenomena sebaliknya terlihat untuk serat besar yakni meningkatnya kuat geser rekatan permukaan dengan naiknya konsentrasi NaOH larutan perendam serat. Untuk perendaman serat dengan air, tanpa NaOH, diperoleh kuat geser rekatan permukaan antar-muka serat-matrik sebesar 0,29 MPa, kemudian meningkat mencapai 0,45 MPa untuk serat dengan perendaman dalam larutan NaOH 7,5%. Dibandingkan dengan kuat geser rekatan antarmuka serat sisal-polyethylene yang diberi perlakuan alkali, 2,66 MPa, (Torres, dan Cubillas 2005), hasil ini masih jauh dibawahnya, tetapi dibandingkan dengan kuat geser rekatan antar-muka serat agave-HDPE, 0,36-0,74 (MPa) (Joseph *et al.* 1996) masih sedikit lebih tinggi dari.

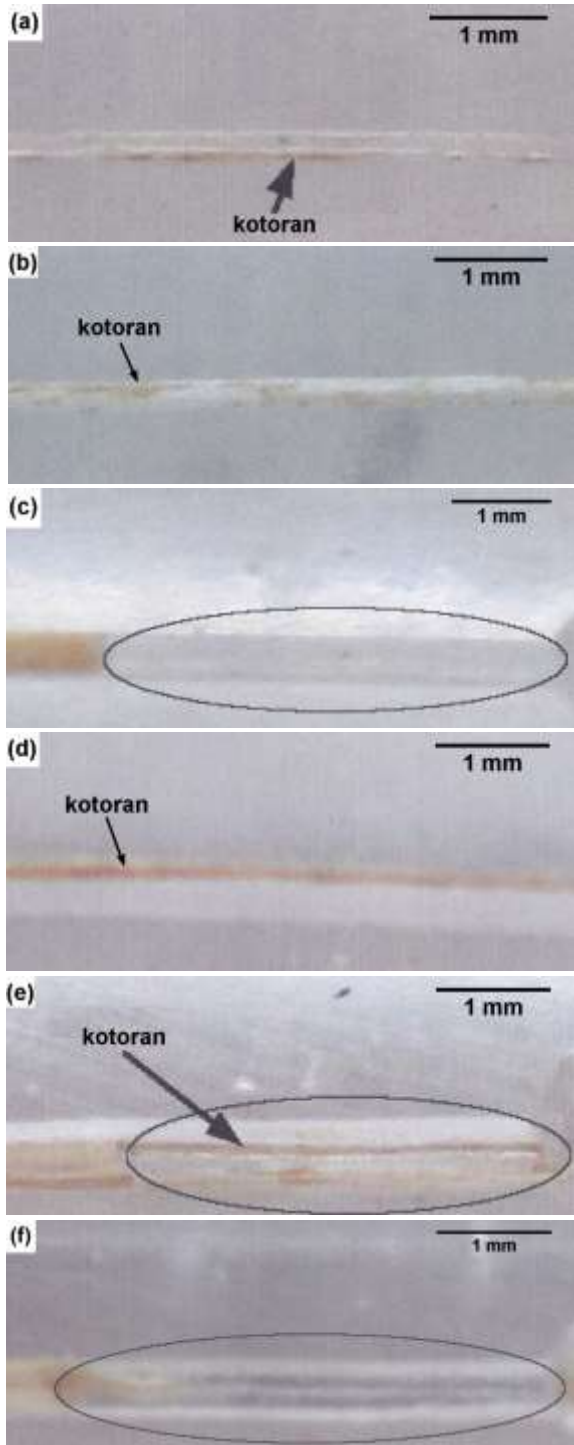
Turunnya kuat geser antar-muka pada serat kecil dan sedang dapat disebabkan pencucian yang kurang bersih sehingga masih terdapat kotoran padat yang menempel



**Gambar 3.** Hubungan antara konsentrasi NaOH pada larutan perendam dengan kekuatan geser *interface*

pada dinding serat yang menyekat kontak langsung antara serat dengan matrik (Gambar 4(b) (d)). Disamping itu, untuk serat kecil (Gambar 4(a) dan (b)) terlihat bahwa permukaan serat tidak rata seperti pada serat sedang dan besar (Gambar 4(c) sampai dengan (f)) yang mungkin karena abrasi yang berlebihan akibat konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi, waktu perendaman yang terlalu lama atau kombinasi keduanya.

Tingkat abrasi yang mengakibatkan terbentuknya cacat permukaan serat yang relatif tinggi dibandingkan dengan diameter seratnya untuk serat kecil dan sedang dapat dipandang sebagai cacat permukaan dan merupakan *stress raiser*, sehingga menurunkan kekuatan geser pada antar-mukanya. Sedangkan untuk serat besar

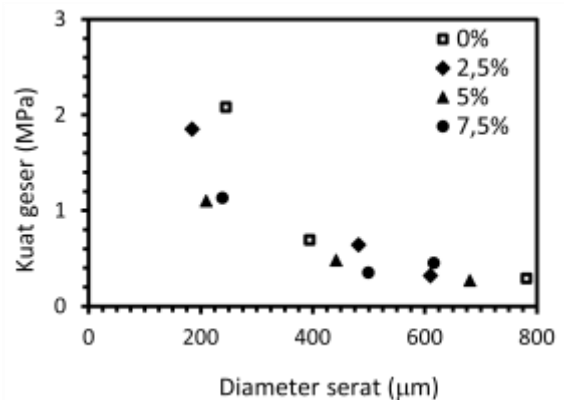


**Gambar 4.** Permukaan serat setelah perlakuan NaOH. (a) serat kecil - tanpa NaOH, (b) serat kecil - 7,5% NaOH, (c) serat sedang - tanpa NaOH, (d) serat sedang - 7,5% NaOH, (e) serat besar - tanpa NaOH, (f) serat besar - 7,5% NaOH,

(Gambar 4(e) dan (f)), makin tinggi konsentrasi NaOH larutan perendam, permukaan serat yang dihasilkan terlihat lebih bersih sehingga menghasilkan rekatan yang baik. Hal ini ditambah dengan dampak abrasi yang tidak cukup signifikan, yang ditandai dengan permukaan serat yang relatif rata, dapat meningkatkan kekuatan geser antara-muka serat-matrik walaupun kecil. Sedangkan kuat.

#### Pengaruh diameter serat

Hubungan diameter serat dengan kuat geser rekatan antar-muka serat-matrik ditunjukkan pada Gambar 5. Walaupun kuat geser rekatan antar-muka tertinggi (2,08 MPa, pada diameter serat 246  $\mu\text{m}$  dengan larutan perendam tanpa NaOH) tidak ditunjukkan oleh serat dengan diameter terkecil (185  $\mu\text{m}$  dengan larutan perendam berkonsentrasi NaOH 2,5%), atau sebaliknya, namun kecenderungan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa, untuk berbagai tingkat konsentrasi NaOH dalam larutan perendam serat, makin besar diameter serat akan



**Gambar 5.** Hubungan antara diameter serat dengan kekuatan geser *interface* serat sabut kelapa/poliester

semakin rendah kuat geser rekatan antar-muka muka serat-matrik. Penyebab terjadinya kondisi ini telah didiskusikan pada pembahasan tentang Gambar 3.

#### Kesimpulan

1. Untuk serat kecil dan sedang diperoleh semakin tinggi konsentrasi alkali semakin kecil kuat geser rekatan *interfacenya*, hal ini diduga karena pencucian yang kurang bersih sehingga masih terdapat kotoran padat yang menempel pada dinding serat yang menghalangi kontak langsung serat dengan matrik. Sedangkan untuk serat besar makin tinggi konsentrasi alkali larutan perendam

2. makin tinggi pula uat geser rekatan antar-muka serat-matrik.
3. Kuat geser rekatan *interface* tertinggi diperoleh pada konsentrasi alkali 0% serat kecil yaitu sebesar 2,08 MPa dan terendah pada konsentrasi alkali 5% serat besar yaitu sebesar 0,27 MPa.
4. Semakin besar diameter serat maka kuat geser pada *interface* semakin rendah.

## Referensi

Brosius, D. Natural fiber composites slowly take root. *Composites Technology* (Februari, 2006).

NIH (National Institute of Health). Maryland, USA. (2011).

Joseph, K., Thomas, s., dan Povithran, C. Effect of chemical treatment on tensile properties of short sisalreinforced polyethylene composites. *Polymer* 37, 5139-5149 (1996).

Nurmaulita. Pengaruh orientasi serat sabut kelapa dengan resin polyester terhadap karakteristik papan lembaran. *Tesis Magister*, Universitas Sumatera Utara (2010)

Prasetya, B. Kajian perlakuan alkali terhadap kekuatan *bending* bahan komposit serat sabut kelapa/poliester, *TA SI*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2007).

Sabari, I. Pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik, harga impak dan kemampuan serapan bunyi dari komposit serat sabut kelapa anyaman 3D. *TA SI*, Universitas Muhammadiyah Surakarta (2009).

Siddiq, M.J. Pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada material komposit serat serabut kelapa unidireksional/epoksi”, *TA SI*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2010).

Sudarsono, Rusianto, T., dan Suryadi, Y. Pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan bahan pengikat alami (lem kopal). *Jurnal Teknologi* Vol. 3(1), 22-32 (2010).

Torres, F.G., dan Cubillas, M.L. Study of the interfacial properties of natural fibre reinforced polyethylene. *Polymer Testing* Vol. 24, 694-698 (2005).

Viel, Q. Interface properties of bio-based composites of polylactic acid and bamboo fibres. *M.S. Thesis*. University of Nebraska (2013).

Zhandarov, S.F., Mader, E. Characterization of fiber/matrix interface strength: applicability of different test , approaches and parameters. *Composite Science and Technology*, Vol 65, 149-160 (2005).