

PENGARUH PENAMBAHAN COUPLING AGENT TERHADAP KEKUATAN MEKANIK KOMPOSIT POLYESTER-CANTULA DENGAN ANYAMAN SERAT 3D ANGLE INTERLOCK

Dwi Prasetyo¹, Wijang Wisnu Raharjo², Ubaidillah²

¹ Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

² Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

*Composite
coupling agent
3D woven fibre
Angle interlock
Mechanical property*

Abstract :

This research is aimed to find the effect of adding coupling agent to mechanical properties of polyester-cantula composite based 3D angle interlock (AI) woven fibre. The composite consists of combination between 3D angle interlock woven fibre and unsaturated polyester resins matrix (UPRs) with additional coupling agent. Coupling agent is an additive to increase interface bonding between matrix and filler of composite. Silane Dow Corning® OFS-6030 is used in this work as the coupling agent. The coupling agents added are varied about 0 (without coupling agent), 0.5, 1 and 1.5 percent of capacity of the composite. Mechanical tests of the composite are based on ASTM D 3039 standard for tensile test, ASTM D 790 standard for bending test and ASTM D 4812 standard for impact test. The results of the mechanical tests indicate that the mechanical properties namely impact, bending and tensile strength increased by percentage increment of coupling agent. Cross-sectional observations using scanning electron micrograph fracturing (SEM) showed that the addition of silane coupling agent improve the bond between matrix and fibre with the rest of the matrix on the surface of fibre.

PENDAHULUAN

Material komposit adalah material kombinasi antara dua atau lebih material yang memiliki sifat yang sangat berbeda. Sifat material komposit dihasilkan dari penggabungan material yang dikombinasikan. Material yang berbeda tersebut untuk menciptakan sifat komposit yang unik tetapi juga dapat terlihat perbedaan material-materialnya dengan mudah, material tersebut tidak menyatu atau berbaur satu sama lain (Lukassen dan Meidell, 2007).

Teknologi material komposit dengan menggunakan serat alam sebagai penguat (*fiber-reinforced composite*) mempunyai banyak keuntungan bila dibandingkan dengan material yang lainnya. Komposit serat alam banyak digunakan sebagai interior mobil, peredam akustik dan panel pintu. Karena dalam penggunaannya dapat mengurangi berat sampai 80 % (Schuh, 1999).

Salah satu jenis komposit yaitu komposit *woven fabric* (komposit serat anyam). Anyaman serat pada mulanya yang dibuat hanya 2 dimensi (2D), tetapi kini telah dikembangkan juga anyaman dengan anyaman 3 dimensi (3D *woven*). Berkat anyaman ini, delaminasi yang terjadi akibat benturan/impak dapat ditekan sampai minimal sehingga kerusakan akan terpusat pada satu titik saja dan tidak menyebar (Prabowo, 2008). Anyaman serat mempunyai harga kekuatan tertentu sesuai dengan anyamannya tersebut. Dalam sebuah penelitian, dari empat jenis

anyaman serat, jenis AI (*Through-Thickness Angle Interlock*) memiliki kekuatan yang paling besar.

Kekurangan yang paling mendasar dari komposit serat alam yaitu kurang baiknya ikatan antara matriks dan serat sehingga menghasilkan sifat komposit yang kurang baik (Akil dkk, 2011). Kekurangbaikan tersebut disebabkan oleh sifat alami komposit serat alam yang masih dapat menyerap air sehingga air dapat masuk ke dalam ikatan antara matriks dan serat.

Perlakuan kimia yang tepat mampu meningkatkan ikatan antara serat dan matriks sehingga sifat-sifat komposit menjadi lebih baik. Salah satu perlakuan kimia untuk komposit serat alam adalah penambahan zat berupa *coupling agent*. Penambahan *coupling agent* pada komposit serat alam akan menambah sifat mekaniknya hingga 61% dibandingkan tanpa *coupling agent* karena *coupling agent* meningkatkan ikatan antara material organik dan anorganik (Kim dkk, 2011).

Penelitian dilaksanakan dengan mengacu uraian di atas. Penelitian dilakukan dengan menguji komposit *polyester-cantula* untuk mengetahui pengaruh penambahan *coupling agent* terhadap sifat mekanik dari komposit *polyester-cantula* dengan anyaman serat 3D *Through-Thickness Angle Interlock*.

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu langkah untuk meningkatkan sifat mekanik dari serat alam yaitu dengan menambahkan unsur lain untuk meningkatkan adhesi serat tersebut. *Silane coupling agent* merupakan salah satu bahan tambahan guna meningkatkan adhesi serat terhadap matriknya. Penggabungan serat alam ke dalam matrik polimer dapat meningkatkan atau menurunkan kekuatan komposit. Komposit serat alam dengan *coupling agent* menunjukkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan komposit tanpa *coupling agent* untuk penggunaan jumlah serat yang sama.

Penggunaan *coupling agent* merubah permukaan penguat menjadi *hydrophobic* sehingga mampu mengikat polymer dengan baik. Terbentuknya ikatan antara gugus hidroksil pada serat alam dan *silanyl* pada matrik dan kelompok *alkoxyl coupling agent* mengakibatkan ikatan pada permukaan *serat* dan matrik meningkat dan menunjukkan peningkatan kekerasan serta kekuatan.

Ismail dkk (2002) menyatakan bahwa kehadiran/penambahan *silane coupling agent* meningkatkan *adhesi* antara serat dan matrik dan akibatnya meningkatkan sifat mekanik dari komposit. Lee (2006) di dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa *coupling agent* yang ditambahkan ke dalam komposit serat bambu mampu meningkatkan kekuatan komposit. Peningkatan kekuatan ini disebabkan oleh peningkatan *adhesi* antarmuka antara matrik polimer dan BF (*bamboo fibre*). Perlakuan komposit aramid/*epoxy* yaitu dengan *flame* lima kali dan penambahan *coupling agent* sebesar 0.5% mampu meningkatkan kekuatan sampai 61% lebih dibandingkan komposit tanpa perlakuan (Kim dkk., 2011).

Material komposit adalah material kombinasi antara dua atau lebih material (elemen penguat dan matriks pengikat yang cocok) yang memiliki sifat yang sangat dan jika dikombinasikan akan menghasilkan sifat-sifat yang lebih baik dari sifat masing-masing material yang dikombinasikan. Material yang berbeda tersebut tidak hanya untuk menciptakan sifat komposit yang unik tetapi juga dapat terlihat perbedaan material-materialnya dengan mudah, material tersebut tidak menyatu atau berbau satu sama lain (Lukassen dan Meidell, 2007).

Penggunaan komposit *woven fabrics* mengalami kemajuan pesat dan muncul suatu istilah baru yang dikenal dengan nama komposit tekstil. Komposit tekstil adalah komposit yang dibuat dengan menggunakan serat yang sudah dianyam ataupun ditenun terlebih dahulu menjadi anyaman. Anyaman 3D untuk komposit meningkatkan harapan bahwa bahan di kelas ini akan mendapatkan tempat yang signifikan dalam industri, dan pasar kedirgantaraan militer. Hal tersebut disebabkan kemampuan komposit anyaman 3D untuk memberikan sifat mekanik cukup tinggi pada pesawat dan pada saat

yang sama, menekan delaminasi dan meningkatkan kekuatan transversal, ketangguhan patah, toleransi kerusakan, dampak serta beberapa karakteristik lain (Bogdanovich, 2007).

Hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian Yogyakarta diketahui kandungan atau komposisi rata-rata serat *cantula* seperti terlihat dalam Tabel 1. Tanaman *cantula* memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni 64.23%. Hal tersebut menunjukkan bahwa serat ini berpotensi sebagai bahan penguat komposit.

Hemiselulosa (%)	9,45
A-selulosa (%)	64,23
Lignin (%)	5,91
Abu (%)	4,98
Ekstrakting Benzena (%)	Alkohol 3,38
Kadar Air Benzena (%)	Alkohol 11,95

Tabel 1. Komposisi Serat Cantula

Salah satu langkah untuk meningkatkan sifat mekanik dari serat alam yaitu dengan menambahkan unsur lain untuk meningkatkan *adhesi* serat tersebut (Diharjo, 2006). *Silane coupling agent* adalah zat kimia tambahan dengan *silicon-based* yang terdiri dari dua tipe reaktif (anorganik dan organik). Struktur umumnya adalah $(RO)_3SiCH_2CH_2CH_2-X$, dimana RO adalah kelompok terhidrolisis seperti *methoxy*, *ethoxy* atau *acethoxy* dan X adalah kelompok organofungsional seperti *amino*, *metacryloxy*, *epoxy* dan lainnya.

Silane coupling agent bekerja pada *interface* antara bagian anorganik dan bahan organik untuk mengikat atau menggabungkan dua material yang tidak sama tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi ikatan adalah perpindahan air ke permukaan hidrofilik. Air yang masuk *interface* kedua zat merusak ikatan antara polimer dan penguatnya tetapi sebuah *coupling agent* menciptakan sebuah ikatan antar anti air bahan anorganik dan organik. *Silane coupling agent* memiliki sifat fisik dan kimia yang tidak hanya meningkatkan kekuatan ikatan tetapi juga mencegah *de-bonding* antarmuka selama komposit digunakan.

Silane Dow Corning® OFS-6030 digunakan sebagai *coupling agent* untuk meningkatkan *adhesi* resin, seperti *polyester*, untuk permukaan anorganik, termasuk *fiberglass*, tanah liat, kuarsa, dan bahan lainnya mengandung silika. Peningkatan *adhesi* meningkatkan kekuatan tekan lentur kering dan basah dari komposit. Perbaikan kekuatan basah bisa memungkinkan sampai sekitar 100%. *Silane Dow Corning® OFS-6030* juga dapat digunakan sebagai aditif resin *polyester*. Ketika digunakan sebagai aditif, *silane* ini dapat memberikan perbaikan sifat komposit. Tabel 2. menunjukkan karakteristik *Silane OFS-6030* yang digunakan pada penelitian.

Tabel 2. OFS-6030 Silane

CTM*	Property	Unit	Value
0178	Apperance		Clear, white to light-straw
0001A	Specific gravity 25 ⁰ C (77 ⁰ F)		1.04
0002	Refractive index at 25 ⁰ C (77 ⁰ F)		1.43
0021A	Flash point, closed up	⁰ C (⁰ F)	138 (280)
	Purity	%	98
	Boiling point at 760mmHg	⁰ C (⁰ F)	190 (374)
	Viscosity at 25 ⁰ C (77 ⁰ F)	est	2.5
	Molecular Weight	g/mol	248.35
	CAS#		2530-85-0

Fraksi volume komposit adalah perbandingan jumlah volume suatu unsur penyusun komposit terhadap jumlah volume total komposit. Material komposit yang terdiri dari beberapa komponen pembentuk, jumlah fraksi volume untuk tiap komponen pembentuk komposit tersebut adalah 1, dan berlaku persamaan:

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1 \quad (1)$$

$$v_f = \frac{v_f}{v_m + v_f} \quad (2)$$

Nilai kekuatan tarik (tegangan), regangan dan modulus tarik komposit dapat dihitung dari data pengujian yang berupa beban maksimum. Besarnya nilai kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (3)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

Pada pengujian bending, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Pengujian berdasarkan standar uji bending ASTM D 790.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (5)$$

$$E_H = \frac{L^3 m}{4bd^3} \quad (6)$$

Pada penelitian ini digunakan metode pengujian *Impact izod unnotched* dengan mengacu pada standar ASTM D 4812 untuk pengujian. Secara umum pengujian impact dapat dirumuskan :

$$E_{serap} = WR(\cos\beta_2 - \cos\beta_1) \quad (7)$$

$$a_{cU} = \frac{E_{serap}}{h \times b} \times 10^3 \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan:

1. Serat cantula yang didapat dari UD. Rami Kencana Kulon Progo
2. UPRs yang didapat dari PT. Justus Semarang
3. OFS 6030 Silane didapat dari PT. BIOPOLYTECH INOVATION Jakarta.

Alat yang digunakan

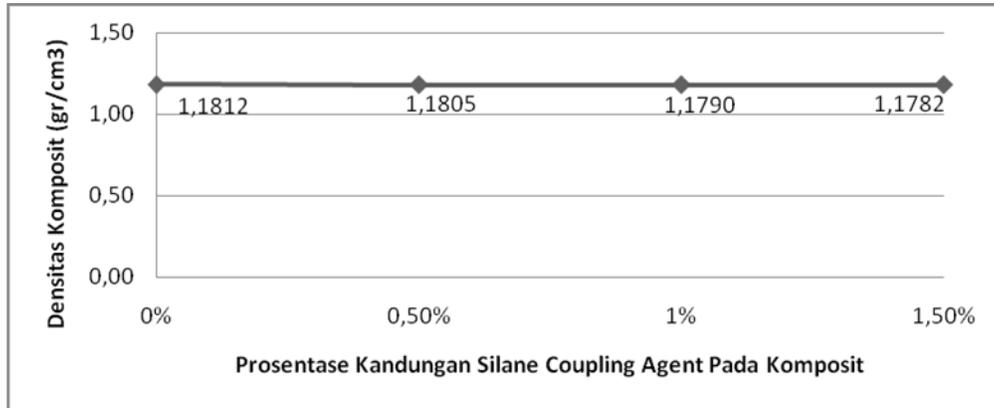
1. Vacuum Bagging
2. Universal Testing Machine (UTM)
3. Impact Izod Tester
4. Scanning Electron Micrograph (SEM) dari Phenom World

Dimensi spesimen mengacu pada standar ASTM 3039 untuk pengujian tarik, standar ASTM 790 untuk pengujian bending dan standar ASTM 4812 untuk pengujian impact izod. Kandungan *silane coupling* divariasikan 0%, 0.5%, 1% dan 1.5% dari volume komposit.

Analisa dilakukan dengan cara memproses data yang diperoleh dari tiap-tiap pengujian sehingga diperoleh nilai dari sifat-sifat mekanik yang diinginkan. Pengamatan foto SEM dilakukan untuk mendukung analisis dari sifat mekanis yang diperoleh. Dari foto SEM diperoleh kondisi ikatan serat dan resin.

DATA DAN PEMBAHASAN

1. Densitas Komposit



Gambar 1. Hubungan Densitas Komposit - Variasi Prosentase *Silane Coupling Agent*

Gambar 1. menunjukkan bahwa densitas terbesar dimiliki oleh komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0% yaitu sebesar 1.1812 gr/cm³. Nilai densitas komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0.5% sebesar 1.1805 gr/cm³, prosentase *silane coupling agent* 1% sebesar 1.1790 gr/cm³ dan prosentase *silane coupling agent* 1,5% sebesar 1.1782 gr/cm³.

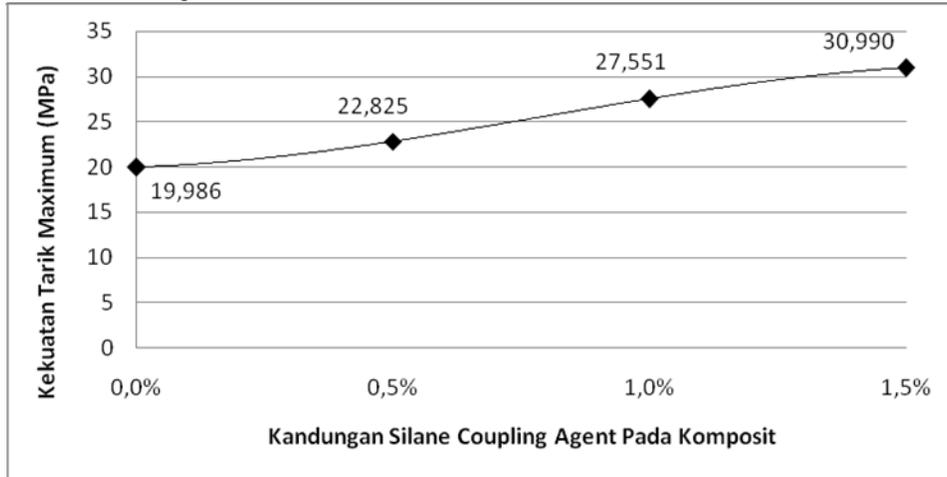
Kecenderungan yang terjadi yaitu semakin meningkatnya kandungan *silane coupling agent* maka semakin kecil berat jenis komposit. Hal ini

terjadi karena berat jenis *silane coupling agent* lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis resin dan serat.

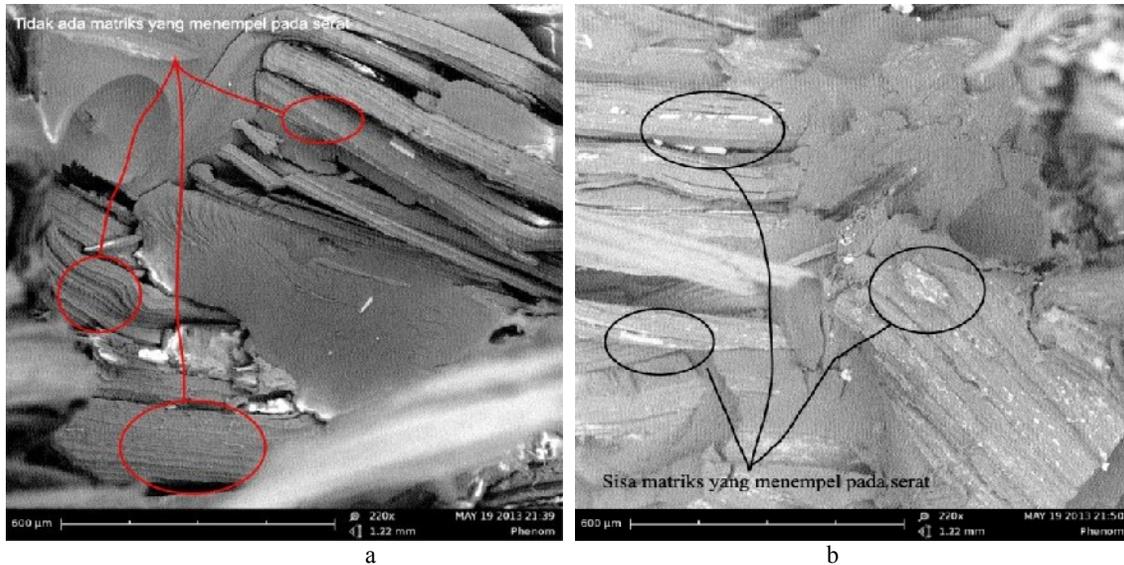
Selain itu, *silane coupling agent* pada komposit berfungsi untuk mencegah masuknya air pada ikatan antara serat dan matriks karena *silane coupling agent* merubah ikatan matriks dan serat yang *hydrophilic* menjadi ikatan *hydrophobic* (Akil, 2011). Dengan kata lain, komposit tanpa *silane coupling agent* terdapat air yang terkandung di dalamnya.

2. Kekuatan dan Modulus Tarik Komposit

2.1. Kekuatan Tarik Komposit



Gambar 2. Hubungan Kekuatan Tarik Komposit – Variasi Prosentase *Silane Coupling Agent*



Gambar 3. SEM : a. Penampang patahan komposit tanpa *silane coupling agent*; b. Penampang patahan dengan *silane coupling agent* 1.5%

Gambar 2. menunjukkan bahwa prosentase kandungan *silane coupling agent* 1.5% memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 30.990 MPa. Kekuatan tarik komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0 % sebesar 19.986 MPa, prosentase *coupling agent* 0.5% sebesar 22.825 MPa dan prosentase *silane coupling agent* 1% sebesar 27.551 MPa. Peningkatan kekuatan tarik cukup signifikan dengan besar peningkatan 55% dari komposit tanpa *silane coupling agent*.

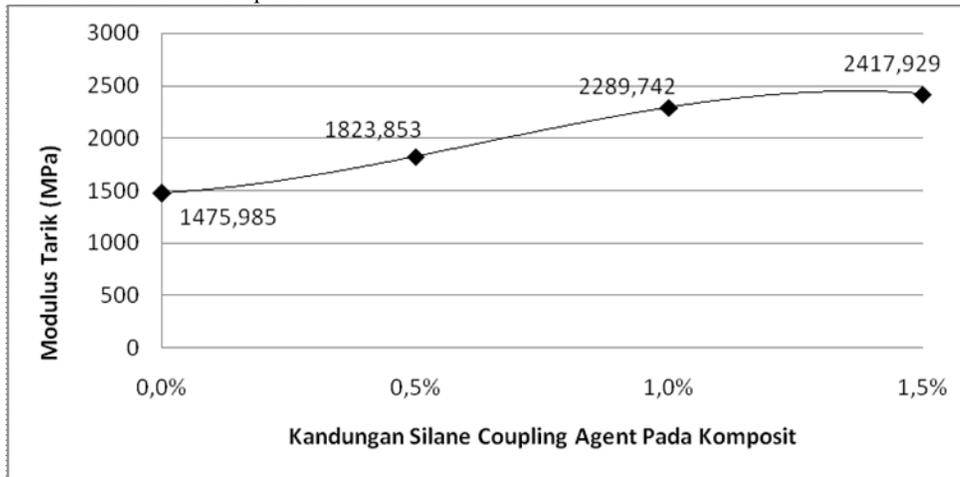
Penambahan *silane coupling agent* membuat ikatan antara matriks dan serat yang buruk menjadi lebih baik. Kekuatan komposit dengan *coupling agent* lebih tinggi dibandingkan dengan komposit tanpa *coupling agent* karena *coupling agent* mampu meningkatkan ikatan antara serat dan matriks (Lee dkk, 2006). Komposit serat alam memiliki sifat alami yaitu mudah menyerap air pada lingkungan sekitarnya. Dengan adanya kandungan air di dalamnya maka serat cukup sulit berikatan dengan matriks. Meskipun mampu berikatan tetapi menghasilkan ikatan yang kurang baik. Namun dengan penggunaan *coupling agent*, sifat mampu serap dari ikatan antara serat dan matriks komposit tersebut dapat diminimalkan. Ismail dkk (2002) menjelaskan bahwa dengan penambahan *coupling agent*, permukaan serat yang awalnya *hidrophilic* berubah menjadi *hidrophobic* dengan kemampuan untuk berikatan dengan gugus aktif pada polymer. Ikatan kimia berubah antara gugus hidroksil dan

silanyl pada serat dan gugus alkoxy pada *coupling agent*. Akibatnya yaitu ikatan antara matriks dan serat meningkat sehingga kekuatan tarik komposit dengan *coupling agent* meningkat pula.

Gambar 3. menunjukkan foto SEM penampang patahan komposit dengan dan tanpa *silane coupling agent*. Gambar 3a. memperlihatkan sisa resin masih menempel pada serat komposit yang mengandung *silane coupling agent* 1.5%, sedangkan Gambar 3b. serat komposit tanpa *silane coupling agent* tidak terdapat resin yang menempel. Hal ini menunjukkan bahwa *silane coupling agent* meningkatkan kekuatan ikatan matriks dan penguatnya. Ikatan antarmuka yang kurang baik dapat terjadi dikarenakan ketidakcocokan ikatan antarmuka penyusun komposit yaitu serat alam *hidrophilic* dan *polymer* non-polar. Permukaan *hidrophilic* dikarenakan banyaknya gugus *hidroxy* pada serat sehingga dapat dengan mudah bereaksi dengan air (bersifat menyerap air) melalui ikatan hidrogen (Islam, 2010).

Perubahan permukaan *hidrophilic* serat menjadi *hidrophobic* dapat mencegah penyerapan air masuk ke dalam ikatan serat dan matriks sehingga pelumasan matriks pada permukaan serat menjadi lebih baik dan meningkatkan kualitas antara serat dan matriks. Penambahan *coupling agent* mampu meningkatkan ikatan antarmuka dan meningkatkan sifat dari komposit tersebut karena merubah serat alam yang awalnya *hidrophilic* menjadi *hidrophobic* (Xie dkk., 2010).

2.2. Modulus Tarik Komposit



Gambar 4. Hubungan Modulus Tarik – Variasi Prosentase *Silane Coupling Agent*

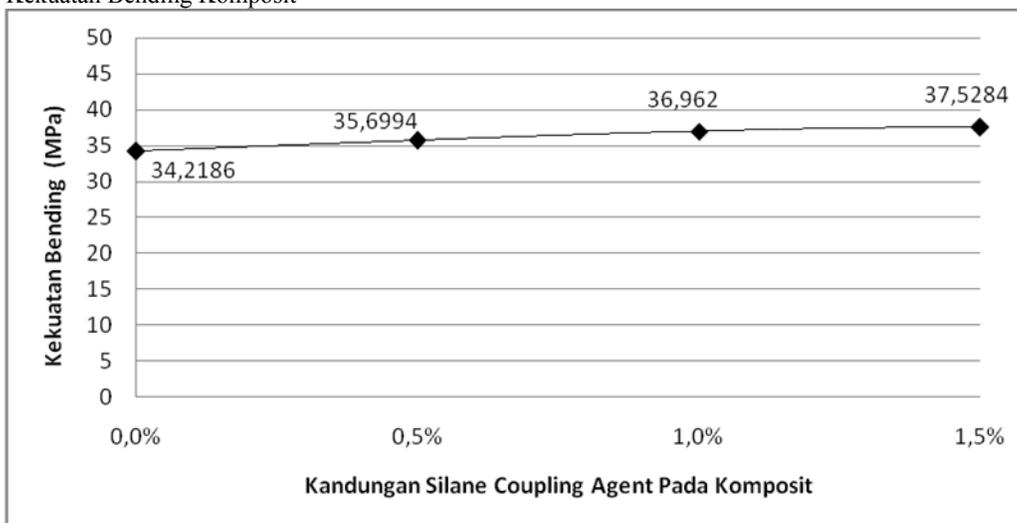
Nilai rata-rata modulus tarik komposit untuk setiap variasi dapat dilihat pada gambar 4. Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai modulus tarik terbesar dimiliki oleh komposit dengan prosentase kandungan *silane coupling agent* 1.5% yaitu sebesar 2417.9929 MPa. Nilai modulus tarik komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0% sebesar 1475.985 MPa, komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0.5% sebesar 1823.853 MPa dan komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 1% sebesar 2289.742 MPa.

Perbedaan nilai modulus tarik komposit disebabkan karena perbedaan prosentase kandungan *silane coupling agent* pada komposit tersebut.

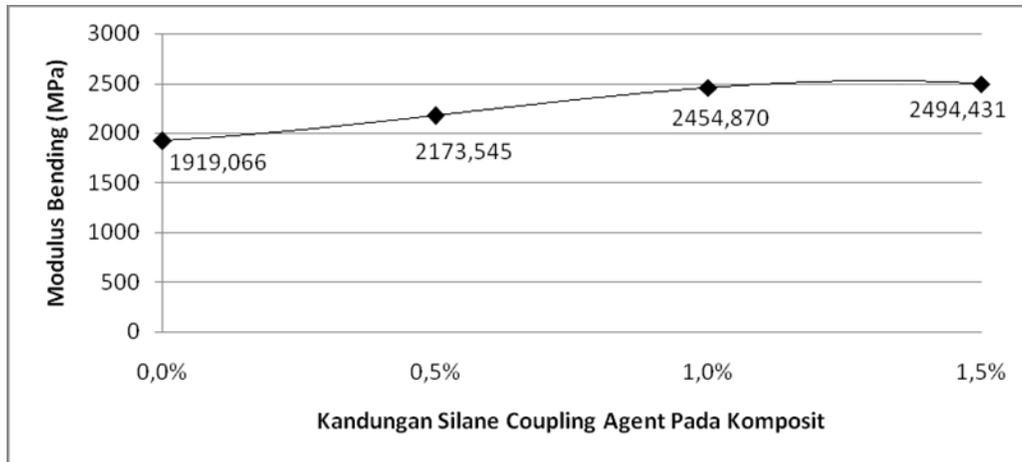
Kecenderungan peningkatan nilai modulus tarik disebabkan ikatan antara serat dan matriks yang semakin baik seiring dengan meningkatnya kandungan silane coupling agent. Komposit dengan coupling agent memiliki nilai modulus tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit tanpa *coupling agent* pada penggunaan jumlah serat yang sama (Ismail, 2002). Peningkatan ikatan antara matriks dan serat mampu meminimalkan pelepasan (*pull-out*) antara matriks dan serat sehingga meningkatkan kekuatan serta modulus tarik komposit. Semakin meningkatnya kandungan *coupling agent* pada komposit maka meningkat pula nilai modulus tariknya (Lee dkk., 2006).

3. Kekuatan dan Modulus Bending Komposit

3.1. Kekuatan Bending Komposit



Gambar 5. Hubungan Kekuatan Bending Komposit – Variasi Prosentase *Silane Coupling Agent*



Gambar 6. Hubungan Modulus Bending – Variasi Prosentase *Silane coupling agent*

Gambar 5 menunjukkan bahwa prosentase kandungan *silane coupling agent* 1.5% memiliki kakuatan bending tertinggi sebesar 37.5284 MPa. Kekuatan bending terendah yaitu komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0% sebesar 34.2186 Mpa. Komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0.5% sebesar 35.6994 MPa dan prosentase *silane coupling agent* 1% sebesar 36.962 MPa.

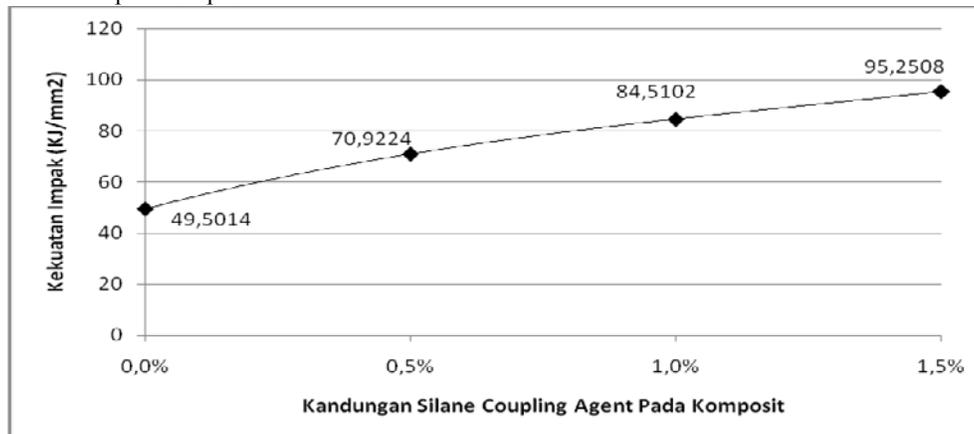
Peningkatan nilai kekuatan bending disebabkan oleh semakin baiknya ikatan antara matriks dan serat pada komposit. Sama halnya dengan peningkatan kekuatan tarik, komposit serat alam memiliki sifat alami yaitu mudah menyerap air pada lingkungan sekitarnya. Sifat tersebut dapat diminimalkan dengan penggunaan/penambahan coupling agent pada komposit. Peningkatan kualitas ikatan serat dan matriks disebabkan oleh perubahan sifat serat *hidrophilic* menjadi *hifrophobic*. Perubahan sifat permukaan serat menjadi *hidrophobic* mampu mencegah penyerapan air yang mampu masuk ke dalam ikatan antara matriks dan serat sehingga pelumasan/perekatan matriks pada permukaan serat menjadi lebih baik (Akil, 2011). *Silane Dow*

Corning® OFS-6030 digunakan sebagai *coupling agent* untuk meningkatkan *adhesi* antara penguat dan matriks. Peningkatan *adhesi* meningkatkan kekuatan tekan lentur kering dan basah dari komposit. *Silane Dow Corning®* OFS-6030 juga dapat digunakan sebagai aditif dan memberikan perbaikan sifat komposit ketika digunakan sebagai aditif.

3.2. Modulus Bending Komposit

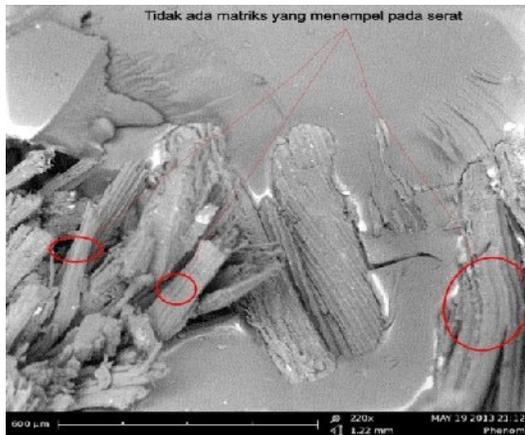
Nilai rata-rata modulus tarik bending untuk setiap variasi dapat dilihat pada gambar 6. Gambar grafik 6 menunjukkan bahwa nilai modulus bending terbesar dimiliki oleh komposit dengan prosentase kandungan *silane coupling agent* 1.5% yaitu sebesar 2494.431 MPa. Nilai modulus tarik komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0% sebesar 1919.066 MPa, komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 1% sebesar 2173.545 MPa dan komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 1.5% sebesar 2454.870 MPa. Perbedaan nilai modulus bending komposit disebabkan karena perbedaan prosentase kandungan *silane coupling agent* pada komposit tersebut.

4. Kekuatan Impak Komposit



Gambar 7. Hubungan Kekuatan impak Komposit – Variasi Prosentase *Silane coupling agent*

Gambar 7 menunjukkan bahwa prosentase kandungan *silane coupling agent* 1.5% memiliki kakuatan impact tertinggi sebesar 95.250 kJ/mm². Kekuatan impact komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0% sebesar 49.501 kJ/mm², komposit dengan prosentase *silane coupling agent* 0.5% sebesar 70.922 kJ/mm² dan komposit dengan prosentae *silane coupling agent* 1% sebesar 84.510 kJ/mm². Peningkatan kekuatan impact komposit dengan *coupling agent* cukup signifikan dengan kenaikan harga impact lebih dari 90% atau tepatnya 92.4% dari komposit tanpa *silane coupling agent*.



a



b

Gambar 8. SEM; a. Penampang patahan komposit tanpa *silane coupling agent* ; b. Penampang patahan dengan *silane coupling agent* 1.5%

Silane Dow Corning® OFS-6030 digunakan sebagai *coupling agent* untuk meningkatkan adhesi resin, seperti *polyester*. Peningkatan adhesi meningkatkan kekuatan tekan lentur kering dan basah dari komposit. *Silane Dow Corning®* OFS-6030 juga dapat digunakan sebagai aditif resin *polyester*. Ketika digunakan sebagai aditif, *silane* ini dapat memberikan perbaikan sifat komposit (Xiameter).

Gambar 8. menunjukkan foto SEM penampang patahan komposit dengan dan tanpa *silane coupling agent*. Gambar 8a. memperlihatkan sisa resin masih menempel pada serat komposit yang mengandung *silane coupling agent* 1.5%, sedangkan Gambar 8b. serat pada komposit tanpa *silane coupling agent* tidak terdapat resin yang menempel. Hal ini menunjukkan bahwa *silane coupling agent* meningkatkan ikatan matriks dan penguatnya.

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kekuatan mekanik komposit meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan *silane coupling agent*. Adapun nilainya sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik komposit dengan *silane coupling agent* 0% sebesar 19.986 MPa, 0.5% sebesar 22.825 Mpa, 1% sebesar 27.551 MPa

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kekuatan yang cukup signifikan antara komposit tanpa *coupling agent* dan dengan *coupling agent*. Peningkatan ini disebabkan oleh penyebaran serat yang lebih seragam yang dihasilkan dari peningkatan kemampuan ikatan serat dan matriks dengan meningkatnya kandungan *coupling agent* yang menghasilkan pergerakan yang lebih seragam dari tegangan yang ditimpakan dan membutuhkan lebih banyak energi untuk de-bonding serat. Selanjutnya pull-out serat pada komposit disebabkan oleh kegagalan impact pada komposit (Kord, 2011).

dan 1.5% sebesar 30.990 MPa. Kekuatan tarik komposit dengan *silane coupling agent* meningkat sebesar 55% dibandingkan komposit tanpa *silane coupling agent*.

2. Kekuatan bending komposit dengan *silane coupling agent* 0% sebesar 34.2186 MPa, 0.5% sebesar 35.6994 Mpa, 1% sebesar 36.962, MPa dan 1.5% sebesar 37.5284 MPa. Kekuatan bending komposit dengan *silane coupling agent* meningkat sebesar 9.6% dibandingkan komposit tanpa *silane coupling agent*.
3. Kekuatan impact komposit dengan *silane coupling agent* 0% sebesar 49.501 kJ/mm², 0.5% sebesar 70.922 kJ/mm², 1% sebesar 84.510 kJ/mm² dan 1.5% sebesar 95.250 kJ/mm². Kekuatan impact komposit dengan *silane coupling agent* meningkat sebesar 92.4% dibandingkan komposit tanpa *silane coupling agent*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akil, H.M., Omar M.F., Mazuki A.A.M., Safiee S., Ishak Z.A.M., Abu Bakar A., 2011, *Kenaf fiber reinforced composites: A review*, Material and Design Vol. 32 4107-4121, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- Anonim, 2010, *XIAMETER® OFS-6030 Silane User Guide*, PT. Biopolytech Innovation, Jakarta.

- ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standard*, West Conshohocken.
- Bogdanovich, A.E., 2007, *Advancements in Manufacturing and Applications of 3-D Woven Preforms and*. 16TH International Conference of Composite. 3TEX, Inc., Cary, USA.
- Diharjo, K., 2006, *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Islam, M.R., Beg. M.D.H., 2010, *Effect Of Coupling Agent On Mechanical Properties Of Composite From Kenaf And Recycled Polypropylene*, National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies, Penang, Malaysia.
- Ismail, H., Suhelmy S., Edyham M.R., 2002, *The Effect Of Silane Coupling Agent On Curing Characteristics and Mechanical Properties Of Bamboo Fibre Filled Natural Rubber Composites*, European Polymer Journal Vol. 38 39-47, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- Kim, J.G., Ilbeum C., Dai G.L., Il S.S., 2011, *Flame and Silane Treatments For Improving The Adhesive Bonding Characteristics Of Aramid/Epoxy Composites*, Composite Structures Vol. 93 2696–2705. School of Mechanical Aerospace & System Engineering, Daejeon, Republic of Korea.
- Kord, B., 2011, *Influence of Maleic Anhydride on the Flexural, Tensile and Impact Characteristics of Sawdust Flour Reinforced Polypropylene Composite*, World Applied Sciences Journal 12 (7): 1014-1016, Department of Wood Science and Paper Technology, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran.
- Lee, S.H., Siquon W., 2006, *Biodegradable Polymers/Bamboo Fiber Biocomposite With Bio-Based Coupling Agent*, Composites Part A Vol. 37 80–91, University of Tennessee, Knoxville, USA.
- Lukkasen D., Meidell A., 2007, *Advanced Materials and Structures and Their Fabrication Process*. Narvik University Colleg, HIN.
- Prabowo, A.P., 2008, *Pengaruh Variasi Struktur Anyaman Serat Cantula 3D Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit Uprs*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Schuh, T.G., 1999, *Renewable Materials for Automotive Applications*, Daimler-Chrysler AG, Stuttgart.
- Surdia, T., Saito S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Xie, Y., Callum A.S.H., Zefang X., Holger M., and Carsten M., 2010, *Silane Coupling Agents Used for Natural Fiber/Polymer Composites: A review*. Composites Part A Vol. 41 806–819, Burckhardt-Institute, Germany.
- Widodo, L., Wijang W.R., Dody A., 2008, *Pengaruh Variasi Anyaman Serat 3D Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit Unsaturated Polyester-Serat Alam Cantula Roxb*, Jurnal Teknik ATW, Surakarta.