

## M4-010 Efek Serat Sabut Kelapa Yang Dialkalisasi Terhadap Sifat Mekanik Komposit Yang Dibuat Dengan Pevakuman

Hairul Abral dan Iswandi Imra

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Andalas

Kampus Limau Manih, Padang 25163, Indonesia

Phone: +62-751-72564, FAX: +62-751-72566, E-mail: abral@ft.unand.ac.id

### ABSTRAK

*Fokus penelitian ini adalah mengukur sifat mekanik komposit dan mengamati permukaan patahannya setelah diuji tarik. Komposit dibuat pada kondisi tekanan 1 atm dan vakum. Serat yang digunakan sebagai studi kasus adalah serat yang berasal dari sabut kelapa. Panjang rata-rata serat yang digunakan adalah 4-5 mm. Sampel komposit dipersiapkan dengan volume fraksi serat sebesar 6%. Serat tersebut dicampur secara manual dengan resin bening. Selanjutnya campuran tersebut dimasukan ke dalam ruang vakuum dengan pengaturan variasi vakum -300 mmHg, -400 mmHg dan -500 mmHg yang masing-masing berlangsung selama 10 menit. Sebagai pembanding dibuat juga komposit tanpa pevakuman. Hasil pengujian tarik mengungkapkan bahwa kekuatan tarik komposit dengan pevakuman meningkat secara signifikan. Kekuatan tarik komposit tertinggi didapatkan 19.2 MPa pada pevakuman komposit -500 mmHg. Sedangkan kekuatan tarik komposit yang dibuat tanpa pevakuman (1 atm) sebesar 5,8 MPa*

*Kata Kunci: Vakuum, Sifat Mekanik, Serat Kelapa, Ikatan Serat dan Matrik*

### 1. Pendahuluan

Saat alam (*natural fiber*) sudah sangat banyak digunakan sebagai penguat komposit yang diaplikasikan pada industri otomotif, konstruksi bangunan dll. Dalam industri otomotif, penggunaan serat secara besar-besaran telah dimanfaatkan sebagai penguat pada plastik untuk keperluan interior. Serat alam seperti rami di Eropa telah digunakan pada mobil mewah. Serat rami telah teruji karena sifatnya yang spesifik. Dapat dicontohkan pada komponen berikut ini yang aplikasi penggunaannya terus berkembang, yaitu: panel pintu (dari kayu, serat alam yang dicetak berlapis-lapis), atap mobil (komposit yang terbuat dari serat alam seperti bulu domba, rami, dengan resin *epoxy* atau *polyurethane* sebagai pengikat). Serat alam lain yang sangat melimpah dan masih terbatas penggunaannya adalah serat sabut kelapa (*coir fiber*).

Serat sabut kelapa termasuk golongan serat yang kasar dan penting sebagai bahan perdagangan. Industri-industri yang menggunakan bahan baku serat ini tersebar luas di negara-negara penghasil kelapa. Di India industri serat merupakan industri tradisional yang sudah mapan dalam struktur perekonomiannya. Produksi

serat dunia dewasa ini ditaksir sebesar 0.282 juta ton dengan produsen utama India dan Srilanka. Di Indonesia industri serat ini tidak begitu berkembang.

Nilai komponen utama dari serat alam adalah selulosa yang akan mempengaruhi sifat mekaniknya. Permukaan serat alam akan mengalami kesulitan untuk menyatu baik dengan bahan polimer, sebab serat alam bersifat hidrofilik dan polimer bersifat hidrofobik. Untuk memperbaikinya berbagai metode telah dilakukan diantaranya melakukan proses alkali [1]. Melalui proses ini akan terjadi perubahan struktur di permukaan dan di dalam serat, serta juga komposisi kimianya [2]. Pemberian proses alkali dengan NaOH akan mengikis hemiselulosa, lignin, pektin, waxes. Selanjutnya, proses alkali akan membuat lubang-lubang kecil di permukaan serat yang akan memperkuat ikatan antara permukaan serat dan resin [3,4].

Proses perbaikan ikatan permukaan antara serat dan resin sebagai matriks akan memperbaiki distribusi tegangan pada serat dan akhirnya meningkatkan kekuatan mekanik dari komposit. Pada pencampuran serat dan resin sering menimbulkan gelembung-gelembung udara karena terjebak. Akibatnya dapat menghasilkan pembentukan lapisan batas antara serat dan matriks dan memberikan dampak pada kekuatan komposit. Tujuan dari penelitian ini mempelajari sifat-sifat mekanik komposit berserat alam dari sabut kelapa yang dialkalisasi. Selanjutnya selama pencampuran dilakukan proses pemvakuman untuk mengurangi gelembung udara yang terjebak sehingga memperbaiki sifat mekanik komposit.

## 2. Prosedur Percobaan

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin, *hardener*, serat sabut kelapa (*coir*), larutan NaOH 5%. Resin berfungsi sebagai pengikat (matriks) dimana digunakan resin bening hasil produksi pabrik dalam negeri yaitu *Bratako Chemica*. Massa jenisnya adalah 1.1 gr/ml. Serat sabut kelapa (*coir fiber*) berfungsi sebagai penguat (*natural fibre*) yang berasal dari kota Padang. Massa jenisnya sekitar 1.2 gr/cm<sup>3</sup>. *Hardener* digunakan sebagai pegas untuk matriks (resin) dengan massa jenisnya adalah 1.1 gr/ml.

### 2.2 Perlakuan dengan 5% NaOH

Pada penelitian ini serat alam yang digunakan adalah sabut kelapa (*coir fiber*). Untuk mendapatkan serat yang siap digunakan sebagai penguat maka dilakukan beberapa tahapan. Serat dipisahkan dari kulit kelapa yang telah tua. Pengambilan dilakukan dengan menggunakan pisau dan gunting. Serat yang telah diambil dari kulit kelapa diseleksi, rata-rata ukuran diameter serat adalah 0.4-1 mm. Serat yang telah dipilih kemudian dilakukan perlakuan (*treatment*) dengan direndam dalam larutan alkali yaitu NaOH 5% selama 2 jam. Perendaman ini (alkalisasi) bertujuan untuk menghilangkan lapisan lilin, kotoran, hemiselulose dll yang dapat menimbulkan lapisan batas (*boundary layer*) antara matriks dan fiber. *Coir fiber* yang telah direndam kemudian dibersihkan dengan air dan dikeringkan selama dua belas jam. Pengeringan dilakukan dengan alat pengering dan *dehumidifier*. Serat yang telah dikeringkan kemudian dipotong-potong sepanjang  $\pm 4-5$  mm [5].

### 2.3 Persiapan Pembuatan Komposit

Dalam pembuatan komposit digunakan 6% serat dan 94% resin (fraksi volume). Resin dipanaskan terlebih dahulu di dalam tungku (*furnace*) dengan temperatur 100<sup>0</sup>C selama lima menit. Pemanasan bertujuan agar

resin menjadi lebih encer sehingga dapat tersebar merata pada wadah penggabungan (cetakan). Sementara itu, serat yang telah dipotong sepanjang  $\pm 4-5$  mm disusun secara acak (*discontinuous/chopped*) di dalam wadah penggabungan (cetakan). Proses pencetakan komposit ini tergolong pada proses cetakan terbuka yaitu sistem *contact molding/hand lay up*. Setelah temperatur pemanasan resin mencapai  $100^{\circ}$  C kemudian dicampur dengan *hardener* sebanyak 2 ml dan dituangkan ke dalam wadah penggabungan diikuti dengan proses pemvakuman selama 10 menit masing-masing pada kondisi -300 mmHg, -400 mmHg dan -500 mmHg. Proses pemvakuman ini bertujuan untuk mengurangi porositas (cacat akibat udara yang terperangkap) serta memperkuat ikatan antara fiber dan matriks. Dari hasil pemvakuman, komposit yang telah mengeras dan kering dibuat spesimen untuk pengujian tarik.

## 2.4 Mikroskop Optik

Mikroskop optik digunakan untuk mengamati permukaan patah (*fracture surface*) hasil uji tarik pada komposit. Mikroskop optik yang digunakan adalah mikroskop yang berada di Laboratorium Jurusan Biologi Universitas Andalas.

## 2.5 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik mini merek *Com-Ten Industries* produk buatan Amerika seperti terlihat pada Gambar 1. Beban penarikan diukur menggunakan sebuah *micro-load cell* yang terpasang pada mesin. Kecepatan penarikan komposit dilakukan pada kecepatan 5 mm/min pada temperature kamar. Untuk mengukur tegangan regangan di peralatan tersebut terdapat perangkat lunak yang sudah terintegrasi di komputer. Perangkat lunak yang digunakan menggunakan *ANSI C programming language*. Dengan demikian kurva tegangan-regangan dapat dihasilkan secara akurat.



Gambar 1. Mesin uji tarik mini

### 3. Hasil Dan Analisis

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan komposit dengan cetakan terbuka melalui metoda *contact molding/hand lay up* dengan proses vakum. Berdasarkan hal tersebut dilakukan uji tarik terhadap komposit untuk melihat kekuatan tarik dan regangan maksimumnya. Tiap kondisi tekanan atau vakum disiapkan dua buah specimen. Kondisi tekanan dan vakum diatur pada tekanan 760 mmHg ( $P_{atm}$ ) dan vakum ( $P_{vakum}$ ) dengan variasi -300, -400 dan -500 mmHg. Semua komposit memiliki volume fraksi yang sama yaitu 6% serat dan 94% resin. Untuk proses vakum dilakukan *holding* selama 10 menit. Pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 1.

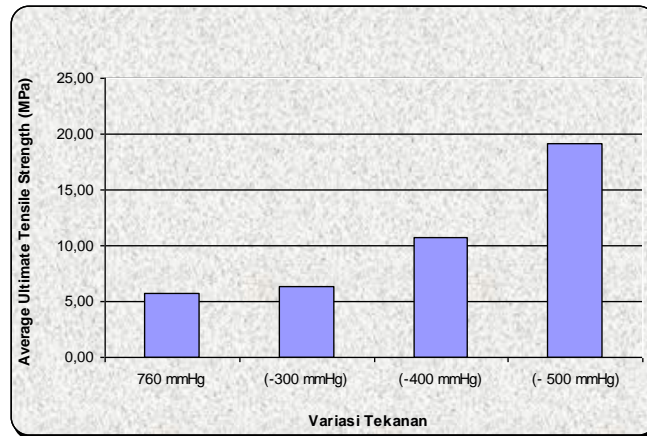
**Tabel 1.** Hasil Uji Tarik Komposit dengan 6% Fraksi Volume Serat

Tekanan/ Vakum (mmHg)	Spesimen	Kekuatan Tarik Maksimum, $\sigma_{utm}$ (MPa)	Regangan Maksimum, $\epsilon_{max}$ (%)
760	1	4,88	2,10
	2	6,69	0,80
-300	1	4,79	0,50
	2	7,80	0,30
-400	1	14,43	2,15
	2	6,92	0,90
-500	1	17,00	2,10
	2	21,31	1,35

#### 3.1 Pengaruh Alkali Terhadap Sifat-Sifat Serat

Efek alkali pada dasarnya cocok untuk peningkatan sifat mekanik serat alam. Komponen utama dari serat alam adalah selulosa dan komponen yang non-cellulosic, contohnya, lignin dan hemicellulose memegang peranan penting dalam menentukan sifat serat. Studi tentang perlakuan alkali terhadap serat sebagai contoh: *jute-fibres*, menunjukkan bahwa hal tersebut dapat menghilangkan kandungan lignin dan hemicellulose yang mempengaruhi karakteristik sifat serat [6]. Ketika hemicellulosa hilang, daerah interfibrillar akan sedikit lebih tebal/padat dan kaku sehingga dengan demikian membuat fibrils lebih mampu untuk mengatur

kembali strukturnya sepanjang arah deformasi yang terjadi [6,7]. Ketika serat alam diregang, terjadinya penyusunan kembali fibrils akan mengakibatkan pembagian beban secara lebih baik pada masing-masingnya sehingga serat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi (kekuatannya meningkat). Sebaliknya, ikatan inter-fibrilar yang lunak akan mempengaruhi transfer tegangan yang kurang baik pada fibril, dan dengan demikian seluruh pengembangan tegangan dalam fiber berada di bawah pengaruh deformasi [7,8]. Ketika lignin hilang secara berangsur-angsur, lapisan tipis pada pertengahan bergabung dengan sel paling atas sehingga diharapkan lebih plastis dan sebaik mungkin homogen selama penyisihan *microvoids* secara berangsur-angsur [9].

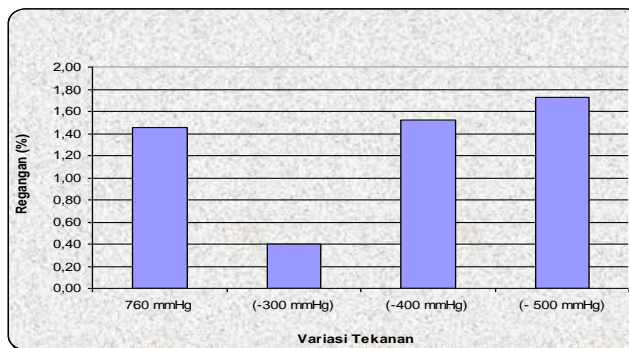


Gambar 2. Tegangan maksimum komposit terhadap variasi proses pembuatannya

Lebih lanjut, beberapa pengarang telah melaporkan tentang perubahan kristalinitas pada perlakuan alkali terhadap serat sabut kelapa (*coir fiber*) dan serat rami (*flax*) [10,11]. Perlakuan alkali pada serat telah diperoleh peningkatan persentase indeks kristalinitas karena menghilangkan pengikat pada material yang mana membawa penyusunan rantai selulosa [11]. Apalagi, dengan perlakuan alkali jenis NaOH dapat membawa penurunan sudut spiral struktur serat dan meningkatkan orientasi molekul. Pengujian oleh Goda [11] pada serat rami telah menunjukkan peningkatan kekuatan setelah serat diperlakukan dengan menggunakan NaOH.

### 3.2 Pengaruh Proses Vakum dan Variasi Tekanannya Terhadap Regangan Maksimum Komposit

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat regangan maksimum rata-rata yang terjadi pada komposit tanpa dan dengan proses vakum. Proses vakum telah mampu meningkatkan regangan maksimum komposit, meskipun peningkatannya belum mengalami perubahan yang signifikan. Regangan maksimum yang paling rendah terjadi pada proses vakum pada tekanan -300 mmHg yaitu 0.4% dan paling tinggi pada proses vakum pada tekanan -500 mmHg yaitu 1.7%.



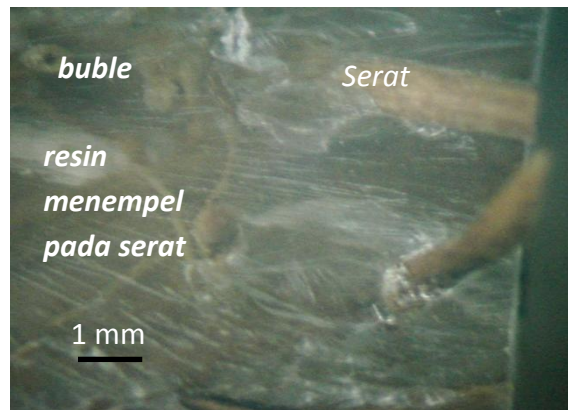
Gambar 3. Regangan komposit terhadap kondisi proses pembuatannya

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa regangan komposit yang dibuat di bawah kondisi vakum memperlihatkan regangan yang meningkat dibandingkan regangan komposit yang dibuat pada kondisi tekanan atmosfer. Hal ini dapat terjadi karena berkurangnya porositas/*bubbles* akibat proses vakum, terutama pada daerah permukaan antara serat dan resin (*boundary layer*). Ikatan antara serat dan resin tanpa lapisan batas menimbulkan ikatan permukaan yang cukup baik pada keduanya sehingga selain dapat meningkatkan kekuatan juga dapat menghasilkan ikatan yang kuat. Dengan demikian ikatan permukaan serat dan resin melalui proses vakum menghasilkan peningkatan kekuatan tanpa menurunkan tingkat keuletannya.

### 3.3 Pengaruh Proses Vakum dan Variasi Tekanannya Terhadap Permukaan Patahan (*Fracture Surface*) pada Uji Tarik Komposit

Bentuk permukaan patahan (*fracture surface*) hasil uji tarik dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan gambar tersebut dapat diamati bahwa bentuk permukaan patah pada masing-masing spesimen memiliki perbedaan. Permukaan patahan komposit yang dibuat pada tekanan atmosfer ( $P_{atm}$ ) memperlihatkan kondisi yang berbeda dibandingkan permukaan komposit diproses dengan vakum.

Pada kondisi tekanan atmosfer terlihat banyak serat kelapa yang tertarik keluar tanpa penempelan resin. Hal ini menunjukkan kurangnya ikatan permukaan antara serat dan resin [2]. Namun berbeda halnya dengan permukaan patahan komposit yang dibuat dengan proses vakum. Resin terlihat sangat banyak menempel di permukaan serat. Demikian juga jumlah porositas yang terjebak sangat sedikit ditemukan pada komposit yang dibuat pada proses vakum. Proses vakum pada kondisi -400 dan -500 mmHg terlihat jumlah porositas/*bubbles* yang jauh lebih sedikit karena proses vakum yang lebih tinggi dapat mengeluarkan udara yang terperangkap di dalam komposit. Dengan demikian ikatan permukaan (*interfacial bonding*) antara permukaan serat dan resin lebih baik. Oleh karena itu hal ini memperkuat pembuktian kenapa terjadinya peningkatan kekuatan tarik komposit yang dibuat pada vakum begitu signifikan dibandingkan dengan kekuatan tarik komposit yang diproses pada tekanan atmosfer. Selain itu, perbaikan penempelan resin ke serat dapat dijelaskan melalui perbaikan permukaan serat kelapa setelah dialkalisasi. Berbagai studi membuktikan bahwa larutan NaOH mampu membuat permukaan serat lebih kasar akibat terbuangnya lapisan-lapisan seperti lignin, lilin dll yang pada gilirannya akan memperbaiki penempelan resin ke permukaan serat [12,13,14].



Gambar 4. Permukaan Patahan Komposit

#### 4. Kesimpulan

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

1. Proses vakum dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit akibat membaiknya ikatan antara permukaan serat dengan matrik.
2. Kekuatan tarik rata-rata komposit yang diperkuat dengan serat kelapa yang diproses tanpa vakum didapatkan sebesar 5,8 MPa dengan regangan 1,5 % dan paling maksimum adalah melalui proses vakum pada tekanan -500 mmHg sebesar 19,2 MPa dengan regangan 1,7 %
3. Variasi vakum telah memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada peningkatan kekuatan komposit yang diperkuat dengan serat sabut kelapa. Semakin tinggi nilai vakum maka akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi karena dapat memperbaiki ikatan permukaan antara permukaan serat dan resin sebagai matrik.

#### Ucapan Terimakasih

Terima kasih diucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti) yang telah mendanai penelitian ini melalui penelitian fundamental. Apresiasi yang besar diarahkan kepada mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan sumbangan tenaga dan pemikiran demi terlaksananya dengan baik penelitian ini.

#### Referensi

1. Hairul Abral et al., Tensile Strength of Natural Fiber Reinforced Resin Composite Manufactured by Vacuum Process: Case Study of Fiber of Oil Palm Empty Fruit Bunch, Proceeding of ICGTE, Vol. 2; 2009. 251-253.
2. Hairul Abral et al., Fracture Surface of Coconut Coir Fibers Reinforced Composite Manufactured by Vacuum, Proceeding of ICGTE, Vol. 2; 2009. 254-257.
3. Hairul Abral, Tensile Strength of *Metroxylon Sago* Fiber Treated By Sodium Hydroxide, Proceeding ICCE-17, Honolulu-Hawaii., 2009.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

4. Viviana P. Cyras, Claudia Vallo, Jose M. Kenny And Anali A VaZquez. Effect of Chemical Treatment on The Mechanical Properties of Starch-Based Blends Reinforced With Sisal Fibre. *Journal of Composite Materials* 2004;16:1387-1399
5. Iswandi Imra, Pengaruh Proses Vakum dan Variasi Tekanan Vakum Terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Alam (*Coir Fibre Reinforced Resin Composite*), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas, Padang, 2009
6. Y. Cao, S. Shibata, I. Fukumoto, Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments, *Composites: Part A* 2006;37:423–429
7. Robin Zuluaga, Jean Luc Putaux, Javier Cruz, Juan Vélez, Iñaki Mondragon, Piedad Gañán, Cellulose microfibrils from banana rachis: Effect of alkaline treatments on structural and morphological features, *Carbohydrate Polymers* 2009;76:51–59
8. Jochen Gassan, Andrzej K. Bledzki. Possibilities for improving the mechanical properties of jute/epoxy composites by alkali treatment of fibres. *Composites Science and Technology* 1999;59:1303-1309
9. V. Vilay, M. Mariatti, R. Mat Taib, Mitsugu Todo. Effect of fiber surface treatment and fiber loading on the properties of bagasse fiber–reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology* 2008;68:631–638.
10. A.K. Bledzki, J. Gassan. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Prog. Polym. Sci.* 1999;24:221–274
11. Koichi Goda, M.S. Sreekala, Alexandre Gomes, Takeshi Kaji, Junji Ohgi. Improvement of plant based natural fibers for toughening green composites—Effect of load application during mercerization of ramie fibers. *Composites: Part A* 2006;37:2213–2220.
12. M.S. Sreekala, M.G. Kumaran, Sabu Thomas. Stress relaxation behaviour in oil palm fibres. *Materials Letters* 2001;50:263–273
13. Gassan, J. and Bledzki, A. Alkali Treatment of Jute Fibers: Relationship Between Structure and Mechanical Properties. *Journal of Appl. Polym. Sci.*, 1999;71:623–629.
14. Piedad Ganán, Inaki Mondragon. Effect of Fiber Treatments on Mechanical Behavior of Short Figue Fiber-Reinforced Polyacetal Composites. *Journal of Composite Materials*, 2005;39:633-646.