

Studi Experimental Pengaruh Fraksi Massa dan Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Serat Nanas

Andi Saidah, Helmi Wijanarko

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Kampus Sunter Agung, Sunter Podomoro, Jakarta 14130.
andisaidah@yahoo.co.id

ABSTRAK

Untuk memproduksi komposit berpenguat serat nanas dalam skala besar, efisiensi perlu dipertimbangkan. Pemilihan type pola orientasi serat dan volume yang tepat dapat meningkatkan efisiensi. Pada fraksi berat yang sama, type serat yang panjang dan beranyam (*woven*) umumnya lebih kuat menahan gaya tarik daripada type serat pendek acak (*random*), namun type serat pendek acak lebih mudah dalam penyusunan komposit dan tentu saja biaya produksinya lebih murah, untuk itu perlu kiranya pemilihan komposisi serat yang mudah penyusunannya namun lebih besar kekuatan tariknya. Hasil penelitian untuk *resin* yang diperkuat serat nanas dengan type serat pendek acak dengan fraksi massa 1% mempunyai kekuatan tarik 70% dan modulus elastisitasnya 66% dibawah resin dengan type serat panjang beranyam (*woven*) dengan fraksi massa 1%, 2% mempunyai kekuatan tarik 71.5% dan modulus elastisitasnya 67.75% dibawah resin dengan type serat panjang beranyam (*woven*) dengan fraksi massa 1% , untuk serat pendek bentuk acak dengan fraksi massa 3% mempunyai kekuatan tarik 100% sama namun modulus elastisitasnya 82.% dibawah resin dengan type serat panjang beranyam (*woven*) dengan fraksi massa 1%, dengan perbandingan fraksi massa antara resin serat nanas type *randomly discontinuous fibercomposite* dengan resin type *woven fiber composite* untuk kekuatan tarik yang sama dengan 1 : 3.

Kata Kunci: serat nanas, resin general purpose, kekuatan tarik

1. Pendahuluan

Kebutuhan material untuk sebuah produk cenderung bertambah. Penggunaan material logam pada berbagai komponen produk semakin berkurang, Hal ini diakibatkan oleh komponen yang terbuat dari logam relatif berat, proses pembentukannya relatif susah, mudah terkorosi dan biaya produksinya mahal. Oleh karena itu banyak dikembangkan material lain yang mempunyai sifat dan karakteristik sesuai dengan yang diinginkan. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit. Secara umum komposit tersusun dari material pengikat (*matrix*) dan material penguat (*reinforce*). Logam, keramik dan *polymer*, dapat digunakan sebagai material pengikat pada pembuatan komposit tergantung sifat yang ingin dihasilkan. Namun *polymer* merupakan material yang paling luas digunakan sebagai *matrix* dalam komposit modern yang lebih dikenal dengan *reinforced plastic*.



Plastik banyak digunakan sebagai matrik dalam komposit dikarenakan plastik memiliki sifat utama ketahanan kimia (*chemical resistant*) yang baik. Plastik sangat ringan dan memiliki kekuatan tarik yang cukup baik, akan tetapi memiliki kelemahan yaitu mempunyai sifat getas. Penguatan yang paling banyak digunakan pada plastik adalah penguatan serat. *Resin General Purpose* atau *polyester resin* dari jenis *thermosetting*. Plastik dipilih sebagai material pengikat dan serat nanas sebagai penguat karena serat nanas (*pineapple fiber*) memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi serta mempunyai sifat yang ulet, ketersediaan bahan baku yang melimpah, tumbuhan serat nanas dapat tumbuh diseluruh wilayah Indonesia, mudah didapat, murah, dan tidak mencemari lingkungan (*biodegradable*), proses pengolahan dari daun menjadi serat sangatlah mudah dengan metode yang sederhana, sifat ketahanan terhadap temperatur yang cukup baik, murah, dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, sangat banyak diantaranya untuk pembuatan bak mandi, bumper mobil, *dashboard*, helm dan sebagainya. Jumlah besarnya serat, panjang dan pola orientasinya dalam menyusun komposit sangat mempengaruhi kekuatan dari komposit itu sendiri. Ada beberapa type pola orientasi serat dalam komposit antar lain type serat panjang satu arah (*Continuous fiber composite*), type serat anyam dwi arah (*Woven fiber composite*), type serat pendek acak (*Randomly discontinuous fiber composite*), dan type campuran (*Hybrid fiber composite*). Secara teoritis dari keempat type pola orientasi tersebut, type serat campuran (*hybrid*) adalah yang paling tinggi kekuatannya, karena merupakan kombinasi antara serat panjang anyam dan serat pendek acak. Kekurangan dari type serat ini adalah relatif lebih susah pembuatannya dan lebih mahal dikarenakan volume serat yang lebih tinggi. Type serat pendek acak adalah yang paling ekonomis dan mudah dalam pembuatannya namun kekuatannya jauh di bawah serat anyam pada fraksi berat yang sama.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian experimental yang terdiri dari:

A. Pemilihan material filler dan matrix

Untuk material penguat dalam penelitian ini ialah menggunakan serat nanas. Dari hasil pengujian tarik pada penelitian sebelumnya, diketahui tegangan tariknya sebesar 243-550 Mpa dan massa jenis sebesar 1543 kg/m³ dengan elongasinya 3.43%. Matrik yang digunakan adalah jenis *thermosetting plastic*, yaitu *resin general purpose*. Diketahui massa jenis resin sebesar 1215 kg/m³, tegangan tarik sebesar 55 MN/m², Modulus elastisitas 3 GPa dan elongasinya 1.6%.

B. Variasi Spesimen

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan spesimen berbentuk plat dan menggunakan 4 variasi material uji. yaitu resin yang diperkuat serat nanas dengan pola serat pendek acak (*randomly discontinuous fiber composite*) masing-masing dengan

fraksi massa yang berbeda-beda yaitu 3%, 2%, dan 1% dimana masing-masing variasi mempunyai panjang serat yang sama yaitu 10 mm, dan resin yang diperkuat serat nanas dengan pola anyaman/ pola dwi arah (*Woven fiber composite*) fraksi massa 1% dengan panjang 100 mm & 40 mm.

C. Pembentukan Serat Nanas

Serat nanas yang diperoleh dengan cara ekstraksi dari daun nanas dijemur hingga kering untuk mengurangi kadar air sampai 20%. Pemotongan serat nanas dilakukan dengan panjang 10 mm untuk tipe serat pendek acak (*randomly oriented discontinuous fiber type*), dan 100 mm dan 40 mm untuk type serat anyam (*woven fiber composite*). Setelah itu serat nanas ditimbang dengan berat sesuai dengan fraksi massanya. Serat nanas dengan berat 2.86 gr untuk fraksi massa 3%, 1.91 gr untuk 2% dan 0.95 gr untuk 1% dari berat komposit.

Proses selanjutnya melakukan penganyaman serat dengan cara manual untuk mendapatkan serat nanas dalam bentuk lembaran anyaman dengan ukuran 100 x 40 mm dengan pola dwi arah membentuk sudut 0 dan 90 derajat. Jumlah serat untuk menjadi lembaran anyaman tersebut disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian tarik

Dari pengujian tarik didapatkan grafik beban vs simpangan. Berdasarkan grafik hasil uji tarik tersebut maka material ini dapat dikelompokkan sebagai material yang getas. Hal ini dapat dilihat dari bentuk grafiknya yang mempunyai kemampuan mulur yang kecil. Beban *ultimate* dapat diperoleh langsung pada saat pengujian yang besarnya tertera pada layar digital mesin uji tarik tersebut. Pengamatan selama pengujian dilakukan pada saat proses patah dimulai. Proses patah ini berlangsung sangat cepat sehingga diperlukan ketelitian dalam pembacaan *ekstensimeter* saat terjadi perpatahan. Karena meskipun spesimen uji telah patah nilai yang tertera masih terus meningkat. Hal ini berbeda dengan beban yang nilainya akan berhenti jika material telah patah.

Berdasarkan data hasil pengujian dapat dilakukan perhitungan dengan hasil sebagai berikut :

- Untuk resin yang diperkuat serat nanas type serat pendek acak dengan fraksi massa 1% diperoleh rerata panjang mula-mula sebesar $L_0 = 200,4$ mm, regangan rerata $\epsilon = 0,001$ mm atau 0,1%, sedangkan harga kekuatan tarik maksimum rata-rata adalah $8,9$ N/mm².
- Untuk resin yang diperkuat serat nanas type serat pendek acak dengan fraksi massa 2% diperoleh rerata panjang mula-mula sebesar $L_0 = 202,1$ mm, regangan rerata $\epsilon = 0,0012$ mm atau 0,12%, sedangkan harga kekuatan tarik maksimum rata-rata adalah $9,1$ N/mm².
- Untuk resin yang diperkuat serat nanas type serat pendek acak dengan fraksi massa 3% diperoleh rerata panjang mula-mula sebesar $L_0 = 200,9$ mm, regangan rerata $\epsilon = 0,0014$ mm atau 0,14 %, sedangkan harga kekuatan tarik maksimum rata-rata adalah $12,8$ N/mm².

- Untuk resin yang diperkuat serat nanas type *woven* dengan fraksi massa 1% diperoleh rerata panjang mula-mula sebesar $L_0 = 201,7$ mm, regangan rerata $\epsilon = 0,0016$ mm atau 0,16 %, sedangkan harga kekuatan tarik maksimum rata-rata adalah $12,7$ N/mm².

Semua nilai ini merupakan rata-rata yang diperoleh dari 3 kali pengujian tarik untuk satu kali kelompok variasi pengujian.

Tabel 1. Perbandingan sifat-sifat fisik resin epoxy dan polyester

Jenis Resin	Tensile Yield Strength (Mpa)	Flexural Strength (Mpa)	Tensile of Modulus Elasticity (Gpa)	Impact Strength (J/m)
Epoxy	72	110	3.1	8.8
Polyester	40	60	17.5	10.6

Tabel 2. Hasil Pengujian tarik komposit resin berpenguat serat nanas pada berbagai variasi

No	Beban Luluh, $F_{0.2\%}$ (kN)	Beban Maksimum, F_m (kN)	Tegangan Luluh, $\sigma_{0.2\%}$ (N/mm ²)	Keterangan
1	2.0	3.0	6.0	1% serat acak
2	2.0	3.0	6.1	2% serat acak
3	2.75	4.75	7.4	3% serat acak
4	3.0	4.25	9.0	1% serat anyam

Tabel 3. Hasil Pengujian tarik komposit resin berpenguat serat nanas pada berbagai variasi

No.	Tegangan Maksimum, σ_u (N/mm ²)	Modulus Elastisitas, E_t (N/mm ²)	Keterangan
1	8.9	2983.0	1% serat acak
2	9.1	3046.9	2% serat acak
3	12.8	3715.7	3% serat acak
4	12.7	4496.7	1% serat anyam

Dari tabel diatas diketahui bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas akan cenderung meningkat dengan makin meningkatnya fraksi massa komposit. Secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa semakin besar fraksi massa akan meningkatkan energi patah spesifik *resin*. Hal ini dikarenakan semakin besar fraksi massa maka

akan semakin banyak jumlah serat yang terkandung dalam komposit. Sesuai dengan fungsi serat adalah sebagai material penguat yang tujuannya adalah menerima transfer beban yang diterima oleh matriks. Sehingga dengan semakin banyaknya serat, maka beban yang diterima oleh serat semakin ringan karena jumlahnya yang banyak. Dengan semakin meningkatnya jumlah serat maka akan meningkatkan kekuatan tarik serta energi patah material. Pola orientasi serat panjang dwi arah yang dianyam (*woven fiber composite*) memberikan kekuatan tarik yang lebih besar dibanding pola serat yang pendek dan acak pada fraksi massa yang sama. Namun modulus elastisitas serat *woven* 1,5 kali lebih tinggi dari pola serat acak. Hal ini disebabkan diantara serat dan matriks type serat *woven* terjadi ikatan permukaan (*interfacial bonding*) yang lebih kuat karena konstruksi seratnya yang bersilangan. Sementara yang terjadi pada komposit serat pendek acak pada saat terjadi pembebanan tarik tegangan geser paling besar terjadi pada daerah ujung-ujung serat dan semakin mengecil apalagi menuju bagian tengah serat. Sehingga semakin kecil *aspect ratio* yang berarti semakin pendek panjang serat dalam komposit akan mengakibatkan semakin banyak daerah yang mengalami transfer *stress* sehingga nilai kekuatan tarik komposit akan menjadi rendah. Ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks sangat diinginkan dalam komposit. Serat nanas yang mempunyai kemampuan menyerap cairan yang baik menyebabkan terjadinya ikatan permukaan yang baik antara serat nanas dengan resin. Selain itu serat nanas juga mempunyai modulus elastisitas yang cukup tinggi sehingga beban yang dapat ditransfer dari matriks ke serat juga akan semakin besar.

Pada pengujian tarik dengan menggunakan material berbentuk plat ini bentuk patahan antara komposit berpenguat serat nanas type serat pendek acak dengan type serat panjang yang beranyam (*woven*) berbeda. Permukaan patah untuk resin yang diperkuat oleh serat nanas type *acak* terlihat lebih rata dan lebih halus. Hal ini disebabkan karena pada pola beranyam ini konstruksi seratnya sanggup menahan beban yang arahnya tegak lurus serat selain itu komposit dengan type serat beranyam juga merupakan komposit yang tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Konstruksi seratnya yang bersilangan saling tegak lurus menjadikan ikatan permukaan baik antar serat maupun antara serat dan resin lebih kuat sehingga pada saat dilakukan pembebanan terjadi retak pada *resin* akan tetapi serat masih menyambung. Beberapa saat setelah retaknya *resin*, serat juga akan ikut patah juga. Hal inilah yang menyebabkan permukaan patah spesimen *resin* yang diperkuat dengan serat nanas type *woven* lebih tidak rata dan lebih kasar. Permukaan patahan *resin* yang diperkuat dengan serat nanas dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Permukaan Patah Spesimen serat type anyam (*woven*)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tarik didapatkan kurva beban vs simpangan, setelah dilakukan analisa dan pembahasan untuk mengetahui pengaruh fraksi berat dan pola orientasi serat maka dapat disimpulkan:

1. *Resin* yang diperkuat serat nanas dengan pola serat anyaman (*woven fiber composite*) mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar satu setengah kali dari resin serat pendek acak (*randomly discontinuous fiber composite*)
2. Pengaruh jumlah serat atau fraksi massa serat dan orientasi seratnya terhadap kekuatan tarik adalah sebagai berikut :
 - Untuk *resin* yang diperkuat serat nanas dengan type serat pendek acak dengan fraksi massa 1% mempunyai kekuatan tarik 70% dan modulus elastisitasnya 66% dibawah resin dengan type serat panjang beranyam (*woven*) fraksi massa 1%
 - Untuk *resin* yang diperkuat serat nanas dengan type serat pendek acak dengan fraksi massa 2% mempunyai kekuatan tarik 71.5% dan modulus elastisitasnya 67.75% dibawah resin dengan type serat panjang beranyam (*woven*) fraksi massa 1%
 - Untuk *resin* yang diperkuat serat nanas dengan type serat pendek acak dengan fraksi massa 3% mempunyai kekuatan tarik 100% sama namun modulus elastisitasnya 82.% dibawah resin dengan type serat panjang beranyam (*woven*) fraksi massa 1%
3. Perbandingan fraksi massa antara resin serat nanas type *randomly discontinuous fibercomposite* dengan resin type *woven fiber composite* untuk kekuatan tarik yang sama adalah 1 : 3
4. Permukaan patah untuk *resin* dengan serat type serat acak lebih rata dan lebih halus dibandingkan *resin* yang diperkuat dengan serat anyam.

Daftar Pustaka

1. Callister, William D, 1997, "*Material Science And Engineering*", John Wiley & Sons, New York
2. Crawford, R.J,"*Plastic Engineering*", 2nd Edition, Pergamon Press, UK
3. Encarta Microsoft, 2000, "*Fiber*", <http://encarta.msn.com/>, US
4. Encarta Microsoft, 2000, "*Plastic*", <http://encarta.msn.com/>, US
5. Gibson, F Ronald,1994, "*Principles of Composite Material Mechanics*", International Edition, McGraw-Hill Inc, New York
6. Matthews, FL,1999, "*Composite Material: Engineering and Science*", Woodhead Publishing Limited, England.
7. Project, Seecom, "Pengujian Ketangguhan Retak Bahan *Polyvinyl Chloride (PVC)* Dengan Metode Energi Patah Essensial" Article Bambang Kusharjanta, Pasca Sarjana, UGM (2001)
8. Project, Seecom, "*Work of Fracture of High Impact Polystyrene (HIPS) film Under Plane Stress Conditions*" Article , S. Hashemi
9. Sriati Djaprie, 1987, "Metalurgi Mekanik", edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
10. Van Vlack, L.H, 1992, "Ilmu dan Teknologi Bahan", Edisi ke-5, Erlangga, Bandung

