

Analisa Orientasi Arah dan Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Geser dan Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Batang Pisang Abaka

Martijanti

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak. Material komposit merupakan suatu gabungan dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan matriks. Serat yang digunakan material komposit pada penelitian ini adalah serat yang berasal dari alam yaitu serat pisang abaka dan matriks yang digunakan *epoxy*.

Permasalahan pada penelitian ini difokuskan untuk mengetahui sejauh mana orientasi arah serat terhadap sifat mekanik dari material komposit. Metode yang digunakan eksperimental dengan proses *Hand Lay-Up*. Dengan melakukan serangkaian pengujian yang meliputi uji tarik dan uji geser, sedangkan parameter yang diambil adalah variasi dari fraksi volume serat 10%, 15% dan 20% dengan arah serat dua arah dan juga arah acak. Dari hasil data pengujian, diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat, maka kekuatan tarik dan gesernya akan semakin meningkat. Pada orientasi serat arah *Random* kekuatannya lebih rendah dibandingkan dengan orientasi serat dua arah karena kekuatan tidak terpusat pada dua arah melainkan seragam pada segala arah. Adanya distribusi yang tidak merata karena adanya *void* atau cacat sehingga kekuatannya rendah.

Kata kunci : *Orientasi arah serat, fraksi volume serat, kekuatan geser, material komposit berpenguat serat batang pisang abaka*

1 Pendahuluan

Pada saat ini material yang diolah secara eksplorasi (bahan tambang) suatu saat pasti akan habis. Sebagai bahan alternatif material pengganti dari bahan eksplorasi salah satunya adalah material komposit. Material komposit didefinisikan sebagai campuran makroskopik antara serat dan matriks. Serat mempunyai sifat fisik yang kuat berfungsi untuk memperkuat matriks karena serat jauh lebih kuat dari matriks juga dapat menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja, sedangkan matriks bertugas melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan (*impact*)¹³. Komposit dikategorikan menjadi beberapa jenis yaitu komposit serat kontinu, komposit serat anyam, komposit serat acak, komposit serat hibrid dan komposit serat logam. Faktor yang mempengaruhi komposit adalah jumlah, arah serat, dan fraksi volume. Material komposit berpenguat serat pisang abaka merupakan salah satu alternatif pilihan sebagai pengganti dari bahan tambang dengan kelebihanannya mudah didapat, tahan korosi, kekuatannya tinggi, ramah lingkungan serta dengan biayanya yang ekonomis.

Tanaman abaka (*Musa Textilis Nee*) termasuk dalam pisang (*Musaceae*) yang dikategorikan sebagai pisang jantan, karena pisang ini tidak menghasilkan buah. Produksi utama dari budi daya tanaman pisang ini adalah berupa serat (*fiber*) yang terkenal dalam perdagangan internasional sebagai serat berkualitas tinggi. Serat pisang abaka (untuk selanjutnya disebut sebagai serat abaka) juga banyak di gunakan untuk bahan baku pulp kertas bermutu tinggi -

(kertas uang, kertas cek, kertas filter, kertas teh celup, dan kertas *cologne*), tekstil dan juga pembuatan jok mobil. Melihat kelebihan tersebut diatas maka penulis tertarik untuk meneliti sejauh mana pengaruh fraksi volume dan orientasi arah serat pisang abaka dengan matriks epoxy terhadap kekuatan geser material komposit.

Faktor yang mempengaruhi kekuatan material komposit seperti yang dijelaskan di atas adalah orientasi dan jumlah serat. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauhmana pengaruh fraksi berat terhadap kekuatan geser komposit berpenguat serat pisang, khususnya kekuatan Geser. Untuk orientasi serat menggunakan bentuk woven roving (2 arah) dan arah acak, serta bervariasi fraksi berat serat sebesar 10%, 15% dan 20%.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Material Komposit

Dalam bidang rekayasa, kekuatan mekanik dan kekakuan merupakan persyaratan utama dalam material komposit. Material komposit adalah suatu material yang dibentuk dengan menggabungkan dua bahan atau lebih (logam, polimer dan keramik) yang berbeda dalam skala makro, dimana material penyusunnya dapat dibedakan dengan jelas secara makroskopik, sehingga sifat-sifat komponen pembentuknya masih terlihat dengan jelas¹).

Komposit diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan matriks¹):

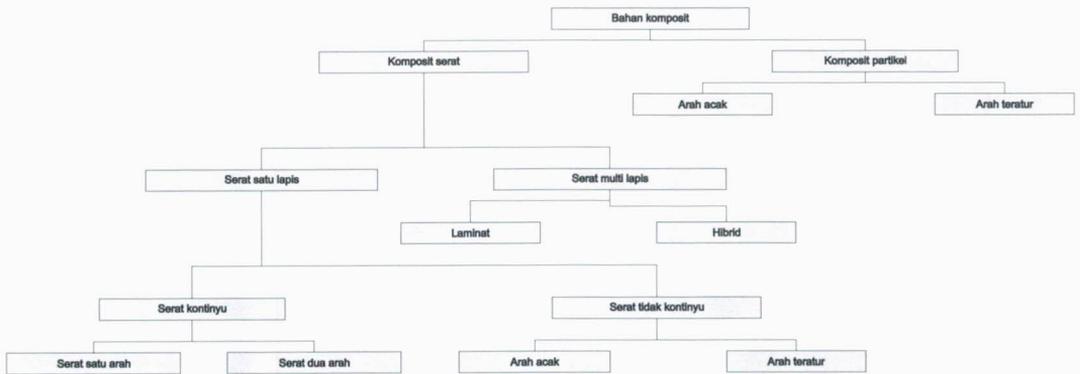
- Polymer Matrix Composites (PMC); komposit dengan matriks polimer, merupakan komposit utama dan sering disebut fiber Reinforced Polymer
- Metal Matrix Composite (MMC); komposit dengan matriks logam
- Ceramic Matrix Composite (CMC) komposit dengan matriks keramik

Material komposit dibentuk dari beberapa bahan pokok agar diperoleh sifat yang kuat, kaku dan ringan yang belum pernah dimiliki oleh sifat asalnya. Bahan pokok tersebut adalah matriks dan serat. Material komposit sangat efisien dalam menerima beban, karena beban tersebut ditanggung oleh serat. Serat harus terikat kuat oleh matriks sehingga dapat menentukan sifat keseluruhan material komposit¹).

Fungsi serat adalah untuk mendukung beban yang bekerja, meningkatkan kekuatan material karena memiliki serat yang halus dan lebih kuat. Oleh sebab itu material komposit sangat kuat dan kaku bila mendapatkan beban yang searah dengan serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus²). Mengingat matriks sebagai media, maka fungsi dari matriks tersebut adalah mengikat serat, sebagai medium untuk mentransfer dan mendistribusi beban pada serat, dan juga sebagai pembungkus/ pelindung serat dari kerusakan permukaan yang disebabkan oleh abrasi mekanis atau reaksi kimia dengan lingkungan sekitar. Serat tanpa adanya matriks tidak akan dapat menahan gaya dalam arah tekan dan transversal. Matriks juga menggunakan mekanisme tegangan geser, serta melindungi serat dari pengaruh lingkungan yang merusak. Karena itu bahan matriks biasanya dipilih dari bahan yang ulet dan lunak, agar mampu meneruskan tegangan geser²).

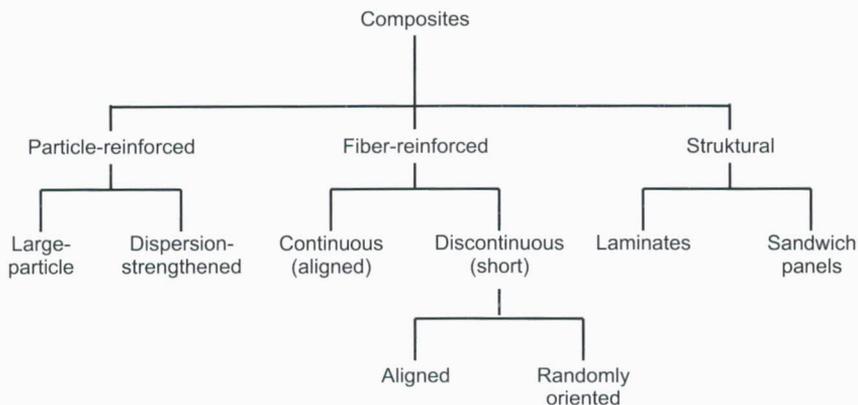
2.2 Klasifikasi Jenis-Jenis Komposit

Komposit diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, bergantung pada geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti, karena serat merupakan unsur utama dalam material komposit tersebut. Sifat-sifat mekanik material komposit, seperti kekuatan, kekakuan, keuletan dan ketahanan terhadap reaksi kimia dengan lingkungan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya.



Gambar 1 Diagram klasifikasi material komposit²

Penguat yang dipakai adalah serat (*fiber*), partikel dan *whisker* dalam bentuk yang kontinu. Serat kontinu akan memberikan penguatan yang lebih efektif dari pada partikel atau serat pendek. Serat penguat yang tinggi modulus elastisitasnya akan menjadi Getas contohnya pada Grafit, boron, gelas, aramid, alumina dan silon karbida¹⁾.



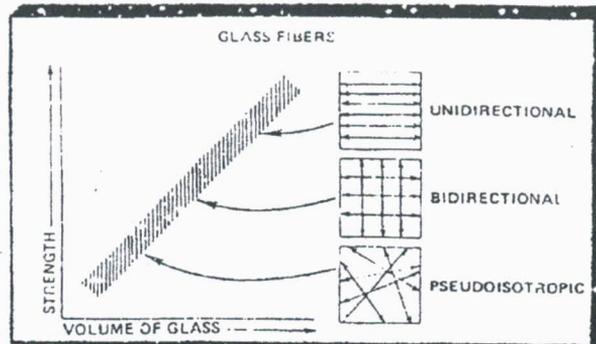
Gambar 2 Klasifikasi dari tipe-tipe komposit¹⁾

Serat biasanya terdiri dari bahan yang kuat, kaku dan getas. Hal ini terjadi karena seratlh yang terutama mampu menahan gaya luar, sehingga serat harus kuat dan kaku. Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil, kadang-kadang dalam *orde micron*²⁾.

Gaya yang mengenai serat akan didistribusikan kesekitarnya melalui tegangan geser. Oleh karena itu ada dua hal yang membuat serat dapat menahan gaya dengan efektif, yaitu bila²⁾:

- Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (disebut pula *interfacial bonding*) sangat baik dan kuat, sehingga serat tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
- Kelangsingan (*aspect ratio*), yaitu perbandingan antara panjang dan diameter serat harus cukup besar. Hal ini disyaratkan agar tegangan geser yang terjadi pada permukaan antara serat dan matriks kecil.
- Orientasi dan jumlah *glass*

• Terdapat hubungan antara orientasi glass dengan jumlah glass yang dapat diberikan dalam pembuatan suatu bahan. Dengan meletakkan serat kontinu dalam arah paralel maka jumlah glass yang dipakai dapat mencapai 45-90% wt benda. Jika orientasinya acak maka jumlah glass hanya 15-50% wt benda. Karena jumlah serat glass berbanding lurus dengan kekuatan yang diperoleh maka serat kontinu dalam arah paralel akan memberikan kekuatan lebih besar dari pada serat yang tersusun acak. Hubungan antara jumlah serat, orientasi dan kekuatan yang didapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Hubungan antara jumlah serat glass, orientasi dan kekuatan¹⁰⁾

2.3 Berdasarkan Matriks/Resin

Adapun fungsi pokok resin dalam komposit adalah⁴⁾:

- Menggabungkan atau memberikan daya ikat antara benang-benang atau serat (*fiber*)
- Mendistribusikan beban diantara serat (*fiber*)
- Melindungi fiber dari pengaruh lingkungan seperti gaya gesek dan kelembaban
- Memberikan kekakuan pada arah tegak lurus fiber.

Matriks/resin merupakan material organik yang bentuk fisiknya dapat dijumpai dalam kondisi cair, prepolimerisasi dan *cure stage*. *Cure stage* dibagi menjadi tiga tahap yaitu⁴⁾:

A stage

Yaitu tahap mula-mula (kondisi awal) resin dimana resin tersebut masih dapat larut dan bercampur dengan cairan tertentu.

B stage

Merupakan tahap antar reaksi polimerisasi (*prepolimerisasi*), dimana resin akan mengembang bila kontak dengan cairan tertentu dan melunak bila dipanaskan.

C stage

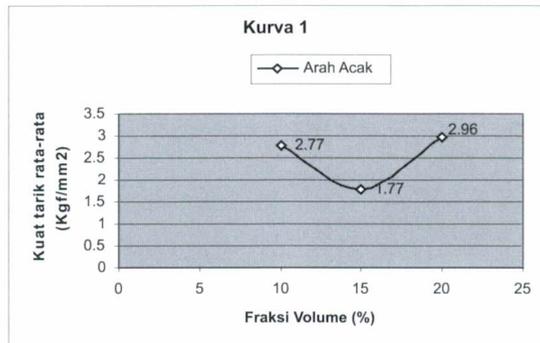
Tahap akhir reaksi polimerisasi resin dimana resin tidak dapat larut atau mencair lagi (*cure*).

3 Data dan Pembahasan

Dari hasil pengujian tarik dan geser pada material komposit yang telah dilakukan kemudian mendapatkan data-datanya, maka perlu untuk menganalisis data-data tersebut dan mengetahui sejauh mana sifat mekanik yang ada pada material komposit serat pisang abaka dengan matriks *epoxy* dimana orientasi arah serat acak dan dua arah.

3.1 Analisa dan Pembahasan Data Uji Tarik

Untuk melihat kejelasannya lebih lanjut maka dibuat suatu kurva sebagai bahan perbandingan antara material komposit pada setiap fraksi volum 10%, 15% dan 20% dengan kekuatan tarik dan regangan putus.



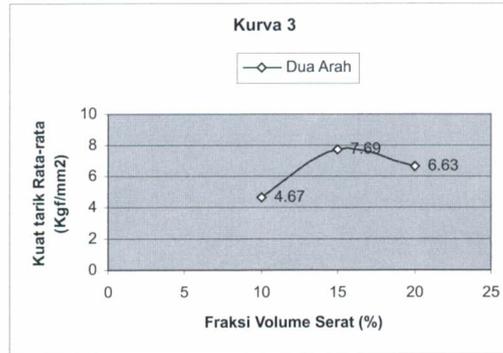
Gambar 4 Kurva Kuat Tarik Rata-rata vs Fraksi Volume Serat dengan Matriks Epoxy dan Orientasi Arah Acak

Pada gambar 4 ditunjukkan untuk setiap fraksi volume serat dengan orientasi arah acak memiliki kuat tarik yang berbeda-beda ada yang terjadi penurunan dan juga peningkatan. Pada $(V_f) = 10\%$ didapat kuat tarik = $2,77 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 15\%$ didapat kuat tarik = $1,77 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 20\%$ didapat kuat tarik = $2,96 \frac{kg_f}{mm^2}$. Terjadinya penurunan drastis terlihat dengan jelas pada uji tarik dengan fraksi volume serat 15%. Sedangkan fraksi volume serat 10% dan 20% kuat tariknya normal dengan menunjukkan kurva yang linier. Secara teori mengatakan bahwa semakin bertambahnya fraksi volume serat maka tingkat kekuatannya juga semakin besar⁽¹⁰⁾, tetapi pada pengujian disini tidak selamanya benar karena hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Distribusi serat tidak tersusun rata dan homogen berpengaruh terhadap banyaknya cacat rongga udara. Karena saat pencampuran resin dan serat pada proses *hand-lay up* tidak merata atau sempurna sehingga udara terjebak didalamnya disertai cairan pelarut (*resin epoxy*) menguap selama pengeringan.
2. Tabel hasil pengujian tarik untuk setiap pengujian dalam satu pengkondisian di peroleh data yang bervariasi. Ini disebabkan material komposit yang dibuat dengan manual terdapat porositas, secara umum ditunjukan oleh *void* berupa gelembung udara. Sehingga pada saat beban tarik diberikan terjadi konsentrasi tegangan pada daerah porositas. Konsentrasi tegangan daerah porositas dapat membuat kekuatan tarik yang diperoleh bukanlah kekuatan tarik dari material komposit tersebut. Karena dengan adanya konsentrasi tegangan harga kekuatan material dapat lebih kecil.

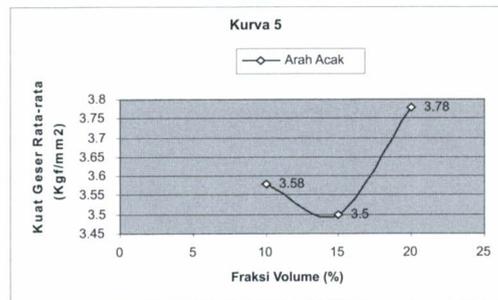
Pada gambar 5 diperoleh kurva kuat tarik vs fraksi volume serat dengan orientasi dua arah memiliki kuat tarik yang berbeda-beda ada yang terjadi penurunan dan juga peningkatan. Pada $(V_f) = 10\%$ didapat kuat tarik = $4,67 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 15\%$ didapat kuat tarik = $7,69 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 20\%$ didapat kuat tarik = $6,63 \frac{kg_f}{mm^2}$. Pada fraksi volume serat 20% terjadinya penurunan kuat tarik atau kuat tariknya lebih kecil dibandingkan dengan fraksi volume serat 10% dan 15%, ini disebabkan karena penggunaan fraksi volume serat yang tinggi, memerlukan serat yang banyak pula sehingga sulit untuk meratakan susunan serat secara homogen dengan pencampuran resin *epoxy* pada proses *hand lay up*. Proses pengerolan yang tidak merata dan sempurna juga menyebabkan terjadinya gelembung udara terjebak didalamnya. sehingga pada proses pengujian tariknya spesimen tersebut tidak mampu menahan beban yang besar.

Kemungkinan terjadinya debonding ikatan antara serat dengan matriks dapat dilihat pada foto makro. Hal ini tampak dari patahan spesimen yang mana matriks sudah putus, disebabkan beban yang diterima oleh spesimen tidak diterima sama-sama melainkan matriks terlebih dahulu menerima beban dan kemudian diteruskan keserat. Pada saat proses pencetakan, ada sebagian serat yang tidak berada ditengah-tengah matriks sehingga serat tidak seluruhnya terikat kuat oleh matriks.



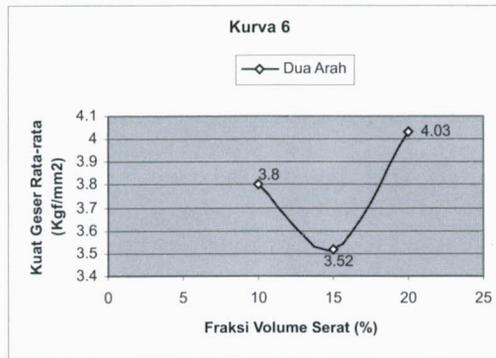
Gambar 5 Kurva Kuat Tarik Rata-rata vs Fraksi Volume Serat dengan Matriks Epoxy dan Orientasi Dua Arah

3.2 Analisa dan Pembahasan Data Uji Geser



Gambar 6 Kurva Kuat Geser Rata-rata vs Fraksi Volume Serat dengan Matriks Epoxy dan Orientasi Arah Acak

Pada gambar 6 adalah kurva kuat geser vs fraksi volume serat dengan orientasi serat acak memiliki kuat geser yang bervariasi. Pada $(V_f) = 10\%$ didapat kuat geser = $3,58 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 15\%$ didapat kuat geser = $3,50 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 20\%$ didapat kuat geser = $3,78 \frac{kg_f}{mm^2}$. Pada fraksi volume serat 15% terlihat dengan jelas terjadinya penurunan kuat gesernya ini dikarenakan terjadinya *curing time* yaitu prosesnya belum benar-benar kering. Pada saat pengadukan antara resin dan hardener tidak homogen sehingga warna dari komposit tersebut tidak cerah (pucat) berbeda dari fraksi volume yang lain. Dengan proses pengadukan yang tidak rata serta tidak homogen menyebabkan ikatan antara hardener dan resin tidak saling menyatu sehingga pada saat pemberian beban geser yang besar matriks tidak kuat untuk melindungi serat pada saat pemberian beban dengan arah transversal.



Gambar 7 Kurva Kuat Geser Rata-rata vs Fraksi Volume Serat dengan Matriks Epoxy dan Orientasi Dua Arah

Pada gambar 7 adalah kurva kuat geser vs fraksi volume serat dengan orientasi dua arah memiliki kuat geser yang bervariasi. Pada $(V_f) = 10\%$ didapat kuat geser = $3,80 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 15\%$ didapat kuat geser = $3,52 \frac{kg_f}{mm^2}$; $(V_f) = 20\%$ didapat kuat geser = $4,03 \frac{kg_f}{mm^2}$. Pada fraksi volume 15% terlihat dengan jelas terjadinya penurunan kuat gesernya, hal ini disebabkan karena pada proses penyusunan serat pada saat proses *hand lay up* tidak teratur banyaknya serat yang menumpuk dibebberapa bagian dan bagian lain sedikit terdapatnya serat, sehingga pada saat pengujian geser serat tidak mampu menahan beban yang besar. Maka dengan demikian pemerataan serat kesemua tempat harus diperhatikan hal ini berpengaruh terhadap besar kecilnya kuat geser pada saat diberikan beban geser sehingga mampu menahan beban yang diberikan secara merata.

4 Kesimpulan

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Dari hasil pengujian pada material komposit berpenguat serat pisang abaka dengan matriks epoxy mengidentifikasi, bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka akan semakin meningkat pula kuat tarik dan kuat geser dari material komposit tersebut. Kecuali pada fraksi volume serat 15 % terjadinya penurunan yang disebabkan banyaknya kandungan void atau gelembung udara yang terjebak didalamnya.
2. Dari hasil pengujian material komposit berpenguat serat pisang abaka dengan matriks epoxy, diperoleh orientasi arah serat yang terbesar untuk kuat tarik dan kuat geser adalah orientasi arah serat dua arah dibandingkan dengan orientasi arah serat acak.

Daftar Pustaka

1. Bambang Kismono Hadi, "Mekanika Struktur komposit", Departemen Teknik Penerbangan ITB, Bandung, 1992.
2. George E. Dieter, "Metalurgi Mekanik", Ed.III (jilid 1), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
3. Kumpulan Materi Training (Composite Tooling), Pendidikan dan Latihan Industri Pesawat Terbang Nusantara, 1997.
4. Mardjono Siswono, "Komposit dengan Matriks Polimer (Thermoset dan Thermoplastik)", 1990.
5. Rachmat Supardi. H, Drs, "Keramik, Gelas, Komposit Suplement Pengetahuan Bahan Non Logam", Universitas Jendral Achmad Yani, Bandung, 1993.
6. Ronald F Gibson, "Principles Of Composite Material Mechanics", Mc Graw-Hill, Inc., Nem York, 1994.