

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT SERAT ALAM

Ratni Kartini¹, H. Darmasetiawan¹, A. Karo Karo² dan Sudirman²

¹Jurusan Fisika FMIPA IPB

Jl. Raya Pajajaran, Bogor

²Puslitbang Iptek Bahan (P3IB)-BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT POLIMER BERPENGUAT SERAT ALAM.

Telah dilakukan pembuatan komposit dengan matriks polimer yaitu epoksi dan poliester dengan bahan penguat (*filler*) serat alam, yaitu serat pisang dan serat ijuk yang dikombinasikan satu sama lain menjadi empat macam komposit yaitu komposit epoksi-pisang, epoksi-ijuk, poliester-pisang, dan poliester-ijuk. Untuk keempat macam komposit tersebut, pengaruh penambahan lapisan serat pada matriks polimer terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur bahan komposit dipelajari. Hasil penelitian menunjukkan, secara umum penambahan lapisan serat menurunkan nilai kekuatan tarik komposit, kecuali untuk komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat ijuk. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh komposit epoksi-serat ijuk 3 lapis yaitu 45,44 MPa, sedangkan komposit epoksi-serat pisang 3 lapis memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 30,47 MPa. Nilai kekuatan tarik terendah diperoleh komposit poliester-serat pisang 3 lapis yaitu 15,62 MPa, sedangkan jika ditambahkan serat ijuk 3 lapis kekuatan tariknya menjadi 22,18 MPa. Selain itu, penambahan serat pada matriks polimer secara umum menurunkan nilai kekerasan komposit. Dari pengamatan strukturmikro ternyata kurangnya ikatan antara serat dengan matriks polimer dan distribusi serat pada matriks polimer mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan bahan komposit.

Kata kunci : Serat alam, *composite reinforced*, epoksi, poliester

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED NATURAL FIBER. Synthesis of composites between the polymeric matrixes i.e. epoxy and polyester with the natural fibers i.e. banana and straw fibers have been done, which combined each other into four kinds of composites i.e. epoxy-banana, epoxy-straw, polyester-banana, and polyester-straw composites. For each kind of composites, the effect of fibers layers addition into the polymeric matrixes on its mechanical and its microstructure, were learned. It is found that, for all composites except for epoxy-straw, this effect made their tensile strength to be decrease. Epoxy – 3-layers straw fibers composite has the highest value that is 45.44 MPa while epoxy –3-layers banana fibers composite has 30.47 MPa for its tensile strength. The lowest tensile strength was belong to polyester – 3-layers banana fibers composite, and if it was filled with 3-layers of straw fibers that value become increase to reach 22.18 MPa. Unfortunately, the effect of fibers layer addition is also made their hardness become decrease. It was showed from their microstructures that there were weak bonds between fibers and matrixes. Besides that reason, it also known that fibers distribution in matrixes influences both the tensile strength and the hardness of composite.

Key words : Natural fiber, composite reinforced, epoxy, polyester

PENDAHULUAN

Polimer merupakan bahan yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik, khususnya dalam industri konstruksi. Polimer sebagai bahan konstruksi bangunan dapat digunakan baik berdiri sendiri, misalnya sebagai perekat, pelapis, cat, dan sebagai glazur maupun bergabung dengan bahan lain membentuk komposit. Untuk aplikasi struktur yang memerlukan kekuatan dan ketegaran, diperlukan perbaikan sifat mekanik polimer agar memenuhi syarat. Untuk kebutuhan tersebut, berkembanglah

komposit polimer yang disertai penguat oleh berbagai *filler* di antaranya serat.[1]

Bahan polimer yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit adalah polimer jenis termoset. Pemilihan bahan ini didasarkan bahwa polimer termoset memiliki ketahanan terhadap suhu dan bahan kimia atau pelarut yang disebabkan wujudnya yang cair dan kekentalannya tidak terlalu tinggi sehingga mampu membasahi permukaan serat. [2] Epoksi dan poliester

merupakan polimer termoset yang biasa digunakan dalam pembuatan komposit polimer.[1]

Sifat bahan komposit sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi unsur penyusun, serta interaksi antara keduanya. [4] Parameter penting lain yang mungkin mempengaruhi sifat bahan komposit adalah bentuk, ukuran, orientasi dan distribusi dari penguat (*filler*) dan berbagai ciri-ciri dari matriks. [5] Sifat mekanik merupakan salah satu sifat bahan komposit yang sangat penting untuk dipelajari. Untuk aplikasi struktur, sifat mekanik ditentukan oleh pemilihan bahan.[6] Sifat mekanik bahan komposit bergantung pada sifat bahan penyusunnya. Peran utama dalam komposit berpenguat serat adalah untuk memindahkan tegangan (*stress*) antara serat, memberikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan dan menjaga permukaan serat dari efek mekanik dan kimia. Sementara kontribusi serat sebagian besar berpengaruh pada kekuatan tarik (*tensile strength*) bahan komposit.[7]

Secara umum serat yang sering digunakan sebagai *filler* adalah serat buatan seperti serat gelas, karbon, dan grafit. Serat buatan ini memiliki keunggulan tetapi mahal. Pemakaian serat alam yaitu serat ijuk dan serat pisang sebagai pengganti serat buatan akan menurunkan biaya produksi. Hal ini dapat dicapai karena murah biaya yang diperlukan bagi pengolahan serat alam dibandingkan dengan serat buatan. Walaupun sifat-sifatnya kalah dari segi keunggulan dengan serat buatan, namun harus diingat bahwa serat alam lebih murah dalam hal biaya pengolahan dan sumber dayanya dapat terus diperbaharui. [3]

Dalam penelitian ini akan dibuat komposit polimer yang diperkuat serat alam berupa serat pisang dan serat ijuk. Setelah itu akan dilihat pengaruh penambahan lapisan serat ke dalam matriks polimer terhadap sifat mekanik dan strukturmikro.

BAHAN DAN METODA

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin epoksi bermerek dagang Eposir tipe 7120 dan sebagai pengerasnya adalah *hardener* Versamid 140; resin poliester yang bermerek dagang Yukalac tipe 2252 BW-EX dan sebagai pengeringnya digunakan katalis MEKPO (metil etil keton peroksida); serat ijuk yang diambil dari pohon enau (*Arenga pinnata*) di daerah Sukabumi dengan diameter 0,1-0,5 mm; serat pisang yang diperoleh dari daerah Bogor dengan ketebalan 2 mm; serta *wax* (malam) sebagai bahan untuk memudahkan melepaskan sampel dari cetakan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat cetakan yang terdiri dari a) lempengan logam besar ukuran 30x30 cm². b) lempengan logam kecil ukuran 20x20 cm². c) mika plastik tahan panas. d) cetakan sampel bentuk *dumb-bell* ukuran 15x15 cm².

Cetakan tersebut disusun dari bawah ke atas dengan susunan sebagai berikut: a-b-c-d-c-b-a.

2. Mesin pres panas (*hydraulic test press*) dan mesin pres dingin (*hydraulic press*)
3. Neraca digital dan alat mikrometer (*dial thickness gage*)
4. Mesin uji tarik *Stograph R-1*, alat uji kekerasan *Shore-A*, mikroskop optik, dan *Differential Thermal Analysis* (DTA).
5. Alat bantu lainnya yaitu sarung tangan, pinset, penggaris, *cutter*, gunting, pengaduk, spidol transparan, sikat pembersih, kantung plastik dan *timer*.

Metoda Penelitian

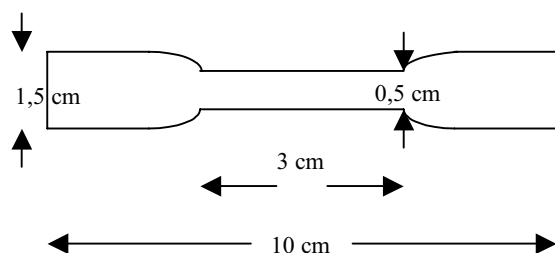
a. Pembuatan sampel

Resin Epoksi

Pertama permukaan bagian dalam dari alat cetak diolesi dengan *wax* secukupnya kecuali plastik mika, lalu disusun alat cetakan dari a sampai d. Resin epoksi dicampur dengan *hardener* dengan perbandingan berat 1:1 dan diaduk sampai rata selama 2 menit. Sampel yang akan dibuat tersusun atas campuran resin dengan *hardener*, lalu ditambahkan serat dengan orientasi tertentu pada lapisan resin, kemudian sisa resin dituang kembali pada lapisan sampel. Kemudian ditutup dengan plastik mika dan lempengan logam. Selanjutnya sampel dimasukkan ke mesin pres panas dengan suhu 70 °C dan tekanan 150 kg/cm² selama 30 menit. Setelah itu diangkat, lalu masukkan ke mesin *press* dingin dengan tekanan 5 kg/cm² selama 3 menit. Setelah itu sampel bisa diambil. Ulangi langkah-langkah di atas untuk membuat sampel dengan variasi lapisan serat yang lain (2 dan 3 lapis), baik serat ijuk maupun serat pisang.

Resin Poliester

Dalam pembuatan sampel resin poliester prosedurnya sama halnya dengan pembuatan sampel resin epoksi, hanya perbandingan pencampuran resin poliester dengan pengeringnya dan waktu pres panasnya berbeda dengan resin epoksi. Untuk resin poliester perbandingan berat dengan katalisnya adalah 100:1 dan waktu kompaksi selama 10 menit dengan temperatur 70 °C.



Gambar 1. Bentuk sampel uji dengan standar ASTM-D3039 Vol-36 tahun 1982^[8]

b. Bentuk Sampel

Bentuk sampel uji setelah dikeluarkan dari cetakan, baik sampel resin poliester maupun resin poliester ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

c. Karakterisasi

Karakterisasi ini dilakukan pada sampel yang telah dibuat, meliputi :

1. Uji tarik, dari uji ini diperoleh informasi kekuatan luluh (*yield strength*), kekuatan tarik (*tensile strength*) dan perpanjangan patah (*elongation at break*). Uji tarik ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik *Stograph R-1* merk Toyoseiki dan hasilnya diperoleh pada kertas grafik. Kondisi alat yang digunakan adalah sebagai berikut: kecepatan tarik (*crosshead speed*) 50 mm/menit, metode yang digunakan adalah *down-test*, *chart speed* 20 mm/menit dengan *load cell* 100 kg.
2. Uji kekerasan dengan menggunakan alat uji kekerasan *Shore-A* dengan beban 1 kg.
3. Pengamatan strukturmikro dengan menggunakan mikroskop optik.
4. Uji termal, dengan menggunakan *Differential Thermal Analysis* (DTA). Kondisi alat yang digunakan adalah sebagai berikut: laju pemanasan (*heating rate*) 20 °C/menit, referen berupa alumina dan lingkungan gas Argon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Uji Mekanik

a. Uji Tarik

Data hasil uji tarik ditunjukkan pada Tabel 1, tetapi berdasarkan data yang diperoleh tidak ada nilai untuk kekuatan luluh (*yield strength*) dan perpanjangan patah (*elongation at break*).

Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah besar beban maksimum persatuan daerah penampang awal dari bahan sampel atau [8]

$$TS = \frac{P}{(bxd)} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

TS = kekuatan tarik (N/mm²)

P = beban maksimum (N)

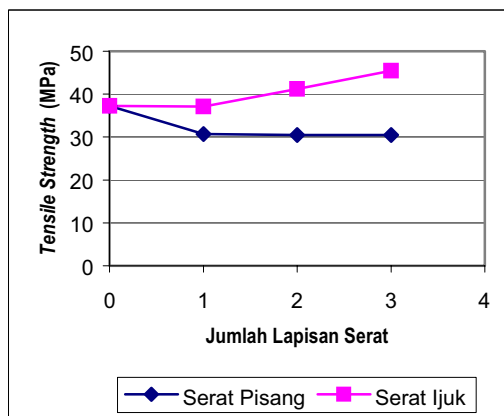
b = lebar sampel (mm)

d = tebal sampel (mm)

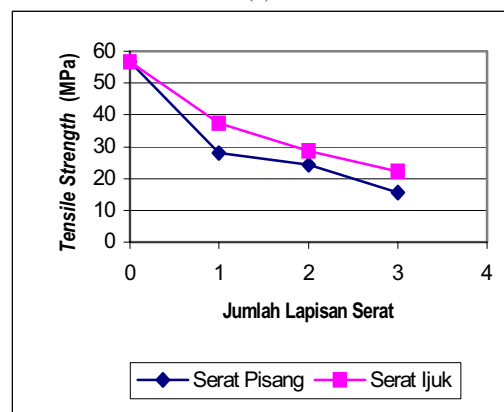
A = luas penampang sampel (mm²).

Berdasarkan nilai kekuatan tarik pada Tabel 1, penambahan serat pada matriks polimer ternyata tidak memberikan efek yang sama pada matriks dan bahan penguat yang berbeda, namun secara umum dengan penambahan serat pada matriks polimer terjadi penurunan nilai kekuatan tariknya.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa dengan penambahan serat pada matriks polimer, nilai kekuatan tarik komposit turun. Kecuali untuk komposit bermatriks polimer dengan penguat serat ijuk, nilai kekuatan tariknya naik seperti pada Gambar 2.a. Kecenderungan penurunan nilai kekuatan tarik lebih besar terlihat pada komposit bermatriks poliester seperti pada Gambar 2.b, sedangkan penurunan nilai kekuatan tarik pada matriks epoksi dengan penguat serat pisang relatif konstan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.a.



(a)



(b)

Gambar 2. Nilai kekuatan tarik bahan komposit (a) matriks epoksi (b) matriks poliester

Tabel 1. Nilai Kekuatan Tarik Bahan Komposit

Kekuatan Tarik (MPa)			
Matriks Epoksi		Matriks Poliester	
EO	37,28	PO	56,74
EP1	30,67	PP1	28,12
EP2	30,48	PP2	24,29
EP3	30,47	PP3	15,62
EI1	37,12	PI1	37,31
EI2	41,23	PI2	28,56
EI3	45,44	PI3	22,18

Keterangan:

- EO = matriks epoksi
- EP = komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat pisang
- EI = komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat ijuk
- PP = komposit bermatriks poliester dengan penguat serat pisang
- PI = komposit bermatriks poliester dengan penguat serat ijuk
- 1,2,3 = jumlah lapisan serat

Dari Tabel 1 diperoleh nilai kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk lebih tinggi bila dibandingkan dengan komposit berpenguat serat pisang. Nilai kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat ijuk lapis tiga yaitu 45,44 MPa dan terendah oleh komposit bermatriks poliester dengan penguat serat pisang lapis tiga yaitu 15,62 MPa. Untuk nilai kekuatan tarik matriks epoksi dan poliester masing-masing adalah 37,28 MPa dan 56,74 MPa.

Pada bahan komposit beban tidak langsung dikenakan pada serat, tetapi pada matriks lalu terjadi transfer pada serat melalui bidang antar-muka (*interface*). Bidang antar-muka ini berfungsi mentransmisikan beban dari matriks ke serat yang memberikan kontribusi terbesar pada kekuatan bahan komposit. Untuk memberikan kontribusi terhadap kekuatan komposit, serat harus terikat kuat pada matriks. Bahan komposit dengan bidang antar muka yang lemah, mempunyai kekuatan yang relatif rendah tetapi memiliki ketahanan yang tinggi terhadap perpatahan. Sebaliknya bahan komposit dengan bidang antar muka yang kuat, mempunyai kekuatan yang tinggi namun ketahanan terhadap perpatahannya rendah. [4,5]

Proses transfer beban dari matriks ke serat membutuhkan luas permukaan bidang antar-muka yang besar antara serat dengan matriks. Bentuk geometri serat juga sangat bermanfaat ditinjau dari interaksinya dengan bahan pengikat atau matriks. Perbandingan luas permukaan terhadap volume komposit untuk bahan yang berbentuk silinder lebih besar daripada dalam bentuk pelet (*platelet*), sehingga luas bidang antar-muka antara serat dan matriksnya lebih banyak. Dengan semakin banyak bidang antar-muka yang terjadi antara serat dan matriks, sehingga bahan mampu menerima transfer beban lebih baik. [9,10]

Terjadinya penurunan kekuatan bahan komposit disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serat lemah, sehingga beban yang dikenakan pada matriks tidak terjadi transfer dengan baik pada serat yang akhirnya membuat bahan komposit menjadi kurang kuat terhadap pembebanan. Semakin banyak serat yang ditambahkan maka kemampuan matriks mengikat serat tersebut makin berkurang, mengakibatkan kekuatan bahan semakin turun. [5] Bila interaksi antara matriks dengan serat kuat, maka beban yang dikenakan pada matriks pun dapat terjadi transfer dengan baik pada serat sehingga membuat bahan komposit menjadi kuat terhadap pembebanan. Semakin

banyak serat yang ditambahkan, kekuatan tarik bahan komposit meningkat, contohnya pada komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat ijuk. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak komponen penguat yaitu serat ijuk yang memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari matriksnya untuk menahan beban dan bila dibandingkan dengan poliester, epoksi lebih memiliki kekuatan rekatan yang bagus karena adanya gugusan hidroksil polar dan eter dalam rumus kimianya. [11]

Nilai kekuatan tarik serat ijuk lebih tinggi daripada serat pisang disebabkan bentuk geometri serat pisang berbeda dengan serat ijuk. Bentuk geometri serat pisang berupa lembaran, sedangkan serat ijuk berupa silinder panjang dengan perbandingan antara panjang dengan diameternya sangat besar. Dengan semakin banyak serat ijuk pada matriks polimer, maka luas permukaan bidang batas antar-mukanya semakin besar yang membuat bahan komposit lebih kuat. Untuk perbandingan antara luas permukaan serat pisang terhadap volume komposit kecil, sehingga luas permukaan bidang antar-mukanya juga kecil yang membuat bahan komposit tidak terlalu kuat. Distribusi serat pada matriks polimer juga mempengaruhi kekuatan bahan komposit yang dihasilkan. Pada serat pisang, distribusi serat tidak sepenuhnya mengisi semua bagian matriks melainkan berada pada bagian-bagian tertentu saja. Pada serat ijuk walaupun tidak benar-benar terdistribusi merata pada matriks, tetapi dapat mengisi lebih banyak daripada serat pisang.

Kekuatan luluh dan perpanjangan patah

Besarnya perpanjangan patah dari hasil uji tarik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut: [12]

$$E_b = \frac{h}{(cxD)} \times c_p \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- E_b = perpanjangan patah (%)
- h = *cross head speed* (mm/menit)
- c = *chart speed* (mm/menit)
- D = jarak antara penjepit (cm)
- c_p = panjang *chart paper* (cm).

Bila nilai E_b , h , c , dan D diketahui, kita dapat mengetahui nilai c_p -nya. Karena untuk polimer termoset nilai E_b sekitar 0,5-5 %, misalkan kita ambil nilai tertingginya yaitu 5% dan kondisi alat uji tarik telah diberikan seperti pada prosedur penelitian yaitu $h=50$ mm/menit, $c=20$ mm/menit, dan $D=3$ cm, maka diperoleh nilai $c_p=0,06$ cm.

Nilai c_p adalah jarak nilai beban *yield strength* dan beban *tensile strength* yang akan terlihat pada kertas grafik. Nilai c_p -nya kecil sehingga tidak dapat diamati secara jelas pada kertas grafik, maka nilai perpanjangan

patahnya tidak teramati dengan jelas juga dan tentunya nilai kekuatan luluhnya pun tidak dapat diamati dengan jelas. Hal ini dikarenakan oleh nilai perpanjangan patah yang rendah, tidak terdapat titik luluh (*yield point*) sehingga kekuatan luluhnya pun tidak ada. Bahan ini biasanya bersifat getas seperti pada epoksi dan poliester. [7]

Dari data uji tarik, nilai kekuatan luluh dan perpanjangan patah untuk epoksi dan poliester baik tanpa serat maupun ditambah serat ternyata hasilnya sama (tidak dapat diamati dengan jelas). Ini berarti penambahan serat pada matriks polimer tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kelakuan mulur kedua bahan matriks tersebut. Hal ini karena ikatan bidang antar-muka (*interfacial bond*) antara serat dengan matriks kurang sempurna sehingga ketika bahan dikenai beban, yang mengalami deformasi terlebih dahulu adalah matriks. Karena kekuatan luluh matriks sendiri tidak ada, maka kekuatan luluh bahan komposit juga tidak ada.

b. Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan *Shore A*. Uji kekerasan *Shore A* dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan secara makro. Menurut ASTM, uji kekerasan *Shore A* menggunakan *indenter* berupa kerucut yang dipotong bagian atasnya (*truncated cone*) yang digerakkan oleh pegas yang telah dikalibrasi. Nilai *Shore A* menunjukkan jarak penetrasi yang dikenai *indenter* pada permukaan bahan uji dan nilai ini juga dapat mengukur kompresi pegas oleh beban. Landel menunjukkan bahwa pembacaan nilai *Shore A* berhubungan langsung dengan modulus Young, [13]

$$E = \frac{2600 SH}{(100 - SH)^{1,5}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

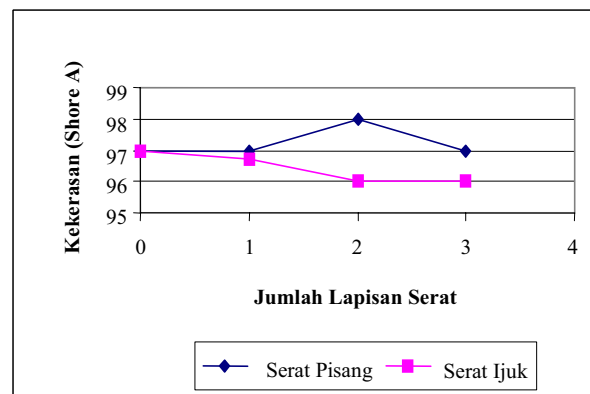
- E = modulus Young (N/m²)
- SH = nilai kekerasan *Shore*.

Modulus Young merupakan perbandingan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dari hasil uji tarik, dimana disini tegangannya adalah kekuatan tarik bahan tersebut. Dari persamaan di atas, diketahui bahwa nilai kekerasan berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik, artinya bila kekuatan tarik suatu bahan meningkat maka nilai kekerasan pun meningkat dan sebaliknya bila kekuatan tariknya menurun maka kekerasannya pun menurun.

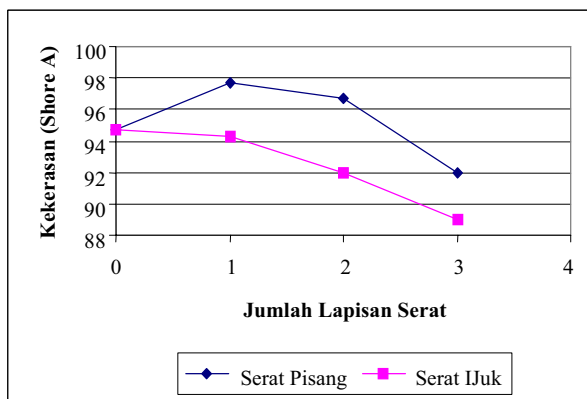
Data hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan pengaruh penambahan serat pada matriks polimer dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 2, secara umum terlihat terjadi penurunan nilai kekerasan seiring penambahan serat pada matriks polimer. Terlihat juga untuk setiap bahan komposit berpenguat serat ijuk memiliki nilai kekerasan yang lebih

kecil daripada bahan komposit berpenguat serat pisang dan nilai ini bertolak belakang dengan nilai kekuatan tariknya (Gambar 2). Dari hasil uji tarik, komposit dengan penguat serat ijuk memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih besar dari komposit berpenguat serat pisang. Dari Tabel 2, nilai kekerasan tertinggi diperoleh bahan komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat pisang dua lapis yaitu 98 *Shore A* dan yang terendah adalah komposit bermatriks poliester dengan penguat serat ijuk lapis tiga yaitu sebesar 89 *Shore A*.

Berdasarkan hubungan antara nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik yang berbanding lurus, hal ini jelas menunjukkan bahwa dengan menurunnya nilai kekuatan tarik maka nilai kekerasannya pun menurun. Nilai kekerasan komposit berpenguat serat pisang lebih tinggi daripada komposit berpenguat serat ijuk disebabkan oleh bentuk geometri dan distribusi serat pada matriks yang berbeda. Serat pisang yang bentuk geometrinya berupa lembaran tidak memungkinkan mengisi semua bagian dari matriks polimer. Contohnya pada serat pisang satu lapis, serat ini hanya mengisi bagian tengahnya saja sedangkan dalam uji kekerasan *Shore A* beban yang ditransfer melalui *indenter* dikenakan pada bagian permukaan bahan uji, sehingga *indenter* hanya mengenai matriks polimernya saja. Dengan penambahan serat pisang pada matriks memungkinkan serat lebih bisa mengisi bagian dari matriks sampai lebih dekat ke permukaan bahan, sehingga *indenter* tidak lagi mengenai matriksnya saja tetapi juga pada serat. Untuk serat ijuk, walaupun baru satu lapis yang dimasukkan pada matriks polimer, karena bentuk serat ijuk yang terdiri dari sejumlah silinder panjang memungkinkan distribusi serat pada matriks lebih dapat mengisi bagian matriks tersebut lebih merata. Sehingga ketika *indenter* mengenai permukaan bahan, serat ijuk sudah berperan dalam menurunkan nilai kekerasan bahan tersebut. Semakin banyak serat ijuk yang dimasukkan pada matriks polimer, maka nilai kekerasannya pun akan makin kecil. Oleh karena itu nilai kekerasan komposit berpenguat serat pisang lebih besar dari komposit berpenguat serat ijuk. Penurunan nilai kekerasan bahan oleh adanya penambahan serat karena permukaan bahan menjadi lebih lunak bila dibandingkan jika matriks tersebut tidak diisi serat.



(a)



(b)

Gambar 3. Nilai kekerasan bahan komposit
(a) matriks epoksi
(b) matriks polyester

Tabel 2. Nilai Kekerasan Bahan Komposit

Kekerasan (Shore A)			
Matriks Epoksi		Matriks Poliester	
EO	97	PO	94,7
EP1	97	PP1	97,7
EP2	98	PP2	96,7
EP3	97	PP3	92
EI1	96,7	PI1	94,3
EI2	96	PI2	92
EI3	96	PI3	89

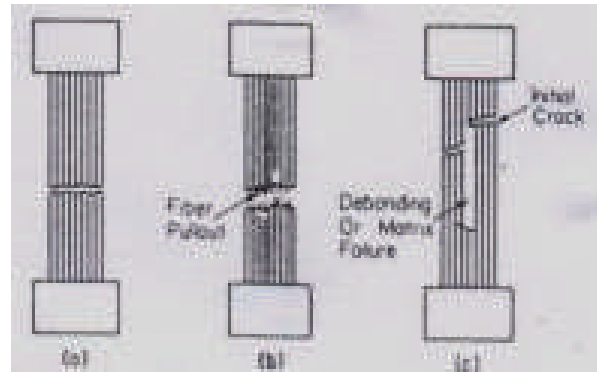
Analisis Strukturmikro

Suatu bahan bila diberikan beban searah dengan serat (beban tarik longitudinal), kerusakan pada bahan yang mungkin terjadi bermula dari putusannya serat pada penampang yang terlemah. Semakin besar beban yang dikenakan, maka semakin besar serat yang putus. Dengan banyaknya serat yang putus, sejumlah penampang melintang (*cross section*) dari komposit mungkin menjadi terlalu lemah untuk menahan beban yang semakin besar, sehingga menyebabkan kerusakan pada bahan tersebut secara keseluruhan. Pada kebanyakan kasus, serat tidak putus sekaligus pada saat bersamaan. Jika jumlah serat yang putus masih sedikit, matriks masih mampu menahan beban tersebut dengan membagi gaya-gaya ke sekitarnya atau ke serat yang lainnya. Namun bila serat yang putus semakin banyak maka ada tiga kemungkinan yang terjadi, yaitu:

1. Bila matriks mampu menahan beban gaya geser dan meneruskannya ke serat disekitarnya, maka serat yang putus akan semakin banyak sehingga timbul retak, bahan komposit akan patah getas.
2. Matriks tidak mampu menahan konsentrasi tegangan geser, serat akan terlepas dari matriks (*debonding*) dan bahan komposit akan rusak searah serat

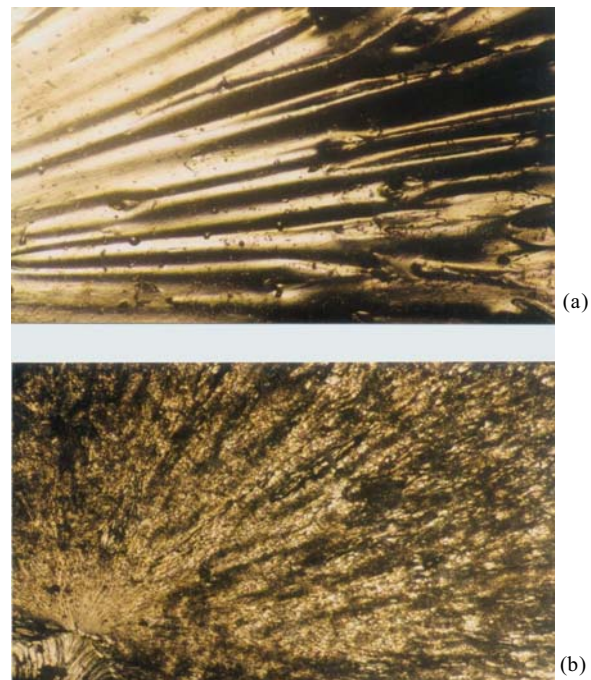
3. Kombinasi kedua jenis kerusakan diatas, dimana serat putus di sembarang tempat diikuti dengan kerusakan matriks, kerusakannya disebut kerusakan jenis sikat (*brush type*)

Terlepasnya serat dari matriks bergantung pada kekuatan ikatan dan mekanisme pemindahan beban dari matriks ke serat. [3,4]



Gambar 4. Modus kerusakan pada bahan komposit akibat beban tarik longitudinal ^[4]

Hasil pengamatan dengan mikroskop optik dari strukturmikro bahan matriks polimer ditunjukkan oleh Gambar 5, strukturmikro bahan komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat pisang oleh Gambar 5.a dan dengan penguat serat ijuk oleh Gambar 5.b.

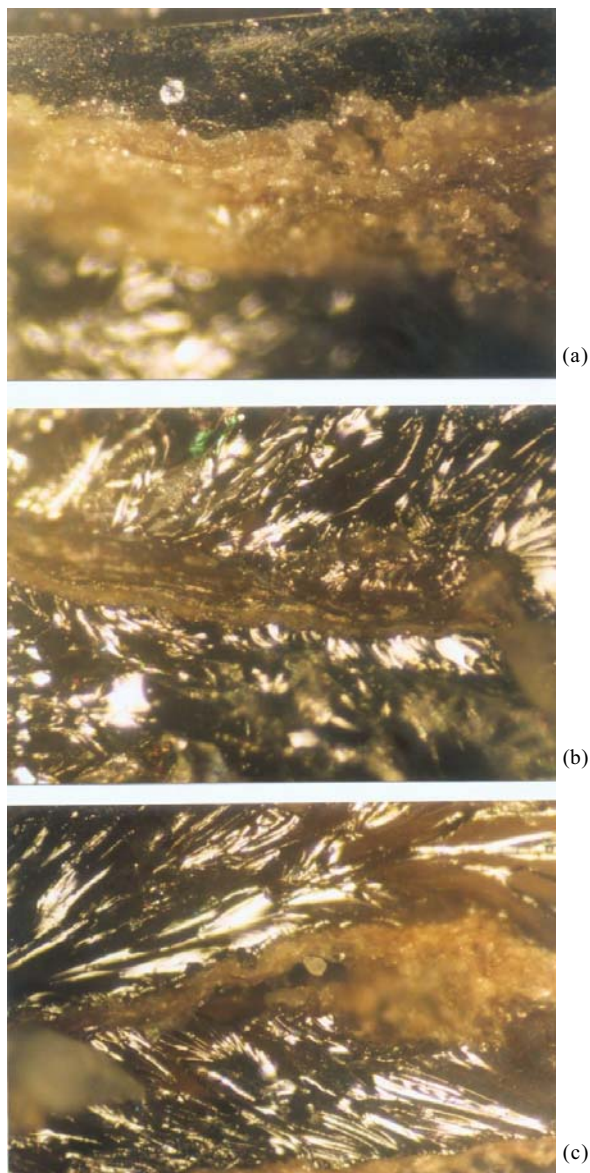


Gambar 5. Strukturmikro matriks polimer (pembesaran 100x)

- (a) matriks epoksi
- (b) matriks polyester

Ketika matriks polimer diberi beban dan mampu menahan beban tersebut dengan membagi gaya-gaya ke

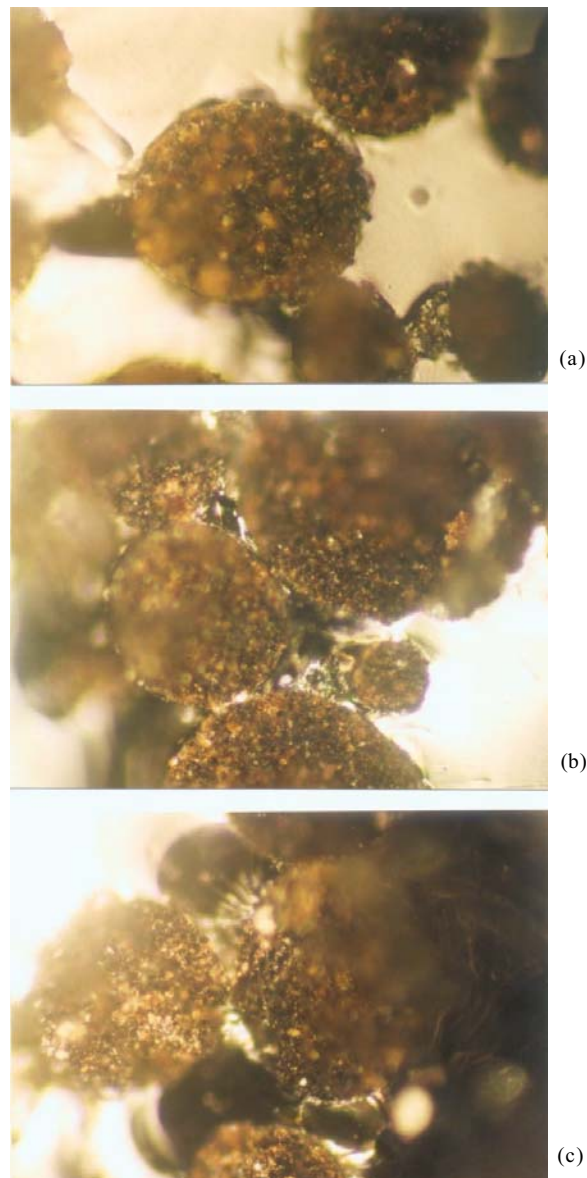
sekitarnya, maka matriks polimer tersebut akan mengalami patah getas (lihat Gambar 5). Berdasarkan gambar tersebut, perambatan patah getas yang terjadi pada epoksi lebih luas ke daerah sekitarnya daripada perambatan pada poliester, sehingga ketika beban mencapai maksimum, epoksi akan lebih cepat patah daripada poliester. Hal ini sesuai dengan nilai kekuatan tarik yang diperoleh yaitu nilai kekuatan tarik epoksi lebih kecil daripada kekuatan tarik poliester.



Gambar 6. Strukturmikro komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat pisang (pembesaran 200x)
 (a) 1 lapis b) 2 lapis c) 3 lapis

Pada Gambar 6 terlihat ketika matriks epoksi diisi oleh serat pisang, matriks kurang mampu menahan konsentrasi tegangan (beban) karena ikatan antara serat dengan matriks sendiri adalah kurang, terlihat dari patahnya matriks tanpa diikuti patahnya serat pisang secara langsung, maka serat pun akan terlepas dari matriks (*debonding*). Akibatnya nilai kekuatan bahan

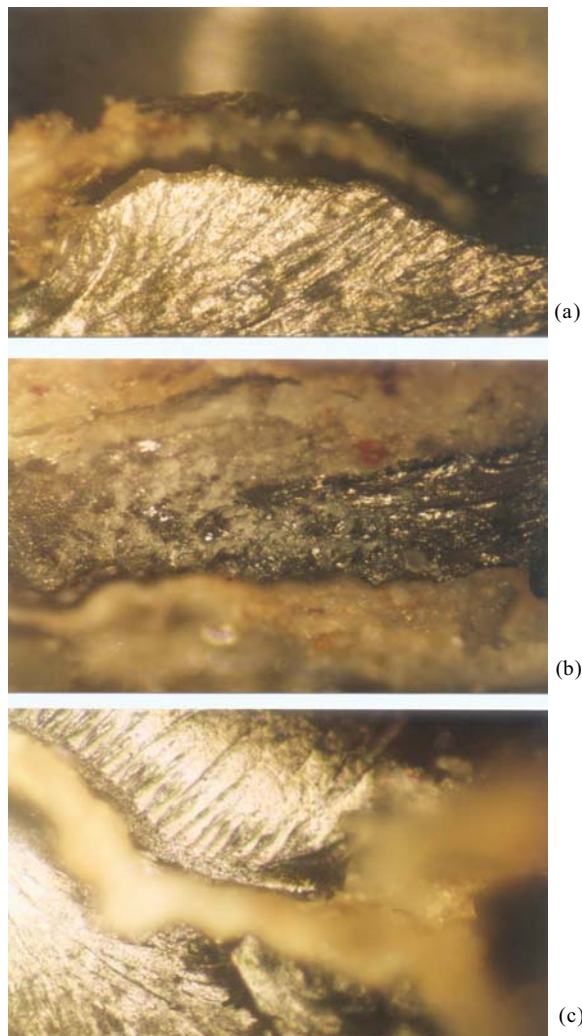
komposit tersebut turun (Gambar 6.a). Dari Gambar 6 juga terlihat distribusi serat pisang tidak semua mengisi bagian dari matriks epoksi, baik untuk serat satu lapis maupun dua atau tiga lapis serat, sehingga ketika bahan dikenakan beban, yang terkena beban terlebih dahulu adalah matriksnya. Oleh sebab itu dengan penambahan serat pisang pada matriks epoksi tidak begitu memberikan pengaruh yang berarti, hal ini terlihat dari nilai kekuatan tariknya yang walaupun mengalami penurunan, namun penurunannya relatif konstan seiring dengan penambahan serat pisang pada matriks epoksi tersebut.



Gambar 7. Strukturmikro komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat ijuk (perbesaran 200x)
 a) 1 lapis b) 2 lapis c) 3 lapis

Pada Gambar 7 terlihat ketika matriks diisi oleh serat ijuk, matriks masih mampu menahan beban gaya geser dan karena ikatan antar matriks dengan serat ijuk lebih baik daripada dengan serat pisang, sehingga beban

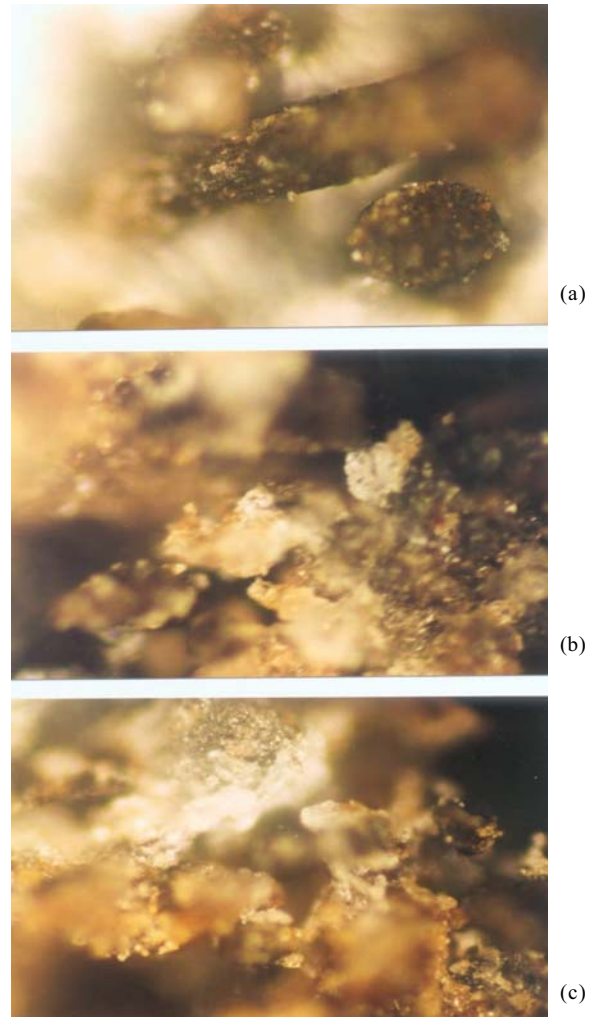
tersebut dapat diteruskan pada serat. Akibatnya serat akan putus bersamaan dengan patahnya matriks dan bahan ini akan mengalami patah getas. Dengan semakin banyak serat ijuk pada matriks epoksi, maka luas bidang antar-muka antara serat ijuk dengan epoksi semakin banyak sehingga pemindahan beban dari matriks ke serat akan lebih efektif yang membuat bahan komposit lebih kuat menerima beban. Ini terlihat dengan meningkatnya nilai kekuatan tarik seiring penambahan serat ijuk pada matriks epoksi (Gambar 7.a). Namun disini ikatan bidang antar-muka antara serat dengan matriks tidak terlihat dengan jelas.



Gambar 8. Strukturmikro komposit bermatriks poliester dengan penguat serat ijuk
 a) 1 lapis b) 2 lapis (perbesaran 200x)
 c) 3 lapis (perbesaran 400x)

Pada Gambar 8, ketika matriks poliester diisi oleh serat pisang, hal utama yang terlihat disini bahwa ikatan antara serat pisang dengan poliester sangat kurang. Terlihat jelas bahwa serat dengan matriks terpisah satu sama lain sehingga ketika bahan dikenakan beban, matriks tidak mampu menahan beban tersebut dan serat pun akan terlepas dari matriks. Akibatnya beban tidak

ditransfer ke serat, sehingga bahan komposit tersebut tidak kuat dalam menerima beban. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kekuatan tarik yang turun. Dengan semakin banyak serat pisang yang ditambahkan, kemampuan matriks mengikat serat akan semakin berkurang dan akhirnya akan membuat bahan bertambah lemah. Ini ditunjukkan dengan semakin turunnya nilai kekuatan tarik dari bahan komposit (Gambar 8.b).



Gambar 9. Strukturmikro komposit bermatriks poliester dengan penguat serat ijuk
 a) 1 lapis b) 2 lapis (perbesaran 200x)
 c) 3 lapis (perbesaran 400x)

Pada Gambar 9, ketika matriks poliester diisi oleh serat ijuk, jelas terlihat ikatan antara serat dengan matriks sangat kurang, sehingga ketika bahan dikenakan beban, matriks tidak mampu menahan beban yang membuat serat terpisah dari matriksnya. Dengan semakin banyak serat yang ditambahkan, maka kemampuan matriks mengikat serat semakin berkurang dan akhirnya membuat bahan kurang kuat terhadap pembebanan, nilai kekuatan tariknya pun menurun (Gambar 2.b).

Bila kita bandingkan antara bahan komposit berpenguat serat pisang (Gambar 6 dan 8) dengan bahan komposit berpenguat serat ijuk (Gambar 7 dan 9), terlihat

distribusi serat ijuk pada matriks polimer lebih baik daripada distribusi serat pisang. Walaupun pada Gambar 9, ikatan serat ijuk dengan matriks poliester sangat kurang, tetapi bila dibandingkan dengan serat pisang, serat ijuk lebih memiliki kekuatan yang lebih tinggi (terlihat dengan peningkatan nilai kekuatan tarik untuk matriks epoksi), sehingga ketika beban dikenakan pada bahan tersebut dan matriks sendiri tidak mampu menahan beban namun masih ada serat ijuk yang bisa menahan beban walaupun sedikit. Ini terlihat dengan nilai kekuatan komposit serat ijuk lebih baik daripada serat pisang untuk masing-masing bahan komposit.

Secara umum dari pengamatan struktur mikro, karena kurangnya ikatan bidang antar-muka antara serat dengan matriks polimer mengakibatkan matriks tidak mampu menahan beban sehingga serat terlepas dari matriks (*debonding*) dan ini terlihat dengan patahnya matriks tanpa diikuti putusya serat secara bersamaan.

KESIMPULAN

Penambahan lapisan serat pisang dan serat ijuk pada matriks polimer yaitu epoksi dan poliester secara umum menurunkan nilai kekuatan tarik bahan komposit, kecuali untuk komposit epoksi-ijuk dan juga menurunkan nilai kekerasannya. Dari pengamatan strukturmikro, kecilnya ikatan antara serat dengan matriks polimer dan tidak meratanya distribusi serat pada matriks polimer mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan bahan komposit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penulis melakukan penelitian di Puslitbang Iptek Bahan – BATAN Serpong dan P3TIR – BATAN Pasar Jumat.

DAFTARACUAN

- [1]. FELDMAN, DOREL and ANTON J. H. *Bahan Polimer Kontruksi Bangunan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.(1995)
- [2]. WIBOWO, IGNATIUS Y. *Polimer sebagai Bahan Pengikat dalam Pembuatan Komposit Magnet. Laporan Praktik Lapangan*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak Diterbitkan. (1999)
- [3]. ABDULLAH, ISKANDAR dan NURFAJRI. *Serat Ijuk sebagai Pengganti Serat Gelas dalam Pembuatan Komposit Fiberglass*. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala. Aceh. Tidak Diterbitkan. (2000)
- [4]. BHAGWAN D, AGARWAL. *Analysis and Performance of Fiber Composite*. John Wiley & Sons. New York.(1980)

- [5]. MATHEW, F. L., and R. D. RAWLINGS. *Composite Materials: Engineering and Science*. Chapman & Hall. London. (1994)
- [6]. COLLING, DAVID A., and THOMAS VASILOS. *Industrial Material: Polyme Ceramics and Composite*. Vol 2. Prentice Hall. (1995)
- [7]. NICOLAIS, L., et. al. *Sciense and Technology of Polymer Composite*. Di dalam Güneri Akovali (editor). The Interfacial Interaction in Polimer Composites. NATO ASI Series. Netherlands.(1993)
- [8]. ANONYMOUS. *Annual Book of ASTM Standards*. Part 36. American Society for Testing and Materials. USA.(1982)
- [9]. KAW, AUTAR K. *Mechanics of Composite Materials*. CRC Press LLC. USA.(1997)
- [10]. GIBSON, RONALD F. *Principle of Composite Materials Mechanics*. McGraw-Hill. (1994)
- [11]. SITEPU, MIMPIN. *Studi Adhesi Serat Alam-Matriks Resin Polimer*. Laporan Penelitian. Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Tidak Diterbitkan. (1994)
- [12]. KARIMAH, IRDAYA. *Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik dan Fisik Komposit Polipropilena/ Serbuk Kayu Gergaji*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. Tidak Diterbitkan. (2001)
- [13]. NIELSEN, LAWRENCE E. and ROBERT F. LANDEL. *Mechanical Properties of Polymer and Composites*. Marcel Dekker, New York.(1994)