

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH UKURAN DAN KOMPOSISI FILLER KOMPOSIT POLYESTER SERBUK KAYU TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN PERMUKAAN PATAHAN STATIK

A z w a r dan Bukhari

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Penggunaan serat alami sebagai pengisi (filler) dan penguat (reinforcement) pada pembuatan komposit merupakan suatu paradigma untuk menghasilkan suatu material bio-komposit yang ramah lingkungan. Serat alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan terdapat dalam jumlah yang sangat potensial di Indonesia yang bisa diproses menjadi serat bio-komposit berkekuatan tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh komposisi dan ukuran filler serbuk kayu terhadap sifat mekanik pada pembuatan komposit polyester serbuk kayu. Material komposit dibuat dengan proses hand lay-up satu tahap, dengan memvariasikan ukuran dan komposisi filler. Filler serbuk kayu diberikan perlakuan awal untuk mendapatkan ukuran dan sifat yang seragam. Dimensi dan konfigurasi specimen uji dibuat mengikuti standar ASTM D 790 – 81. Proses pengujian dilakukan menggunakan Universal Testing Machine dengan uji bending tiga titik untuk menentukan tegangan bending, modulus elastisitas, regangan bending dan sudut defleksi. Dari hasil penelitian diperoleh harga tegangan bending tertinggi 15.3 Pa, dan modulus elastisitas tertinggi 65.362 MPa, regangan terbesar 2.25 % dan sudut defleksi terbesar 6.62°. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa ukuran dan komposisi filler serbuk kayu mempengaruhi sifat mekanik komposit dimana sifat mekanik yang baik akan didapat bila filler terdistribusi secara merata di dalam matriks. Permukaan patah static menunjukkan perpatahan yang terjadi secara umum adalah patah matrik, juga terdapat gejala debonding, fiber breaking serta pengaruh voids.

Kata Kunci : Komposit polyester, bio-komposit, serat alami, reinforcement, proses hand lay-up, matriks, filler, sifat mekanik, debonding, voids.

Pendahuluan

Penemuan bahan komposit merupakan revolusi terbesar dalam dunia ilmu material. Karena bahan komposit telah menunjukkan kelasnya sebagai pesaing bahan konvensional lainnya. Bahan komposit dapat dibuat sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang sama dengan baja, namun lebih ringan hingga 70 % [1].

Komposit adalah suatu bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda atau merupakan suatu kombinasi bahan yang berbeda dan menghasilkan material dengan aneka sifat yang dikehendaki dengan melakukan kombinasi secara sistematis dari kandungan yang berbeda tersebut. Kekuatan ikatan antara unsur penyusunnya sangatlah penting karena akan mempengaruhi sifat material komposit yang terbentuk [1,2,3].

Pemakaian bahan komposit dalam bidang teknik dewasa ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pengetahuan tentang karakteristik material ini, dan biaya produksi yang diperlukan

relatif sama dan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bahan konvensional. Munculnya peraturan pemerintah dan berkembangnya kesadaran masyarakat untuk melestarikan lingkungan hidup telah memicu pergeseran paradigma untuk mendesain material yang ramah lingkungan. Hal ini dilakukan dengan membuat material komposit dari matrik termoset dan termoplastik yang menggunakan serat alam serbagai penguat (reinforcements) yang tersedia dalam jumlah melimpah di Indonesia sebagai limbah pertanian [7].

Penggunaan material yang sukar terdegradasi secara alamiah merupakan masalah bagi lingkungan yang dapat mengganggu sampai beberapa generasi. Material komposit terus dikembangkan untuk dibuat dari bahan-bahan yang dapat terdegradasi secara alamiah, sehingga proses daur ulang setelah masa pemakaiannya habis tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan hidup [7].

Pakar Teknik Kimia dan Kimia Terapan Universitas Toronto, Canada Prof. Mohini Sain

mengungkapkan dalam riset terkininya bahwa serat alam dari tanaman sejenis 'hemp' dapat diproses menjadi serat material bio-komposit berkekuatan tinggi yang dapat dibuat sebagai material structural mulai dari komponen yang berat seperti komponen body mobil, bangunan dan pesawat sampai komponen yang ringan seperti helm sport, alat pacu jantung dan kantung penyimpanan darah. Tanaman sejenis 'hemp' seperti flax, gandum dan jagung dapat menghasilkan serat material bio-komposit yang sama kuat atau bahkan melebihi kekuatan serat baja dengan beberapa kelebihan yaitu : ringan, efisien energi, terbarukan (renewable) dan mudah terurai secara alamiah (biodegradability)

Dalam penelitian ini akan difokuskan pada komposit berbasis polyester dengan menggunakan filler serbuk kayu. Penambahan filler ke dalam matrik dalam pembuatan komposit bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik melalui penyebaran tekanan yang efektif di antara serat dan matrik, disamping mengurangi biaya serta memperbaiki sifat-sifat produk. Serbuk kayu mempunyai kelebihan sebagai filler bila dibandingkan dengan jenis filler lainnya yaitu : temperatur prosesnya lebih rendah (kurang dari 400 °F), dapat terdegradasi secara alamiah, berat jenisnya rendah, gaya gesek rendah, dapat diperbarui serta tersedia dalam jumlah yang banyak sebagai limbah pertanian [6].

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi dan ukuran filler terhadap sifat mekanik komposit meliputi tegangan bending dan modulus elastisitas, regangan serta analisa permukaan patahannya.

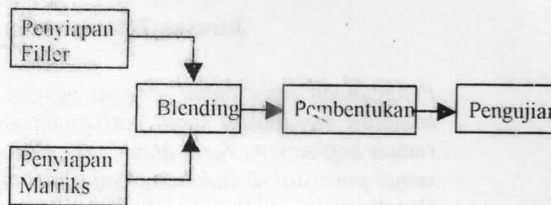
TEORI DASAR

Proses Pembuatan Spesimen

Spesimen uji dibuat dengan proses hand lay-up, dengan memcampur resin dengan serbuk kayu (filler) sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan. Penyiapan filler serbuk kayu dilakukan dengan mengayak sesuai dengan ukuran yang diinginkan, kemudian diberi perlakuan untuk menghilangkan kadar air. Persentase berat filler dibandingkan terhadap berat resin, kemudian keduanya di campur hingga merata. Campuran kedua bahan tersebut di tuang ke dalam cetakan. Proses pencetakan dilakukan dalam ruangan dengan suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$. Setelah komposit terbentuk dengan waktu pengerasan

± 15 jam, dilepaskan dari cetakan. Selanjutnya dibentuk menjadi specimen untuk uji berdasarkan Standar ASTM D 790-81.

Diagram proses pembuatan komposit disajikan pada gambar (1) di bawah ini.



Gambar 1. Skema proses pembuatan spesimen.

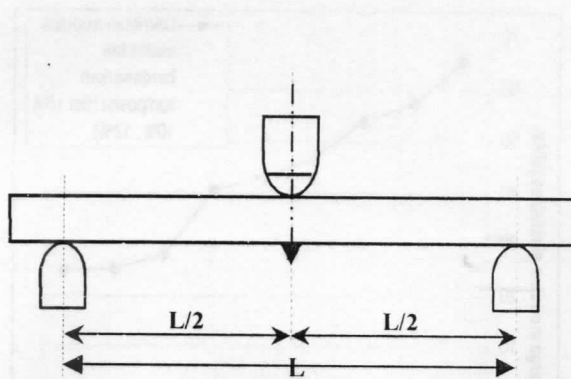
Tabel 1. Jenis Spesimen uji

No	Komposisi filler (% berat)	Ukuran filler (mm)	Jumlah specimen
1	8 %	0,40 mm	3
2	8 %	0,63 mm	3
3	8 %	Acak	3
4	10 %	0,40 mm	3
5	10 %	0,63 mm	3
6	10 %	Acak	3
7	12 %	0,40 mm	3
8	12 %	0,63 mm	3
9	12 %	Acak	3

Metode Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan metode Uji Bending dengan mekanisme yang diperlihatkan pada gambar 2. Setiap jenis spesimen uji dilakukan 3 (tiga) kali pengujian, hasil yang diambil adalah nilai rata-rata. Pengujian dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan specimen uji dan mengukur dimensinya. Kemudian diletakkan diatas dudukan specimen dengan mengatur jarak antara ke dua tumpuan dan memastikan beban berada tepat dibagian tengah specimen.
2. Melakukan pembebanan secara perlahan-lahan sampai specimen uji mengalami patah atau putus, besarnya beban dan defleksi pada saat specimen mengalami perpatahan dicatat, kemudian diambil nilai rata-rata untuk digunakan pada perhitungan dalam menentukan kekuatan mekaniknya.



Gambar 2. Skematik Pengujian Bending

Perhitungan Sifat Mekanik

Dengan mengasumsikan panjang specimen uji atau jarak titik tumpu = L (mm), dan beban patah = F (Newton) seperti pada gambar (2), maka momen bending yang bekerja pada specimen uji adalah [4]:

$$\sigma = \frac{M c}{I} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- σ = Tegangan bending (Pa)
- M = Momen bending
- c = Titik berat (0,5 d)
- I = Momen Inersia

Jika tebal specimen uji = d mm, maka diperoleh nilai tegangan bending sebesar :

$$\sigma = \frac{3 F L}{b d^2} \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan nilai modulus elastisnya dapat ditentukan dengan persamaan [5]:

$$E = \frac{F L^3}{4 \delta b h^3} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- E = Modulus Elastisitas (Pa)
- δ = Defleksi (mm)

Sudut defleksi specimen uji dapat ditentukan dengan persamaan [5]:

$$\theta = \frac{F L}{16 E I} \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan regangan bending yang terjadi pada specimen uji dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\epsilon_x = \frac{3 y F L}{E b d^3} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- ε_x = Regangan bending
- y = Titik berat (0,5 d)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Setelah semua specimen uji dilakukan pengujian Bending, maka diperoleh sejumlah data seperti yang diperlihatkan pada tabel (2),(3), dan (4).

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Bending

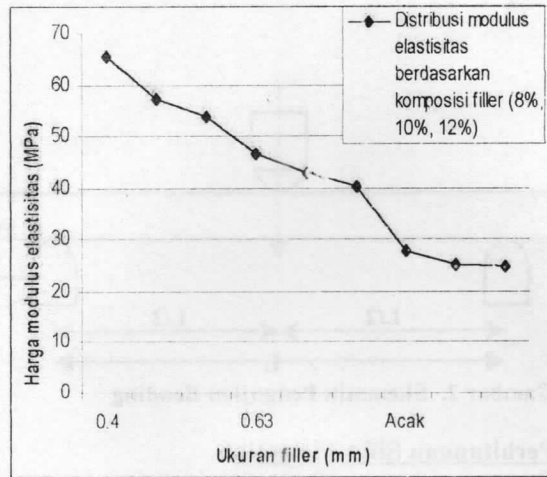
No.	Spesimen Uji		Beban Maksimum (Pa)	Defleksi (mm)
	Ukuran Filler (mm)	Komposisi Filler		
1.	0,4	8 %	425	3,56
2.	0,4	10 %	400	3,30
3.	0,4	12 %	387,5	3,21
4.	0,63	8 %	326,6	3,31
5.	0,63	10 %	320	3,1
6.	0,63	12 %	314,5	2,96
7.	Acak	8 %	280	2,31
8.	Acak	10 %	271,6	2,14
9.	Acak	12 %	270	2,13

Tabel 3. Data hasil perhitungan Tegangan bending dan Modulus Elastisitas

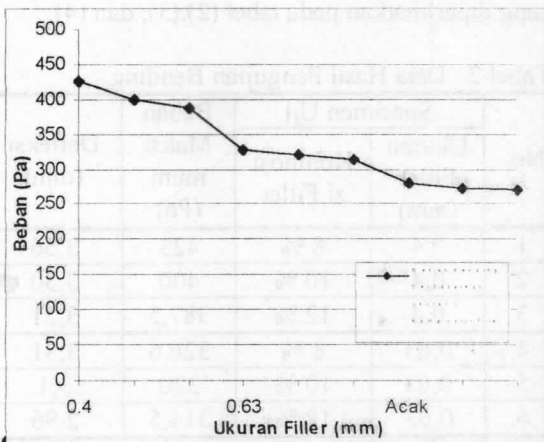
No	Spesimen Uji		Tegangan bending (Pa)	Modulus Elastisitas (Mpa)
	Ukuran Filler (mm)	Komposisi Filler		
1	0,4	8 %	15.3	65.362
2	0,4	10 %	14.4	57.024
3	0,4	12 %	13.95	53.735
4	0,63	8 %	11.76	46.701
5	0,63	10 %	11.52	42.854
6	0,63	12 %	11.32	40.216
7	Acak	8 %	10.08	27.942
8	Acak	10 %	9.78	25.109
9	Acak	12 %	9.72	24.844

Tabel 4. Data hasil perhitungan Regangan Bending dan Sudut Defleksi

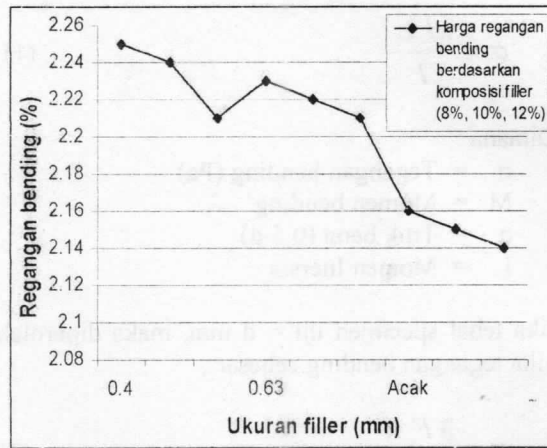
No	Spesimen Uji		Regangan (%)	Sudut Defleksi (°)
	Ukuran Filler (mm)	Komposisi Filler		
1	0,4	8 %	2.25	6.62
2	0,4	10 %	2.24	6.14
3	0,4	12 %	2.21	5.66
4	0,63	8 %	2.23	6.32
5	0,63	10 %	2.22	6.17
6	0,63	12 %	2.21	5.65
7	Acak	8 %	2.16	4.44
8	Acak	10 %	2.15	4.36
9	Acak	12 %	2.14	4.24



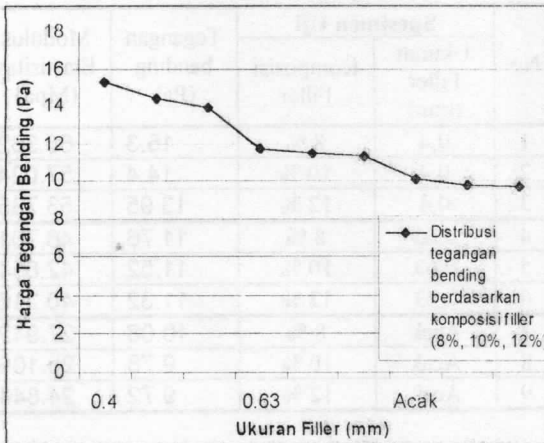
Gambar 5. Pengaruh ukuran dan komposisi filler terhadap modulus elastisitas.



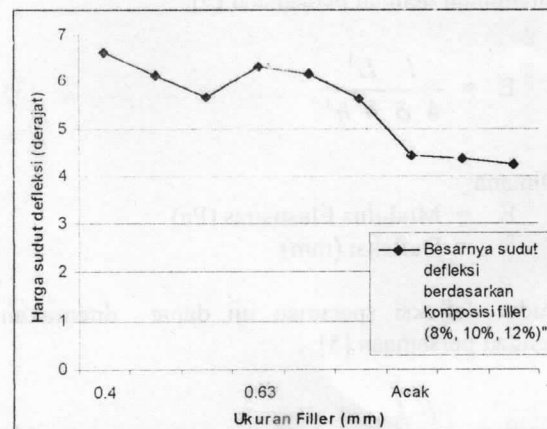
Gambar 3. Pengaruh ukuran dan komposisi filler terhadap beban bending.



Gambar 6. Pengaruh ukuran dan komposisi filler terhadap regangan bending.



Gambar 4. Pengaruh ukuran dan komposisi filler terhadap tegangan bending.



Gambar 7. Pengaruh ukuran dan komposisi filler terhadap sudut defleksi.

Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian menunjukkan bahwa secara keseluruhan harga tegangan bending tertinggi diperoleh pada specimen uji dengan komposisi filler terendah yaitu 8 % dengan ukuran filler terkecil yaitu 0,40 mm. Sedangkan harga terendah diperoleh pada specimen uji dengan komposisi filler terbesar yaitu 12 % dengan ukuran yang tidak beraturan (acak). Spesimen uji dengan komposisi filler yang sama, harga tegangan bending terbesar diperoleh pada ukuran filler terkecil. Sementara pada ukuran filler yang sama diperoleh harga tegangan bending tertinggi pada komposisi filler terkecil, dimana semakin besar ukuran filler tegangan bending semakin menurun.

Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran dan komposisi filler di dalam matriks sangat menentukan sifat mekanik material komposit. Ukuran filler yang kecil dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit, karena ukuran filler yang kecil akan memiliki kemampuan wettability yang baik pada seluruh permukaannya sehingga akan menghasilkan ikatan adhesive yang baik pada bidang interface antara resin dan filler, sehingga akan menghasilkan komposit yang kuat dan tangguh. Disamping itu filler akan tersebar secara merata di dalam matriks yang merupakan factor penting terhadap perbaikan sifat mekaniknya. Harga tegangan bending terlihat mengalami penurunan dengan bertambahnya komposisi filler di resin, namun penurunan yang terjadi masih lebih kecil dibanding dengan penurunan karena pengaruh ukuran filler. Hal ini mengidentifikasi bahwa harus di buat suatu proporsi yang tepat pada komposisi filler di dalam resin agar diperoleh sifat-sifat yang maksimal.

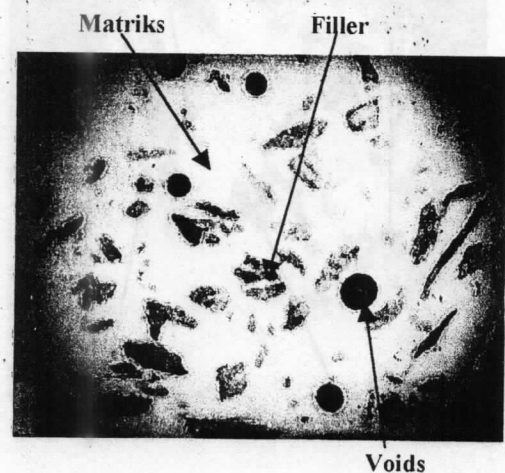
Demikian pula dengan harga modulus elastisitas juga sangat dipengaruhi oleh ukuran dan komposisi filler. Harga terbesar juga diperoleh pada ukuran filler terkecil, yang semakin menurun dengan bertambahnya ukuran filler seperti halnya terjadi pada nilai tegangan bending. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 dan gambar 6. Modulus elastisitas material komposit dipengaruhi oleh modulus elastisitas dari masing-masing unsur penyusunnya yaitu modulus elastisitas resin dan modulus elastisitas serbuk kayu. Modulus elastisitas serbuk kayu sangat ditentukan oleh arah dan posisi serat di dalam resin, sehingga posisi filler serbuk kayu yang kurang seragam di dalam matriks menyebabkan nilai modulus elastisitasnya jadi beragam. Modulus elastisitas yang besar

berarti material semakin kaku dan tangguh. Demikian pula halnya dengan regangan bending dan sudut defleksi.

Kandungan rongga udara (void) tidak bisa dihindari pada pembuatan komposit dengan proses ini, namun hanya bisa diminimalkan dengan memperbaiki performance resin yang digunakan. Voids yang terjadi pada specimen uji perlu diperhatikan secara seksama, karena sangat mempengaruhi kekuatan dari komposit, karena dapat menurunkan kekuatan geser antar lapisan di dalam komposit sehingga akan menurunkan kekuatan mekaniknya.

Komposisi dan posisi filler serta penyebaran filler di dalam materi, juga kandungan voids diperlihatkan pada gambar 8 berikut ini :

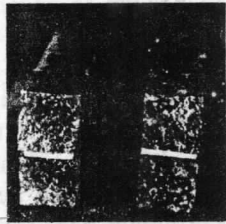
Filler terlihat agak redup dengan dimensi yang beragam, sementara matriks lebih terang dan luas, tampilan voids berbentuk bulat dan gelap, sebagai mana yang di perlihatkan pada gambar (8) dibawah ini :



Gambar 8. Foto struktur material komposit polyester filler serbuk kayu

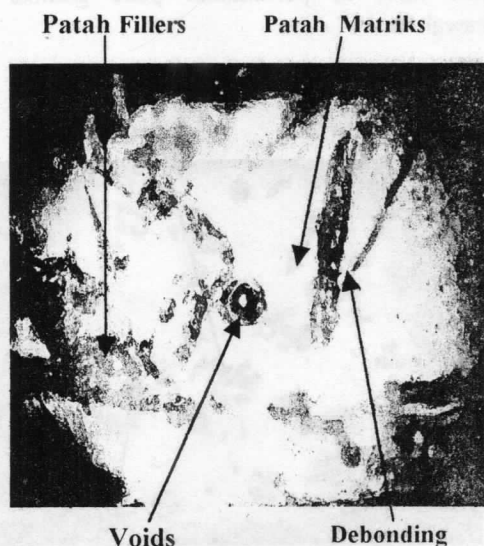
Analisa Permukaan Patah Statik Uji Bending.

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan menunjukkan permukaan patahan static yang terjadi cenderung seragam. Material komposit ini merupakan suatu material yang getas dengan deformasi yang bersifat non homogen, sehingga dalam pengujian sifat mekaniknya digunakan uji bending. Gambar (9) menunjukkan permukaan patahan static hasil uji bending.



Gambar 9. Tampilan permukaan patahan static hasil uji bending.

Sedangkan tampilan permukaan patahan static hasil uji bending dapat dilihat pada hasil foto mikroskope metallurgical OPTIPHOP - 100 S dengan pembesaran 100 kali yang ditunjukkan pada gambar (10).



Gambar 10. Foto detail tampilan permukaan patah

Dari analisa permukaan patahan static hasil uji bending menunjukkan bahwa distribusi partikel penguat serbuk kayu kurang merata dan perpatahan yang tidak beraturan dengan permukaan patahan yang mengkilap mengindikasikan bahwa patahan yang terjadi adalah patah matriks serta deformasi plastis pada matriks. Pada bagian interface antara matrik dengan filler terjadi gejala dislokasi.

Jadi permukaan patahan secara umum menunjukkan bahwa perpatahan yang terjadi adalah patah matriks dan adanya gejala

terkelupasnya serat dari matriks (debonding) serta adanya kemungkinan patahnya serat filler penguat (fiber breaking) yang ditunjukkan oleh gejala retakan dan pembelahan pada filler dan disebabkan juga oleh kandungan voids.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Ukuran dan komposisi filler sangat mempengaruhi sifat mekanik material komposit.
2. Ukuran dan komposisi filler yang terkecil yaitu pada ukuran 4 mm dan komposisi 8 % diperoleh sifat mekanik yang paling bagus.
3. Komposit yang berkualitas dengan sifat mekanik yang tinggi hanya dapat dicapai bila filler serbuk kayu terdistribusi secara baik dan merata di dalam matriks dengan ukuran dan komposisi yang sesuai dengan performance resin yang digunakan sebagai matriks.
4. Permukaan patahan menunjukkan bahwa perpatahan yang terjadi secara umum adalah patah matriks, gejala terkelupasnya serat dari matriks (debonding) serta sebagian kecil patahnya serat filler penguat (fiber breaking) dan oleh kandungan voids.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jones, Robert M, *Mecahnical Of Composite Material*, Mc.Graw-Hill KOGA KUSHA, LTD, Tokyo, 1975.
2. Chawla, Krisnan K, *Composite Material and Enggineering*, Springer-Verlag New York Inc, 1987.
3. Hull, Derek, *An Introduction To Composite Material*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.
4. ASTM commite, *Annual Book of ASTM Standart Part 35*, ASTM International USA, 1981.
5. ASM Hand Book, *Mechanical Testing Vol. 8, Bend Testing*, ASM International, USA, 1985.
6. Setyawati, D, *Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropelena daur ulang*, IPB, Bogor, 2003.
7. Reseno, Seto, dkk, *Karakteristik dan Model Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Alam*, Proseding Seminar Teknologi untuk Negeri, HUMAS-BPPT, 2003.
8. Callister, William D, *Material Science and Enggineering*, Jhon Wiley and Sons Inc, USA, 1994.