

PENGGUNAAN FRAKSI VOLUME KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG KEPOK (*MUSA PARADISIACA*) ORIENTASI SUDUT ACAK DENGAN MATRIK POLYESTER TERHADAP SIFAT MEKANIK

Aladin Eko Purkuncoro¹⁾, Basuki Widodo²⁾, Anang Subardi³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Email : aladin_smart@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume (10%, 20%, 30%, 40%, 50%) komposit serat batang pisang kepok dengan matrik polyester terhadap kekuatan tarik serta kekuatan dampak. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata – rata kekuatan tarik paling optimal terdapat pada fraksi volume serat 10% dan matrik 90% yaitu 51.863 N/mm² dan nilai regangan 5.754 N/mm². Sedangkan untuk kekuatan tarik paling rendah pada fraksi volume serat 20% dan matriks 80% yaitu 36.356 N/mm² dan nilai regangan 7.796%. Komposit yang memiliki energi dan harga dampak rata-rata yang tertinggi adalah fraksi volume 50% matrik 50% memiliki tingkat penyerapan dengan nilai rata-rata energi yang diserap 0.8093 Joule dan Harga Dampak rata-rata sebesar 0,0101 Joule/mm², sedangkan yang terendah adalah fraksi volume 20% matrik 80% dengan nilai energi rata-rata 0.4129 Joule dan Harga Impact rata-rata 0,0052 joule/mm². Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan fraksi volume serat berpengaruh pada kekuatan tarik dan kekuatan dampak.

Kata kunci : Kekuatan tarik, kekuatan dampak, resin polyester, serat batang pisang kepok.

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang disemua bidang, seperti bidang konstruksi kendaraan, konstruksi bangunan, industri, dan juga bidang rekayasa material khususnya komposit. Perkembangan tersebut tidak terlepas dari semakin meningkatnya kebutuhan dan kelangkaan material yang tersedia di alam. Penggunaan material untuk industri masih banyak mengandalkan bahan tambang yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu dibutuhkan material pengganti yang dapat diperbarui, serta memiliki sifat-sifat mekanis yang dapat mengimbangi keunggulan bahan tambang.

Material komposit adalah material yang menggabungkan sifat-sifat dari dua atau lebih material sehingga membentuk material baru yang memiliki keunggulan sifat masing-masing material tersebut.

Penggunaan bahan komposit sebagai pengganti logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, tidak hanya dalam bidang transportasi tetapi juga merambah bidang lainnya seperti properti, arsitektur dan lain sebagainya. Berbagai keuntungan penggunaan komposit semakin dirasakan oleh industri dan masyarakat, misalnya ringan, tahan korosi, tahan air, performance-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan. Karena sifat panel komposit yang ringan, maka beban akibat konstruksi tersebut juga menjadi lebih ringan. Harga produk komponen yang dibuat dari komposit dapat turun (*cost reduction*) hingga 60% dibandingkan dengan produk logam.

Saat ini banyak sumber daya alam baru yang sedang dikembangkan dalam bidang komposit, salah satunya pisang kepok (*Musa paradisiaca*). Pemanfaatan pisang saat ini hanya terpaku pada buahnya saja sedangkan batang pisang kurang dimanfaatkan dan menjadi limbah. Sehingga perlu dilakukan pemanfaatan dan penelitian untuk mengembangkan batang pisang sebagai bahan alternatif pembuatan komposit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yang masuk ke dalam aspek penelitian yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh fraksi volume komposit serat batang pisang kepek orientasi sudut acak dengan matrik polyester terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impact.

2.. Tinjauan Pustaka

2.1. Komposit

Komposit adalah bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabung (Kroschwitz, 1987). P. Kumar Mehta dalam bukunya *Structure, Properties, and Material* (1986) menjelaskan bahwa Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Karena karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya.

2.1.1. Komponen Penyusun Komposit

- Matriks

Matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Gibson R.F. (1994)

- Filler (pengisi)

Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, Boron, Carbon dan lain sebagainya. Bisa juga menggunakan serat alam antara lain serat kenaf, pisang, jute, rami, cantula dan lain sebagainya.

2.1.2. Orientasi Serat Dalam Komposit

Komposit lembaran merupakan material yang tersusun atas lapisan - lapisan yang terikat satu sama lain. Setiap lapisan terdiri dari banyak serat yang terendam dalam matriks. Serta panjang (*continous fiber*) digunakan untuk membuat lapisan, serat tersebut dapat di orientasikan pada satu arah (*unidirectional orientation*) atau pada dua arah (*bidirectional orientation*). Lapisan ini juga dapat di kontruksikan dengan menggunakan serat pendek (*discontinuous fiber*) baik pada satu arah maupun secara acak. Beberapa lapisan yang di tumpuk satu sama lain untuk mendapatkan ketebalan tertentu akan membentuk lembaran (*laminat*), dimana variasi lapisan dalam lembaran terdiri dari serat searah maupun berbeda arah.

2.1.3. Serat

Serat adalah suatu benda yang berbanding panjang diameternya sangat besar sekali. Pada dasarnya serat tekstil berasal dari tiga unsur utama, yaitu serat yang berasal dari alam (tumbuh - tumbuhan dan hewan), serat buatan (sintetis) dan galian (asbes, logam).

- Serat alam yang berasal dari tumbuh - tumbuhan antara lain : kapas, lenan, rayon, nanas, pisang. Serat alam yang berasal dari hewan yakni : dari bulu beri – beri, adapun bahan yang berasal dari serat tersebut adalah bahan wol, sedangkan serat dari ulat sutra menghasilkan bahan tekstil sutra.
- Serat buatan (termoplastik) bahan tekstil yang berasal dari serat buatan yaitu berupa *dacron*, *polyester*, *nylon*.
- Serat galian adalah serat yang bahan dasarnya berasal dari bahan galian misalkan asbes, logam, benang logam. Contoh asbes, logam dan benang logam. Serat logam lebih banyak digunakan digunakan untuk membuat bermacam – macam jenis benang seperti, benang emas, benang perak, tembaga, aluminium, selain itu ada pula benang yang dilapisi dengan plastik.
- Resin

Resin adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang, atau material padatan yang dapat meleleh pada suhu diatas 200⁰ C. Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memilki fungsi yang sama dengan matriks.

❖ Resin Polyester

Resin polyester mempunyai harga yang murah, mudah digunakan dan sifat versalitasnya. Selain itu resin polyester mempunyai daya tahan terhadap dampak, tahan terhadap segala cuaca, transparan dan efek permukaan yang baik. Kerugian penggunaan resin polyester adalah memiliki daya rekat yang kurang baik dan sifat inhibisi dari udara dan filler. Jenis hardener pada sistem curing untuk resin polyester kebanyakan adalah peroksida seperti benzoil peroksida atau peroksida metil – etil keton yang lebih dikenal dengan nama MEKPO. Sedangkan filler yang banyak digunakan adalah kalsium karbonat karena harganya yang murah dan kemampuannya yang tinggi dalam kekuatan terhadap tekanan.

2.2. Proses Pabrikasi Komposit

Material komposit dapat diproduksi dengan berbagai macam metode proses pabrikasi, metode – metode pabrikasi ini disesuaikan dengan jenis matrik penyusun komposit dan bentuk material komposit yang diinginkan sesuai aplikasi selanjutnya.

2.2.1. Open Molding Process (pencetakan terbuka)

- Handlay up Process

Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan.

- Filament Winding Process

Proses yang melalui metode pemanfaatan sistem gulungan benang pada sebuah sumbu putar. Kemudian resin yang berfungsi sebagai matrik dituangkan bersamaan dengan proses penggulungan serat, sehingga keduanya membentuk benda teknik yang direncanakan.

- Karakterisasi

Berbagai metode karakterisasi material komposit pada saat ini telah banyak dikembangkan, metode – metode ini diklasifikasikan dalam :

2.3. Serat Batang Pisang kepok

Serat batang pisang adalah serat alam yang dihasilkan dari batang pohon pisang. Menurut Sumarjono (2000) Pisang merupakan tanaman semak yang berbatang semu (*pseudostem*) tingginya bervariasi antara 1-4 meter, tergantung varietasnya. Daunnya melebar, panjang, tulang daunnya, dan tepinya tidak mempunyai ikatan yang kompak sehingga mudah robek bila terkena tiupan angin kencang. Batangnya mempunyai bonggol (umbi) yang besar sekali dan terdapat banyak mata yang bisa menjadi tunas anakan. Bunganya tunggal, keluar pada ujung batang dan hanya sekali berbunga seumur hidupnya (manokropik).



Gambar 1. Pohon Pisang kepok (*Musa Paradisiaca*)

Sumber: wikipedia

Tabel 1. Komposisi kimia dari serat Alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar air (%)
Pisang	60-65	6-8	5-10	10-15
Sabut	43	<1	45	10-12
Flax	70-72	14	4-5	7
Jute	61-63	13	5-13	12,5
Rami	80-85	3-4	0,5	5-6
Sisal	60-67	10-15	8-12	10-12
Sun hemp	70-78	18-19	4-5	10-11
Cotton	90	6	-	7

(Sumber : Lokantara. I.P., 2010)

Kekuatan Tarik Komposit

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimum, tegangan luluh, dan regangan (perpanjangan). Pembebanan tarik dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan sampai material komposit mengalami putus.

Untuk spesimen yang dipilih dalam pengujian tarik ini menggunakan spesimen dengan dimensi pada tabel ASTM D 638 – 3 type III yang berbentuk persegi panjang.

Hubungan Fraksi Berat Serat Dan Matrik Pada Komposit

1. Fraksi Volume

Fraksi volume adalah perbandingan jumlah serat dan matrik pada komposit.

Persamaan sebagai berikut:

$$\text{Fraksi volume serat} \quad V_f = \frac{V_f}{V_c}$$

$$\text{Fraksi volume matrik} \quad V_m = \frac{V_m}{V_c}$$

Dengan: V_f = Volume serat

V_m = Volume matrik

V_c = Volume komposit

2. Fraksi Berat

$$\text{Fraksi berat serat} \quad W_f = \frac{W_f}{W_c}$$

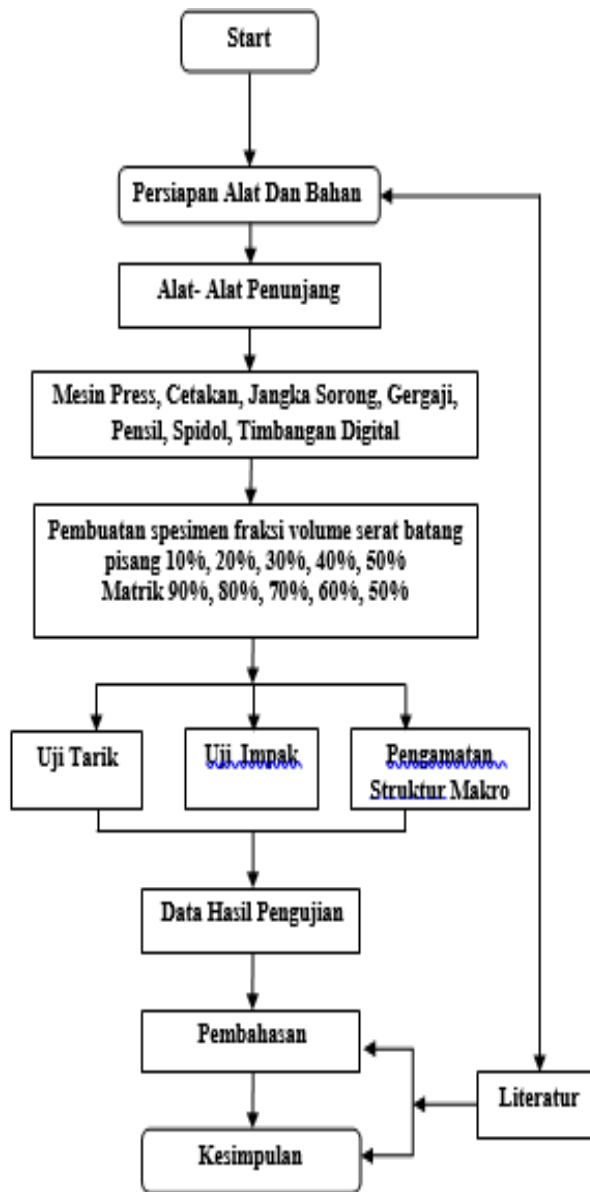
$$\text{Fraksi berat matrik} \quad W_m = \frac{W_m}{W_c}$$

Dengan: W_f = berat serat

W_m = berat matrik

W_c = berat komposit

3. Metode Penelitian



3.2 Bahan Yang Digunakan.

a. Serat penguat

Penguat yang dipilih adalah serat pisang kepok (*Musa Paradisiaca*).

b. Matrik

Untuk matrik dipilih resin.

Bahan pendukung yang dipakai pada proses pembuatan spesimen antara lain:

- ❖ Katalis, berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan dan Pengeringan spesimen.
- ❖ Wax, berfungsi untuk mempermudah pelepasan spesimen dari cetakan.
- Masukkan media aquades (air) kedalam gelas ukur.

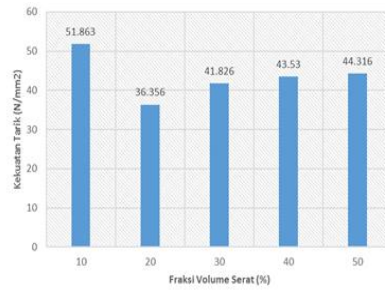
4. Analisa Dan Pembahasan

4.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

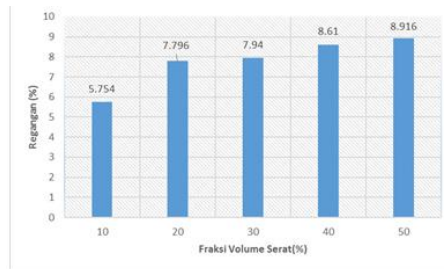
Pada Proses Penelitian sampel uji dibuat dengan lima variasi fraksi volume dan masing-masing fraksi volume dibuat rangkap tiga sebagai perbandingan. Sampel uji yang telah dibuat dengan arah orientasi serat secara acak (*random*) dianalisis perbedaan dari masing – masing sampel untuk mengetahui kekuatan tariknya.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik

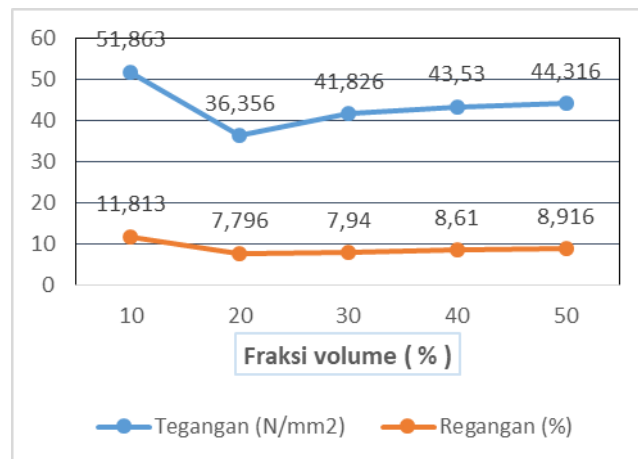
No	Nama Spesimen	Kekuatan Tarik Maksimum (N)	Max_Displacement (mm)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (%)
1	Serat Pisang 10% - 90% Matrik	3217.68	5.3	52.96	13.76
2		3021.48	5.0	49.63	10.02
3		3217.68	5.8	53.00	11.66
Rata-rata		3152.28	5.366	51.863	11.813
1	Serat Pisang 20% - 80% Matrik	1726.56	2.9	28.42	5.92
2		2413.26	4.1	39.76	8.14
3		2481.93	4.7	40.89	9.33
Rata-rata		2207.25	3.9	36.356	7.796
1	Serat Pisang 30% - 70% Matrik	2285.73	3.8	37.57	7.68
2		2481.98	3.7	40.78	7.38
3		2864.52	4.35	47.13	8.78
Rata-rata		6468.75	3.95	41.826	7.94
1	Serat Pisang 40% - 60% Matrik	2334.78	3.7	38.43	7.46
2		3001.86	4.95	49.43	9.93
3		2599.65	4.2	42.75	8.45
Rata-rata		6468.75	4.28	43.53	8.61
1	Serat Pisang 50% - 50% Matrik	3149.01	4.9	51.87	9.89
2		2727.18	4.4	44.88	8.82
3		2197.44	4.0	36.20	8.04
Rata-rata		2691.21	4.43	44.316	8.916



Grafik 4.1 Perbandingan kekuatan tarik dengan fraksi volume serat



Grafik 4.2 Perbandingan regangan dengan fraksi volume serat



Grafik 4.3 Hubungan tegangan dan regangan

4.2 Analisa Pengujian Impak

4.2.1 Pengolahan Data Pengujian Impact

Dari hasil pengujian impact yaitu ketahanan spesimen terhadap pembebanan dipresentasikan dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan specimen tersebut. Besar energi yang terjadi dapat dihitung dengan rumus :

$$E = W \times R \times (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana : E = Energi yang diserap (*joule*)

W = Berat pendulum (26,32 kg)

R = Panjang lengan pendulum (0,647 m)

cos β = Sudut akhir setelah pembebanan ($^{\circ}$)

cos α = Sudut awal specimen (45°)

$$HI = \frac{E}{A_o}$$

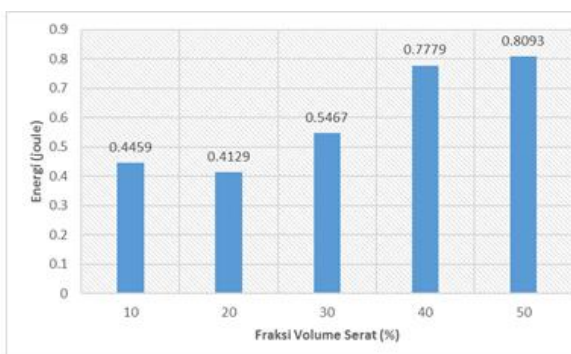
Dimana : HI = Harga Impact (*joule/mm²*)

E = Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan beban (*joule*)

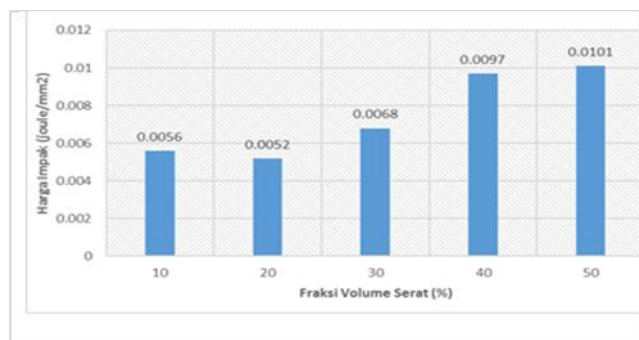
Ao = Luas penampang (mm^2).

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Uji Impak

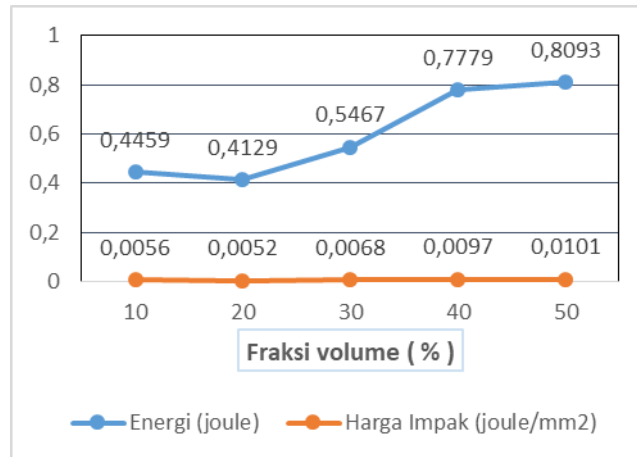
No	Spesimen	Luas (mm ²)	Sudut Awal (α°)	Sudut Akhir (β°)	Energi (joule)	HI (joule/mm ²)
1	Serat Pisang 10% - 90% Matrik	80	45	43.5	0.3111	0.0039
2		80	45	43	0.4129	0.0052
3		80	45	42	0.6137	0.0077
Rata - rata		80	45	42.83	0.4459	0.0056
1	Serat Pisang 20% - 80% Matrik	80	45	43	0.4129	0.0052
2		80	45	43	0.4129	0.0052
3		80	45	43	0.4129	0.0052
Rata - rata		80	45	43	0.4129	0.0052
1	Serat Pisang 30% - 70% Matrik	80	45	42	0.6137	0.0077
2		80	45	43	0.4129	0.0052
3		80	45	42	0.6137	0.0077
Rata - rata		80	45	42.33	0.5467	0.0068
1	Serat Pisang 40% - 60% Matrik	80	45	41.5	0.7126	0.0089
2		80	45	41	0.8106	0.0101
3		80	45	41	0.8106	0.0101
Rata - rata		80	45	41.16	0.7779	0.0097
1	Serat Pisang 50% - 50% Matrik	80	45	41	0.8106	0.0101
2		80	45	42	0.6137	0.0077
3		80	45	40	1.0037	0.0125
Rata - rata		80	45	41	0.8093	0.0101



Grafik 4.4 Perbandingan fraksi volume serat dan energi



Grafik 4.5 Perbandingan fraksi volume serat dan harga impact



Grafik 4.6 Hubungan antara energi dan harga impact

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisa Dan Pembahasan Hasil Uji Tarik

Dari lima sampel pengujian yaitu fraksi volume (10% - 90%), (20% - 80%), (30% - 70%), (40% - 60%) dan (50% - 50%). Diperoleh nilai rata – rata kekuatan tarik paling optimal terdapat pada fraksi volume serat 10% - dan matrik 90% yaitu 51.863 N/mm² dan nilai regangan sebesar 5.754%. Sedangkan nilai rata – rata kekuatan tarik terendah pada fraksi volume 20% - 80% yaitu 36.356 N/mm² dengan regangan 7.796 %. Berdasarkan dari data grafik diatas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya prosentase fraksi volume serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan regangannya. Terlihat pada grafik 4.1 dan grafik 4.2 dimana fraksi volume serat 20% dan matrik 80% yang mempunyai nilai kekuatan tarik dan nilai regangan paling kecil dibandingkan fraksi volume serat yang lain. Hal ini disebabkan karena matrik terlalu sedikit yang mengakibatkan antara serat satu dengan serat yang lain tidak terikat dengan sempurna dan selain itu juga matrik tidak masuk sepenuhnya kedalam pori – pori serat, sehingga pada saat pengujian tarik serat tidak mampu menahan gaya pada matrik dengan baik. Dan terjadi banyak kekosongan yang dapat menyebabkan penurunan nilai kekuatan tarik komposit. Hal ini disebabkan ketika komposit menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void*, sehingga konsentrasi tegangan terjadi pada daerah tersebut. Karena pada daerah tidak terisi penuh oleh serat dan matriks. Hal tersebut senada dengan (Teuku Rihayat dan Suryani) yang menyatakan bahwa kecenderungan penurunan nilai kekuatan tarik disebabkan karena sedikit serat dalam komposit sehingga matrik mudah terperangkap gelembung udara dalam komposit sehingga ikatan antara serat dengan resin tidak terjadi dengan baik.

4.3.2 Analisa Dan Pembahasan Hasil Uji Impact

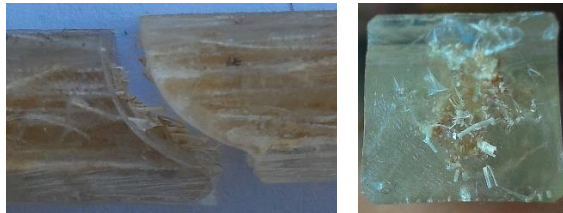
Dari Perhitungan dan grafik lima sampel pengujian impact yang telah diuji yaitu fraksi volume (10% - 90%), (20% - 80%), (30% - 70%), (40% - 60%), dan (50% - 50%). Pada serat pisang energi paling kecil yang diserap adalah pada fraksi volume 20% matrik 80% dengan nilai energi rata-rata 0.4129 Joule dan Harga Impact rata-rata 0,0052 joule/mm², lebih rendah dibandingkan dengan perbandingan komposisi fraksi volume serat lainnya. Sedangkan tingkat penyerapan nilai yang paling optimal dari pada yang lainnya yaitu pada fraksi volume 50% matrik 50% memiliki tingkat penyerapan dengan nilai rata-rata energi yang diserap 0.8093 Joule dan Harga Impact rata-rata sebesar 0,0101 Joule/mm², hal ini disebabkan karena matrik berikatan dengan baik dan masuk kedalam pori-pori serat. Disini juga terlihat bahwasannya seiring bertambahnya fraksi volume serat yang digunakan, maka nilai energi yang diserap akan semakin tinggi, karena matrik dari komposit berikatan baik dengan serat. Hal ini juga didukung oleh Lokantara I.P. (2012) yang menyatakan bahwa kekuatan impact meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume dan panjang serat.

4.3 Analisa Foto Makro

Pengamatan patahan spesimen uji impact dilakukan dengan menggunakan alat pengujian struktur makro untuk mengamati karakteristik penampang melintang dan patahan spesimen.

Ciri – ciri patahan:

1. Patah Getas : - Bintik – bintik / cristal
- Terang
2. Patah Ulet : - Berserabut
- Gelap



Gambar 4.6 Hasil foto makro pengujian impact fraksi volume serat 10%



Gambar 4.7 Hasil foto makro pengujian impact fraksi volume serat 20%



Gambar 4.8 Hasil foto makro pengujian impact fraksi volume serat 30%



Gambar 4.9 Hasil foto makro pengujian impact fraksi volume serat 40%



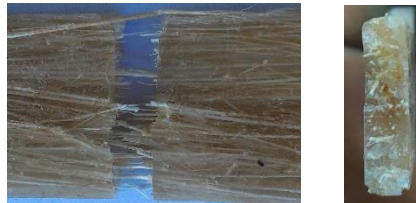
Gambar 4.10 Hasil foto makro pengujian impact fraksi volume serat 50%



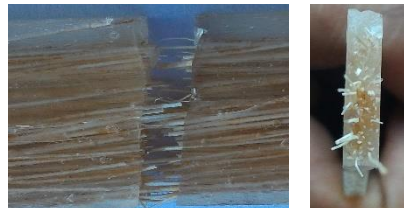
Gambar 4.11 Hasil foto makro pengujian tarik fraksi volume serat 10%



Gambar 4.12 Hasil foto makro pengujian tarik fraksi volume serat 20%



Gambar 4.13 Hasil foto makro pengujian tarik fraksi volume serat 30%



Gambar 4.14 Hasil foto makro pengujian tarik fraksi volume serat 40%



Gambar 4.15 Hasil foto makro pengujian tarik fraksi volume serat 50%

4.2.5. Pembahasan Foto Patahan

Dari hasil foto patahan dapat disimpulkan patahan yang terjadi adalah patahan getas karena terlihat terang dan berkilat. Untuk arah dari perambatan retak adalah tegak lurus dengan arah tegangan tarik yang bekerja. Sedangkan jenis patahan yang terjadi adalah jenis patahan *pull out fiber* dan *broken fiber*. Dimana *pull out fiber* adalah kondisi dimana serat keluar pada patahan yang dikarenakan ikatan kurang kuat antara matrik dan serat. Sedangkan *broken fiber* yaitu patahan pada spesimen dimana serat mengalami patah atau rusak dan membentuk seperti serabut. Kedua patahan tersebut diakibatkan karena terdapat void di sekitar serat.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan tentang material komposit serat batang pisang kepek dengan matrik polyester sebagai pengikatnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil penelitian pengujian tarik, diperoleh nilai rata – rata kekuatan tarik paling optimal terdapat pada fraksi volume serat 10% - dan matrik 90% yaitu 51.863 N/mm² dan nilai regangan sebesar 5.754%. Sedangkan nilai rata – rata kekuatan tarik terendah pada fraksi volume 20% - 80% yaitu 36.356 N/mm² dengan regangan 7.796 %.
2. Berdasarkan dari data grafik diatas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya prosentase fraksi volume serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan regangannya.
3. Pada serat pisang kepek energi impak paling kecil yang diserap adalah pada fraksi volume 20% matrik 80% dengan nilai energi rata–rata 0.4129 Joule dan Harga Impact rata–rata 0,0052 joule/mm², Sedangkan tingkat penyerapan nilai yang paling optimal dari pada yang lainnya yaitu pada fraksi volume 50% matrik 50% memiliki tingkat penyerapan dengan nilai rata–rata energi yang diserap 0.8093 Joule dan Harga Impak rata–rata sebesar 0,0101 Joule/mm².

Daftar Pusaka

- [1]. ASTM. 1990. *Standars and Literature References For Composite Materials*, 2d ed. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA.
- [2]. Bachtiar, D., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Khalina, A., dan Dahlan, K. Z.M. (2010). *The tensile properties of single sugar palm (Arenga pinnata) fibre*. IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, 11(1), 012012.
- [3]. Bramayanto, A., 2008, *Pengaruh konsentrasi terhadap kekuatan mekanik Material Komposit Poliester Serat Alam*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [4]. Gibson, R. F., (1994). *Principle of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill, New York.
- [5]. Kaw, A. K., (2006). *Mechanics of Composite Materials*, 2nd edition, CRC Press LLC, USA
- [6]. Marsyahyo, Eko. 2010. *Material Polimer dan Elastomer*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [7]. Marsyahyo, Eko. 2012. *Komposit*. Institut Teknologi Nasional. Malang.
- [8]. Rukmana, Rahmat. 2006. *Usaha Tani Pisang*. Kanisius, Yogyakarta.
- [9]. Schwartz, M.M., 1984, *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill Book Co, New York.
- [10]. Wona H., Boimau K., & Maliwelu E.U.K. (2015). *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula*. Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang.