

Analisis Serat Pelepah Batang Pisang Kepok Material *Fiber* Komposit Matriks *Recycled Polypropylene* (RPP) Terhadap Sifat Mekanik dan SEM

Tumpal Ojahan R., Tri Cahyono¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Malahayati

Jl. Pramuka No. 27 Kemiling, Bandar Lampung, Email : tumpal_ojahan@yahoo.com

Abstrak

Material logam pada berbagai komponen produk semakin berkurang, oleh karena itu banyak dikembangkan material komposit yang mempunyai sifat yang sesuai dengan karakteristik material logam. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit. Komposit yang digunakan pada penelitian ini dari serat pelepah batang pisang kepok dengan fraksi volume 8%, 12%, 38%, 42% dengan Matriks *Recycled Polypropylene*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan impact yang optimal serta untuk mengetahui jenis patahan dengan pengamatan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dari hasil uji tarik tegangan-regangan terdapat kekuatan tarik yang optimal pada fraksi volume *Filler* 38% : *Matriks* 62%, dengan tegangan tarik 59,3200 N/mm². Pengujian bending fraksi volume yang paling optimal terdapat pada fraksi volume 38% *Filler* : 62% *Matriks*. Dengan tegangan lentur 86,3001 N/mm². Pengujian impact fraksi volume yang paling optimal pada fraksi volume 42% *Filler* : 58% *Matriks*, dengan energi impact 1,821 J. Pada pengamatan SEM terlihat bahwa fraksi volume 38% *Filler* : 62% *Matriks* paling optimal karena dengan adanya ikatan Matriks dan serat menyatu dengan sempurna. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh fraksi volume serat batang pisang sebagai penguat (*filler*) dan *recycled polypropylene* (RPP) sebagai pengikat (*Matriks*) pada material komposit akan mempengaruhi kekuatan material komposit ini lebih kuat dan lebih baik dengan perbandingan *Filler* 38% : *Matriks* 62%. Apabila digunakan perbandingan fraksi volume diatas 38% *filler*, sifat mekaniknya sudah mengalami penurunan

Kata Kunci : komposit, serat, *recycled polypropylene* (rpp), uji tarik, uji bending, uji *impact*, SEM.

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri sekarang ini menyebabkan kebutuhan material makin meningkat terutama untuk sebuah produk. Penggunaan material logam pada berbagai komponen produk semakin berkurang. Hal ini diakibatkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari logam, proses pembentukannya yang relatif sulit, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya mahal, oleh karena itu banyak dikembangkan material lain yang mempunyai sifat yang sesuai dengan karakteristik material logam yang diinginkan. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit. Komposit adalah gabungan dari dua bahan atau lebih komponen yang berlainan dan mempunyai sifat yang berbeda. Selain itu ada juga yang menyatakan bahwa bahan komposit adalah kombinasi bahan tambah yang berbentuk serat, butiran seperti pengisi serbuk logam, serat kaca, karbon, aramid (*Kevlar*), keramik dan serat logam dalam bulat panjang yang berbeda-beda di dalam *Matriks* (Kroschwitz dkk, 1987).

Material penyusun komposit harus mempunyai proporsi jumlah yang jelas, yaitu serat sebagai penguat biasa disebut *fiber* serta pengikat disebut *matriks*

katakanlah lebih besar dari 5%. Kedua, material penyusunan memiliki sifat yang berbeda dan juga sifat dari komposit yang terbentuk berbeda dari sifat-sifat material penyusunan. Beberapa jenis serat alam yang telah dimanfaatkan sebagai penguat komposit diantaranya serat nanas, serat eceng gondok, sisal, rami, flax, e-glas, abaca, serat kelapa dan serat bambu (Bakri 2011). Menurut Maulida, 2006 serat batang pisang dan serat pandan digunakan untuk menggantikan serat sintesis dan polipropilen digunakan sebagai matriks, kekuatan serat batang pandan dengan ketebalan 1 mm lebih baik dibandingkan kekuatan tarik serat batang pisang dengan ketebalan yang sama, semakin tebal komposit yang dihasilkan maka semakin rendah kekuatan tariknya pada jumlah serat yang sama. Menurut, Nasmi 2011 analisa kekuatan tarik komposit termoplastik diperkuat serat pohon pisang, pembuatan komposit dilakukan secara *hand lay up*, bahan yang digunakan adalah resin polyester dan variasi fraksi volume adalah 20% , 30% dan 35%. Hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik terbesar rata-rata terdapat pada fraksi volume 35%. Menurut Tumpal, 2013, pengaruh fraksi volume serat batang pisang bermatriks *recycled polypropylene* (RPP) terhadap sifat mekanik dan sifat fisik , pembuatan komposit dilakukan secara

hand lay up, bahan yang digunakan adalah recycled polypropylene dan variasi fraksi volume adalah filler15% , filler20%, filler25%, filler 30% dan filler35%.

Hasil pengujian menunjukkan kekuatan sifat mekanik terbesar rata-rata terdapat pada fraksi volume 35% dimana pada kekuatan tarik tertinggi. Menurut Kuncoro, 2006 mechanical bonding komposit yang diperkuat serat alam dengan perlakuan kimia seperti perlakuan alkali terhadap sifat tarik komposit berpenguat serat rami kontinu dengan *matriks polyester*. Serat sabuk kelapa menunjukkan kekuatan tarik yang lebih baik pada alkali 2%. Menurut Junior, 2010 melakukan penelitian tentang sifat mekanis komposit serat kelapa dengan resin poliester. Setelah dilakukan pengujian dan foto SEM didapatkan fraksi volume serat yang optimal dari komposit serat kelapa yang dapat menahan perambatan retak. Menurut Lokantara , 2010 meneliti tentang pengaruh panjang serat dan temperatur udara terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* tapis kelapa dengan variasi panjang serat tapis kelapa yaitu 5 mm, 10 mm dan 15 mm sedangkan variasi temperatur udara yaitu - 5° C, 10° C dan 25° C. Komposit yang dibuat menggunakan penguat serat tapis kelapa dengan matriks berupa *resin unsaturated polyester*, hasil pengujian menunjukkan variasi panjang serat dan temperatur udara mempengaruhi kekuatan tarik pada komposit.

Menurut Basuki (2008) meneliti tentang analisa sifat mekanik komposit *epoksi* dengan penguat serat pohon aren (ijuk) model lamina berorientasi sudut acak (*random*). Dari hasil pengujian diperoleh nilai kekuatan tarik rata-rata pada komposisi berat serat 20% dan 30% berturut-turut sebesar 2,577 kg/mm² dan 2,251 kg/mm², menurun dibandingkan dengan komposisi 100% dengan kekuatan tarik sebesar 3,687 kg/mm². Pada komposisi berat serat 40%, 50% dan 60% kekuatan tarik rata-rata cenderung meningkat dibanding 100% *epoksi* yaitu 5, 128 kg/mm², 3,921 kg/mm² dan 3,762 kg/mm². Sedangkan pada uji *impact* menunjukkan terjadi kenaikan dan penurunan energi *impact* dari fraksi berat serat 20%-60%, sehingga yang memiliki energi *impact* tertinggi adalah 40% yaitu 11,132 Joule/mm². Penelitian yang akan dilakukan menggunakan serat dan cara penyusunan serat. *Matriks* yang akan digunakan berupa plastik *recycled polypropylene* (RPP) sedangkan serat yang digunakan adalah serat batang pisang kepok yang disusun secara tegak lurus dan sejajar arah serat. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kekuatan sifat mekanik pada komposit *recycled polypropylene* (RPP) dengan serat batang pisang kepok. Adapun tujuan yang diharapkan adalah sebagai berikut: Untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat batang pisang bermatriks *recycled polypropylene* (RPP) terhadap kekuatan tarik,

kekuatan bending, kekuatan impact serta SEM.

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun langkah-langkah ekstraksi untuk mendapatkan serat sebagai berikut: Pengambilan pelepah batang pisang kepok, kemudian dipotong dengan panjang 40 cm lalu dijemur selama 3 hari yang bertujuan untuk mengurangi kadar air, lalu memanaskan air sampai 20 °C dengan perbandingan 32,5 gr NaOH dengan 1 liter air, kemudian dimasukan pelepah pisang kepok dan direbus selama 1 jam kedalam larutan NaOH yang telah mendidih. Setelah selesai proses ekstraksi serat pelepah dioven pada temperatur 80°C selama 10 jam untuk mengeringkan serat, lalu dilakukan penyisiran untuk menghindari serat yang menggumpal. Seperti Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Serat Setelah diekstraksi, Juni 2014



Gambar 2. Serat Setelah Disisir, Juni 2014

Adapun proses yang dilakukan untuk mendapatkan RPP yaitu dengan langkah langkan sebagai berikut: mengumpulkan sisa gelas plastik aquades bekas dan cuci bersih lalu dicacah dan dicuci kembali di dalam bak pencucian dan dijemur. Setelah itu dimasukan kemesin pencetak bijih plastik untuk mendapatkan butiran RPP. Seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Recycled Polypropylene (RPP), Juni 2014

Pembuatan komposit dengan proses *hot press* dengan menyiapkan cetakan komposit. Timbang serat sesuai dengan fraksi yang dilakukan yang berfungsi sebagai faiber serta rpp berfungsi sebagai matriks, masukkan serat kedalam cetakan komposit sekaligus disusun rata. Memasukkan matriks kedalam cetakan komposit serta meratakan matriks dibawah dan diatas serat. Cetakan ditutup dan siap dimasukkan kemesin *hot press* dengan temperatur 167 °C dan diberikan beban sebesar 2 bar dengan penekanan yang bertahap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

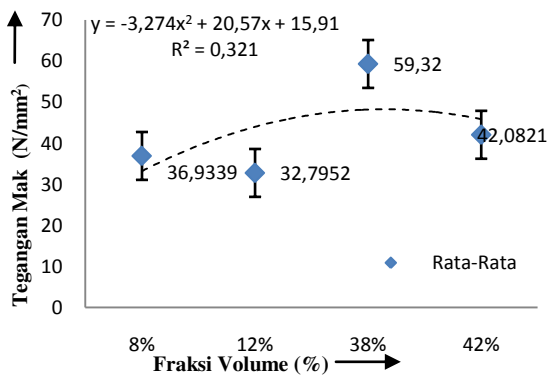
Hasil Pengujian Uji Tarik Komposit

Tabel 1. Hasil Uji Tarik Komposit

Tabel Hasil Uji Tarik				
Fraksi Volume	Pengujian			
	Tegangan Tarik (N/mm ²)	Regangan Tarik (%)	Beban Maksimum (N)	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
8%	36.9339	3.64171	924.718	2288.72
12%	32.7952	3.64470	894.335	1994.43
38%	59.3200	3.66416	1737.89	2947.04
42%	42.0821	3.41515	1360.29	2691.28

Setelah dilakukan pengujian tarik komposit bermatriks RPP berpenguat serat batang pisang kepek tegangan tarik, regangan tarik, beban maksimum dan modulus elastisitas cenderung mengalami peningkatan pada fraksi volume 38%.

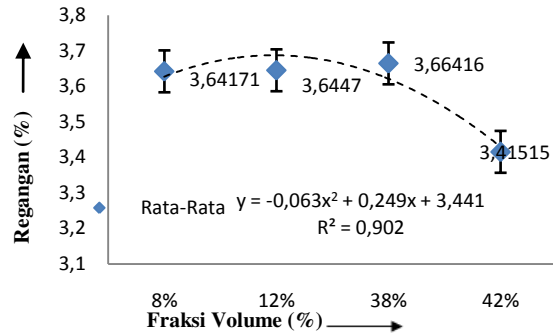
Kurva regangan fraksi volume mengalami peningkatan dan penurunan pada. Adapun regangan yang tertinggi berada pada fraksi volume *Filler* 38% dengan rata-rata 3,66416 %. Sementara mengalami penurunan pada fraksi volume *Filler* 42%, dan regangan yang terendah pada fraksi volume *Filler* 8% dengan rata-rata 3.64171 %.



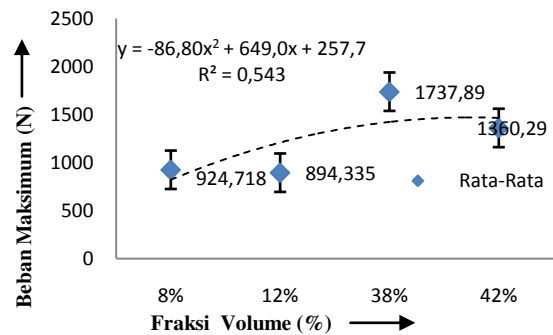
Gambar 4. Kurva Tegangan Tarik

Kurva tegangan tarik fraksi volume cenderung mengalami peningkatan dan penurunan, adapun

tegangan tarik tertinggi berada pada fv 38% filler dengan rata-rata 59.3200 N/mm² dan rata-rata terendah terdapat pada fv 12% filler yaitu 32.7952 N/mm².

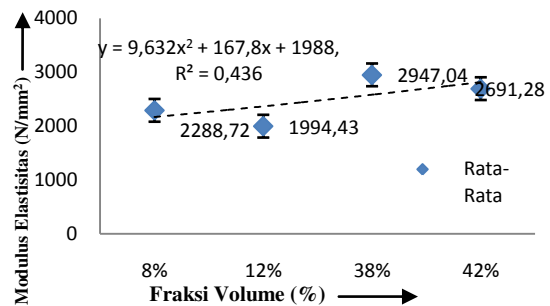


Gambar 5. Kurva Regangan Tarik



Gambar 6. Kurva Beban Maksimum

Beban maksimum fraksi volume cenderung mengalami penurunan. Adapun beban maksimum yang tertinggi berada pada fraksi volume *Filler* 38% dengan rata-rata 1737.89 N, dan mengalami sedikit penurunan pada fraksi volume *Filler* 42% dengan rata-rata 1360.29 N. Tetapi pada fraksi volume *Filler* 8% ke 12% mengalami penurunan, dimana pada fraksi volume 12% terdapat beban maksimum terendah dengan rata-rata 894.335 N.



Gambar 7. Modulus Elastisitas

Kurva modulus elastisitas mengalami penurunan dan peningkatan dengan modulus elastisitas rata-rata yang tertinggi berada pada fraksi volume *Filler* 38% yaitu 2947,04 N/mm² kemudian mengalami sedikit

penurunan pada fraksi volume *Filler* 42% dengan rata-rata 2691,28 N/mm², yang terendah terdapat pada fraksi volume *Filler* 12% yaitu 1994,43 N/mm².

Pembahasan

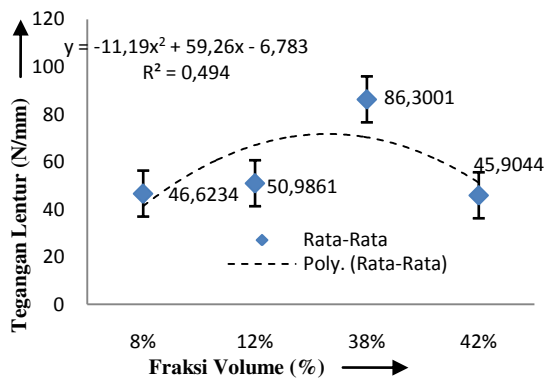
Setelah dilakukan penambahan serat pada komposit terjadi penurunan dan peningkatan tegangan tarik pada seluruh fraksi volume. Penurunan ini terjadi karena daya ikat antara *Matriks* dengan serat kurang merekat dengan baik. ini disebabkan karena penyusunan serat sebagai *Filler* tidak merata sehingga terjadi penurunan kekuatan material komposit. Kemudian mengalami peningkatan pada fraksi volume *Filler* 38% dengan rata-rata 59.3200 N/mm² ini dikarenakan daya ikat antara *Matriks* dengan serat pelepah batang pisang sebagai *Filler* menjadi cukup baik, dan berfungsi sebagai penguat dengan adanya penambahan serat pelepah batang pisang kepek.

Hasil Pengujian Bending Komposit

Tabel 2. Hasil Uji Bending Komposit

Tabel Hasil Uji Bending				
Fraksi Volume	Pengujian			
	Tegangan Lentur (N/m ²)	Modulus Elastisitas (N/mm ²)	Beban Maksimum (N)	Perpanjangan (mm)
8%	46.6234	1659.64	86.6795	11.2728
12%	50.9861	1788.48	108.870	10.0713
38%	86.3001	5088.09	150.016	4.92771
42%	45.9044	1359.53	93.7130	8.67505

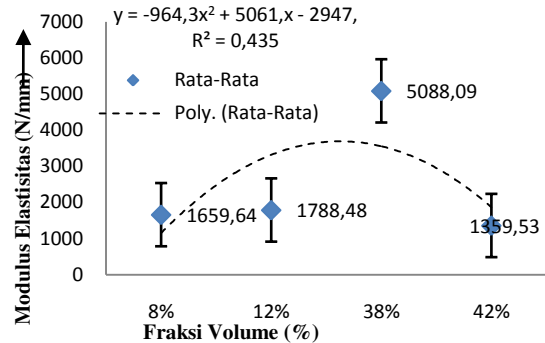
Setelah dilakukan pengujian bending komposit bermatriks RPP berpenguat serat batang pisang kepek tegangan lentur, perpanjangan, beban maksimum dan modulus elastisitas cenderung mengalami peningkatan dan penurunan.



Gambar 8. Tegangan Lentur

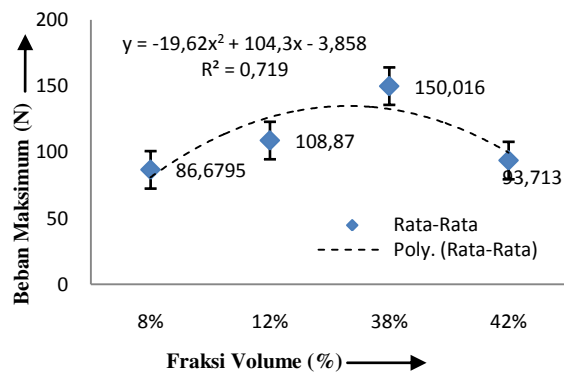
Adapun tegangan lentur yang tertinggi berada pada fraksi volume *Filler* 38% dengan rata-rata 86.3001 N/mm², dan yang terendah pada fraksi volume *Filler*

42% dengan rata-rata sebesar 45.9044 N/mm². Ini disebabkan karena daya ikat serat pelepah batang pisang dengan *Matriks* kurang baik dan pencampuran antara serat dan *Matriks* tidak merata serta terdapat rongga udara .



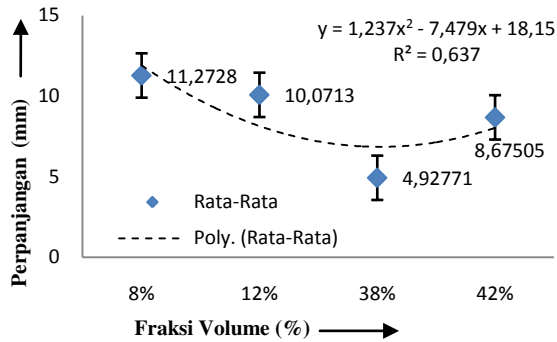
Gambar 9. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas fraksi volume serat pelepah batang pisang mengalami peningkatan dan penurunan. Adapun rata-rata modulus elastisitas yang tertinggi berada pada fraksi volume *Filler* 38% yaitu 5088.09 N/mm², namun mengalami penurunan pada fraksi volume *Filler* 42% yaitu sebesar 1359.53 N/mm², disebabkan karena daya ikat serat pelepah batang pisang dengan *Matriks* kurang cukup baik dan kadar lignin yang masih ada sehingga dapat mempengaruhi terhadap modulus elastisitas.



Gambar 10. Beban Maksimum

Beban maksimum fraksi volume serat pelepah batang pisang yang tertinggi pada fraksi volume *Filler* 38% dengan rata-rata 150.016 N, dan yang terendah pada fraksi volume *Filler* 8% dengan rata-rata 86.6795 N. Hal ini disebabkan karena daya ikat serat pelepah batang pisang dengan *Matriks* kurang cukup baik serta penyebaran antara serat dan *Matriks* tidak merata.



Gambar 11. Perpanjangan

Penambahan perpanjangan uji bending cenderung mengalami peningkatan dengan rata-rata yang paling tinggi terdapat pada fraksi volume *Filler* 38% yaitu 4.92771 mm. Fariasi perepanjangan karena terjadi penyebaran antara *Matriks* dan *Filler* pada saat pencetakan komposit tidak merata sehingga daya ikat *Filler* dan *Matriks* kurang baik. Bila dilihat dari keseluruhan fraksi volume, terlihat jelas perbedaan perpanjangan pada fraksi volume yang mengalami perubahan yang signifikan.

Pembahasan

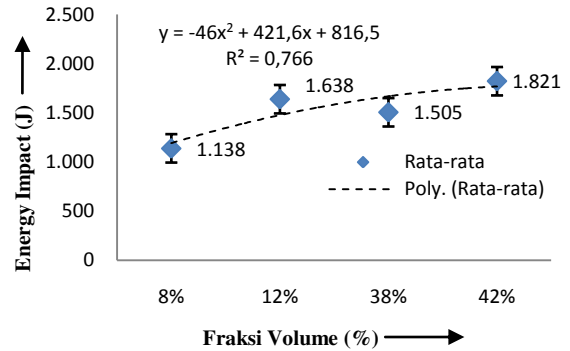
Pada penelitian ini, pembahasan utamanya diarahkan untuk mengetahui sifat mekanis dan sifat fisik dari material komposit dengan fraksi volume antara serat pelepah batang pisang kepok sebagai penguat (*Filler*) dengan *Recycled Polypropylene* (RPP) sebagai pengikat (*Matriks*). Mengacu pada hasil yang diperoleh setelah dilakukan penambahan serat pelepah batang pisang pada komposit mengalami peningkatan dan penurunan kekuatan yang dihasilkan dari material komposit. Kurva tegangan bending fraksi volume adalah gambaran antara nilai kekuatan dengan tingkat lendutan yang terjadi pada proses uji bending. Pada matriks *Recycled Polypropylene* (RPP) terlihat bahwa pada saat material menerima beban kekuatannya tidak terus meningkat hingga material putus yang terdapat pada fraksi volume *Filler* 38%, terjadi karena adanya komposisi serat batang pisang kepok yang sebanding serta kandungan lignin berkurang dan susunan serat teratur.

Hasil Pengujian Impact

Tabel 3. Tabel Hasil Uji *Impact* Komposit

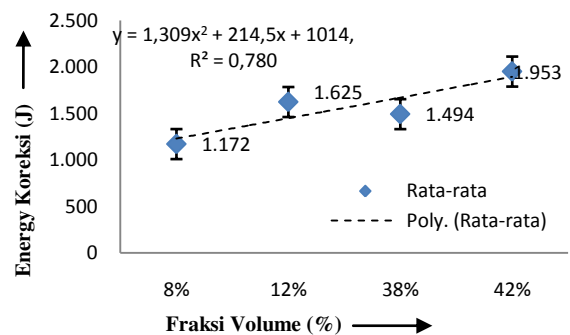
Tabel Hasil Uji <i>Impact</i>			
Fraksi Volume	Pengujian		
	Energy <i>Impact</i> (J)	Energy Koreksi (J)	Kekuatan <i>Impact</i> (kJ/m ²)
8%	1,138	1,172	22,071
12%	1,638	1,625	24,741
38%	1,505	1,494	24,774
42%	1,821	1,953	25,252

Setelah dilakukan pengujian impact komposit bermatriks RPP berpenguat serat batang pisang kepok energy impact, energy koreksi, kekuatan impact cenderung mengalami peningkatan.



Gambar 12. Perpanjangan

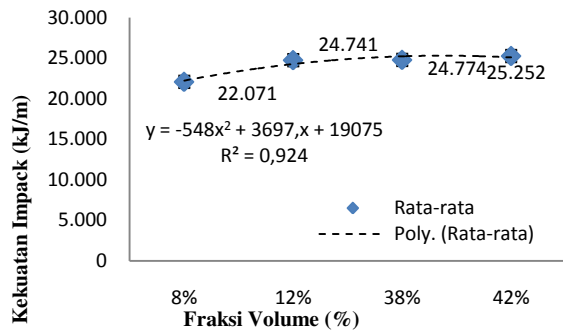
Data energi *Impact* yang diambil merupakan kekuatan *Impact* dari empat fraksi volume kekuatan energi *impact* rata-rata yang tertinggi terdapat pada fraksi volume *Filler* 42% yaitu sebesar 1,821 Joule dan nilai rata-rata terendah terdapat pada fraksi volume *Filler* 8% yaitu 1,138 Joule. Peningkatan energy *Impact* seiring dengan penambahan serat atau fraksi volume semakin meningkat, serta disebabkan adanya peningkatan daya ikat antara *Martiks* dengan *Filler* yang sangat baik. Pada saat diberikan beban dari luar yang pertama mengalami putus adalah *Matriks*, kemudian diikuti serat itu sendiri dan serat tersebut tidak mengalami putus sekaligus tetapi masih ada sebagian serat yang masih utuh sehingga energi *Impact* komposit mengalami peningkatan yang signifikan.



Gambar 13. Energy Koreksi

Energi koreksi yang diambil merupakan hasil dari empat volume fraksi dengan nilai rata-rata yang tertinggi terdapat pada fraksi volume *Filler* 42% sebesar 1,953 Joule dan nilai rata-rata terendah terdapat pada

fraksi volume *Filler* 8% yaitu 1,172 Joule.



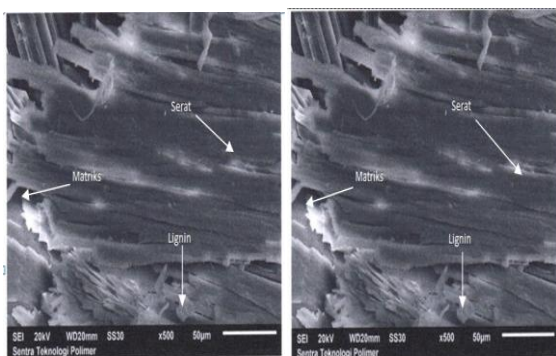
Gambar 14. Kekuatan Impact

Sementara bila ditinjau dari kekuatan *Impact*, kekuatan nilai rata-rata tertinggi terdapat pada fraksi volume *Filler* 42% sebesar 25,252 kJ/m² dan nilai rata-rata terendah terdapat pada fraksi volume *Filler* 8% yaitu 22,071 kJ/m².

Pengamatan SEM Komposit.

Analisa Scanning *Electron Microscope* (SEM) dilakukan setelah pengujian kekuatan tarik (daerah patahan tarik) untuk mengetahui struktur ikatan antara serat sebagai penguat (*Filler*) dengan RPP sebagai pengikat (*Matriks*). Spesimen yang mengalami patahan dibentuk kembali menjadi spesimen pengamatan SEM foto SEM dilakukan pada komposit yang memiliki nilai tegangan tarik tertinggi pada fraksi volume *Filler* 38%, dan yang terendah pada fraksi volume *Filler* 12%.

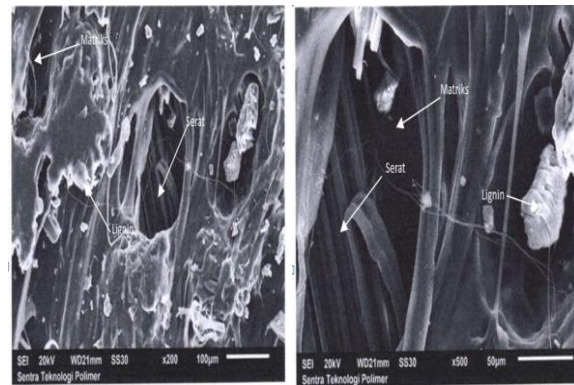
a. SEM Dengan Fraksi Volume Filler 38%



Gambar 15. Pengamatan SEM Komposit Tegangan Tarik Tertinggi

Dari Gambar 15, fraksi volume dengan campuran *Filler* 38% *Matriks* 62% terlihat seratnya merekat dengan baik, dapat dilihat setelah kerusakan permukaan komposit setelah uji tarik, masih sedikit terlihat adanya serat yang tercabut dan menimbulkan pori, menunjukkan kekuatan ikatan matriks semakin bagus.

b. SEM Dengan Fraksi Volume Filler 12%



Gambar 16. Pengamatan SEM Komposit Tegangan Tarik Terendah

Dari Gambar 16. perbandingan *Filler* 12%, *Matriks* 88% menunjukkan kekuatan ikatan *Matriks* semakin menurun dan terlihat serat yang tercabut, serta terdapat banyak pori, hal ini dikarenakan tidak terjadi ikatan yang baik antara *Filler* dan *Matriks* pada material komposit.

KESIMPULAN

- Dari hasil uji tarik semakin besar fraksi volume tidak mempengaruhi ke sifat mekanik tegangan tarikh maksimum, namun hanya pada fraksi volume *Filler* 38% : *Matriks* 62% yang dapat mencapai nilai rata-rata tertinggi yaitu 59.3200 N/mm², dan yang terendah pada fraksi volume *Filler* 12%: *Matriks* 88% yaitu 32.7952 N/mm².
- Dari hasil uji bending semakin besar fraksi volume tidak mempengaruhi terhadap sifat mekanik tegangan lentur bending, namun hanya pada fraksi volume *Filler* 38% : *Matriks* 62% yang mencapai nilai rata-rata tertinggi yaitu 86.3001 N/mm², dan yang terendah pada fraksi volume *Filler* 42% : *Matriks* 58% yaitu 45.9044 N/mm².
- Dari hasil uji pukul takik (*Impact*) semakin besar fraksi volume maka ketangguhan material komposit akan semakin besar (*Ulet*, namun tidak bisa dilakukan perbandingan fraksi volume lebih dari *Filler* 50% : *Matriks* 50%. Karena daya ikat antara serat dan *Matriks* sudah tidak dapat mengikat dengan baik.
- Ditinjau dari hasil SEM, hanya pada fraksi volume 38% *Matriks* dan seratnya merekat dengan baik, terlihat terjadi kerusakan baik pada permukaan RPP (*Matriks*) maupun pada penguatnya (*Filler*), ini menunjukkan kekuatan ikatan antara matriks dan penguatnya tidak terikat dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Annual Book of ASTM Standards, D790 ,“Standard Test Method For Flexural Properties Of Unreinforced And Reinforced Plastics And

- Electrical Insulating Material*”, ASTM Standards and Literature References for Composite Materials, 2nd ed., 34-37, American Society for Testing and Material, Philadelphia, PA (1997).
- [2] Bakri, 2011, “*Tinjauan Aplikasi Serat Sabut Kelapa sebagai Penguat Material Komposit*, *Jurnal Mekanikal*”, Vol. 2, No. 1, ISSN 2086-3403, 10-15
- [3] Diharjo, Kuncoro. 2006, “*Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*”. *Jurnal Mekanikal* Vol. 8, No. 1, April 2006: 8–13.
- [4] H.P.G. Santafé Júnior, 2010, *Mechanical Properties of Tensile Tested Coir Fiber Reinforced Polyester Composites*. *Revista Material*.
- [5] Kroschwitz J L., Grestle, 1987, *Encyclopedie of Polymer Science and Engineering*, 2nd ed. John Wiley and Sons Inc., New York.
- [6] Lokantara I Putu, 2010. *Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 4 No.2. Oktober 2010 (166-172)
- [7] Maulida. 2006, “*Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena Dengan Pengisi Serat Pandan dan Serat Batang Pisang*”. *Jurnal Teknologi Proses* 5(2) Juli 2006 : 148-150, ISSN 1412-7814: 151-153.
- [8] Nasmi Herlina Sari. 2011. “*Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat Gelas Dengan Matriks Urea Formaldehyde*”. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. Vol. 5: 91-97.
- [9] Tumpal Ojahan R 2013. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Batang Pisang Bermatriks recycled polypropylene (RPP) Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisik*. BKSTM, 2013
- [10] Widodo Basuki, 2008. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)*. *Jurnal Teknologi Technoscientia*.