

ANALISA KEKUATAN PIPA KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG *POLYESTER* YANG DISUSUN DUA LAPIS SERAT 25⁰/-25⁰ TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA TEMPERATUR RUANG UJI 35⁰C, 45⁰C DAN 55⁰C

Ngafwan¹, Ervan Effendi²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: ngafwan@ums.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan kuat tarik dan foto makro patahan efek temperatur ruang uji pipa komposit serat batang pisang bermatrik polyester. Kulit batang pisang panjang 1m dikupas 4 lapis dari kulit luar, dilanjutkan pengepressan untuk menghancurkan daging dari kulit sampai serat mulai terlihat, dilanjutkan perendaman didalam air selama 1 bulan kemudian dilakukan pengambilan serat. Pengeringan serat dilakukan pada temperatur ruang selama 1 hari, selanjutnya proses alkalisasi dengan kalium permanganate (KMnO₄) 2% per 1 liter aquadest dalam waktu perendaman 2 jam. Pengeringan dilakukan pada temperatur ruang dilanjutkan proses didalam oven pada temperatur 35⁰C selama 1 jam agar kadar air 10 %. Metode hand lay-up digunakannuntuk membuat komposit dengan arah serat 25⁰/-25⁰. Pada pengujian tarik dengan ASTM D 2105, temperatur ruang uji adalah temperatur ruang dan 35⁰C, 45⁰C dan 55⁰C. Dari pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa terjadi fenomena pada temperatur 35⁰C kekuatan tariknya tertinggi, selainnya terjadi peneurunan, yaitu 0.3998, 0.7618, 0.4013 N/mm². Photo makro patahan uji tarik pada temperatur ruang uji 35⁰C terlihat terjadi pull-out fiber dan ini semakin panjang sebanding dengan kenaikan temperatur.

Kata kunci: pipa komposit; resin polyester; serat batang pohon pisang

Pendahuluan

Perkembangan material non logam terutama material komposit begitu cepat, perkembangan ini disesuaikan dengan kebutuhan sifat fisis dan mekanisnya. Komposit adalah bahan yang dibuat dengan mengkombinasikan antara dua atau lebih yang mempunyai sifat yang berbeda sehingga diperoleh material baru. Di Indonesia telah dikembangkan komposit dari serat alam. Salah satunya adalah serat batang pisang merupakan alternatif, dalam pembuatan komposit, secara ilmiah, pemanfaatannya terus dikembangkan dalam dunia otomotif dan tekstil karena memiliki sifat yang renewable serta tidak membahayakan kesehatan. Serat batang pisang merupakan jenis serat yang berkualitas baik, dan merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai penguat pada pembuatan komposit.

Resin *Unsaturated Polyester Yukalac* merupakan resin cair dengan viskositas rendah dan mudah mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang digunakan adalah resin dengan nomer seri produksi 157 BQTN-EX. Matrik *unsaturated polyester resin* (resin polyester tak jenuh) merupakan jenis resin thermoset. Resin jenis ini banyak digunakan pada proses *hand lay-up* dan proses *press mold*, ini banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan fluiditas tinggi, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penggunaannya. Penelitian ini untuk mendapatkan data tentang kemampuan mekanis berupa kekuatan tarik serta mengetahui dan membandingkan patahan uji foto makro hasil perlakuan variasi temperatur ruang uji.

Abdullah, dkk (2000) Serat Ijuk Sebagai Pengganti Serat Gelas Dalam Pembuatan Komposit *Fiberglass*. Menjelaskan bahwa secara umum serat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu serat alam (serat pisang, rami, sabut kelapa, dan ijuk) dan serat buatan atau *synthetic fiber* (serat gelas, karbon, dan grafit). Serat buatan atau sintetis ini memiliki keunggulan tetapi harganya mahal. Pemakaian serat alam diantaranya batang pohon pisang, sebagai pengganti serat buatan yang mana dapat menurunkan biaya produksi dan bersifat *renewable* atau sumber dayanya dapat terus diperbaharui. Hal tersebut dapat dicapai karena murah biaya yang diperlukan bagi pengolahan serat alam dibandingkan dengan serat buatan. Serat pisang dapat dieksplorasi sebagai penguat yang sangat potensial; Buarque & d'Almeida, (2007) menerangkan pengaruh cacat silinder pada kekuatan tarik serat kaca / *vinil-ester* pipa komposit. Sifat ditentukan dengan menggunakan uji cincin. Jari-jari dan kedalaman cacat yang bervariasi, dan hasil yang diperoleh dengan menggunakan analisis varians antara kelompok (ANOVA). Hasil yang diperoleh

menunjukkan bahwa cacat terletak dipermukaan luar dari pipa kaca serat; R. M. Jones, (1975) *Mechanics of Composite Materials*. Menjelaskan bahwa definisi dari komposit dalam lingkup ilmu material merupakan gabungan antara dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat. Komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fibres*) sebagai *reinforcement* atau penguat dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matriks. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Serat berfungsi untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matrik berfungsi untuk mengikat serat, melindungi, dan meneruskan gaya antar serat; Yan, dkk (2014) Menjelaskan serat rami adalah bahan hemat biaya yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai penguat dalam komposit. Serat rami dengan termoplastik, termoset dan *biodegradable matrix polymer* menunjukkan sifat mekanik yang menjanjikan. Pemilihan proses manufaktur yang sesuai dan fisik modifikasi/kimia dapat meningkatkan sifat mekanik komposit rami. Komposit rami memiliki potensi untuk menjadi generasi berikutnya bahan untuk aplikasi struktural untuk infrastruktur, otomotif industri dan konsumen aplikasi.

Landasan Teori

Komposit

Komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan alloy/ paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada alloy/ paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Komposit Berlapis (*Laminates Composite Materials*) adalah satu lapis plat dari *unirectional* fiber atau *woven fabrics* dalam matrik dengan tebal umumnya 0,125 inch. Komposit lapis (*laminates composites*) adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu yang disusun dengan berbagai orientasi yang berbedaterdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama.

1. Laminasi simetri adalah laminasi yang memiliki karakteristik setiap lapis, memiliki cerminan pada jarak yang sama dari *midplate* terhadap *midplate*, tidak ada *coupling* antar gaya-gaya normal dan momen tekuk dengan deformasi normal/geser.
2. Laminasi asimetri adalah laminasi yang memiliki layer-layer yang disusun dengan orientasi masing-masing (+) dan (-) cenderung bebas dari arah prinsipalnya. Sehingga memiliki kekuatan penerus dari serat.
3. Laminasi antisimetri adalah laminasi yang memiliki susunan orientasi berkebalikan terhadap *midplatenya*.

Serat batang pohon pisang

Penguat serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan penguat pembentuknya. Komposisi kimia serat alam antara lain 60-65 % selulosa, 5-10 % *lignin*, 6-8 % hemiselulosa dan 10-15 % kandungan air (Lokantara, I, P., 2010).

Perlakuan $KMnO_4$

Alkalisasi adalah model modifikasi serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas antara matrik dengan serat, dengan berkurangnya hemiselulosa, *lignin serat*, dapat meningkatkan kekerasan permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik antara serat dengan matrik dan juga dengan proses perendaman membuat pori-pori disekitar permukaan serat.

Resin termoset jenis polyester

Matriks (*resin*) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matrik *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan. Selain harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tinggi tergantung partikel resin dan keperluannya (Schwartz, 1984).

Bahan Tambahan

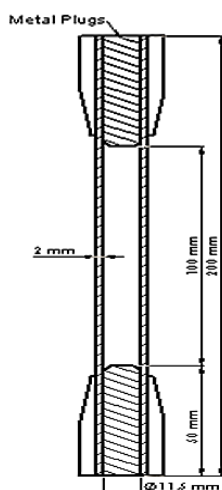
Katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO) adalah bahan pengeras untuk jenis resin *polyester*. Penambahan katalis dalam jumlah banyak menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing*. Hal ini dapat menurunkan kualitas atau merusak produk komposit. Oleh karena itu pemakaian *hardener* dibatasi maksimum 1% sampai 2% dari volume resin (PT. Justus Kimia Raya, 2001).

Tabel 1. Karakteristik *Unsaturated Polyester Resin 157 BQTN-EX* (PT. Justus kimia raya 2001)

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis	gr/cm ³	1,4	25°C
kekerasan	-	40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0,188	24 jam
	%	0,446	7 hari
Kekuatan fleksural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus fleksural	Kg/mm ²	300	
Kekuatan Tarik	Kg/mm ²	5,8	
Modulus elastisitas	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	2,4	

Pengujian tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan perlakuan memberikan beban tarik secara perlahan sampai material komposit mengalami putus. Dalam pengujian kekuatan tarik ini menggunakan ASTM D 2105 dan untuk ukuran spesimen menggunakan ASTM D 638 seperti pada gambar di bawah:



Gambar 1. Geometri spesimen uji tarik (ASTM D 638)

Kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:

1. Temperatur
Apabila temperatur naik, maka kekuatan tariknya turun.
2. Kelembaban
Pengaruh kelembaban ini mengakibatkan bertambahnya *absorbs* air, akibatnya menaikkan regangan patah. Sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.
3. Laju tegangan
4. Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan jika laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat, tetapi regangan mengecil.

Hubungan antara tegangan tarik dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (Gibson, R. F., 1994)

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \tag{1}$$

Dimana:

σ = Tegangan tarik (N/mm²)

P = Beban (N)

A₀ = Luas penampang patahan (mm²)

Nilai regangan dapat ditentukan dengan rumus: (Gibson, R. F., 1994)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \left(\frac{L - l_0}{l_0} \right) \quad (2)$$

Dimana:

ε = Tegangan-Regangan (%)

ΔL = Deformasi atau pemanjangan (mm)

L = Panjang daerah ukur (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional. Berlaku hukum *hooke*, dapat dihitung dengan persamaan: (Gibson, R. F., 1994)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

σ = Tegangan tarik (N/mm²)

ε = Tegangan-regangan (%)

Metode Penelitian

Persiapan alat dan bahan

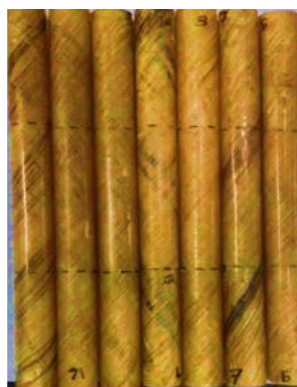
Mencari batang pohon pisang, resin *polyester*, katalis MEKPO, zat kimia *KmnO₄*, peralatan uji dan mempersiapkan alat yang dibutuhkan selama penelitian. Proses pengelupasan kulit batang pisang sebanyak 3 sampai 4 lapis dari luar. Pemotongan kulit dengan panjang yang bervariasi antara 100 cm sampai 200 cm. Dilanjutkan dengan dipress untuk mengurangi kadar air dan menghancurkan daging dari kulit pisang sampai serat mulai terlihat.

Pembuatan serat

Proses perendaman di kolam selama 1 bulan agar lebih mudah memisahkan serat dengan daging dari kulit batang pohon pisang. Kemudian dijemur pada temperatur ruang selama 1 hari sampai kering.



a (serat batang pohon pisang)



b (spesimen uji tarik pipa kokposit (ASTM D 2105))

Gambar 2. Perbandingan

Proses *treatment* menggunakan cairan kimia 2% *Kalium permanganat* per 1 liter *aquadest* selama 2 jam yang berfungsi untuk menghilangkan kadar kimia dalam serat dan untuk memperbesar pori-pori serat, pengeringan serat pada temperatur ruang lalu saat pembuatan komposit dilakukan di dalam oven pada suhu 35 °C selama 1 jam agar kadar air konstan.

Pembuatan komposit

Persiapan serat, resin *polyester* dan *hardener* MEKPO. Kemudian ditimbang sesuai dengan perbandingan fraksi berat yang telah ditentukan. Untuk fraksi berat serat sebanyak ± 30% dan fraksi berat resin sebanyak ± 70%. Penggulungan serat pada cetakan *core* dengan sudut 25°/-25° dengan metode pembuatan komposit *hand lay-up*. Penuangan resin *polyester* dan *hardener* MEKPO pada gelas plastik dengan perbandingan 100:1, diaduk perlahan selama 1 menit agar campuran menjadi homogen. Proses pengecoran campuran antara resin dan *hardener* pada material yang berbentuk silinder dengan menggunakan suntikan agar proses pengecoran lebih merata hingga ketebalan yang ditentukan. Pengeringan dengan membiarkan proses pengerasan terjadi secara alami selama 12 jam. Pengeringan bisa dilanjutkan lebih dari waktu tersebut bila dirasakan kurang kering.

Pengujian komposit

Pengujian tarik dilakukan karena untuk mengetahui kekuatan tarik dari komposit yang diuji. Alat uji tarik yang digunakan *universal Testing Machine* dengan kapasitas maksimum 5000 kg. Pengujian tarik dengan standart ASTM D 2105 dengan variasi temperatur ruang dan temperatur ruang uji 35 °C, 45 °C, 55 °C



Gambar 3. Proses pengujian tarik dengan pengkondisian temperatur ruang uji

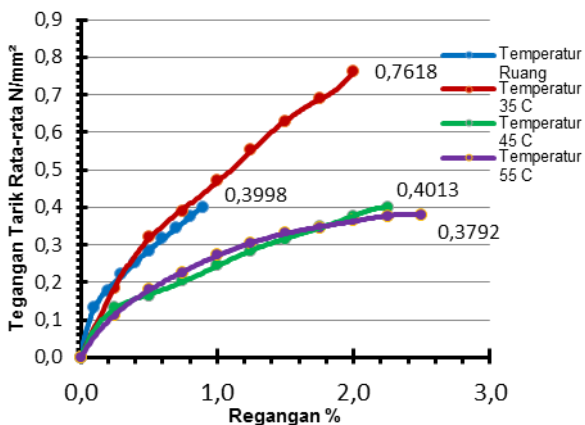
Hasil dan Pembahasan

Pembahasan pengujian tarik

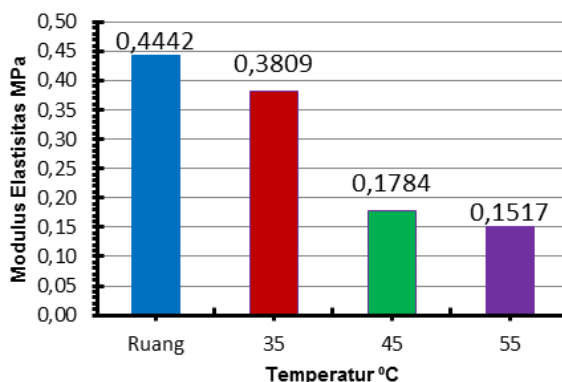
Pengujian tarik pada temperatur ruang sebesar 0.3998 N/mm^2 dan pada temperatur ruang uji 35°C sebesar 0.7618 N/mm^2 terjadi kenaikan kekuatan tegangan, hal ini disebabkan temperatur 35°C bentuk permukaan patahan merat, sehingga gaya dukung serat dan matrik paling kompak, ikatan antara serat dan resin (*bonding*) merekat dengan baik sehingga kekuatan tegangan lebih besar. Untuk temperatur ruang uji 35°C sampai temperatur ruang uji 55°C mengalami penurunan dari 0.7618 menjadi 0.3792 N/mm^2 , ini disebabkan jika temperatur uji semakin tinggi kekuatan tarik komposit akan turun atau kekuatan tarik menjadi lemah, ini disebabkan sangat melemahnya kekuatan matrik. Selain itu, menurunnya kekuatan tarik terjadi karena adanya proses pembesaran *void* (rongga udara). Jika temperatur uji semakin tinggi maka *void* akan mengembang dan berdampak pada turunnya nilai kekuatan tariknya.

Tabel 2. Analisis data

Temperatur Ruang Uji ($^\circ\text{C}$)	σ (N/mm^2)	ϵ (%)	E (MPa)
Temperatur Ruang	0.3998	0.90	0.4442
35	0.7618	2.00	0.3809
45	0.4013	2.25	0.4240
55	0.3792	2.50	0.1517



Gambar 4. Hubungan antara tegangan



Gambar 5. Modulus elastisitas spesimen komposit

Grafik hubungan antara regangan dengan temperatur

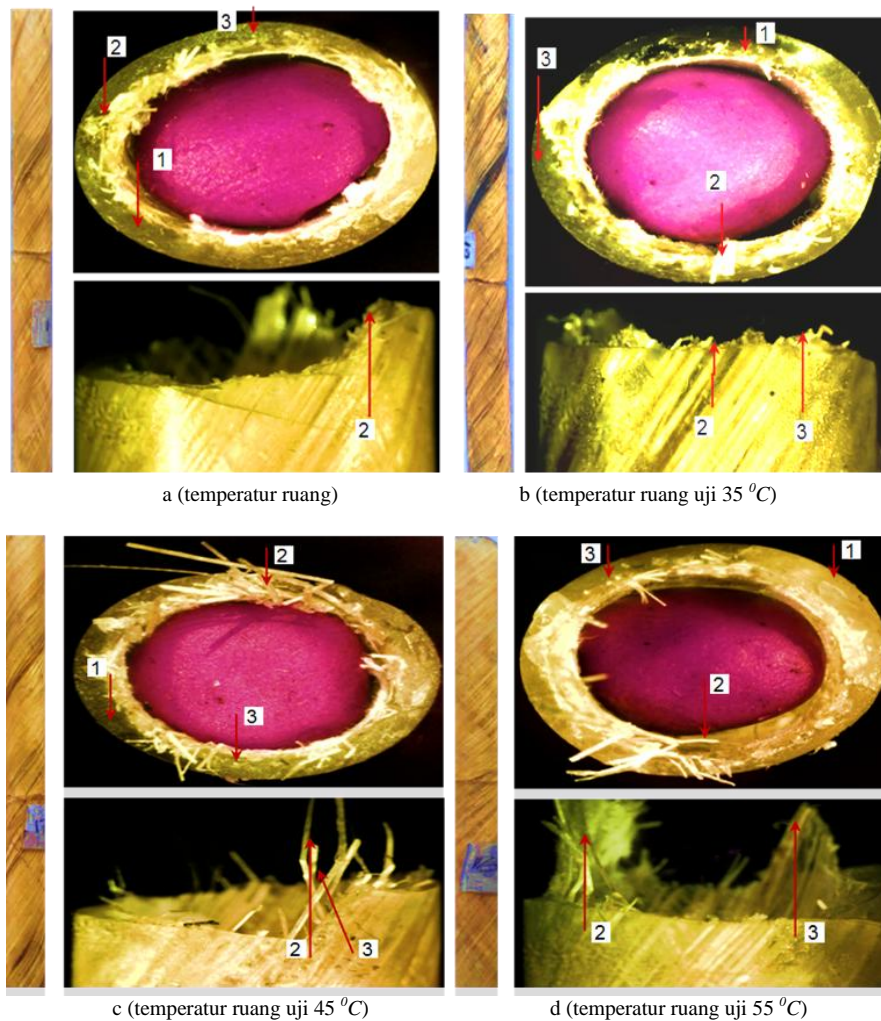
Semakin besar temperatur uji regangan spesimen mengalami pertambahan panjang, karena sifat dari *polyester* menjadi elastis jika diberi perlakuan panas. Hal ini dibuktikan dengan nilai regangan pada spesimen yang diberi penambahan temperatur ruang uji dari 35°C , 45°C dan 55°C terjadi kenaikan menjadi 2.0, 2.25 dan 2.5 %.

Modulus Elastisitas Spesimen Komposit

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas maka bahan semakin kaku. Nilai modulus elastisitas spesimen pada temperatur ruang dengan temperatur ruang uji terjadi penurunan dari 0.4442 menjadi 0.1517 *MPa*, maka dapat diartikan bahan semakin liat jika mendapatkan penambahan suhu.

Foto makro patahan

Setelah dilakukan pengujian tarik dilanjutkan foto makro yang berupa hasil patahan spesimen komposit dengan pembesaran 50 kali dengan *pixel* 1280 x 960. Diperoleh hasil foto makro dengan variasi temperatur yaitu temperatur ruang dan temperatur ruang uji 35, 45, dan 55°C . Berikut hasil foto makro dengan patahan pipa komposit:



Gambar 6. Foto makro patahan pada spesimen komposit uji tarik

Keterangan penomeran:

1. Resin *polyester*.
2. *Pull-out fiber*.
3. *Void* (lubang udara).

Pembahasan foto makro

Hasil foto makro patahan uji tarik terdapat perbedaan permukaan patahan yang diakibatkan yang dipengaruhi oleh perbedaan perlakuan temperatur ruang uji. Penampang patahan pada temperatur ruang uji 35°C yaitu pada **gambar 6.b.** permukaannya paling merata yang ditandai dengan kerusakan serat dan matrik hampir bersama sama

sehingga terjadi gaya dukung serat dan matrik bersama sama yang ditunjukkan terjadinya *pull-out fiber* hampir tidak ada. Pada **gambar 6.a.** penampang patahan tidak merta yaitu kerusakan spesimen diawali dari kerusakan matrik sehingga terjadi daya dukung serat dengan matrik tidak sama. Pada **gambar 6.c.** penampang patahan terjadi *pull-out fiber* sehinggagaya dukung serat dan matrik tidak sama, panjangnya *pull-out fiber* menandakan besarnya prosentase gaya dukung gaya dukung lebih besar. Pada **gambar 6.d.** penampang patahan terjadi *pull-out fiber* yang paling panjang sehingga gaya dukung serat paling besar dibanding lainnya.

Kesimpulan

Dari hasil analisa, pengujian komposit dan pembahasan data yang diperoleh disimpulkan:

1. Terjadi fenomena kekuatan tarik paling tinggi pada temperatur ruang uji 35⁰C yaitu kekuatan tariknya 0.7618 N/mm² kemudian mengalami penurunan dengan meningkatnya temperatur ruang uji.
2. Pada struktur makro patahan spesimen komposit panjang *pull out fiber* sebanding dengan nilai temperatur ruang uji, hal ini menunjukkan terjadi penurunan kukuat tarik matrik akibat kenaikan temperatur.

Daftar Pustaka

- Abdullah, 2000, "Serat Ijuk Sebagai Pengganti Serat Gelas Dalam Pembuatan Komposit *Fiberglass*"
- Buarque & d'Almeida, 2007, "The effect of cylindrical defects on the tensile strength of glass fiber/vinyl-ester matrix reinforced composite pipes"
- Gibson, R. F., 1994, "Principle of composite material mechanics", McGraw-Hill, Inc, New York
- Kurniawan, K., 2012, "Uji Karakteristik Sifat Fisis Dan Mekanis Serat *Agave Cantula Roxb* (Nanas) Anyaman 2D Pada Vraksi Berat (40%, 50%, 60%)", Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Lokantara, I, P., 2010, " Pengaruh Panjang Serat Pada Temperatur Uji Yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* Serat Tapis Kelapa", Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali
- M. M. Schwartz., 1984. *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York
- R. M. Jones., 1975, *Mechanics of Composite Materials*, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Wasingthon D.C
- Rendy, Ngafwan, 2014, " Sifat Fisis Dan Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Yang Di-Treatment Menggunakan $KMnO_4$ ", Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Yan, Chouw, & Jayaraman, 2014, "Compressive and flexural behaviour and theoretical analysis of flax fibre reinforced polymer tube encased coir fibre reinforced concrete composite"