

**NASKAH PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH**

**SIFAT FISIS DAN MEKANIS AKIBAT PERUBAHAN  
TEMPERATUR PADA KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG  
YANG DICUCI DENGAN K(OH) MENGGUNAKAN MATRIK  
*VINYLESTER REPOXY***



Disusun Untuk Memenuhi Tugas dan Syarat-Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun oleh:**

**FERRY YUNANTO**  
**NIM : D 200 090 023**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2014**

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah publikasi berjudul 'SIFAT FISIS DAN MEKANIS AKIBAT PERUBAHAN TEMPERATUR PADA KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG YANG DICUCI DENGAN K(OH) MENGGUNAKAN Matrik VINYLESTER REPOXY' telah disetujui pembimbing dan disahkan koordinator sebagai syarat untuk memperoleh gelar (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Disusun oleh :

Nama : **Ferry Yunanto**

NIM : **D 200 090 023**

Disetujui pada

Hari : *Sabtu*

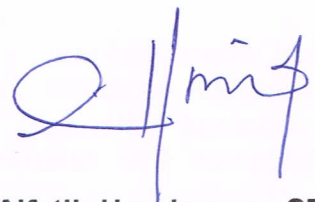
Tanggal : *5 Juli 2019*

Pembimbing Utama



**Ir. Ngafwan, MT**

Pembimbing Pendamping



**Muh. Alfatih Hendrawan, ST. MT**

Mengetahui  
Ketua Jurusan



**Tri Widodo B.R, S.T., MSc., Ph.D.**

# **SIFAT FISIS DAN MEKANIS AKIBAT PERUBAHAN TEMPERATUR PADA KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG YANG DICUCI DENGAN K(OH) MENGGUNAKAN MATRIK VINYLESTER REPOXY**

**Ferry Yunanto, Ngafwan, Muh. Alfatih Hendrawan**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Sukoharjo

Email : [verryyunanto@yahoo.com](mailto:verryyunanto@yahoo.com)

## **ABSTRAKSI**

Tujuan dari penelitian adalah untuk mendeskripsikan kekuatan tarik komposit serat batang pisang akibat perubahan temperatur saat pengujian yang dicuci menggunakan cairan kimia K (OH) 5% selama 1 jam bertujuan untuk meningkatkan kekuatan komposit yang bermatrik vinylester reproxy serta mendeskripsikan jenis patahan yang dihasilkan dari pengujian tarik.

Bahan pembuat komposit yang digunakan adalah serat batang pisang, menggunakan resin vinylester reproxy R-802 (phenolic), katalis MEKPO, promotor sebagai matriknya dan perlakuan alkali menggunakan cairan kalium hidroksida K (OH). Pembuatan dengan metode hand lay up dan cetakan komposit menggunakan kertas karton tebal 3 mm. Pengujian tarik komposit menggunakan alat uji tarik dengan kapasitas 2 ton dengan standar ASTM D 3039. Foto makro komposit hasil patahan uji tarik.

Hasil penelitian diperoleh kekuatan tarik rata-rata pada komposit temperatur ruang 29°C sebesar 26,800 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan komposit pada temperatur uji 35°C sebesar 37,098 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan komposit pada temperatur uji 45°C sebesar 24,294 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik komposit pada temperatur uji 55°C sebesar 17,748 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci : serat batang pisang, resin vinylester reproxy, kalium hidroksida, pengujian tarik, foto makro.**

## A. PENDAHULUAN

### 1. LATAR BELAKANG

Penggunaan dan pemanfaatan material komposit sekarang ini semakin berkembang, seiring meningkatnya penggunaan bahan komposit yang semakin meluas misalnya peralatan rumah tangga, peralatan kelistrikan, komponen mobil, sampai sector industry baik industry skala kecil maupun industry skala besar. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik lainnya karena bahan dari komposit mempunyai keunggulan yaitu ringan, tahan korosi, murah, kuat dan sebagainya.

Dengan menggunakan konsep *back to nature* merupakan istilah yang tepat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang material dari komposit. NACO (*Natural Composite*) merupakan salah satu material alternatif yang telah dikembangkan saat ini untuk pengganti bahan logam dan komposit sintetis. Di Indonesia telah dikembangkan komposit dari serat alam. Salah satunya serat batang pisang merupakan salah satu bahan *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah, pemanfaatannya terus dikembangkan dalam dunia otomotif dan tekstil. Serat batang pisang ini mulai dikembangkan penggunaannya karena selain mudah didapat juga dapat mengurangi limbah lingkungan sehingga komposit ini mampu mengurangi permasalahan lingkungan, memiliki sifat yang *renewable* serta tidak membahayakan kesehatan.

Dalam penelitian ini menggunakan serat batang pisang yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat sepenuhnya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang kemampuan mekanis dan fisis yaitu kekuatan *impact*, dan kekuatan tarik dari komposit serat batang pisang bermatrik *vinylester (phenolic)* dengan variasi waktu pencucian serat batang pisang menggunakan cairan kimia *K (OH)* dan temperatur saat pengujian serta dibuat dengan metode *hand lay up*. Diharapkan dengan penelitian ini dapat bermanfaat dalam kehidupan rumah tangga dan dunia industri manufaktur maupun dunia otomotif.

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mendeskripsikan kekuatan tarik dari komposit serat batang pisang dengan waktu pencucian 1 jam menggunakan cairan  $K(OH)$  5% dan temperature saat pengujian bermatrik *vinylester*.
2. Mendeskripsikan jenis patahan yang dihasilkan dari pengujian tarik.

## B. KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 1. KAJIAN PUSTAKA

Joko, W.S. (2007), dalam penelitian tentang “ Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan *Impact* Komposit Serabut Serat Kelapa Bermatrik *Polyester*”. Bahan yang digunakan yaitu serabut serat kelapa, resin *polyester*, cairan *catalyst* sebagai *hardener*, sedangkan alat yang digunakan untuk membuat komposit adalah timbangan digital, cetakan untuk benda uji yang terbuat dari kaca, gelas ukur dan pengepres cetakan. Metode pembuatan komposit serabut serat kelapa yaitu serabut serat kelapa dipotong 30mm, 60mm, 100mm, pengolesan *wax mold releas* atau kit mobil pada cetakan bertujuan untuk memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan, kemudian serabut serat kelapa ditaruh dalam cetakan lalu resin *polyester* dituang dalam cetakan, setelah itu dilakukan pengepresan. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik dan *impact* ditemukan secara berurutan dalam jangkauan 28.253 MPa dan 0.0125 J/mm<sup>2</sup>.

Nanang, S. (2006), dalam penelitian yang berjudul “ Perbandingan Uji Tarik dan *Impact* Antara Limbah Benang Jenis *Polyester Rayon* dan Goni Bermatrik *Polyester* Dengan Fraksi Volume Serat 10%, 15% dan 20% “ menyimpulkan bahwa kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh fraksi volume serat, dimana semakin tinggi prosentase fraksi volume serat , semakin tinggi pula nilai kekuatan tariknya.

Sriyono, (2012), dalam penelitian tentang “ Pengaruh Variasi Bahan Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Kopling Gesek Sepeda Motor Dengan Bahan Dasar Serat Kelapa Serbuk Baja Serbuk Tembaga Dan Resin *Phenolisc* “. Variasi bahan yang digunakan serat kelapa,

serbuk baja, serbuk tembaga, dan resin *phenolic*. Alat yang digunakan untuk membuat kampas kopling yaitu alat penyaring MBT Siever Shaker AG – 515, timbangan digital, *dies* kampas kopling, mesin press, oven, infrared thermometer, *digital tachometer*, clamp meter, *vernier caliper*. Metode pembuatan kampas kopling dengan cara mencampurkan semua bahan yang telah divariasikan setelah itu dimasukkan dalam cetakan dan dikompaksi dengan mesin press dengan tekanan 4 ton selama 60 menit. Bahan setelah dipress kemudian di sintering atau di oven selama 40 menit dengan temperature 80°C. Hasil penelitian diketahui tingkat keausan didapatkan nilai 0.14 mm/jam dan 0.16 mm/jam, sedangkan dari uji kekerasan didapatkan nilai 4.081 Kg/mm<sup>2</sup>.

## 2. LANDASAN TEORI

### a. Komposit

Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. (Gibson, R.F., 1994).

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda (Gibson, R.F., 1994), yaitu :

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

Secara garis besar ada tiga macam jenis komposit berdasarkan jenis penguat yang digunakan (Gibson, R.F., 1994), yaitu :

1. Komposit serat (*Fibrous Composites*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu *laminate* atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bias berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *asamid fibers* (*polyaramide*). Fiber ini bias disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bias juga dalam bentuk yang lain yang lebih kompleks seperti anyaman (*woven*).
2. Komposit laminate (*Laminated Composites*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung

menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

3. Komposit partikel (*Particulated Composites*) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya.

Sehingga komposit dapat disimpulkan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala *makroskopis* (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

## **b. Matrik**

Matrik dalam bahan komposit berperan sebagai pengikat penguat, bagian sekunder yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan matrik pembentuknya. Pada komposit serat (*Fibrous Composite*) matrik yang digunakan adalah resin (plastik yang berfasa cair). Matrik harus memiliki perpanjangan saat patah yang lebih besar dibanding perpanjangan saat patah serat. Selain itu matrik juga harus mampu berdeformasi seperlunya sehingga beban dapat diteruskan antar serat. Plastik merupakan bahan polimer yang molekulnya tersusun banyak. Polimer terdiri dari monomer yang tersusun secara berulang. Proses kimia pembentukan polimer dinamakan *polimerisasi*. Sistem polimer tersusun ada tiga macam yaitu secara *lineare* (struktur rantai), bercabang (struktur tiga dimensi), dan *cross-linked* (struktur hubungan silang). Masing-masing struktur ini akan memberikan sifat termik dan sifat mekanik yang berbeda. Polimer yang sering digunakan didunia industry adalah polimer sintetik atau buatan sebagai bahan perekat, misalnya : karet, plastik, dan serat. Berdasarkan sumbernya polimer ada dua yaitu polimer alami dan polimer buatan. Polimer buatan terdiri dari hewan, nabati, mineral, dan *elastomer*. Polimer buatan terdiri dari *termoplastik* dan *termoset*. (Surdia, T.1999).

Bahan matrik yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain : (Surdia, T.1999).

### **1. Temoplastik**

Merupakan jenis plastic yang bias mencair dan mengalir kembali bila dipanaskan, contohnya : *nylon, polyethylene, polysulfone, poly carbonate*, dan *polivinil klorida (PVC)*.

2. Termoset

Merupakan jenis plastik yang tidak bias didaur ulang atau dicetak lagi. Pemanasan berulang-ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya, contohnya : *fenolik, poliester, epoxy, resin alkid, poliuretana (PU), melami dan urea formaldehid (UF)*.

3. Resin Elastomer

Resin elastomer adalah resin yang mempunyai sifat elastic dimana dimensinya boleh berubah apabila dikenakan daya tegangan.

**c. *Vinylester Resin Type Ripoxy R-802 (Resin Phenolic)***

Secara umum resin *phenolic* adalah termasuk dalam resin termoplastik yang dikembangkan oleh Showa Highpolymer. Resin *phenolic* umumnya disebut *vinylester resin* dan lebih khususnya *epoxy crylate*. Resin *phenolic* dikembangkan untuk memperbaiki karakteristik yang sulit untuk mengeras (*curing*). Penerapan *phenolic* meluas karena dapat bersifat mengeras (*curabe*) tanpa monomer reaktif apapun. (Chuo, K., 2010).

*Vinylester resin* (resin *phenolic*) digunakan pada area temperature tinggi dan area yang tidak boleh berasap dan beracun. Umumnya sifat mekanik akan berkurang dengan menggunakan *vinylester resin* pada komposit. Untuk menaikkan sifat *vinylester resin* dicampur dengan resin *epoxy* dan diberi material pengisi sehingga akan mendapatkan karakteristik mekanik yang tinggi.

Spesifikasi *vinylester resin* sebagai berikut (Chuo, K., 2010) :

1. Density : 1.15 gr/cm<sup>3</sup>
2. Modulus elasticity : 7 GPa
3. Ulltimate tensile strength : 56 MPa
4. Yield strength : 52 Mpa
5. Elongation : 1,3 %

**d. Serat**

Serat adalah jenis bahan yang berbentuk potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Manusia memanfaatkan atau menggunakan serat dalam banyak hal, missalkan untuk membuat kain dan kain. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan). (Surdia, T.1999).



## 1. Serat Alami

Serat alami meliputi serat yang dihasilkan oleh hewan, tumbuhan, dan proses geologis. Serat alami dapat digolongkan menjadi beberapa macam :

- a) Serat tumbuhan biasanya tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Contoh dari serat alami yaitu serat rami, serat katun.
- b) Serat hewan umumnya tersusun atas protein tertentu. Contoh serat hewan yang biasa dimanfaatkan oleh manusia adalah serat ulat sutra dan bulu domba (wol).
- c) Serat mineral umumnya dibuat dari asbestos. Saat ini asbestos adalah satu-satunya mineral yang secara alami terdapat dalam bentuk serat panjang.

## 2. Serat Sintetis

Serat sintetis atau serat buatan umumnya berasal dari bahan petrokimia. Ada pula serat sintetis yang dibuat dari selulosa alami misalnya seperti rayon. Serat sintetis dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu :

### 1) Serat mineral

- a) Serat karbon dibuat dari logam yang *ductile* seperti emas, perak, tembaga dan lain sebagainya.
- b) *Fiberglass* atau kaca dibuat dari kuarsa.
- c) Serat karbon.

### 2) Serat polimer

Serat polimer adalah serat yang dibuat melalui proses kimia, serat polimer merupakan bagian dari serat polimer. Bahan yang digunakan untuk membuat serat polimer yaitu :

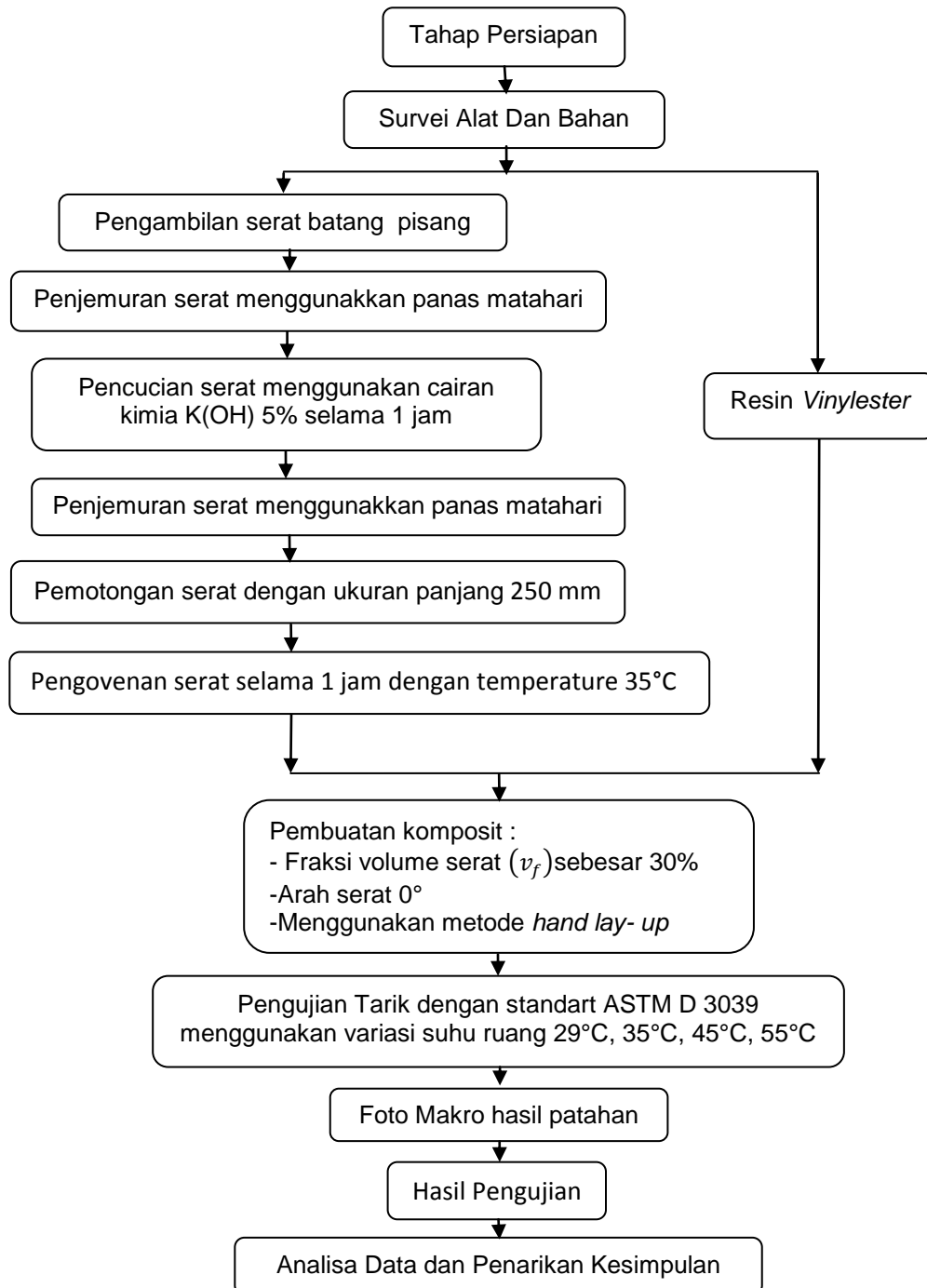
- a) Polyamida nilon
- b) Fenol-formaldehid (PF)
- c) Serat polyvinyl alcohol (PVOH)

## e. Perlakuan Alkali K(OH)

Perlakuan alkali K(OH) ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin dipermukaan serat, seperti lignin, *hemiselulosa*, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun perlakuan K(OH) yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa dan permukaan serat.

## METODE PENELITIAN

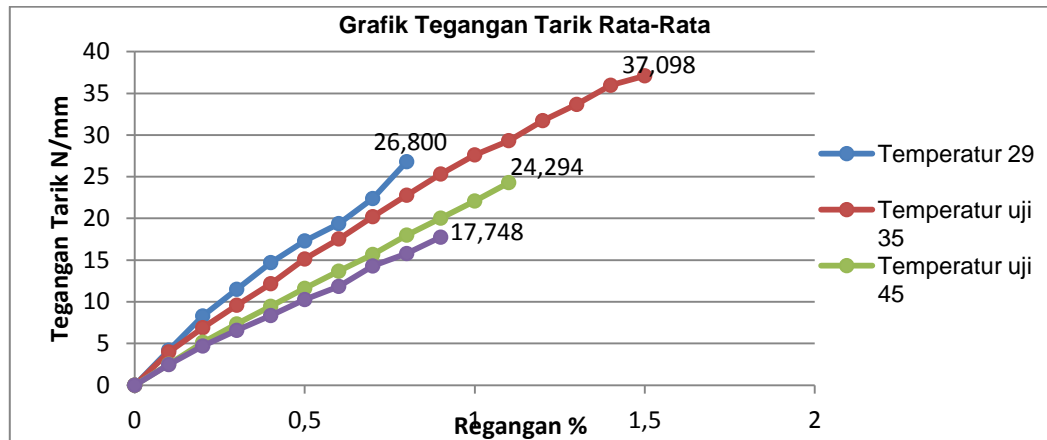
### C. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

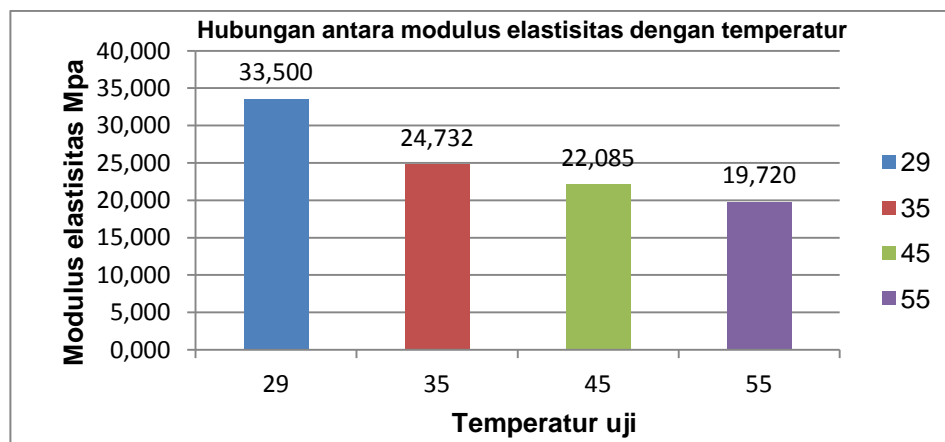
## D. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 1. Perbandingan temperatur uji pada komposit serat batang pisang.



**Gambar 2. Tegangan tarik rata-rata.**

Dari gambar 4.5, pengujian tarik dengan temperatur uji didapat harga tegangan tarik rata-rata dari spesimen dengan temperatur uji 35°C sebesar 37,098 N/mm<sup>2</sup> harga regangan sebesar 1,5%, spesimen dengan temperatur uji 45°C sebesar 24,294 N/mm<sup>2</sup> haraga reganagan sebesar 1,1%, spesimen dengan temperatur uji 55°C sebesar 17,748 N/mm<sup>2</sup> harga regangan sebesar 0,9%, tegangan rata-rata dari spesimen temperatur 29°C yaitu sebesar 26,800 N/mm<sup>2</sup> dengan harga regangan sebesar 0,8 %. Dari semua pengujian tarik dengan temperatur uji hasil yang paling rendah adalah spesimen uji dengan temperatur 55°C dan harga regangan yang paling rendah yaitu pada spesimen uji temperatur 29°C.

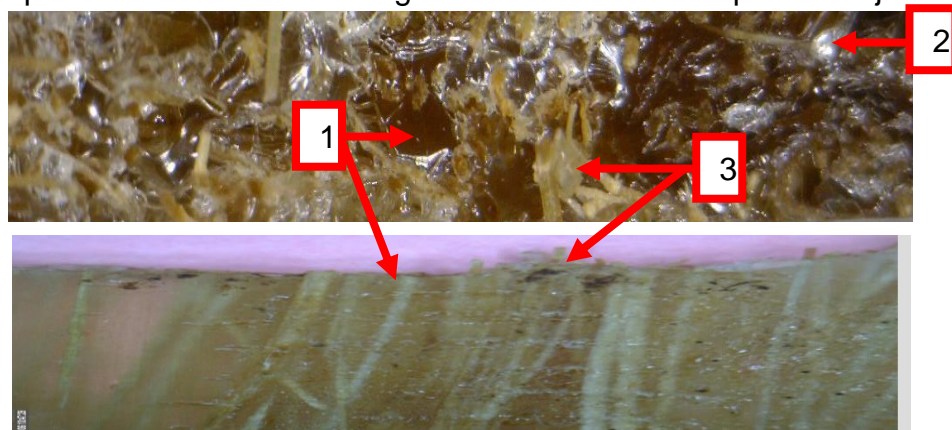


**Gambar 3. Histogram hubungan antara modulus elastisitas dengan temperatur.**

Dari gambar histogram 4.6. dijelaskan bahwa modulus elastisitas rata-rata dari pengujian tarik dengan temperatur didapatkan hasil spesimen dengan temperatur uji 35°C sebesar 25,098 Mpa, spesimen dengan temperatur uji 45°C sebesar 20,567 Mpa, spesimen dengan temperatur uji 55°C sebesar 17,975 Mpa, sedangkan spesimen temperatur 29°C mempunyai hasil modulus elastisitas rata-rata sebesar 33.333 Mpa. Dari semua pengujian tarik dengan temperatur uji modulus elastisitas paling besar yaitu pada spesimen dengan temperature uji 35°C.

## 2. Pengujian Foto Makro

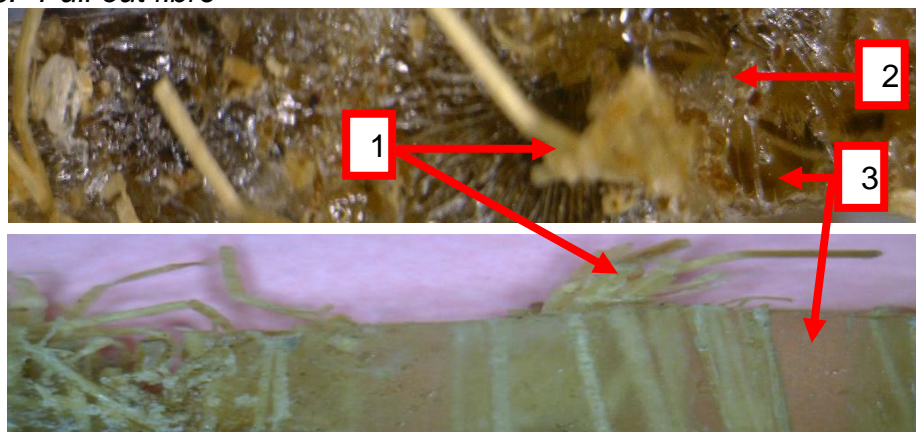
Foto makro yang dilakukan adalah pada patahan dari pengujian tarik. Foto patahan makro diambil dari spesimen yang telah diuji tarik, difoto dengan pembesaran 20X. Berikut gambar foto makro dari patahan uji tarik :



**Gambar 4. Foto makro patahan dari pengujian tarik dengan temperatur uji 35°C.**

Keterangan gambar patahan komposit diatas:

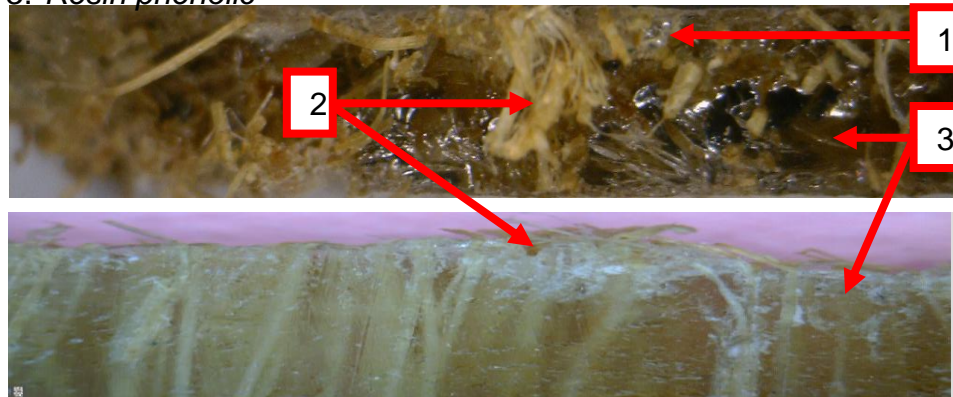
1. Resin *phenolic*
2. *Void*
3. *Pull out fibre*



**Gambar 5. Foto makro patahan dari pengujian tarik dengan temperatur uji 45°C.**

Keterangan gambar patahan komposit diatas:

1. *Pull out fibre*
2. *Void*
3. *Resin phenolic*



**Gambar 6. Foto makro patahan dari pengujian tarik dengan temperatur uji 55°C.**

Keterangan gambar patahan komposit diatas:

1. *Void*
2. *Pull out fibre*
3. *Resin phenolic*

**3. Pembahasan Foto Makro**

Pada gambar 4. terlihat foto makro komposit dengan temperatur uji 35°C menunjukkan pada permukaan patahan terdapat beberapa *void*, serat terdistribusi dengan baik dan merata pada proses pembuatan komposit, hal ini menunjukkan bahwa ikatan antara *fibre* dan *matrik* terjalin dengan sempurna pada specimen uji tarik dengan temperature uji 35°C yang dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit tersebut .

Gambar 5. temperatur uji 45°C menunjukkan pada permukaan patahan terdapat *void* dan *fibre pull out* tetapi relative sedikit, distribusi serat merata diseluruh permukaan patahan komposit.

Gambar 6. temperatur uji 55°C menunjukkan pada permukaan patahan komposit banyak terdapat *fibre pull out* hampir diseluruh permukaan patahan yang dapat mempengaruhi kukuatan tarik dari komposit tersebut sehingga kekuatan tarik pada temperatur uji 55°C lebih rendah jika dibandingkan dengan temperatur uji 35°C dan 45°C. Hasil foto makro dari patahan pengujian tarik dapat dilihat jelas bahwa jenis patahan yang terjadi adalah jenis patahan *pull out fibre*. *Pull out fibre* yaitu serat keluar dari patahan komposit yang disebabkan ikatan antara *matrik* dan *fibre* tidak berlangsung dengan sempurna.

## **E. PENUTUP KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dan analisa pengujian komposit serat batang pisang yang telah dilakukan dapat ditarik suatu kesimpulan, yaitu :

1. Kenaikan temperatur uji akan mempengaruhi kekuatan tarik komposit, dari temperatur 29°C sampai dengan temperatur uji 35°C mengalami kenaikan kekuatan kemudian dari temperatur uji 35°C sampai dengan temperatur uji 55°C mengalami penurunan kekuatan yang disebabkan ketahanan panas jangka panjang akan mengurangi kekuatan komposit.
2. Pada foto makro dapat disimpulkan bahwa patahan dari uji tarik adalah patahan jenis *pull out fibre*, dikarenakan pada patahan pengujian tarik temperatur uji 45°C dan 55°C resin dan *fibre* mengalami kerusakan yang disebabkan adanya kenaikan temperatur.

## **SARAN**

Setelah penulis melakukan penelitian ini, ada beberapa saran untuk mengembangkan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Menentukan fraksi volum yang tepat karena berpengaruh terhadap kekuatan komposit.
2. Menentukan komposisi resin yang tepat karena akan mempengaruhi keras dan tidaknya komposit yang dibuat.
3. Proses pencampuran bahan harus merata (*homogen*) dan pengadukannya harus benar-benar merata. Hal ini akan terlihat setelah dilakukan uji foto makro.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 3039, **Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Material**.
- Chuo, K., 2010., Nishiki kanda 3., Chiyoda-ku., 2010., **Ripoxy Vinylester Resin**, Showa Highpolymer, Japan. Diakses 2 Februari 2014 pukul 10.02 dari (<http://www.Chuo,Kanda.com/dictionary/DI.html>).
- Diharjo, K., 2006. **Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester**, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Gibson, R.F., 1994, **Principle of Composite Material Mechanic**, McGraw-Hill Internasional Book Company, New York.
- Jones, R.M., 1994, **Mechanic of Composite Material**. Mc Graw Hill, Kogokusha, Ltd, Diakses 2 Februari 2014 pukul 09:10 dari ([http://www.google.com/komposit\\_artikelhtml](http://www.google.com/komposit_artikelhtml)).
- Joko. W. S., 2007. "**Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impack Komposit Serat Serabut Kelapa Bermatrik Polyester**", Tugas Akhir S1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Karso, T., (2012), **Pengaruh Variasi Suhu Siklus Termal Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit HDPE- Sampah Organik**, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Nanang. S., 2006. "**Perbandingan Uji Tarik dan Impack Antara Limbah Benang Jenis Polyester Rayon dan Goni Bermatrik Polyester Dengan Fraksi Volume Serat 10%, 15% dan 20%**", Tugas Akhir S1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sriyono, 2012. "**Pengaruh Variasi Bahan Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Kopleng Gesek Sepeda Motor Dengan Bahan Dasar Serat Kelapa Serbuk Baja Serbuk Tenbaga Dan Resin Phenolic**", Tugas Akhir S1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Surdia, T dan Saito, S. (1999), **Pengetahuan Bahan Teknik**, Pratnya Paramita, Jakarata. Diakses 2 Mei 2014 jam 20:21 dari ([www.google.com/filepdf/pengetahuanbahanteknik/tatasurdia](http://www.google.com/filepdf/pengetahuanbahanteknik/tatasurdia)).

