



**TUGAS AKHIR TF141581**

**PENGARUH RASIO RESIN DAN HARDENER  
TERHADAP SIFAT MEKANIK MATRIK  
BAHAN KOMPOSIT SERAT RAMBUT MANUSIA**

**DHIEN KUSUMA WARDANI**  
NRP. 2411 100 072

Dosen Pembimbing  
Dyah Sawitri, ST, MT  
Ir. Zulkifli, MSc

JURUSAN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT TF141581**

**THE EFFECT OF RESIN AND HARDENER  
RATIO ON THE MECHANICAL PROPERTIES  
OF COMPOSITE MATRIX REINFORCED  
HUMAN HAIR**

**DHIEN KUSUMA WARDANI**  
NRP. 2411 100 072

Supervisor  
Dyah Sawitri, ST, MT  
Ir. Zulkifli, MSc

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

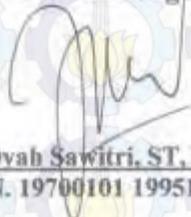
**PENGARUH RASIO RESIN DAN HARDENER  
TERHADAP SIFAT MEKANIK MATRIK  
BAHAN KOMPOSIT SERAT RAMBUT MANUSIA**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :  
**Dhien Kusuma Wardani**  
NRP : 2411 100 072

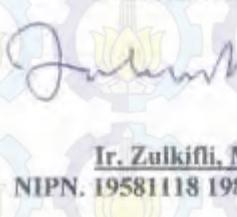
Surabaya, 29 Januari 2015  
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I



**Dyah Sawitri, ST, MT**  
NIPN. 19700101 199512 2 001

Pembimbing II



**Ir. Zulkifli, MSc**  
NIPN. 19581118 198701 1 001

**Ketua Jurusan  
Teknik Fisika FTI-ITS**



**Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA**  
NIPN. 19650309 199002 1 001

**PENGARUH RASIO RESIN DAN HARDENER  
TERHADAP SIFAT MEKANIK MATRIK  
BAHAN KOMPOSIT SERAT RAMBUT MANUSIA**

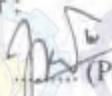
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Bahan  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**DHIEN KUSUMA WARDANI**  
NRP. 2411 100 072

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dyah Sawitri, S.T, M.T.  (Pembimbing I)
2. Ir. Zulkifli, M.Sc  (Pembimbing II)
3. Dr. Ing. Doty Dewi Risanti, S.T., M.T.  (Penguji I)
4. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.  (Penguji II)
5. Ir. Agung Budiono, M.Eng.  (Penguji III)

**SURABAYA**  
**JANUARI, 2015**

**PENGARUH RASIO RESIN DAN HARDENER  
TERHADAP SIFAT MEKANIK MATRIK  
BAHAN KOMPOSIT SERAT RAMBUT MANUSIA**

**Nama Mahasiswa** : *Dhien Kusuma Wardani*  
**NRP** : *2411 100 072*  
**Jurusan** : *Teknik Fisika FTI-ITS*  
**Dosen Pembimbing** : *Dyah Sawitri, ST, MT,  
Ir. Zulkifli Msc.*

**Abstrak**

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh rasio *hardener* dan resin pada komposit serat rambut manusia. Limbah rambut kering yang sudah bersih dan direndam dalam NaOH 1 M selama 60 menit dibilas dengan air bersih dan dikeringkan. Serat rambut yang sudah kering ditambahkan pada matrik dengan rasio fraksi volum tetap (serat:matriks, 30%:70%) untuk dibuat material komposit. Sedangkan rasio epoxy dan *hardener* dengan perbandingan yaitu 50%:50%, 60%:40%, 70%:30%, 80%:20%. Katalis yang digunakan untuk komposit dengan resin polyester yaitu 1 tetes, 2 tetes, 3 tetes, dan 4 tetes dengan volume cetakan 11,69 ml. Hasil dari pengujian ini didapatkan kekuatan mekanik tertinggi untuk komposit serat rambut manusia dengan matrik epoxy yaitu sebesar 4,5 kgf/mm<sup>2</sup>, elongasi 6,32%, dan densitas 1,0908 gr/ml pada perbandingan resin dan epoxy 60:40. Sedangkan pada komposit serat rambut manusia bermatriks polyester kekuatan mekanik tertinggi yaitu sebesar 3,4 kgf/mm<sup>2</sup>, elongasi 3,84% dan densitas 1,23 gr/ml pada jumlah katalis 4 tetes.

**Kata kunci** : *Komposit, Resin, Katalis, Serat Rambut Manusia.*

***THE EFFECT OF RESIN AND HARDENER RATIO  
ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE  
MATRIX REINFORCED HUMAN HAIR***

***Name*** : ***Dhien Kusuma Wardani***

***NRP*** : ***2411 100 072***

***Department*** : ***Teknik Fisika FTI-ITS***

***Supervisor*** : ***Dyah Sawitri, ST, MT,  
Ir. Zulkifli Msc.***

***Abstract***

The effect of resin and hardener on human fiber composite have been successfully carried out. Dried and cleaned human hair soaked in NaOH 1 M for 60 minutes, and then rinsed by aquades followed by convective drying. This processed hair was added in the matrix in a constant volume fraction ratio (fiber:matrix = 30%:70%). Variation epoxy and hardener used was 50%:50%, 60%:40%, 70%:30%, 80%:20%. The amount of catalyst employed was also varied; i.e. 1 – 4 drops in a constant volume of mold; i.e. 11.69 ml. The highest properties obtained for human hair reinforced epoxy matrix were 4.5 kgf/mm<sup>2</sup>, 6,32% and 1.0908 gr/ml for tensile strength, elongation and density, respectively. The above data was obtained for resin-to-epoxy ratio of 60:40. Whereas for human hair reinforced polyester matrix, it was obtained 3.4 kgf/mm<sup>2</sup>, 3,84% and 1.23 gr/ml for tensile strength, elongation and density, respectively, for sample with catalyst amounts of 4 drops.

**Keywords** : Composite, Resin, Catalyst, Human Hair Fiber.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufiq dan hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ **Pengaruh Rasio Resin Dan Hardener Terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia** ”, sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan keharibaan Nabi Muhammad Rasulullah SAW serta para sahabat yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT.

Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Bapak dan Ibu tercinta, serta keluarga, terima kasih atas do'a, bantuan dan dukungannya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tepat waktu.
3. Dyah Sawitri, ST, MT dan Ir. Zulkifli, MSc selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ir. Matradji, MT selaku dosen wali.
5. Ir. Zulkifli, MSc selaku kepala Laboratorium Rekayasa Bahan atas segala saran dan kemudahan.
6. Bapak dan Ibu dosen Rekayasa Bahan Teknik Fisika ITS yang telah banyak memberikan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang kuliah sampai tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen Teknik Fisika ITS yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Bapak Tarkina Hadisaputra S.Pd, MT beserta seluruh pegawai departemen teknologi pengerjaan logam yang telah memberikan izin dan kemudahan untuk melakukan pengujian data di PPPTK VEDC Malang.

9. Arum Setyaningtyas sekeluarga yang telah membantu dan memfasilitasi segala keperluan untuk pengambilan data di Malang.

10. Teman-teman seperjuangan TA bidang minat Rekayasa Bahan (Sayidatul Isarah A, Mabrurotul Uyun, Hardian Restu, Mariesta Arianti, Lugas Dwi Prayogi, Nur Ika Puji Ayu) atas segala bantuannya selama ini

11. Terima kasih untuk pengurus Laboratorium Rekayasa Bahan Teknik Fisika ITS atas segala bantuannya selama ini.

12. Terima kasih untuk teman – teman TF angkatan 2011 dan kawan-kawan di ITS yang selalu memberi semangat, bantuan dan dukungan.

13. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan karena sesungguhnya kesempurnaan hanya ada pada Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis menyadari bahwa masih memerlukan penyempurnaan pada laporan tugas akhir ini dari pembaca.

Surabaya, 29 Januari 2014

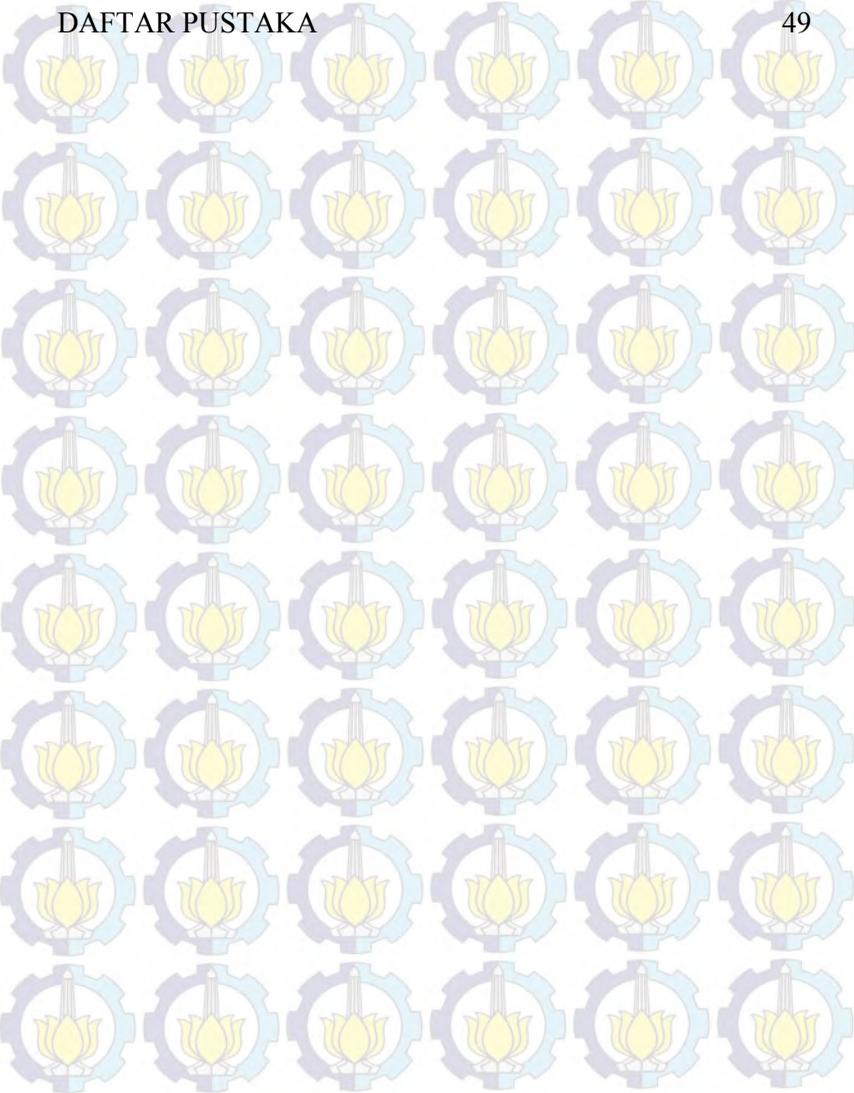
Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA	i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERSETUJUAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Komposit	5
2.2 Metode <i>Hand Lay up</i>	11
2.3 Rambut Manusia	11
2.4 Perlakuan Alkali Serat	14
2.5 Pengujian Bahan Komposit	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Persiapan Sampel Uji	20
3.2 Pembuatan Sampel	22
3.3 Pengujian	24
3.4 Validasi	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pengujian Tarik	29
4.2 Validasi Komposit	35
4.3 Pengujian Densitas Komposit	37
4.4 Elongasi Komposit Serat Rambut Manusia	40

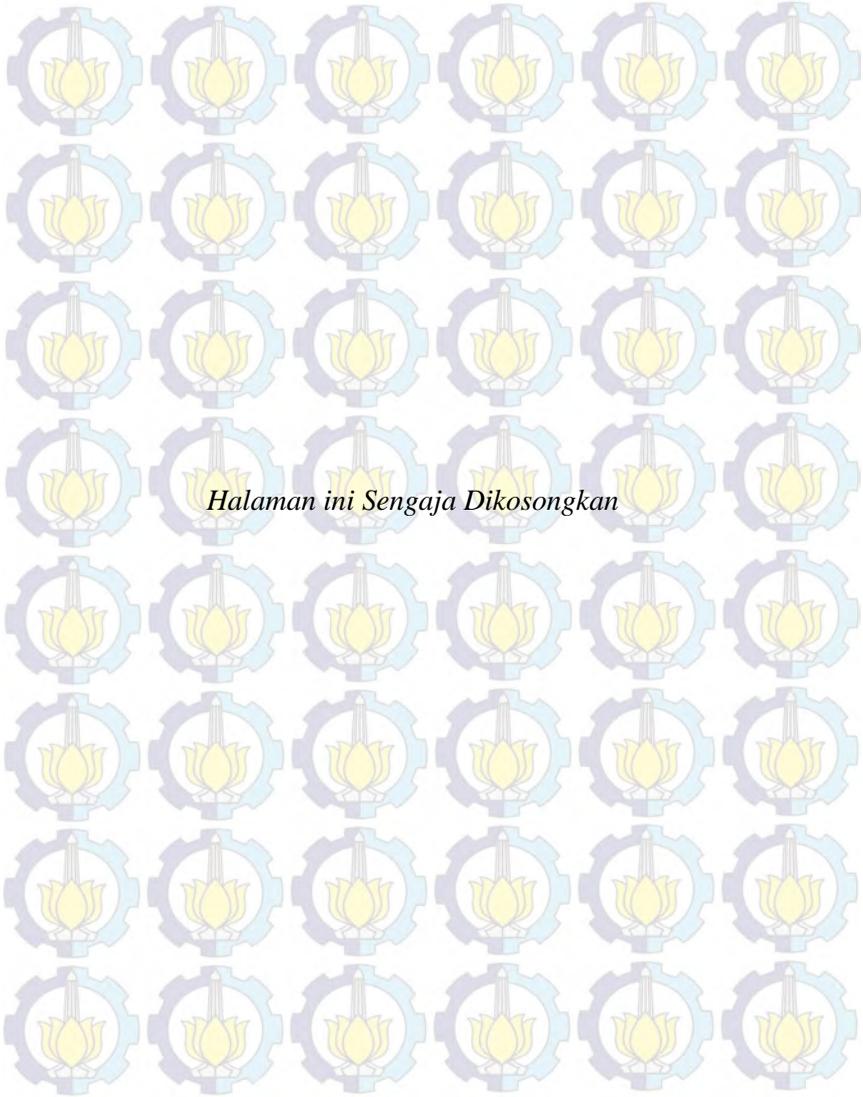
4.5 Interpretasi Hasil  
BAB V KESIMPULAN  
DAFTAR PUSTAKA

43  
47  
49



## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian Pembuatan Komposit Serat Rambut Manusia 23
Tabel 3.2	Spesifikasi Alat Uji Tarik 25
Tabel 3.3	Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM 638-03 26
Tabel 3.4	Spesifikasi <i>Charpy Impact Tester</i> 27
Tabel 3.5	Dimensi Spesimen Uji Impak ASTM 6110-02 27
Tabel 4.1	Hasil Uji Tarik Komposit Serat Rambut Manusia Bermatriks Epoxy 31
Tabel 4.2	Hasil Uji Tarik Komposit Serat Rambut Manusia Bermatriks Polyester 32
Tabel 4.3	Hasil Uji Tarik Epoxy Tanpa Serat Rambut 35
Tabel 4.4	Hasil Uji Tarik Polyester Tanpa Serat Rambut 36
Tabel 4.5	<i>Upper bound</i> dan <i>Lower bound</i> Komposit Serat Rambut Manusia Bermatriks Epoxy 37
Tabel 4.6	<i>Upper bound</i> dan <i>Lower bound</i> Komposit Serat Rambut Manusia Bermatriks Polyester 38
Tabel 4.7	Uji Densitas Komposit Serat Rambut Manusia Bermatriks Epoxy 40
Tabel 4.8	Uji Densitas Komposit Serat Rambut Manusia Bermatriks Polyester 41



## DAFTAR GAMBAR

	Hal	
Gambar 2.1	Skema Pembagian Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya	6
Gambar 2.2	Karakteristik Tegangan dan Regangan untuk (A) Polimer yang Getas (B) Polimer Plastik (C) Polimer dengan Elastisitas Tinggi	9
Gambar 2.3	(a) Resin Poliester Yucalac 157 ® BQTN-EX (b) Resin Epoxy dan <i>Hardener</i>	10
Gambar 2.4	Metode Hand Lay-up	11
Gambar 2.5	Lapisan Atas Rambut dengan Mikroskop Elektron	12
Gambar 2.6	Stress-Strain Rambut Wanita Ras Caucasian, Asia, dan Africa.	13
Gambar 2.7	Skema Pengujian Tarik	15
Gambar 2.8	Prinsip Kerja Alat Uji Impak	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Pembuatan Komposit Serat Rambut	19
Gambar 3.2	(a) Cetakan Uji tarik ASTM 684 (b) Cetakan Uji impak ASTM 6110	20
Gambar 3.3	(a) Pemilihan Rambut (b) Perendaman NaOH Setelah Pencucian.	22
Gambar 3.4	(a) Hasil Sampel Uji Tarik ASTM 684 (b) Hasil Sampel Uji Impak ASTM 6110	24
Gambar 3.5	Universal Testing Machine GOTECH	24
Gambar 3.6	Bentuk Spesimen Uji Tarik Standar ASTM 638-03	25
Gambar 3.7	<i>Charpy Impact Tester</i>	26
Gambar 3.8	Bentuk Spesimen Uji Impak ASTM 6110-02	27
Gambar 3.9	Skema Pengukuran Volume Spesimen	28
Gambar 4.1	Hubungan <i>Tensile strength</i> dengan Rasio Resin dan <i>Hardener</i> Komposit Epoxy	33
Gambar 4.2	Hubungan <i>Tensile strength</i> terhadap Penambahan <i>Hardener</i> pada Komposit Polyester	34

Gambar 4.3	<i>Tensile Strength</i> Epoxy dan <i>Hardener</i> Tanpa Serat Rambut	35
Gambar 4.4	<i>Tensile Strength</i> Polyester dan <i>Hardener</i> Tanpa Serat Rambut	36
Gambar 4.5	Validasi Komposit Matriks Epoxy	38
Gambar 4.6	Validasi Komposit Matriks Polyester	39
Gambar 4.7	Densitas Komposit Matriks Epoxy	40
Gambar 4.8	densitas komposit matriks Polyester	42
Gambar 4.9	Harga Impak Terhadap Rasio Resin Epoxy dan <i>Hardener</i>	43
Gambar 4.10	Harga Impak Terhadap Penambahan Jumlah Katalis Resin Polyester	44
Gambar 4.11	Hubungan <i>Tensile Stength</i> dan Elongasi Komposit Serat Rambut Bermatriks Epoxy	44
Gambar 4.12	Hubungan <i>Tensile Stength</i> dan Elongasi Komposit Serat Rambut Bermatriks Polyester	45

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan penggunaan komposit alami (*natural composite/ Naco*) dalam bidang industri otomotif semakin berkembang. Komposit merupakan gabungan dua bahan atau lebih yang disusun untuk meningkatkan sifat mekanik bahan agar lebih unggul. PT.Toyota Jepang, perusahaan otomotif besar dunia, telah memanfaatkan serat kenaf sebagai komponen *door panel* dan *seat back* mobil dengan matrik Polypropilen. Termasuk produsen mobil Daimler-Benz telah mengeluarkan produk *dashboard* dengan bahan komposit serat abaca. Penggunaan serat alam banyak dipakai karena lebih murah dan ramah lingkungan. Salah satu bahan komposit alam yaitu serat rambut. Rambut memiliki kekuatan yang tinggi meskipun sudah dibuang dan tertimbun tanah, rambut tidak mudah rusak dan lapuk (Soekrisno, 1995). Robins C.R (1994) menyatakan bahwa serat rambut memiliki sifat mekanik yang baik karena struktur penyusunan rambut terdiri dari keratin yang membentuk rantai panjang dan teratur menyebabkan rambut bersifat kuat dan fleksibel. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Valeria M. (2009) dihasilkan bahwa beban tarik rambut secara umum adalah (50 s/d 100) gram. Elastisitas rambut adalah (20 s/d 30)% dari panjangnya (untuk rambut kering) sedangkan untuk rambut basah atau kontak dengan air dapat mencapai 50% dari panjangnya (Amin, M dan Raharjo S, 2012).

Penelitian mengenai komposit alam berpenguat serat rambut dimulai oleh Muh. Amin dan Samsudi Raharjo pada tahun 2012 untuk mengetahui efek perendaman NaOH dan fraksi volume serat pada komposit bermatrik epoxy. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut nilai kuat tarik terbaik yaitu pada lama perendaman NaOH selama 60 menit dan 30% fraksi volume serat sebesar 28,78 MPa. Penelitian kedua yaitu oleh Suryanto 2013 yang meneliti pengaruh perendaman NaOH pada kuat bending komposit serat rambut manusia dengan matrik polyester. Hasil

terbaik diperoleh pada 60 menit perendaman NaOH sebesar 43,679 MPa.

Sementara ini belum ada penelitian yang mengenai perbandingan presentase antara resin dengan *hardener* untuk komposit alam dengan penguat serat rambut. Padahal perbandingan resin dan *hardener* sangat menentukan proses solidifikasi dan sifat mekanis. Maka dalam tugas akhir ini akan diteliti berapa komposisi terbaik untuk perbandingan resin dan *hardener* dengan variabel tetap yaitu fraksi volume serat rambut 30% dan fraksi volume matrik 70%. Diharapkan dengan penelitian ini diperoleh hasil komposisi terbaik perbandingan resin dan *hardener* agar mendapatkan nilai kuat tarik dan dampak tertinggi sebagai alternatif pengganti komposit sintetis.

### 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dapat diangkat dalam tugas akhir ini antara lain :

- Berapa komposisi terbaik antara resin, *hardener*, dan serat rambut sehingga diperoleh sifat mekanis terbaik dari komposit serat rambut manusia?
- Bagaimana peformansi terbaik yang diperoleh dari komposit serat rambut manusia meliputi densitas, kuat tarik dan kuat dampak?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan yang telah dikemukakan, yakni :

- Untuk mengetahui komposisi terbaik antara resin, *hardener* dan serat rambut.
- Untuk mengetahui peformansi terbaik yang diperoleh dari komposit serat rambut manusia meliputi densitas, kuat tarik dan kuat dampak.

#### 1.4 Batasan Masalah

Untuk mempertajam dan memfokuskan permasalahan dalam tugas akhir ini, beberapa batasan masalah yang diambil diantaranya adalah sebagai berikut:

- Standar uji untuk uji tarik adalah ASTM 638-03
- Standar uji untuk uji impak adalah ASTM 6110-02
- Perbandingan fraksi volume matrik dengan serat sebesar 70%:30%
- Jenis resin yang digunakan sebagai matrik komposit adalah polyester yukalac BQTN 157 dan epoxy.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Komposit

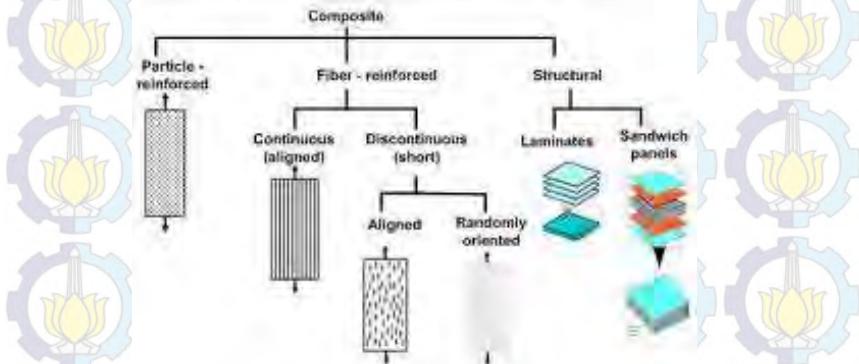
Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Matthews dkk, 1993). Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu:

- Matrik, adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volum terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi antara lain, mentransfer tegangan ke serat secara merata, melindungi serat dari gesekan mekanik, memegang dan mempertahankan serat pada posisinya, melindungi dari lingkungan yang merugikan (Mubarak, 2004).
- Penguat (*reinforcement*), yaitu bagian komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit, umumnya berbentuk serat yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih kuat.

Bahan penguat pada komposit dapat digolongkan menjadi empat bagian, yaitu butiran, lempeng, serat (*fiber*) dan lembaran. Penguat atau *reinforcement* dari sumbernya dibagi menjadi dua jenis yaitu sintetis dan alami. Penggunaan komposit serat alam saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dan berusaha menggeser keberadaan bahan sintetis yang sudah biasa dipergunakan sebagai penguat pada bahan komposit seperti *E-Glass*, *Kevlar-49*, *Carbon/ Graphite*, *Silicone Carbide*, *Aluminium Oxide*, dan *Boron*. Beberapa jenis serat alam yang sering digunakan sebagai penguat antara lain serat kenaf, sabut kelapa, sisal, daun nanas, kapuk, dan rami (Thakur, 2013)

### 2.1.1 Struktur bahan komposit

Komposit merupakan bahan yang terdiri dari gabungan 2 atau lebih bahan yang berbeda (logam, polimer, keramik) sehingga menghasilkan sifat mekanik yang lebih unggul. Secara umum dari jenis penguatnya bahan komposit diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Jenis-jenis komposit sesuai penguatnya dapat dilihat dari gambar 2.1 (Callister dan Rethwisch, 2007) :



**Gambar 2.1** Pengelompokan Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya (Callister dan Rethwisch, 2007)

- *Fibrous Composites* (Komposit Serat). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers* (poly amide), dan sebagainya. Komposit dengan penguat fiber ini masih bisa dibagi menjadi kontinu dan tidak kontinu berdasarkan penataan serat. Untuk komposit dengan penguat serat yang tidak kontinu ada dua jenis penataan serat yaitu *aligned* dan *randomly* atau acak.
- *Structur Composites* (Komposit Struktur). Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu. Ada dua jenis penguat struktur yaitu *laminates* dan *sandwich panel*.

- *Particulate Composites* (Komposit Partikel). Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya.

Selain arah orientasi serat, panjang serat juga sangat mempengaruhi sifat mekanik komposit. Panjang serat yang digunakan sebagai *filler* mempengaruhi sifat mekanik dari komposit sehingga perlu diperhatikan berapa panjang minimal yang diijinkan suatu serat untuk dijadikan penguat pada komposit.

Panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan untuk mencapai tegangan saat patah. Panjang Serat, dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek (Schwartz, 1984). Menurut penelitian (Khoirudin M, dkk., 2013) bahwa panjang kritis untuk serat kenaf 3,6 mm, serat rami 9 mm dan serat ijuk 1,5 mm yang diperoleh dengan metode *fiber pull out test*.

Panjang kritis serat bergantung pada diameter fiber, *ultimate tensile strength*, dan tegangan geser matrik serat. (Calister dan Rethwisch, 2007)

$$L_c = \frac{\sigma \cdot d}{2 \cdot \tau} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$\sigma$  = *Ultimate Tensile strength*

$d$  = Diameter Fiber

$\tau$  = Tegangan Geser Matrik Serat

### 2.1.2 Komposit matrik polimer

Komposit matrik polimer merupakan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriknya. Polimer yang paling sering digunakan terdiri dari dua jenis yaitu thermoset dan

termoplastik. Polimer thermoset yaitu jenis polimer tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk polimer menjadi arang. Contoh dari polimer thermoset antara lain epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI). Sedangkan polimer termoplastik adalah polimer akan meleleh jika dipanaskan dan akan kemali mengeras setelah dingin contoh dari polimer termoplastik antara lain Polivinil klorida, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (Pascault dkk, 2002).

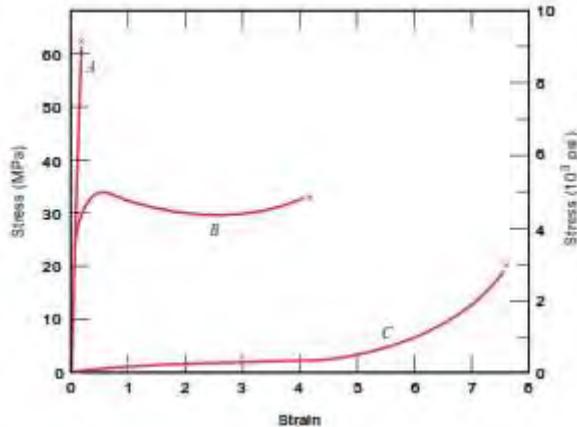
Polimer matrik komposit memiliki beberapa kelebihan antara lain (Monteiro dkk, 2009):

- Biaya pembuatan murah
- Dapat dibuat dengan produksi massal
- Ketangguhan baik
- Anti korosi
- Siklus pabrikasi cepat
- Ramah Lingkungan
- Ringan.

Dengan semua keuntungan dari komposit matrik polimer tersebut maka matrik polimer menjadi teknologi komposit yang paling sering digunakan di berbagai bidang.

### **2.1.3 Sifat mekanik komposit matrik polimer**

Sifat mekanik komposit matrik polimer yang dapat diketahui dari pengujian tarik antara lain modulus elastisitas, *yield strength*, dan *tensile strength*. Sifat mekanik dari polimer itu sendiri sangat sensitif terhadap laju regangan (*strain rate*), temperatur dan lingkungan. Secara umum gambaran karakteristik komposit matrik polimer dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Karakteristik Tegangan dan Regangan Untuk

(A) Polimer yang Getas

(B) Polimer Plastik

(C) Polimer dengan Elastisitas Tinggi (Calister dan Rethwisch, 2007)

Sifat mekanik modulus elastisitas dari komposit matrik polimer bisa mencapai 4 GPa ( $0,6 \times 10^6$  psi) dan dari elongasi polimer memiliki elongasi terbesar dibandingkan komposit matrik logam ataupun keramik. Elongasi logam bisa lebih dari 100% sedangkan polymer yang sangat elastis elongasinya bisa lebih dari 1000%. Polymer memiliki sifat mekanik yang berbeda salah satunya dipengaruhi oleh suhu. Polymer akan memiliki sifat getas pada temperatur yang rendah, akan tetapi pada temperatur tinggi akan memiliki elongasi yang tinggi seperti karet (Calister dan Rethwisch, 2007). Selain itu panjang rantai polymer yang semakin panjang akan semakin meningkatkan kekuatan polymer, sebab ikatan van der Waals akan semakin kuat menahan deformasi (Krevelen, D. W, dan Nijenhuis, 2009)

### 2.1.4 Resin dan *hardener*

Matrik polimer untuk komposit sering kali disebut dengan resin. Resin yang populer digunakan yaitu epoxy dan polyester. Polyester berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis dan harganya relative lebih terjangkau dari pada epoxy. Salah satu resin yang termasuk jenis polyester adalah resin yucalac 157® BQTN-EX Series. Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berabagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk materal komposit. Berdasarkan penelitian (Davalo M, dkk, 2010) bahwa polyester memiliki nilai *tensile strength* 63 MPa dan *strain at failure* sebesar 4,7%.

Sedangkan epoxy lebih kental dan membutuhkan katalis dengan prosentase lebih banyak dibandingkan dengan polyester. Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO) yaitu bahan kimia yang dikenal dengan sebutan katalis. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matrik akan mempercepat proses laju pengeringan (May A. C, 1988). Dari penelitian (Kumar K dkk, 2008) bahwa resin epoxy memiliki nilai *tensile strength* mencapai 132,4 MPa. Pada gambar 2.3 merupakan contoh resin epoxy dan polyester yang digunakan sebagai matrik komposit.



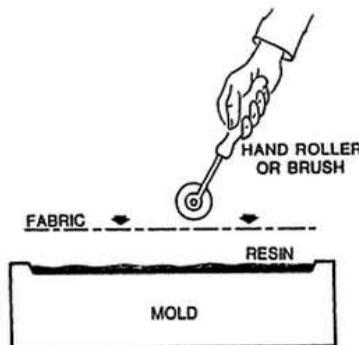
**Gambar 2.3** (a) Resin Polyester Yucalac 157 ® BQTN-EX  
(b) Resin Epoxy dan *Hardener*

## 2.2 Metode *Hand Lay up*

*Hand lay-up* adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, partikel atau lembaran, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Kelebihan penggunaan metode ini (Lee M. Stuart, 1993) :

- Mudah dilakukan
- Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
- Volumennya rendah

Pada metode *hand lay up* ini resin yang paling banyak di gunakan adalah polyester dan epoxy. Proses ini dapat dilihat pada gambar 2.4 :



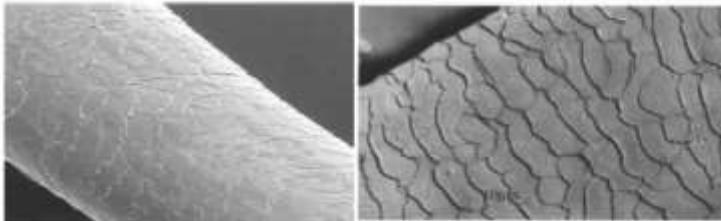
**Gambar 2.4** Metode *Hand Lay-up* (Lee M. Stuart, 1993)

## 2.3 Rambut Manusia

Limbah rambut dihasilkan oleh ribuan salon di Indonesia dalam jumlah yang besar hingga mencapai ratusan kilogram rambut setiap harinya, akan tetapi pemanfaatan limbah rambut

hanya sebatas sebagai bahan dasar pembuatan sanggul. Padahal rambut memiliki daya tahan yang tinggi terhadap kerusakan akibat faktor kimia maupun fisika. Tingkat ketahanan rambut dari faktor kimia, dapat diketahui berdasarkan ikatan sulfida dan hidrogen yang terdapat dalam korteks. Secara bersama-sama ikatan hidrogen dan ikatan sulfida membuat rambut menjadi elastis, kuat, dan memberi bentuk keriting atau lurus. Ikatan sulfida sangat kuat dan hanya dapat dipatahkan oleh larutan kimiawi (Seshadri, 2008).

Sedangkan tingkat ketahanan rambut dari faktor fisika dapat diketahui dari kemampuan rambut yang bertahan hingga suhu  $180^{\circ}\text{C}$ . Menurut penelitian dihasilkan bahwa beban tarik rambut secara umum adalah (50-100) gram. Sedangkan elastisitas rambut adalah (20-30)% dari panjangnya untuk rambut kering sedangkan untuk rambut basah atau kontak dengan air dapat mencapai 50% dari panjangnya (Valeria M. dkk, 2009). Maka dari itu rambut mempunyai peluang besar menjadi material penguat pada komposit serat alam. Berikut ini gambar 2.5 merupakan lapisan atas rambut jika dilihat dengan mikroskop electron.



**Gambar 2.5** Lapisan Atas Rambut dengan Mikroskop Elektron (Ruetsch, 2003)

Rambut apabila dilihat secara makro dengan mata telanjang tampaknya terlihat halus, akan tetapi apabila diperbesar dengan menggunakan mikroskop elektron akan tampak lapisan kutikula rambut yaitu lapisan paling luar rambut yang berfungsi melindungi lapisan di bawahnya dari kekeringan serta kerusakan. Kutikula bisa rusak akibat gesekan mekanis, misalnya saat

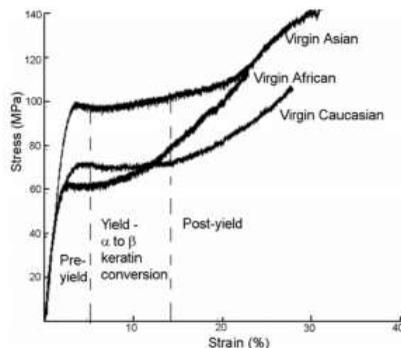
menyaskan rambut, penggunaan *hair dryer* serta pemakaian obat berbahan kimia keras seperti obat pelurus rambut. Sehingga sebelum digunakan untuk bahan komposit, rambut perlu melalui beberapa *treatment* untuk memperbaiki sifat mekanisnya.

Rambut dari berbagai jenis ras memiliki kekuatan yang berbeda-beda. Ras asia memiliki kekuatan rambut dengan sifat mekanik yang paling tinggi dibandingkan ras lain (Kamath and Hornby, 1984). Sifat mekanik rambut manusia dari berbagai ras dapat dilihat dalam tabel 2.1.

**Tabel 2.1** *Mechanical Properties* Rambut Wanita dari Ras Asia, Caucasian dan Afrika (Kamath and Hornby, 1984)

<b>Mechanical Properties</b>	<b>Caucasian</b>	<b>Asian</b>	<b>African</b>
Modulus Elastisitas (GPa)	3.3	4.7	2.5
Yield Strength (MPa)	67	100	58
Breaking Strength	117	139	101
Strain at Break (%)	35	32	20

Berikut ini pada gambar 2.6 merupakan grafik *stress strain* untuk rambut wanita dari berbagai ras.



**Gambar 2.6** Stress-Strain Rambut Wanita Ras Caucasian, Asia, dan Africa (Kamath and Hornby, 1984)

## 2.4 Perlakuan Alkali Serat

Kekuatan komposit serat alam dapat ditingkatkan dengan dua cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia serat atau dengan penambahan *coupling agent* (Gibson R. F, 1994). Salah satu contohnya seperti penelitian (Yusuf, 2009) tentang pengaruh perendaman larutan alkali (NaOH) dan Etanol terhadap kekuatan tarik serat enceng gondok dan kompatibilitas serat enceng gondok pada matrik *unsaturated polyester 157 BQTN-EX*. Dalam penelitian tersebut digunakan alkali dan etanol dengan kadar 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar didapatkan pada perendaman etanol yaitu sebesar  $25,630 \text{ N/mm}^2$ , sedangkan menggunakan NaOH kekuatan tarik serat enceng gondok adalah  $21,211 \text{ N/mm}^2$ .

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Diharjo, 2006) bahwa serat rami yang akan dipergunakan sebagai penguat pada komposit serat rami-*polyester* terlebih dahulu dilakukan perlakuan kimia yaitu dengan direndam dalam larutan 5% NaOH selama 0, 2, 4, 6 jam. Matrik yang digunakan dalam penelitiannya adalah *resin unsaturated polyester 157 BQTN* dengan *hardener MEKPO 1% (v/v)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum untuk perlakuan serat selama 2 jam, yaitu 190,27 MPa dan 0,44%. Komposit yang diperkuat serat yang dikenai perlakuan selama 6 jam memiliki kekuatan terendah.

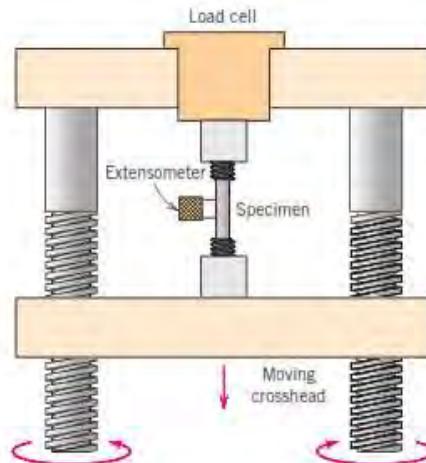
## 2.5 Pengujian Bahan Komposit

### 2.5.1 Pengujian tarik bahan komposit

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Salah satu pengujian komposit ini ditinjau dari kekuatan tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Kekuatan tarik komposit dapat diketahui dengan melakukan pengujian sampel sesuai standar ASTM 638-03 (Lampiran C).

Mesin uji tarik untuk komposit terdiri atas beberapa bagian yaitu bagian atas disebut sebagai *crosshead*, atau bagian yang bergerak yang menarik benda uji, sepasang ulir silinder akan membawa atau menggerakkan bagian *crosshead*. Sementara itu di bagian bawah di buat statik. Di bagian *crosshead* terdapat sensor *loadcell* yang akan mengukur besarnya gaya tarik, sedangkan untuk mengukur perubahan panjang digunakan *extensometer*.

Dengan menarik suatu bahan akan diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Skema penarikan spesimen uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.6.



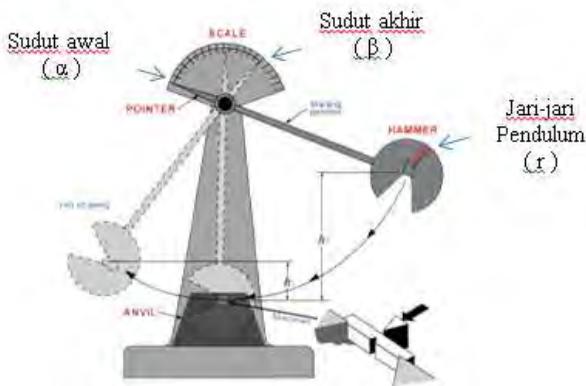
**Gambar 2.6** Skema Pengujian Tarik (Calister dan Rethwisch, 2007)

### 2.5.2 Pengujian Impak Bahan Komposit

Pengujian kekuatan impact adalah suatu respon terhadap beban kejut atau beban secara mendadak (beban impact) (Calister dan Rethwisch, 2007) dengan tujuan mengukur besarnya energi yang terserap oleh material hingga material tersebut mengalami kerusakan. Spesimen untuk pengujian impact diberikan takikan

berbentuk V untuk memberikan konsentrasi tegangan apabila spesimen mengalami pembebanan.

Pembebanan diperoleh dari tumbukan pendulum yang dilepaskan dengan ketinggian tertentu yang menabrak spesimen tepat ditengah takik V tersebut. Pendulum akan meneruskan ayunan ketika mematahkan spesimen untuk mencapai ketinggian maximum. Perhitungan energi impact yang diserap berdasarkan perbedaan antara ketinggian awal dan ketinggian akhir.



**Gambar 2.7** Prinsip Kerja Alat Uji Impact (Calister dan Rethwisch, 2007)

Dari hasil pengujian impact akan didapatkan nilai  $\beta$  yaitu sudut akhir pendulum setelah mengalami tumbukan dengan spesimen. Untuk menghitung harga impact dapat dicari dari persamaan berikut :

$$K_v = \frac{m \cdot g \cdot r \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$K_v$  = Kuat impact dengan V notch ( $J/mm^2$ )

$m$  = Massa pendulum (kg)

- $g$  = Percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )  
 $r$  = Jari-jari pendulum (mm)  
 $\beta$  = Sudut pendulum setelah tumbukan ( $^\circ$ )  
 $\alpha$  = Sudut awal pendulum ( $^\circ$ )  
 $A$  = Luas permukaan spesimen ( $\text{mm}^2$ )

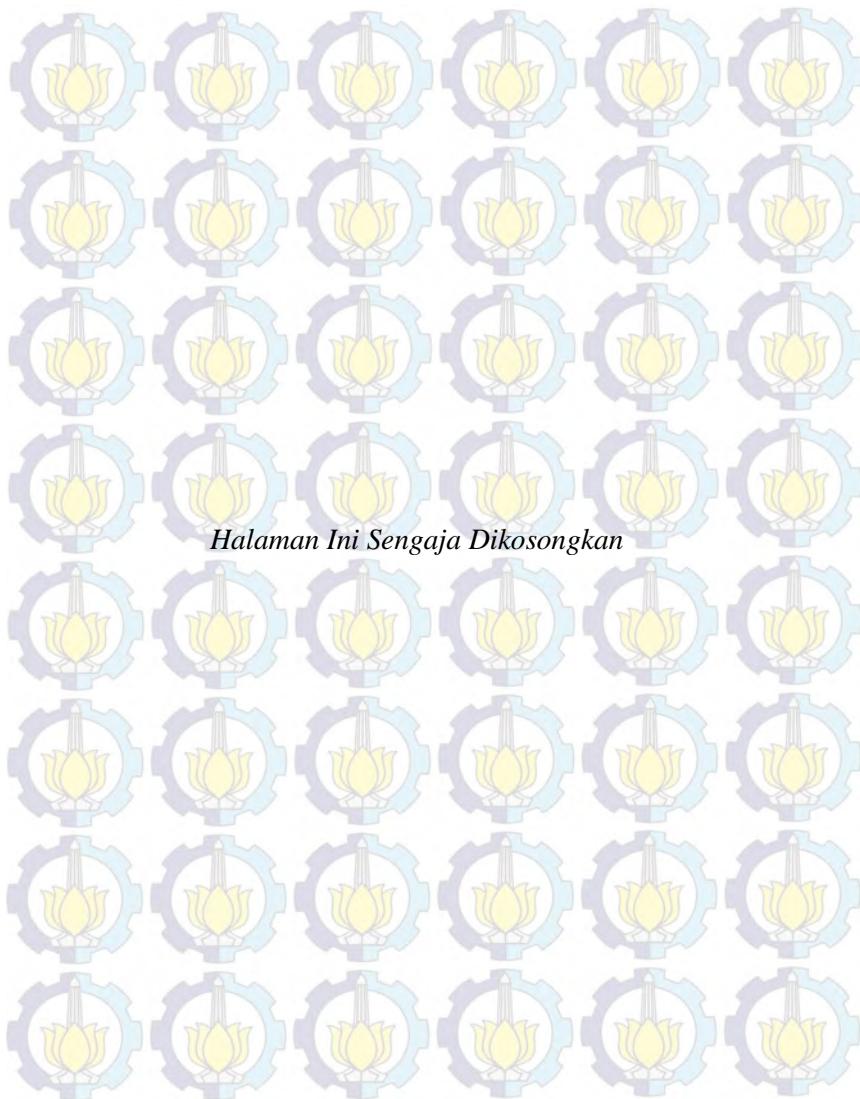
### 2.5.3 Pengujian Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa per volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah.

Pengujian densitas ditujukan untuk mengetahui rapat massa dari bahan komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan metode arcimides. Dengan mencari nilai massa dan volume dari benda. Setelah massa dan volume komposit diketahui maka densitas dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.3)$$

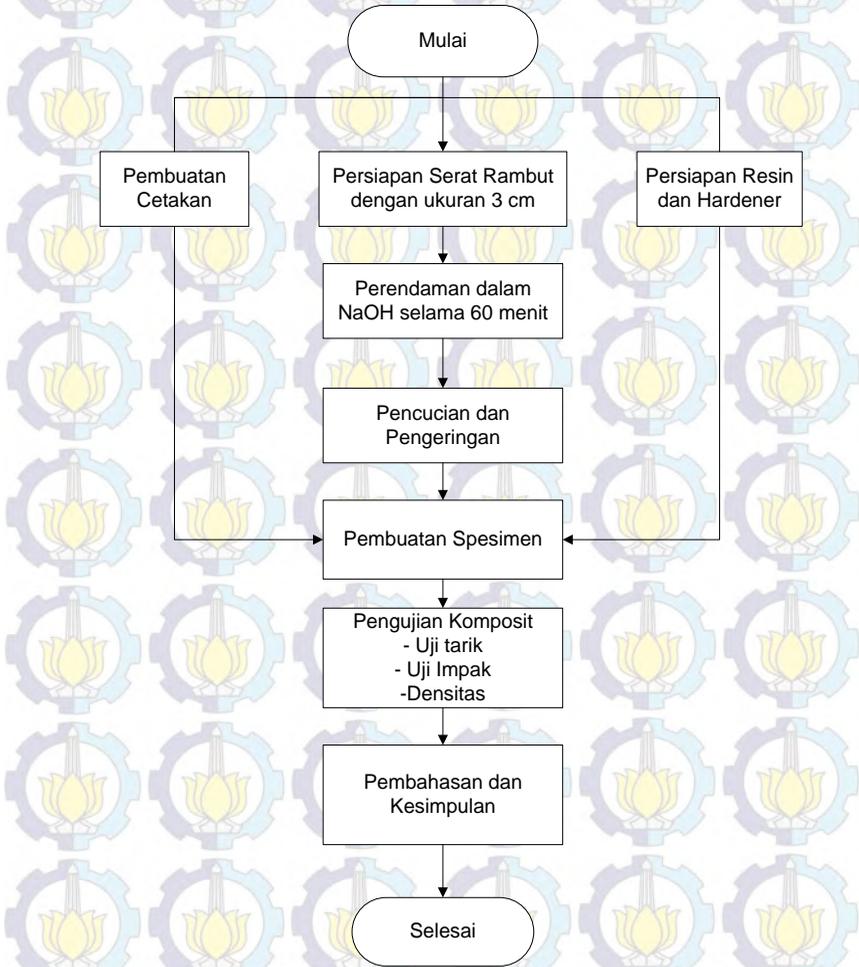
Dengan  $\rho$  = Massa jenis komposit (gr/ml)  
 $m$  = Massa komposit (gr)  
 $v$  = Volume komposit (ml)



*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan:



**Gambar 3.1** Diagram Alir Pembuatan Komposit Serat Rambut

### 3.1 Persiapan Sampel Uji

#### 3.1.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini diantaranya sendok, Papan kayu untuk membuat cetakan, timbangan digital untuk mengukur massa rambut, amplas untuk merapikan sampel, gelas beker, gelas ukur untuk mengukur *hardener* dari epoxy, pemberat sebagai alat penekan rambut dan pipet tetes untuk mengatur jumlah *hardener* pada polyester.

Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan antara lain limbah rambut yang di dapat dari beberapa salon di sekitar kampus ITS, NaOH 1 molar, resin epoxy sekaligus *hardener* MEXPO dan resin polyester beserta katalisnya.

#### 3.1.2 Pembuatan Cetakan

Komposit dari penelitian ini akan diuji menggunakan pengujian tarik standar ASTM D638-03 (Lampiran C) dan uji impak standar ASTM 6110-02 (Lampiran D). Maka dari itu cetakan komposit dibuat sesuai bentuk standar sampel uji.

Pertama yang dilakukan adalah membuat cetakan uji tarik dari *silica rubber* + *hardener*. Akan tetapi perlu dibuat wadah dari tripleks sebagai tempat untuk pengocaran silica. Bentuk dari triplek inipun mengikuti standar ASTM yang digunakan. Gambar 3.2 (a) menunjukkan hasil cetakan uji tarik, sedangkan gambar 3.2 (b) menunjukkan hasil cetakan uji impak.



(a)

(b)

**Gambar 3.2** (a) Cetakan Uji Tarik ASTM 638 (Lampiran C)

(b) Cetakan Uji Impak ASTM 6110 (Lampiran D)

### 3.1.3 Pengolahan Rambut

Pengolahan rambut ini ditujukan agar rambut yang digunakan memiliki performansi yang baik untuk digunakan sebagai penguat komposit. Ada beberapa tahap yang harus dilalui untuk menyiapkan rambut. Tahap-tahap dalam pengolahan rambut ini antara lain :

- Penyaringan rambut : yang bertujuan untuk menyaring rambut-rambut halus yang tidak diperlukan untuk pembuatan komposit ini, sebab panjang rambut yang digunakan untuk penguat pada komposit harus memenuhi panjang kritis serat. Panjang kritis rambut dapat dihitung dengan persamaan (2.1). Dengan diketahui nilai *ultimate tensile strength* rambut ras asia 140 MPa (Kamath and Hornby, 1984), tegangan geser rambut dengan matrik polymer sebesar 3,9 MPa (Liu, Zeng, dkk, 2014), serta diameter rambut orang asia rata-rata sebesar 0,07 mm (Franbourg A, dkk, 2003). Sehingga melalui persamaan (2.1) diperoleh panjang kritis untuk serat rambut manusia yaitu 1,27 mm.
- Pemotongan rambut : Panjang rambut yang digunakan harus lebih panjang dari 1,27 mm. Jika rambut yang digunakan sama panjang dengan panjang kritis, beban maksimum yang diberikan hanya bisa ditahan pada pusat pusat axial rambut. Sedangkan jika rambut lebih panjang dari 1,27 mm, daerah untuk menahan beban yang diberikan pada rambut juga akan semakin panjang (Calister dan Rethwisch, 2007). Selain itu ketersediaan limbah rambut dari salon rata-rata 3 cm, sehingga 3 cm adalah panjang yang dipilih untuk penelitian ini. Rambut-rambut panjang yang didapatkan dari salon masih tidak seragam maka perlu diseragamkan ukurannya sepanjang 3 cm. Setelah pemotongan rambut ini perlu dilakukan penyaringan lagi agar rambut halus yang ukurannya kecil bisa dibuang.
- Pencucian rambut : agar bersih dari berbagai kotoran, maka rambut yang sudah seragam ini dicuci dengan air beberapa

kali dan pada bilasan terakhir menggunakan aquades agar rambut benar-benar bersih.

- Perendaman NaOH 1 M : setelah pencucian, tahap selanjutnya adalah perendaman rambut dengan NaOH 1 M selama 60 menit. Perendaman rambut dengan NaOH 1 M ini bertujuan untuk menghilangkan minyak yang melekat pada rambut sehingga saat rambut dicetak akan memperkuat bonding antara rambut dengan matrik.
- Pembilasan : rambut yang telah direndam NaOH 1 M dibilas dengan air bersih sebanyak 10 kali agar NaOH benar-benar hilang dari rambut.
- Pengeringan : pada tahap ini rambut yang sudah bersih dikeringkan dalam suhu ruang kurang lebih selama 3-4 hari. Setelah semua benar-benar kering maka rambut sudah siap untuk digunakan sebagai penguat komposit. Berikut ini gambar 3.3 (a) menunjukkan proses pemilihan rambut dan gambar 3.3 (b) proses perendaman NaOH 1 M



(a)



(b)

**Gambar 3.3** (a) Pemilihan Rambut

(b) Perendaman NaOH Setelah Pencucian.

### 3.2 Pembuatan Sampel

Setelah semua proses selesai dilakukanlah pencetak sampel sebanyak 24 buah sampel uji tarik dan 24 buah sampel uji impak

dalam tugas akhir ini rasio fraksi volume matrik dan serat dibuat tetap yaitu 30% serat rambut dan 70% matrik. Yang dibuat sebagai variabel berubah adalah rasio epoxy dan *hardener*nya dengan perbandingan yaitu 50%:50%, 60%:40%, 70%:30%, 80%:20%. Sedangkan katalis yang digunakan untuk komposit dengan resin polyester yaitu 1 tetes, 2 tetes, 3 tetes, dan 4 tetes. Volume cetakan uji tarik yang telah dibuat sebesar 11,69 ml. Maka dari itu dapat dihitung :

- Volume rambut :  $0,3 \times 11,69 \text{ ml} = 3,5 \text{ ml}$
- Volume resin :  $0,7 \times 11,69 \text{ ml} = 8,19 \text{ ml}$

Sedangkan untuk uji impak volume cetakan sebesar 10,32 ml sehingga :

- Volume rambut :  $0,3 \times 10,32 \text{ ml} = 3,1 \text{ ml}$
- Volume resin :  $0,7 \times 10,32 \text{ ml} = 7,2 \text{ ml}$

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian Pembuatan Komposit Serat Rambut Manusia

Resin	Epoxy	Polyester
Variabel	Rasio Resin:Hardener	Jumlah Tetes Katalis/volume
	80%:20% (R:6,5 ml:H:1,6 ml)	1/8,19
	70%:30% (R:3,3 ml:H:2,5 ml)	2/8,19
	60%:40% (R:4,9 ml:H:3,3 ml)	3/8,19
	50%:50% (R:4,1 ml:H:4,1 ml)	4/8,19

Pada gambar 3.4 adalah contoh hasil dari pencetakan sampel uji tarik dan uji impak.



**Gambar 3.4** (a) Hasil Sampel Uji Tarik ASTM 638-03  
(Lampiran C)

(b) Hasil Sampel Uji Impak ASTM 6110-02  
(Lampiran D)

### 3.3 Pengujian

#### 3.3.1 Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan di Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif dan Elektronika (PPPPTK VEDC) Malang, departemen pengelasan logam dengan menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) merk GOTECH. Berikut ini gambar 3.5 merupakan bentuk dari mesin UTM merk GOTECH.



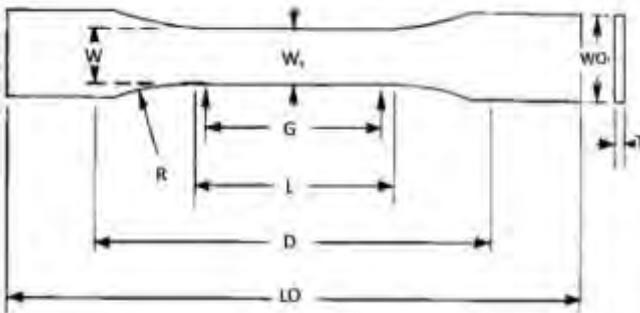
**Gambar 3.5** *Universal Testing Machine* GOTECH

Pada tabel 3.2 merupakan spesifikasi dari *universal testing machine* merk gotech tipe GT-AL-7000 L.

**Tabel. 3.2** Spesifikasi Alat Uji Tarik

<b>Capacity</b>	Max 100 KN
<b>Unit (Switchable)</b>	kgf , lbf , N , kN, kPa, MPa
<b>Load Resolution</b>	1/800.000
<b>Load Accuracy</b>	$\pm 0,5\%$
<b>Load Range</b>	<i>Rangeless (full scales at the same amplification)</i>
<b>Test speed</b>	0,001~500 mm/min <i>Selectable</i>
<b>Speed Accuracy</b>	$\pm 0,5\%$
<b>Stroke Resolution</b>	0,001 mm

Untuk melakukan uji tarik dengan mesin ini maka spesimen harus dibuat sesuai standar yang telah ditentukan. Bentuk dari spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM 638-03 dengan dimensi sesuai gambar 3.6 :

**Gambar 3.6** Bentuk Spesimen Uji Tarik Standar ASTM 638-03

Untuk keterangan nilai dari dimensi gambar 3.6 dapat dilihat rinciannya dalam tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM 638-03

Dimensi	Panjang (mm)	Toleransi (mm)
<i>W</i> – Width of narrow section	13	±0,5
<i>L</i> – Length of narrow section	57	±0,5
<i>WO</i> – Width of overall	19	±6,4
<i>LO</i> – length of overall	165	No max
<i>G</i> – Gage Length	50	±0,25
<i>D</i> – Distance between grips	115	±5
<i>R</i> – Radius of fillet	76	±1

### 3.3.2 Pengujian impak

Pengujian impak spesimen juga dilakukan di Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif dan Elektronika (PPPPTK VEDC) Malang, departemen pengelasan logam.



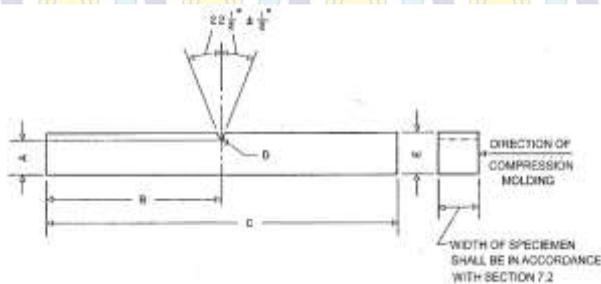
**Gambar 3.7** Charpy Impact Tester

Pada tabel 3.4 merupakan spesifikasi dari *Charpy Impact Tester* yang digunakan di PPPPTK VEDC :

**Tabel 3.4** Spesifikasi *Charpy Impact Tester*

<b>Berat Pendulum</b>	1,5 kg
<b>Jari-jari</b>	40 cm
<b>Sudut Awal Pendulum</b>	250 <sup>0</sup>

Untuk melakukan uji impact ini maka spesimen dibuat sesuai bentuk standar ASTM 6110-02 dengan bentuk sesuai gambar 3.8.

**Gambar 3.8** Bentuk Spesimen Uji Impact ASTM 6110-02

Untuk keterangan nilai dari dimensi gambar 3.8 dapat dilihat rinciannya dalam tabel 3.5.

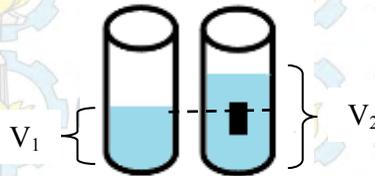
**Tabel 3.5** Dimensi Spesimen Uji Impact ASTM 6110-02

<b>Dimensi</b>	<b>Panjang (mm)</b>	<b>Toleransi (mm)</b>
<i>A – Width of narrow section</i>	10,16	±0,05
<i>B – Half of Length overall</i>	61-63,5	±0,05
<i>C – length of overall</i>	124,5-127	±2,5
<i>D – Charpy</i>	0,25R	±0,05
<i>E – Width of overall</i>	12,7	±0,15

Dalam pengerjaan spesimen uji impact ini tidak sesuai dimensi standar ASTM 6110-02. Sebab lebar keseluruhan spesimen hanya separuh dari panjang standar. Sehingga hasil pengujian impact tidak valid.

### 3.3.3 Pengujian densitas

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan rapat massa dari komposit yang sudah dibuat. Pengujian dilakukan dengan karakterisasi yang cukup sederhana yaitu dengan menentukan massa dan volume komposit. Caranya, spesimen komposit yang telah diukur massanya, dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah diberi air dan dicatat volume awal sebelum dimasuki komposit. Selanjutnya setelah komposit masuk ke dalam gelas ukur akan terjadi perubahan volume air dari  $V_1$  menjadi  $V_2$ . Selisih volume ini adalah volume dari komposit itu sendiri. Untuk mencari densitas dapat dihitung dari massa komposit dibagi dengan volume komposit.



**Gambar 3.9** Skema Pengukuran Volume Spesimen

### 3.4 Validasi

Validasi dilakukan dengan tujuan untuk membuktikan apakah spesimen yang telah dibuat termasuk dalam golongan komposit atau tidak. Validasi dilakukan dengan menghitung nilai *upper bound* dan *lower bound*. Apabila modulus elastisitas dari spesimen berada diantara nilai *upper bound* dan *lower bound* maka spesimen yang telah dibuat termasuk dalam kategori komposit. Nilai *upper bound* dan *lower bound* dapat diketahui dengan persamaan berikut :

- *Upper bound*

$$E_c = E_m \cdot V_m + E_f \cdot V_f \quad (3.3)$$

- *Lower bound*

$$E_c = \frac{E_m \cdot E_f}{V_m \cdot E_f + V_f \cdot E_m} \quad (3.4)$$

Keterangan :

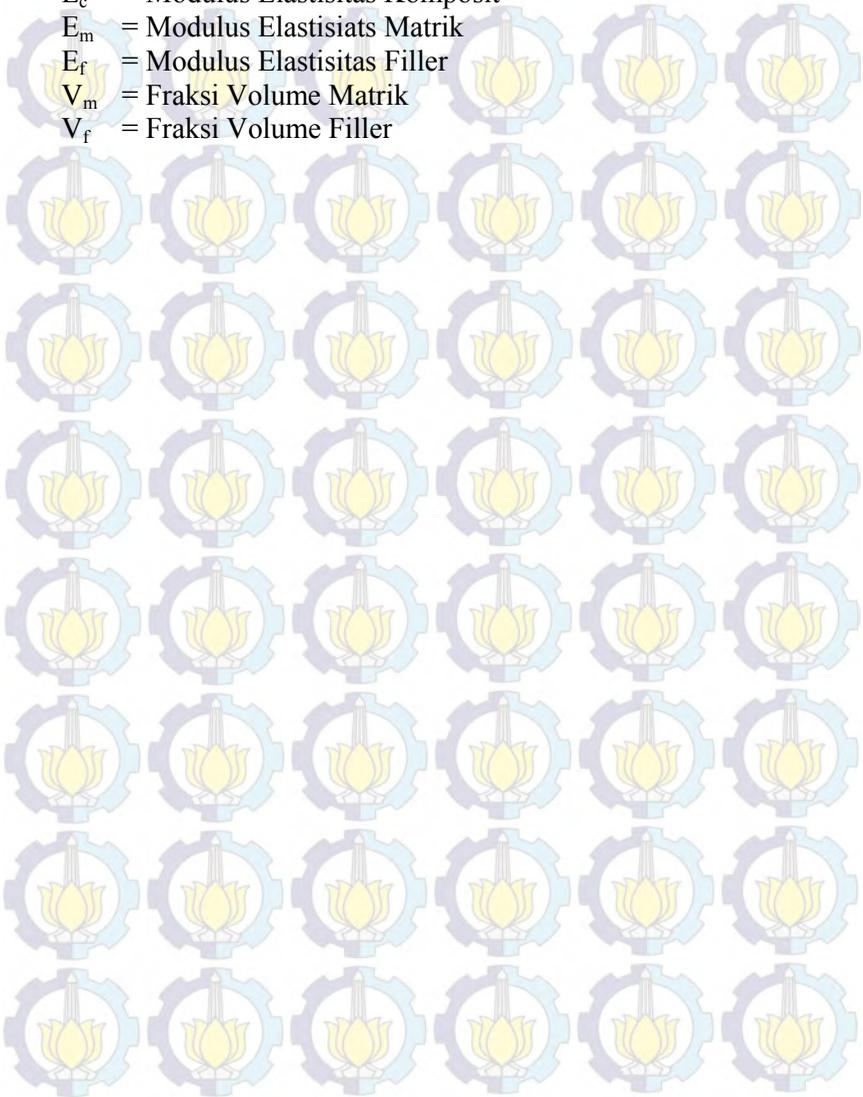
$E_c$  = Modulus Elastisitas Komposit

$E_m$  = Modulus Elastisitas Matrik

$E_f$  = Modulus Elastisitas Filler

$V_m$  = Fraksi Volume Matrik

$V_f$  = Fraksi Volume Filler





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan di PPPPTK VEDC Malang dengan total sampel uji tarik 24 buah. Dari hasil pengujian didapatkan hasil seperti berikut.

**Tabel 4.1** Hasil Uji Tarik Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Epoxy

Sampel	Rasio Epoxy	<i>Peak Load</i>	<i>Yield Strength</i>	<i>Elastic Modulus</i>	<i>Tensile strength</i>	<i>Elongation</i>
		kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	%
A	80% : 20%	65,218	0,654	28,675	1,3	3,68
B		48,23	0,48	72,922	0,95	1,5
C		113,71	1,143	105,027	2,28	2,24
A	70% : 30%	186,964	1,878	61,033	3,72	5,88
B		130,087	1,354	76,909	2,61	3,8
C		195,986	2,157	105,798	3,92	4,26
A	60% : 40%	158,04	1,636	54,006	3,16	8
B		190,113	1,899	82,738	3,8	5,92
C		224,463	2,247	82,803	4,5	6,32
A	50% : 50%	50,784	0,508	2,542	1,03	50,4
B		35,125	0,351	3,045	0,7	45,6
C		21,19	0,214	1,481	0,425	55,2

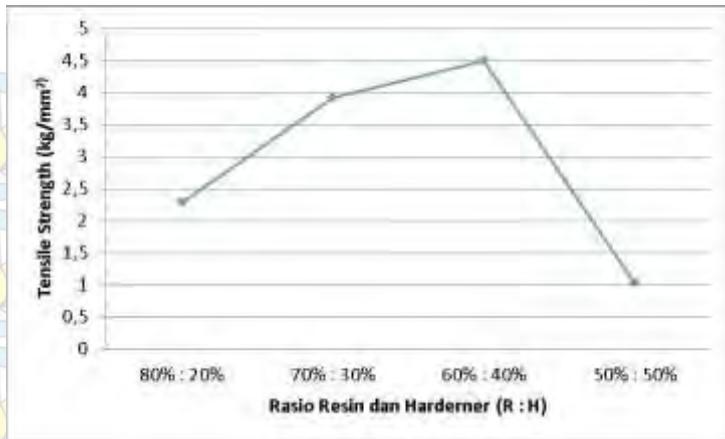
Sedangkan pada tabel 4.2 menunjukkan hasil uji tarik komposit dengan matrik polyester.

**Tabel 4.2** Hasil Uji Tarik Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Polyester

Sampel	Jumlah Katalis	<i>Peak Load</i>	<i>Yield Strength</i>	<i>Elastic Modulus</i>	<i>Tensile strength</i>	<i>Elongation</i>
		kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	%
A	1 tetes	76,964	0,776	50,151	1,55	2,96
B		46,792	0,493	67,542	0,95	1,36
C		124,044	1,239	130,37	2,49	2,24
A	2 tetes	130,575	1,308	47,629	2,66	4,7
B		182,471	1,826	46,942	3,6	7,04
C		115,183	89,832	62,617	2,32	3,8
A	3 tetes	135,52	1,356	86,916	2,7	3,68
B		144,019	1,484	51,482	2,88	4,96
C		136,951	1,648	120,111	2,72	2,88
A	4 tetes	106,168	1,062	48,084	2,1	3,76
B		170,264	1,701	93,3	3,4	3,84
C		88,499	0,877	64,042	1,78	2,76

Dari tabel 4.2, diambil hasil terbaik setiap variabelnya. Hasil terbaik dipilih dengan melihat kelinieran dari grafik hasil uji tarik dan nilai *tensile strength* terbesar. Nilai terbaik yang diperoleh diberi tanda kuning pada tabel 4.2 dan 4.3.

Hasil terbaik setiap variabel dapat kita plot dalam grafik untuk mempermudah pembacaan. Berikut pada gambar 4.1 merupakan grafik hubungan antara *tensile strength* dengan rasio resin epoxy, sedangkan gambar 4.2 adalah grafik hubungan *tensile strength* dengan jumlah katalis pada resin polyester :



**Gambar 4.1** Hubungan *Tensile strength* dengan Rasio Resin dan *Hardener* Komposit Epoxy

Dari grafik 4.1 dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan *hardener* maka *tensile strength* semakin naik kecuali pada perbandingan 50% resin:50% *hardener*. Nilai *tensile strength* terbesar diperoleh pada komposisi resin dan *hardener* 60%:40% sebesar 4,5 kgf/mm<sup>2</sup> atau setara dengan 44,37 MPa. Akan tetapi pada komposisi 50%:50% nilai *tensile strength* menurun drastis menjadi 1,03 kgf/mm<sup>2</sup>.

Penurunan nilai *tensile strength* pada komposisi 50%:50% ini dikarenakan perbandingan resin dan *hardener* yang setara tidak akan membuat resin menjadi keras akan tetapi justru menjadi empuk. Maka dari itu pada saat spesimen diuji tarik spesimen tidak patah tetapi hanya melilit karena sampel jauh lebih ulet dibandingkan spesimen yang lain. Sehingga dapat dikatakan pembuatan komposit dengan perbandingan resin dan *hardener* yang setara tidak bisa digunakan.

Gambar 4.2 berikut ini menunjukkan hubungan *tensile strength* terhadap penambahan jumlah tetes katalis pada resin polyester.



**Gambar 4.2** Hubungan *Tensile strength* terhadap Penambahan *Hardener* pada Komposit Polyester

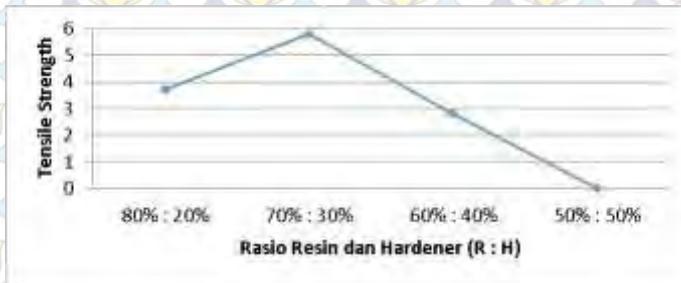
Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa penambahan banyaknya katalis akan meningkatkan nilai *tensile strength*. Nilai *tensile strength* tertinggi diperoleh pada penambahan jumlah katalis sebesar 4 tetes yaitu sebesar 3,4  $\text{kgf/mm}^2$ . Sedangkan nilai terendah diperoleh pada jumlah katalis 1 tetes yaitu sebesar 2,49  $\text{kgf/mm}^2$ . Hal ini dikarenakan pada penambahan katalis yang sedikit pada komposit, belum cukup membuat spesimen menjadi keras sehingga nilai *tensile strength* nya rendah.

Dari hasil pembuatan matrik komposit dengan berbagai variasi jumlah *hardener* di atas, grafik plot nilai *tensile strength* untuk komposit dengan matrik epoxy memiliki *trend* nilai *tensile strength* yang sedikit berbeda dibandingkan *tensile strength* resin dan *hardener* tanpa adanya filler. Pada tabel 4.3 dan gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian tarik resin epoxy tanpa *filler*.

**Tabel 4.3** Hasil Uji Tarik Epoxy Tanpa Serat Rambut

No	Rasio Epoxy	<i>Peak Load</i>	<i>Yield Strength</i>	<i>Elastic Modulus</i>	<i>Tensile strength</i>	<i>Elongation</i>
		kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	%
1	80% : 20%	134,783	1,871	295,866	3,7	1,28
2	70% : 30%	209,521	4,923	378,648	5,8	1,6
3	60% : 40%	103,474	1,436	150,043	2,8	2,76
4	50% : 50%	0,297	0,008	0,008	0,0082	0,01

Dari tabel 4.3 dapat diplot grafik yang ditunjukkan oleh gambar 4.3.

**Gambar 4.3** *Tensile strength* Epoxy dan *Hardener* Tanpa Serat Rambut

Dari tabel 4.3 dan gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *tensile strength* akan meningkat dari rasio resin : *hardener* 80%:20% sebesar 3,7 kgf/mm<sup>2</sup> lalu naik menjadi 5,8 kgf/mm<sup>2</sup> pada rasio 70%:30% selanjutnya pada rasio resin dengan *hardener* 60%:40% dan 50%:50% harga *tensile strength* semakin turun menjadi 2,8 kgf/mm<sup>2</sup> dan 0,0082 kgf/mm<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan komposit yang menggunakan serat hasil terbaik diperoleh pada titik yang berbeda. Pada komposit serat rambut manusia dengan matrik epoxy nilai tertinggi *tensile strength* diperoleh pada komposisi resin : *hardener* 60%:40% sedangkan polymer saja tanpa serat nilai terbaik diperoleh pada komposisi 70%:30%.

Berikut ini adalah tabel 4.4 dan gambar 4.4 yang menunjukkan nilai *tensile strength* resin polyester tanpa serat rambut.

**Tabel 4.4** Hasil Uji Tarik Polyester Tanpa Serat Rambut

No	Jumlah Katalis	<i>Peak Load</i>	<i>Yield Strength</i>	<i>Elastic Modulus</i>	<i>Tensile strength</i>	<i>Elongation</i>
		kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	%
1	1 tetes	95,087	1,325	164,317	2,6	1,52
2	2 tetes	98,753	1,373	170,611	2,7	1,48
3	3 tetes	163,178	2,268	251,046	4,5	1,84
4	4 tetes	213,447	2,965	270,844	5,9	2,22



**Gambar 4.4** *Tensile strength* Polyester dan *Hardener* Tanpa Serat Rambut

Dari tabel 4.4 dan gambar 4.4 dapat dilihat bahwa *trend* grafik perubahan nilai *tensile strength* akan semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah tetesan katalis. Hasil terendah diperoleh pada polyester dengan *hardener* sebanyak 1 tetes yaitu sebesar 2,6 kgf/mm<sup>2</sup>. Dengan bertambahnya jumlah katalis yaitu 2 tetes dan 3 tetes harga *tensile strength* akan meningkat yaitu sebesar 2,7 kgf/mm<sup>2</sup> dan 4,5 kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan hasil terbaik diperoleh pada poliester dengan *hardener* 4 tetes yaitu sebesar 5,9 kgf/mm<sup>2</sup>.

Dengan demikian *trend* nilai *tensile strength* untuk polimer tanpa serat rambut dan dengan komposit serat rambut menunjukkan hasil *trend* kenaikan yang serupa yaitu semakin banyak jumlah *hardener* maka akan semakin meningkat nilai *tensile strength*.

#### 4.2 Validasi Komposit

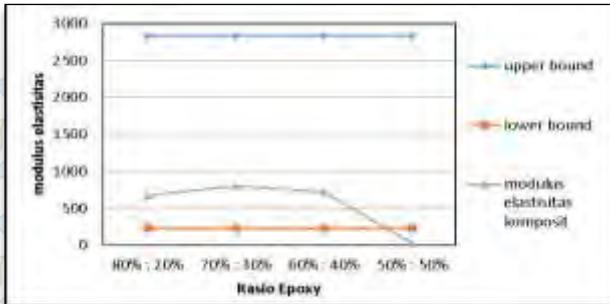
Validasi komposit dilakukan dengan cara menghitung nilai *upper bound* dan *lower bound* lalu nilai modulus elastisitas dari komposit dibandingkan. Apabila modulus elastisitas komposit berada diantara *upper bound* dan *lower bound* maka berarti spesimen yang telah dibuat sudah memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai komposit.

Nilai dari *upper bound* dan *lower bound* untuk komposit matrik epoxy dapat dilihat dari tabel 4.5 sedangkan untuk komposit matrik polyester dapat dilihat dari tabel 4.6.

**Tabel 4.5** *Upper bound* dan *Lower bound* Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Epoxy

NO	Rasio Epoxy	<i>Upper bound</i>	<i>Lower bound</i>
1	80% : 20%	2837,072	231,206
2	70% : 30%	2837,072	231,206
3	60% : 40%	2837,072	231,206
4	50% : 50%	2837,072	231,206

Berikut adalah gambar hasil plot tabel 4.5 yang menunjukkan letak modulus elastisitas terhadap *upper bound* dan *lower bound*.



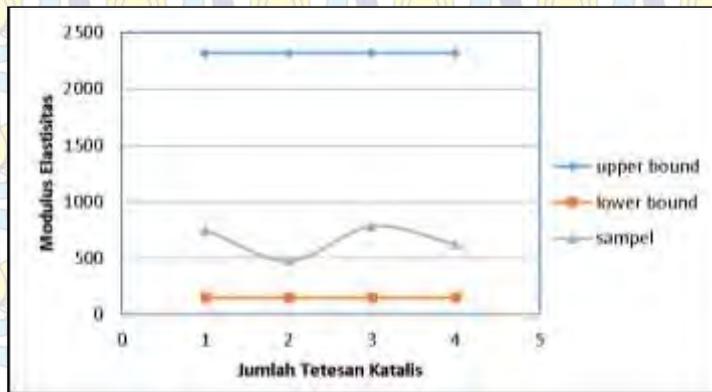
**Gambar 4.5** Validasi Komposit Matrik Epoxy

Dari gambar 4.5 diperoleh plot grafik rentang nilai modulus elastisitas komposit serat rambut bermatrik epoxy, apakah berada di antara *lower bound* dan *upper bound*. Syarat suatu spesimen bisa dikatakan sebagai komposit adalah nilai modulus elastisitasnya harus berada di antara *lower bound* dan *upper bound*. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai *upper bound* sebesar 2837,072 dan *lower bound* 231,206. Sedangkan nilai modulus elastisitas dari komposit serat rambut manusia bermatrik epoxy semuanya berada di dalam rentang *upper bound* maupun *lower bound* kecuali pada spesimen 50%:50% rasio resin dan *hardener*. Sebab nilai modulus elastisitasnya berada di bawah *lower bound*. Selain itu ditunjukkan pula dengan nilai *tensile strength* pada komposisi 50%:50% sangat rendah. Maka dari itu spesimen dengan komposisi resin dan *hardener* 50%:50% tidak bisa dikatakan sebagai komposit.

**Tabel 4.6** *Upper bound* dan *Lower bound* Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Polyester

NO	Jumlah Katalis	<i>Upper bound</i>	<i>Lower bound</i>
1	1 tetes	2319,072	147,938
2	2 tetes	2319,072	147,938
3	3 tetes	2319,072	147,938
4	4 tetes	2319,072	147,938

Di bawah ini adalah grafik hasil plot tabel 4.6 yang menunjukkan letak moduls elastisitas terhadap *upper bound* dan *lower bound*.



**Gambar 4.6** Validasi Komposit Matrik Polyester

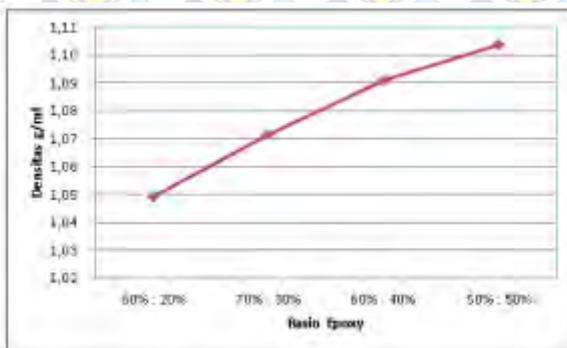
Dari gambar grafik 4.6 dapat dilihat bahwa nilai *upper bound* dan *lower bound* untuk semua jumlah tetes katalis sama yaitu sebesar 2319,072 untuk *upper bound* dan 147,938 untuk *lower bound*. Sedangkan untuk harga modulus elastisitas untuk komposit serat rambut manusia bermatrik polyester semuanya masuk dalam rentang antara *upper bound* dan *lower bound*. Maka dari itu seluruh spesimen yang dibuat dengan matrik polyester dapat dikatakan sebagai komposit.

### 4.3 Pengujian Densitas Komposit

Dalam tabel 4.7 dapat diketahui hasil pengujian densitas yang dilakukan dengan menghitung nilai massa per volume. Sedangkan pada gambar 4.7 merupakan hasil plot grafik dai rata-rata densitas.

**Tabel 4.7** Uji Densitas Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Epoxy

Sampel	Rasio Epoxy	massa (gram)	volume (ml)	densitas	rata-rata
A	80% : 20%	13,22	12,3	1,07	1,05
B		14,11	13	1,08	
C		13,13	13,3	0,98	
A	70% : 30%	13,13	12,4	1,05	1,07
B		13,31	12,5	1,06	
C		13,2	12,1	1,09	
A	60% : 40%	13,63	12,2	1,12	1,09
B		12,67	12,15	1,04	
C		12,57	11,3	1,11	
A	50% : 50%	13,78	12,25	1,12	1,10
B		13,39	12,3	1,08	
C		13,61	12,4	1,09	

**Gambar 4.7** Densitas Komposit Matrik Epoxy

Dalam pembuatan komposit, sifat unggul yang diharapkan adalah material yang kuat tetapi ringan. Ringan atau tidaknya

suatu bahan ditentukan dari massa jenis bahan tersebut. Sehingga dalam pembuatan komposit ini yang dicari adalah komposit dengan kekuatan yang tinggi tetapi densitasnya ringan.

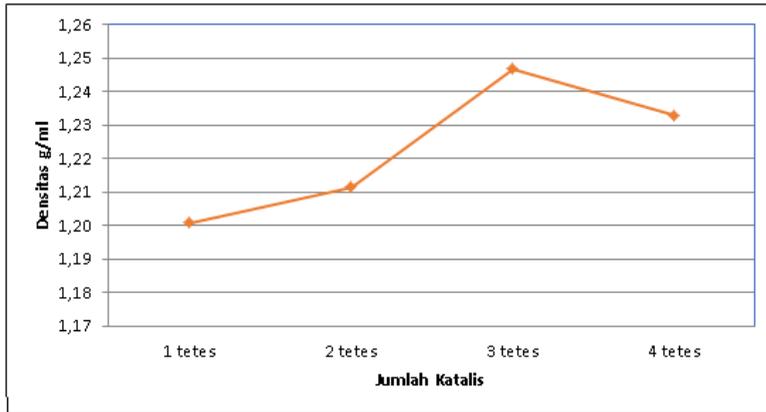
Dari grafik 4.7 di atas diperoleh hasil bahwa nilai densitas semakin naik seiring bertambahnya jumlah *hardener*. Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa rentang kenaikan harga densitas ini dalam skala yang cukup kecil. Densitas tertinggi diperoleh spesimen dengan perbandingan resin dan *hardener* 50%:50% sebesar 1,10 gr/ml. Sedangkan nilai densitas terendah didapatkan pada spesimen 80%:20% sebesar 1,05 gr/ml.

Tetapi lain halnya dengan komposit serat rambut bermatrik epoxy, komposit dengan matrik polyester menunjukkan *trend* yang berbeda pada hasil pengujian densitas. Hasil dari pengujian densitas untuk komposit serat rambut manusia bermatrik polyester dapat dilihat di tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Uji Densitas Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Polyester

Sampel	Jumlah Katalis	Massa (gram)	Volume (ml)	Densitas	Rata-rata
A	1 tetes	16,15	13,2	1,22	1,20
B		15,54	13	1,19	
C		15,51	13,1	1,18	
A	2 tetes	15,69	12,8	1,22	1,21
B		15,75	12,9	1,22	
C		15,92	13,4	1,18	
A	3 tetes	15,58	12,8	1,21	1,25
B		16,05	13,4	1,19	
C		15,64	11,8	1,32	
A	4 tetes	15	12,35	1,21	1,23
B		15,05	12,4	1,21	
C		15,5	12,2	1,27	

Berikut ini gambar 4.8 yang merupakan plot grafik dari hasil rata-rata densitas terhadap penambahan jumlah tetesan katalis.

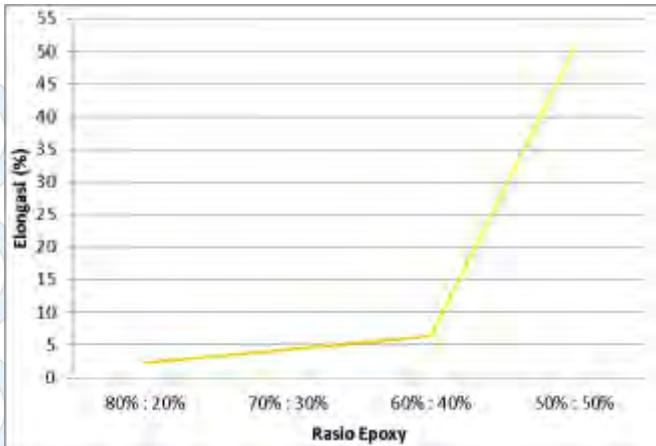


**Gambar 4.8** Densitas Komposit Matrik Polyester

Dari grafik 4.8 dapat dilihat bahwa bertambahnya jumlah tetesan katalis sekaligus menambah harga densitas tetapi pada jumlah komposit 4 tetes katalis nilai densitasnya justru turun. Densitas terendah diperoleh pada komposit dengan 1 tetes katalis yaitu sebesar 1,22 gr/ml. Sedangkan nilai densitas tertinggi diperoleh pada komposit dengan 3 tetes katalis yaitu sebesar 1,24 gr/ml. *Range* atau harga densitas tertinggi dikurangi harga densitas terendah hanya sebesar 0,02 gr/ml.

#### 4.4 Elongasi Komposit Serat Rambut Manusia

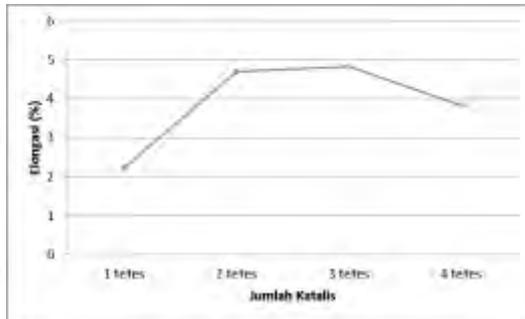
Dari pengujian tarik yang telah dilakukan didapatkan hasil pula besar elongasi komposit, yang telah ditunjukkan dalam tabel 4.1. Dalam gambar 4.9 dapat dilihat hasil nilai elongasi yang diplot dalam bentuk grafik.



**Gambar 4.9** Elongasi Komposit Serat Rambut Bermatrik Epoxy

Dari grafik 4.9 tersebut didapatkan hasil bahwa semakin banyak komposisi *hardener* maka akan semakin meningkat nilai elongasinya. Bahkan pada spesimen dengan perbandingan resin dan *hardener* 50%:50%, besar elongasi sangat melonjak tinggi menjadi 50,4 % dari sebelumnya 6,32% pada rasio resin dan *hardener* 60%:40%. Hal ini disebabkan spesimen yang dihasilkan pada rasio 50%:50% tidak keras. Selain itu nilai *tensile strength* sangat rendah sehingga modulus elastis dan elongasinya sangat tinggi.

Pada komposit serat rambut manusia bermatrik polyester menunjukkan *trend* yang sedikit berbeda dengan komposit bermatrik epoxy. Maka dari itu untuk memperjelasnya besarnya elongasi komposit serat rambut manusia dengan matrik polyester dapat dilihat nilainya pada tabel 4.2 dan plot grafiknya pada gambar 4.10.

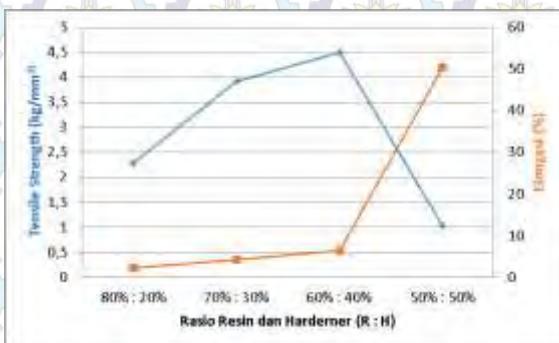


**Gambar 4.10** Elongasi Komposit Serat Rambut Bermatrik Polyester

Dari grafik 4.10 diperoleh hasil bahwa semakin bertambahnya jumlah tetesan maka elongasinya semakin naik kecuali pada jumlah katalis 4 tetes. Pada penambahan katalis 4 tetes elongasi justru turun menjadi 3,84% dari sebelumnya 4,83% pada penambahan katalis sebanyak 3 tetes. Sedangkan elongasi terendah yaitu pada jumlah katalis 1 tetes sebesar 2,24%.

#### 4.5 Interpretasi Hasil

Berdasarkan data dan analisis yang telah diperoleh maka didapatkan grafik hubungan antara *tensile strength* dengan elongasi seperti berikut :



**Gambar 4.11** Hubungan *Tensile Stength* dan Elongasi Komposit Serat Rambut Bermatrik Epoxy

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa nilai *tensile strength*, memiliki kecenderungan naik setiap penambahan *hardener* kecuali pada komposit dengan rasio resin dan *hardener* 50%:50% yang mengalami penurunan drastis. Hal ini disebabkan karena tidak semua *hardener* (50%) bereaksi dengan epoxy sehingga masih terdapat sebagian *hardener* yang masih dalam fasa larutan. Hal ini ditunjukkan dengan kondisi sampel yang tidak kering.

Sedangkan untuk elongasi, pada setiap penambahan *hardener* nilai elongasinya akan semakin meningkat terutama pada komposisi 50%:50%. Sebab spesimen pada komposisi tersebut lunak dan elastis sehingga elongasinya sangat tinggi sedangkan *tensile strength* sangat rendah.

Untuk komposit serat rambut manusia dengan matrik epoxy diperoleh hasil yang maksimal pada komposisi perbandingan resin dan *hardener* 60%:40%. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *tensile strength* terbesar 4,5 kgf/mm<sup>2</sup> atau setara dengan 44,37 MPa. Sedangkan elongasinya sebesar 6,32% dan densitas untuk komposit ini relatif tetap yaitu 1,05 gr/ml hingga 1,10 gr/ml.

Sedangkan untuk komposit serat rambut manusia bermatrik polyester hubungan *tensile strength* dan elongasi dapat dilihat pada gambar 4.12 di bawah ini :



**Gambar 4.12** Hubungan *Tensile Stength* dan Elongasi Komposit Serat Rambut Bermatrik Polyester

Untuk komposit serat rambut manusia bermatrik polyester, nilai *tensile strength* tertinggi didapatkan pada komposit dengan katalis 4 tetes yaitu sebesar  $3,4 \text{ kgf/mm}^2$  setara dengan 33,34 MPa. Semakin bertambahnya jumlah katalis maka nilai *tensile strength* akan semakin tinggi. Untuk elongasi ternyata hasilnya menunjukkan *trend* yang semakin naik pada penambahan katalis 1 tetes, 2 tetes, dan 3 tetes. Akan tetapi menurun pada komposit dengan jumlah katalis 4 tetes menjadi 3,84%. Selain itu ditinjau dari densitas, komposit serat rambut manusia bermatrik polyester juga memiliki densitas yang relatif sama berkisar 1,20 gr/ml hingga 1,25 gr/ml. Densitas dari komposit relatif sama sebab pada komposit yang memberi pengaruh terhadap densitas adalah fraksi volume serat, bukan banyaknya *hardener*.

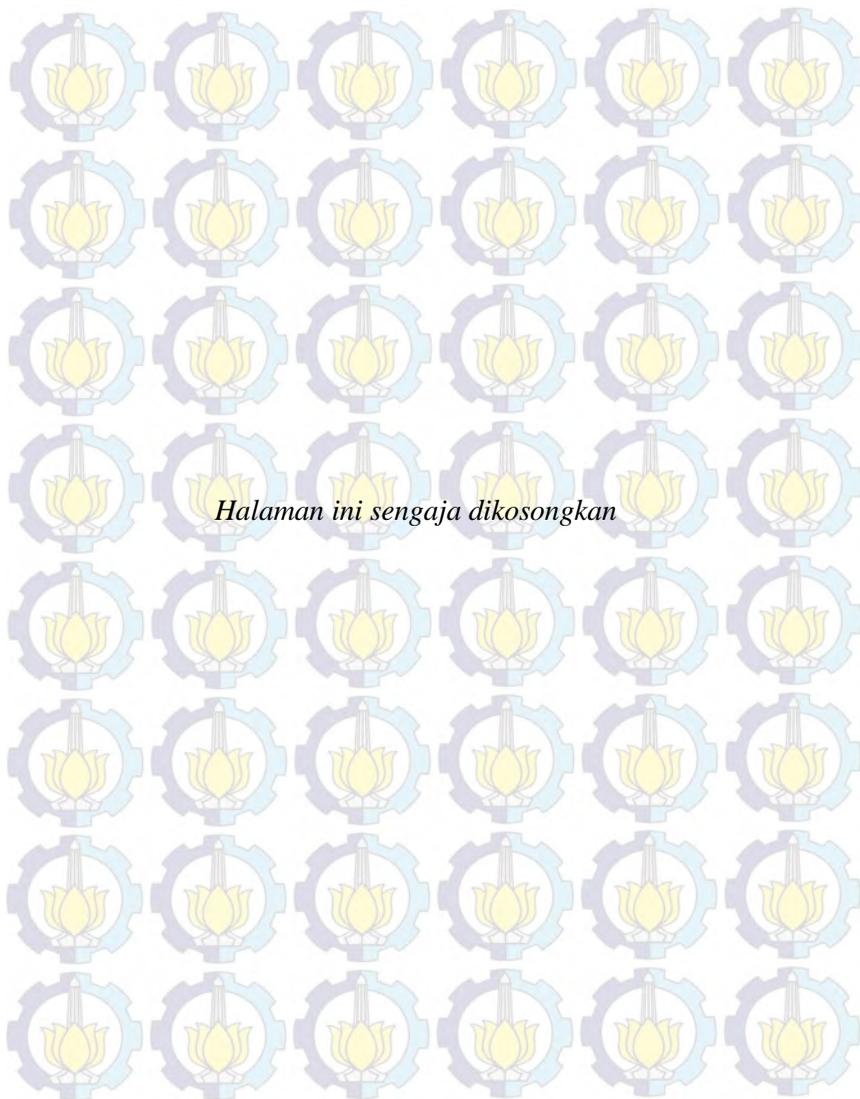
Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian impact, akan tetapi hasilnya tidak valid dikarenakan bentuk spesimen yang tidak sesuai dengan standar serta pengikiran sampel dan pembuatan takik yang tidak presisi  $45^\circ$  dengan gerinda dapat membuat sampel mengalami retak kecil terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian. Untuk hasil pengujian impact dapat dilihat pada lampiran B-1 dan lampiran B-2.

## BAB V KESIMPULAN

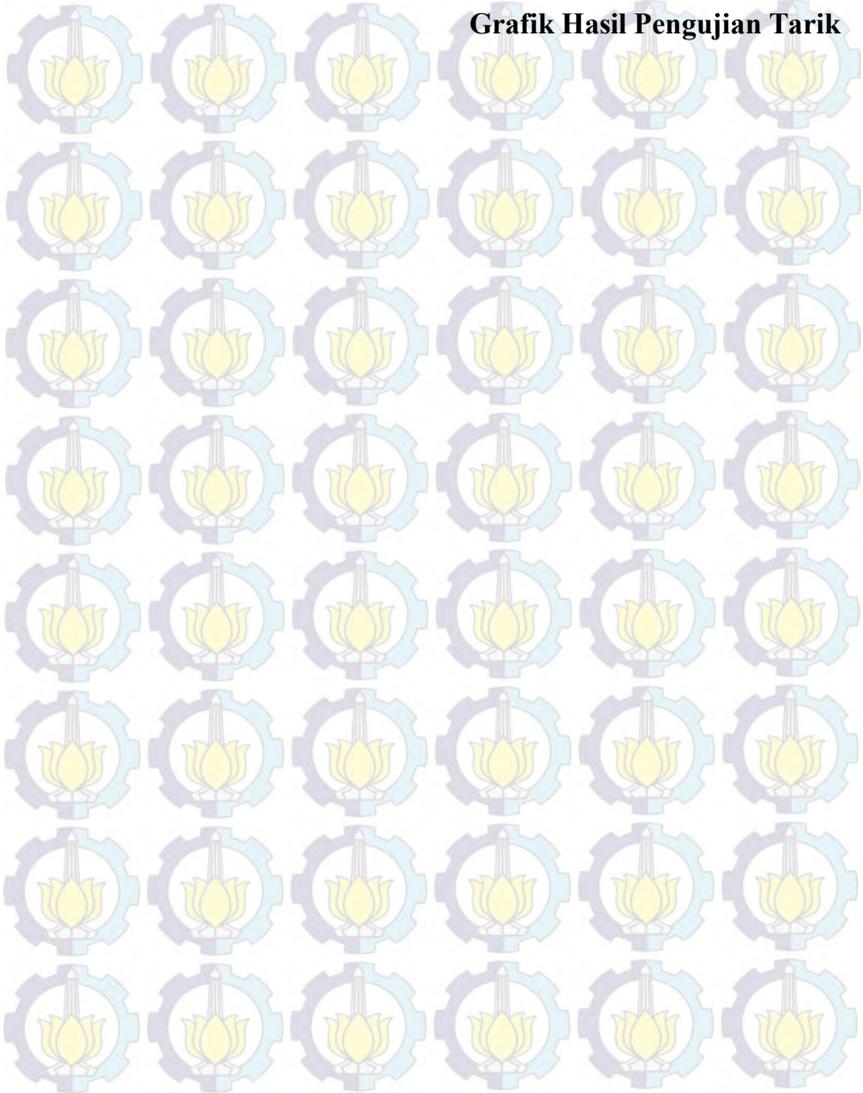
### 5.1 Kesimpulan

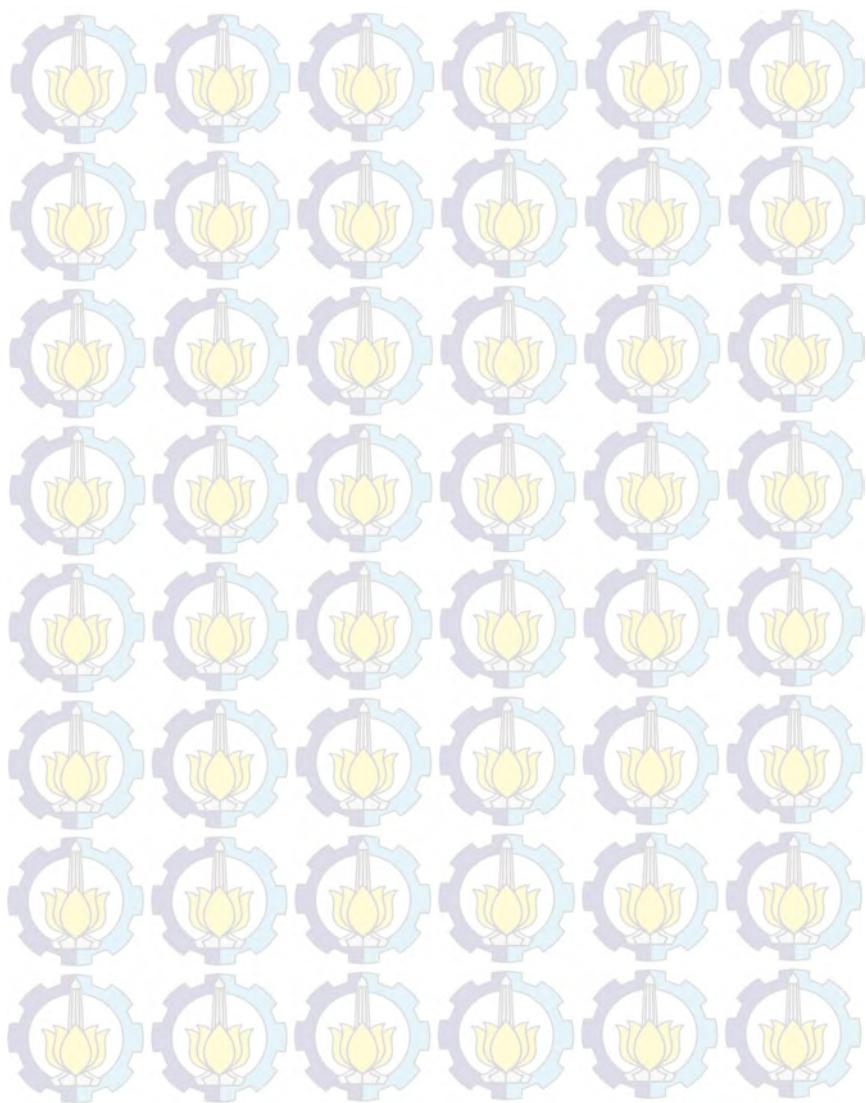
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dalam tugas akhir ini dapat disimpulkan, bahwa:

- Untuk bahan komposit serat rambut bermatriks epoxy diperoleh sifat mekanik terbaik pada komposisi resin banding *hardener* = 60% : 40% dengan karakteristik *tensile strength* 4,5 kgf/mm<sup>2</sup> atau setara dengan 44,37 MPa, elongasi 6,32 % dan densitas 1,0908 gr/ml.
- Untuk bahan komposit serat rambut bermatriks polyester diperoleh sifat mekanik terbaik pada penambahan *hardener* sebesar 4 tetes setiap 8,94 ml dengan karakteristik *tensile strength* 3,4 kgf/mm<sup>2</sup> setara dengan 33,34 MPa, elongasi 3,84% dan densitas 1,23 gr/ml.



**Grafik Hasil Pengujian Tarik**





**PPPPTK  
VEDC  
MALAYU**

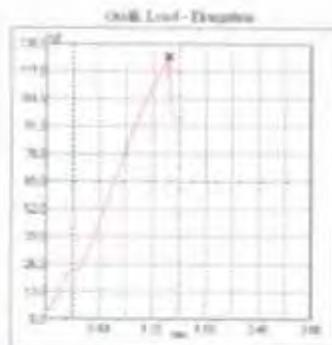
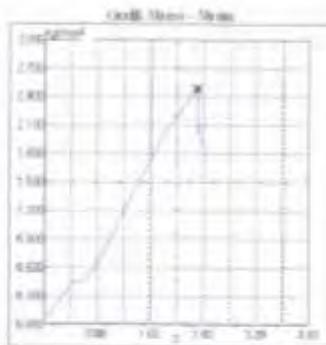
8, Tokoh Bangsa, Komplek Pk. Bin. 7 Medan,  
Telp. (0141) 491237 - 491549, Fax. (0141) 491542  
e-mail: vedc@vedc.gov.id, vedc@ppptk.gov.id  
http://www.vedc.gov.id

**TEST REPORT  
TUT LARIK**

Nama : Dhuin Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 2411100072  
Bahan : Polyester j teker

Hasil Uji Spesimen 1

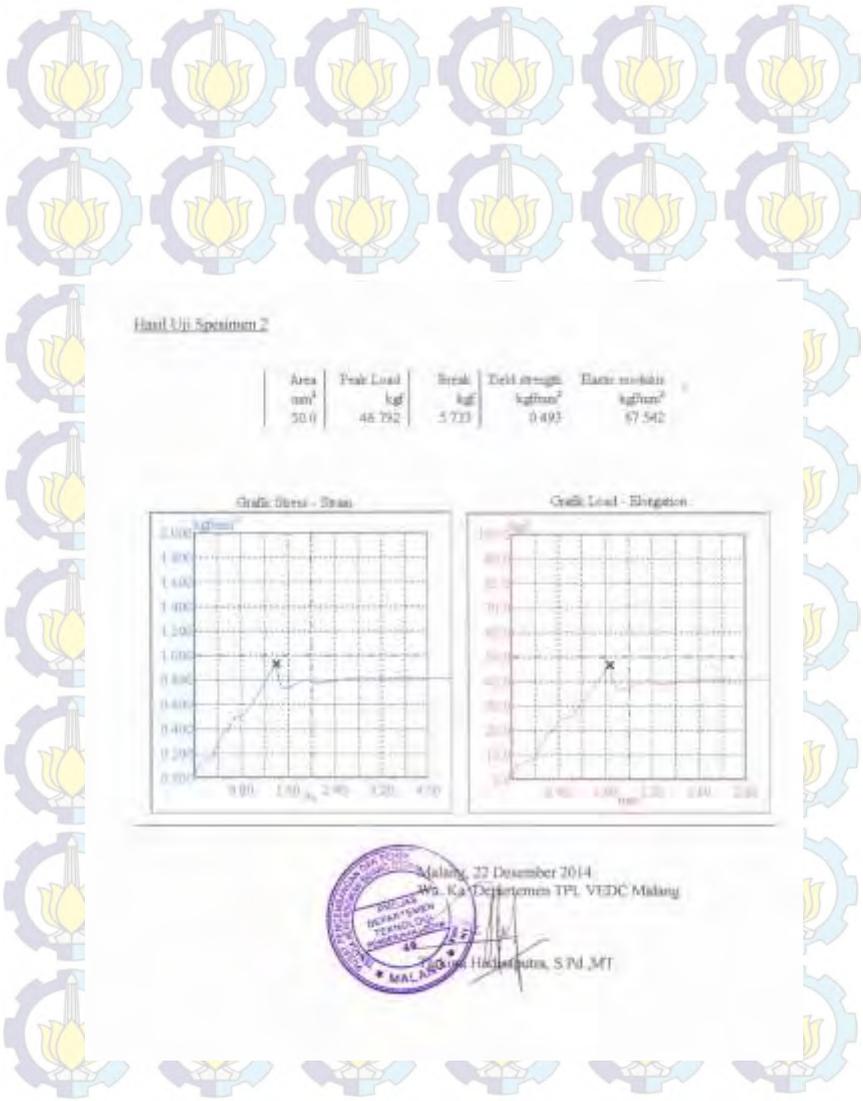
Jenis	Peak Load	Bentuk	Tarik strength	Elastisitas
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
58.6	137.044	50.908	1.229	130.176



Medan, 22 Desember 2014  
W.A. Rd. Departemen TPL VEDC Malang

Tarjuna H. Kusuma, S.Pd.MT

A-2



**PPPPTK  
VEDC  
MALANG**

Jl. Tekn. Mulan, Arjosari, Po. Box 5 Malang  
Telp: (0341) 491239 - 497549, Fax: (0341) 491342  
e-mail: [info@vedc.tptm.mkg.ac.id](mailto:info@vedc.tptm.mkg.ac.id)  
[www.vedc.tptm.mkg.ac.id](http://www.vedc.tptm.mkg.ac.id)

**TEST REPORT  
UJI TARIK**

Nama : Diven Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 2411100972  
Bahan : Poliester / Tatan Kanvas

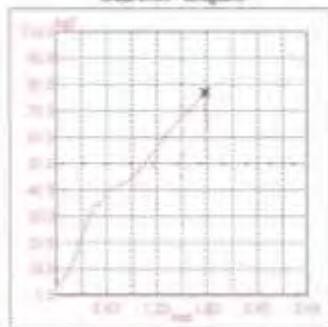
**Hasil Uji Specimen 1**

Area	Peak Load	Break	Yield strength	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	76.964	85.962	0.735	50.151

Grafik Stress - Strain



Grafik Load - Elongation



Malang, 22 Desember 2014  
W. K. Darmadiman TPI. VEDC Malang



Arifika Harjounita, S.Pd, MT

PPPPTK  
VEDC

MALANG

R. Tekdik Hidayat, Jl. Jember, Po. Box 7 Malang  
Telp. (0341) 491230 - 495349, Fax. (0341) 491342  
e-mail: vedc@vedc.malang.go.id

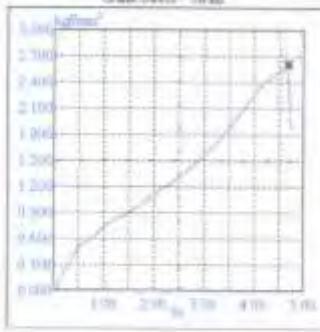
TEST REPORT  
UJI TARIK

Nama: Dhisni Kusuma W  
Jurusan: Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP: 2411100073  
Bahan: Polimer 2 Tetes Katalis

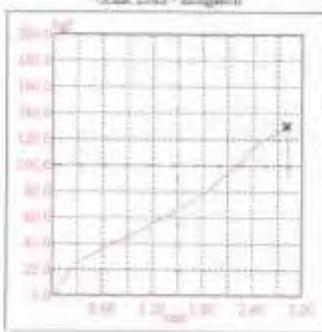
Hasil Uji Specimen 1

Area	Peak Load	Besak	Yield strength	Titik muatan
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	130.575	101.571	1.308	47.629

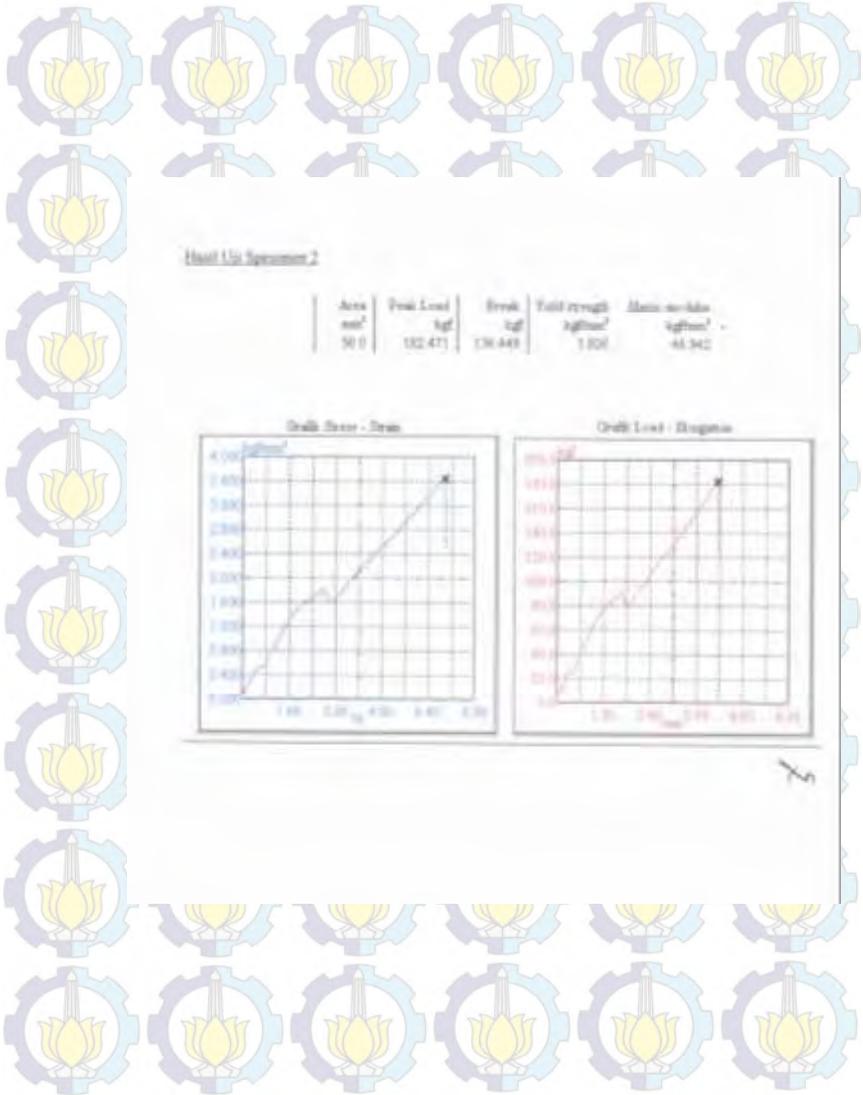
Graph Stress - Strain



Graph Load - Elongation

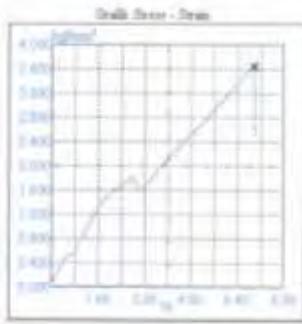


✓



Half Ua Specimen 2

Area	Peak Load	Break	Yield Strength	Modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	132.471	136.449	1.208	46.942



2



PPPTK  
VEDC

M A L A K H O

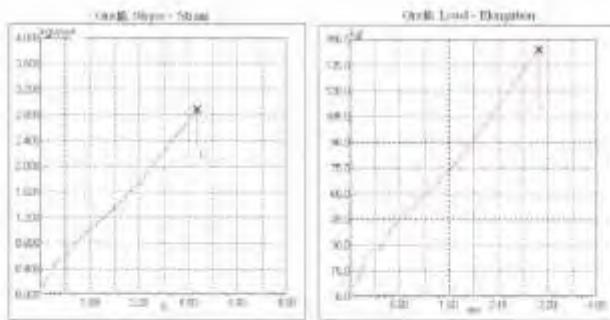
Jl. Tekel 3 Duren, Ajipasa, Po. Box 5 Elingang  
Telp. (0341) 494230 • 409849, Fax. (0341) 491344  
e-mail: vedc@indonesiavedc.com  
http://www.vedc.com

TEST REPORT  
UJI TARIK

Nama : Djibien Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 241100072  
Bahan : Polyester 3 liter

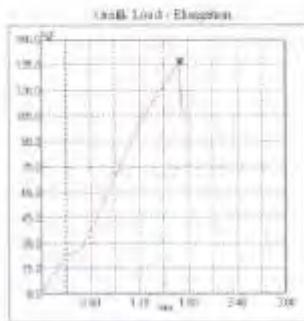
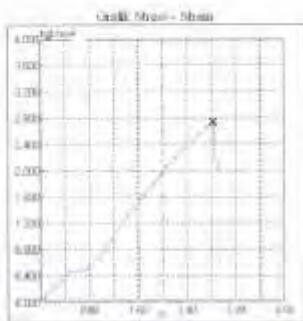
Basil Uji Spesimen 1

Luas	Debit Load	Break	Tulus strength	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	344.718	112.654	1.454	51.402



Hasil Uji Specimen 2

Area	Yield Load	Break	Yield strength	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
70.6	136.951	337.237	1.541	120.111



22 Desember 2014  
 Departemen TPL VEDC Malang

Indraputra, S Pd, MT

PPPPTK  
VEDC

M A T A R A

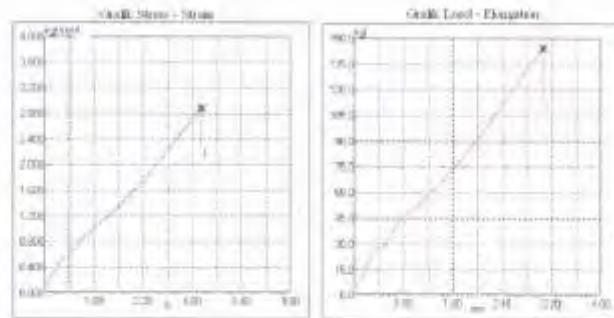
Jl. Tedi: 51 Jember, Agreste, Po. Box 1 Malang  
Telp: 0341 491239 - 497649, Fax: 0341 491342  
e-mail: vedc@ngg.com  
http://ngg.com

TEST REPORT  
UJI TARIK

Nama: Dhien Kusuma W  
Jurusan: Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP: 241100072  
Bahan: Polyester 3 tetes

Hasil Uji Specimen 1

Area	Deformasi	Break	Titik Tengah	Modulus elastisitas
mm <sup>2</sup>	%	%	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
56,6	144,371	212,664	1,434	11,482



**PPPTK  
VEDC**

WALAHU

R. Yudi Mulyo, Ajiwatu Po. Iim, Malang  
Telp: (0341) 491230 - 491240, Fax: (0341) 491341  
e-mail: vedc@vedc.ppptk-its.com  
http://www.ppptk-its.com

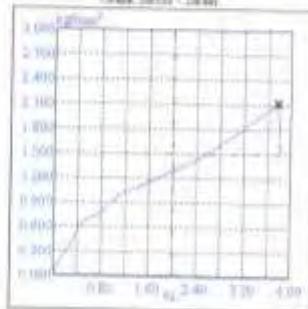
**TEST REPORT  
C3I TARIK**

Nama : Dhen Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 341106672  
Bahan : Polyester 4 Teras Katolik

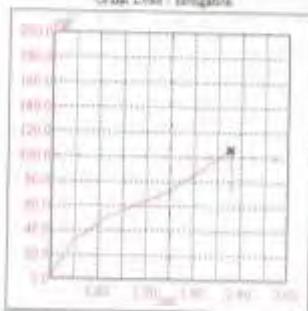
**Hasil Uji Spesimen I**

Area	Peak Load	Erak	Yield strength	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
35.0	106.103	64.303	1.032	48.004

Grafik Stress - Strain



Grafik Load - Elongasi



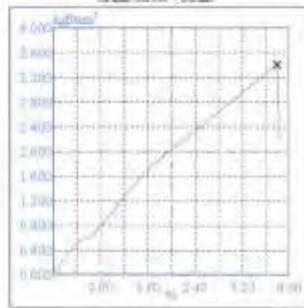
5



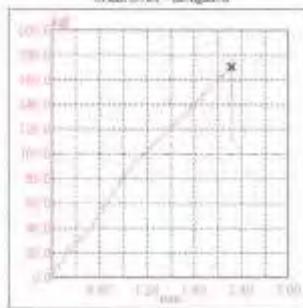
Hasil Uji Specimen 2

Area	Peak Load	Break	Yield strength	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	170.264	121.744	1.701	92.300

Grafik Stress - Deformasi



Grafik Load - Elongation

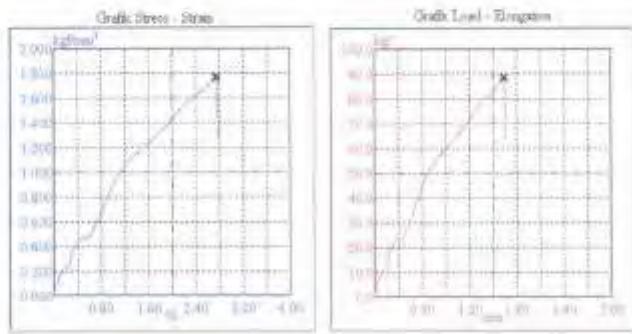


4

# A – 12

Hasil Uji Spesimen 3

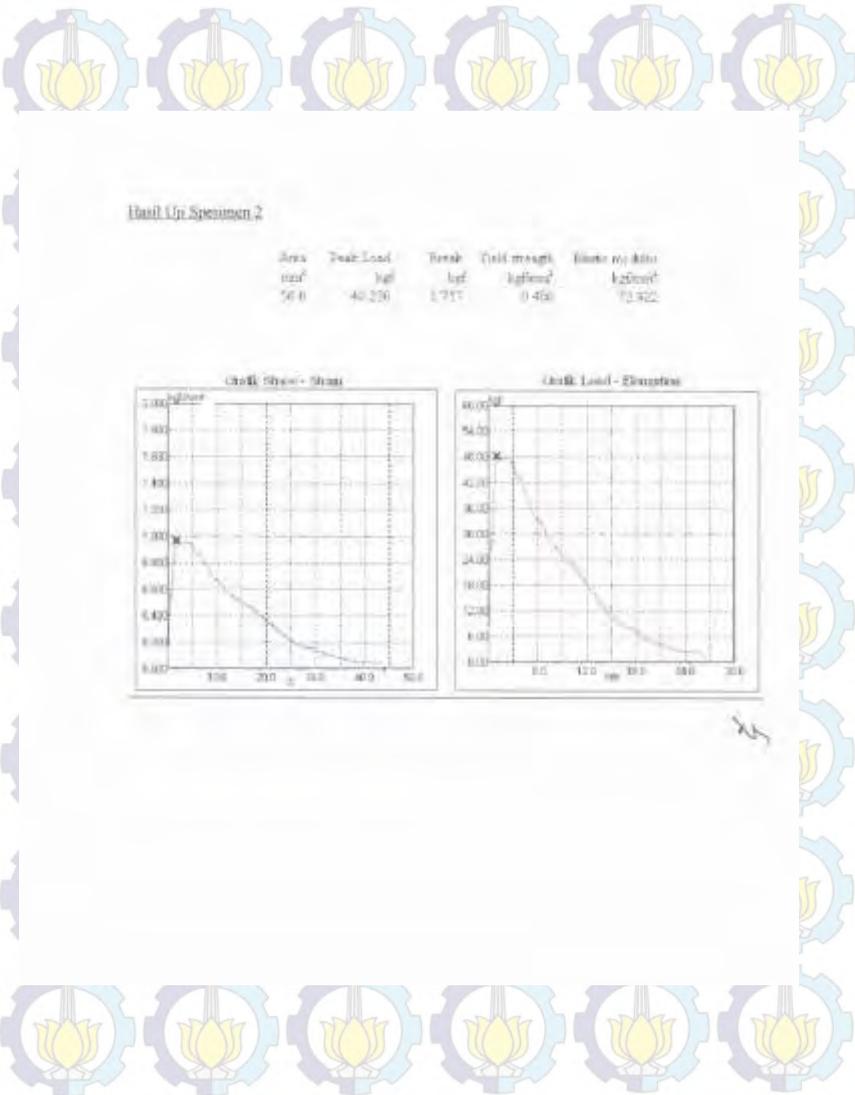
Area	Peak Load	Break	Yield strength	Elastic modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	88.495	69.281	0.877	59.042



22 Desember 2014  
Departemen TPL, VEIC Malang

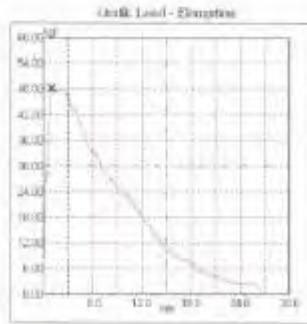
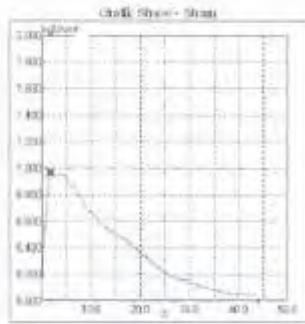
Handaputra, S.Pd.MT.





Hasil Uji Specimen 2

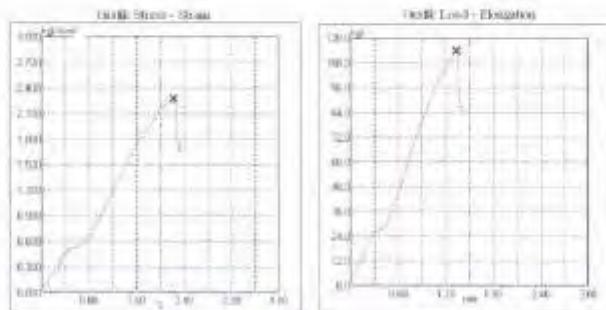
Area	Peak Load	Break	Yield strength	Elongate (to 40%)
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
56.0	40.230	1.717	0.450	72.422



Handwritten signature or mark.

## Hasil Uji Specimen 3

Area	Yield Load	Break	Tensile strength	Elongation
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	%
60.0	115.750	87.627	1.443	165.023



22 Desember 2014  
Departemen TPI, VEDC Malang

Taufik Hidayat, S.Pi., MT.

**PPPPTK  
VEDC**

M A L A W U

Jl. Tekdik 1, Dendur, Agosom, Po. Box 3, Malang  
Telp. 0341-491239 - 495149, Fax. 0341-491342  
e-mail : vedc@vedc.pppptk.diklat.widyadarmas.com

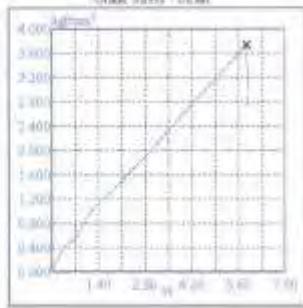
**TEST REPORT  
TUB TARIK**

Nama : Dhien Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 2411100072  
Bahan : Epoxy 30 % - 70 %

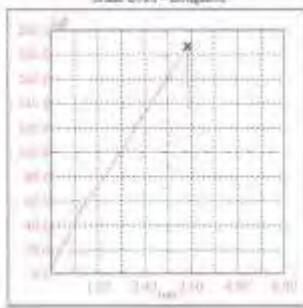
Hasil Uji Specimen 1

Area	Peak Load	Break	Yield strength	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.0	186.966	147.579	1.871	61.033

Grafic Stress - Strain



Grafic Load - Elongation

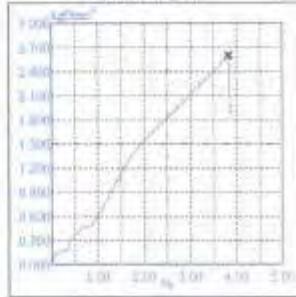


*(Handwritten mark)*

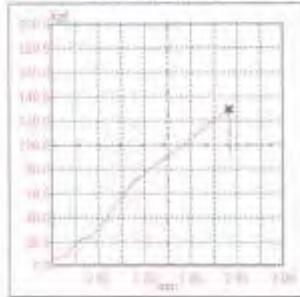
## Hasil Uji Specimen 2

Area	Peak Load	Bovak	Total strength	Harus modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
59.0	130.687	101.884	1.754	76.309

Grafik Stress - Strain

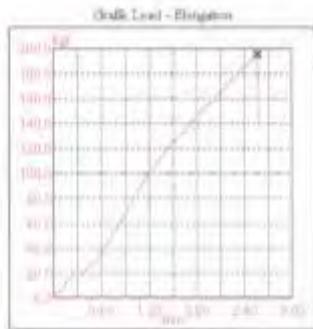
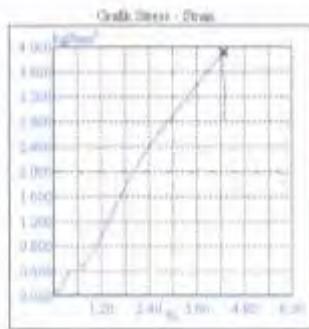


Grafik Load - Elongasi



Hasil Uji Specimen 3

Area	Peak Load	Break	Yield strength	Ukuran modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
59.0	195.986	152.647	0.151	195.799



Melalui, 22 Desember 2014  
 Di lingkungan PT. VEDIC Malang

Alvin Hadikapuran, S.Pd, MT

PPPPTK  
VEDC

MALANG

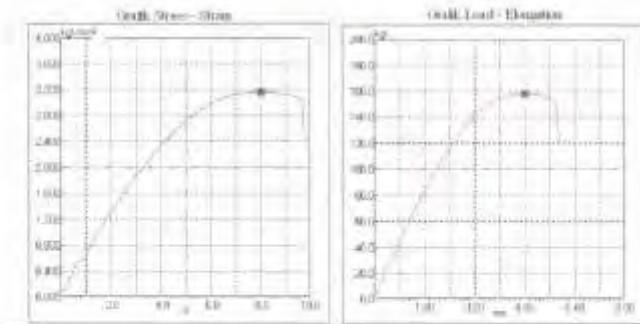
Jl. Tekel Sumantri, Jember, Ds. Eret 5 Jember  
Telp. (0341) 491239 - 495849, Fax. (0341) 491342  
e-mail: vedc@ngg.vedc.kemdiknas.go.id

TEST REPORT  
UJI TARIK

Nama: Dhien Kusuma W  
Jurusan: Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP: 2411100072  
Bahan: Epoxy 60% - 40%

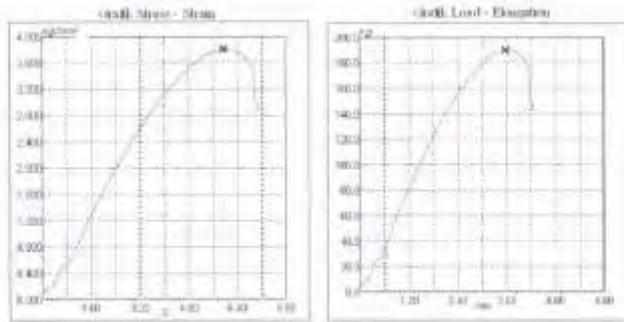
Hasil Uji Specimen I

Area	Debit Load	Perak	Titik renyah	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
30.8	350.946	225.070	1.736	54.036



Hasil Uji Specimen 2

Area	Break Load	Break	Yield strength	Elonasi maksimal
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
50.6	190.113	150.150	1.059	R1.938



Handwritten signature or mark.



**PPPPTK  
VEDC**

MAKARU

Il. Tekh. Mande, Jajawa, Pw. Elm.5 Mbatu  
Telp: 853411491230 - 491840, Fax: 101411491114  
e - mail : vedc@indonesiainstitut.com

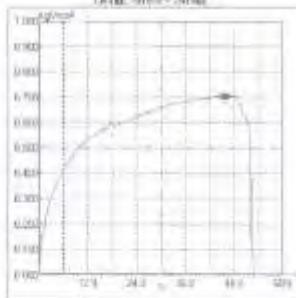
**TEST REPORT  
FUR LARIE**

Nama : Dhirip Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 2411100072  
Bahay : Eponi 50 % - 50 %

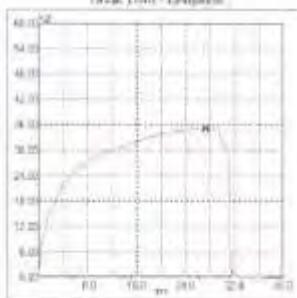
**Hasil Uji Specimen 1**

Area	Final Load	Break	Tinggi max	Kuatir max
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
30.0	32.121	0.005	0.751	1.045

Graph Stress - Strain



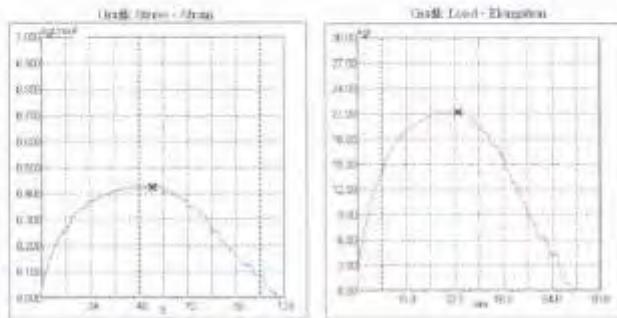
Graph Load - Elongation



28

## Hasil Uji Spesimen 2

Area	Peak Load	Beban	Tinggi seroput	Elastis modulus
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	mm	kg/mm <sup>2</sup>
56.0	21.150	0.470	0.254	1.407



Malang, 22 Desember 2014

We. Ka. Departemen TPI, VEDC Malang



Tarkita Harasaputra, S.Pd, MT.

PPPPTK  
VEDC

M A L A N G

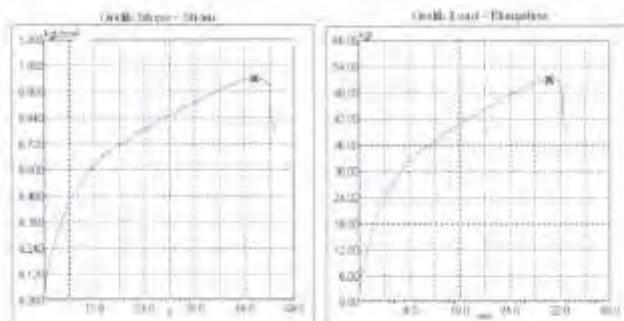
Jl. Tugu Mantri, Arjosari, Po. Plo. 3 Malang  
Telp. 0341-491139 - 493149, Fax. 0341-491342  
e-mail: vedc@plp.its.ac.id / vedc@plp.its.ac.id

TEST REPORT  
UJI TARIK

Nama: Dheni Kusuma W  
Jurusan: Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP: 2411100072  
Bahan: Epoxy 50 % : 50 %

(Hasil Uji Specimen 1)

Area	Peak Load	Break	Yield strength	Ultimate strength
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>
36.0	50.704	40.607	0.508	1.342



Malang, 22 Desember 2014  
W. S. P.  
Departemen TPL VEDC Malang  
T. Rizkiyanti, S.Pd., M.T.  
MALANG

**Epoxy Resin:Hardener 80%:20% Tanpa Serat**

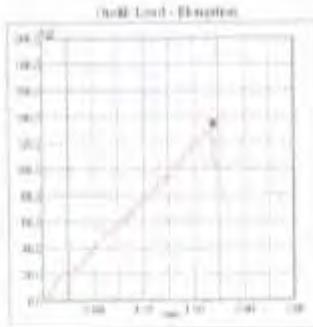
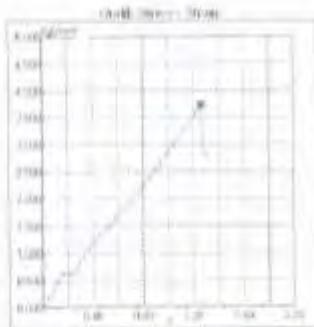
**PPPTK  
VEDC  
MALANG**

Jl. Tolo, Mambur, Arjosari, Po. Box 5 Malang  
Telp: (0341) 491239 - 491349, Fax: (0341) 491342  
e-mail: vedc@vedc.org / vedc@tpi.com  
http://www.vedc.org

**TEST REPORT  
UJI TARIK**

Nama : Dhien Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 2411100072  
Bahan : Epoxy 80 % : 20 %

Ukuran	Fast Load	Break	Yield Strength	Elongation
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	%
36.0	134.95	140.50	1.071	115.56%



Malang, 1 Januari 2015

2411100072 Dhien Kusuma W  
Pengujian TPL VEDC Malang

43  
Larkom Indrasaputra, S.Pd.MT

A - 26

## Epoxy Resin:Hardener 70%:30% Tanpa Serat

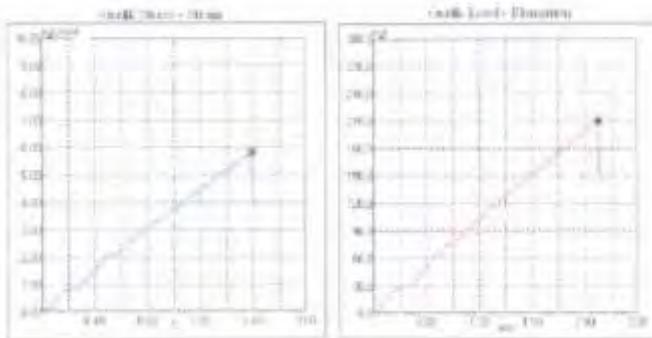
PPPPTK  
VEDC  
MALANG

Jl. Teknik Malang, Jember, Po. Box 1 Malang  
Telp. (0341) 291215 - 291240, Fax. (0341) 291342  
e-mail: tekmalang@vedc.kemdiknas.go.id  
http://www.vedc.go.id

### TEST REPORT UJI TARIK

Nama : Dhien Kusuma W  
Jurusan : Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP : 2411100072  
Bahan : Epoxy 70% : 30%

Jenis	Test Load	Break	Yield strength	Elongation
mm <sup>2</sup>	kgf	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
50.6	238.525	155.407	3.071	379.548



Malang, 22 Januari 2015  
Wakil Ketua TPL VEDC Malang

Tarko Pratomo, S.Pd., MT.

# Epoxy Resin:Hardener 60%:40% Tanpa Serat

**PPPPTK  
VEDC**

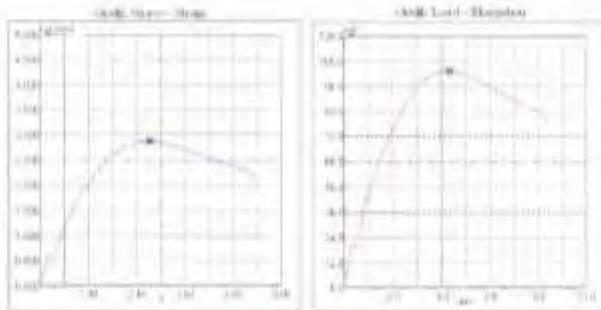
MALANG

Jl. Tokoh Maudud Arjosari Po Box 5 Malang  
Telp: 0341-494239 - 495549 Fax: 0341-494342  
e-mail: vedc@vedc.malang.go.id  
http://www.vedc.malang.go.id

**TEST REPORT  
UJI TARIK**

Nama: Dhimas Kusuma W  
Jurusan: Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP: 2411100072  
Bahan: Epoksi 40 % : 60 %

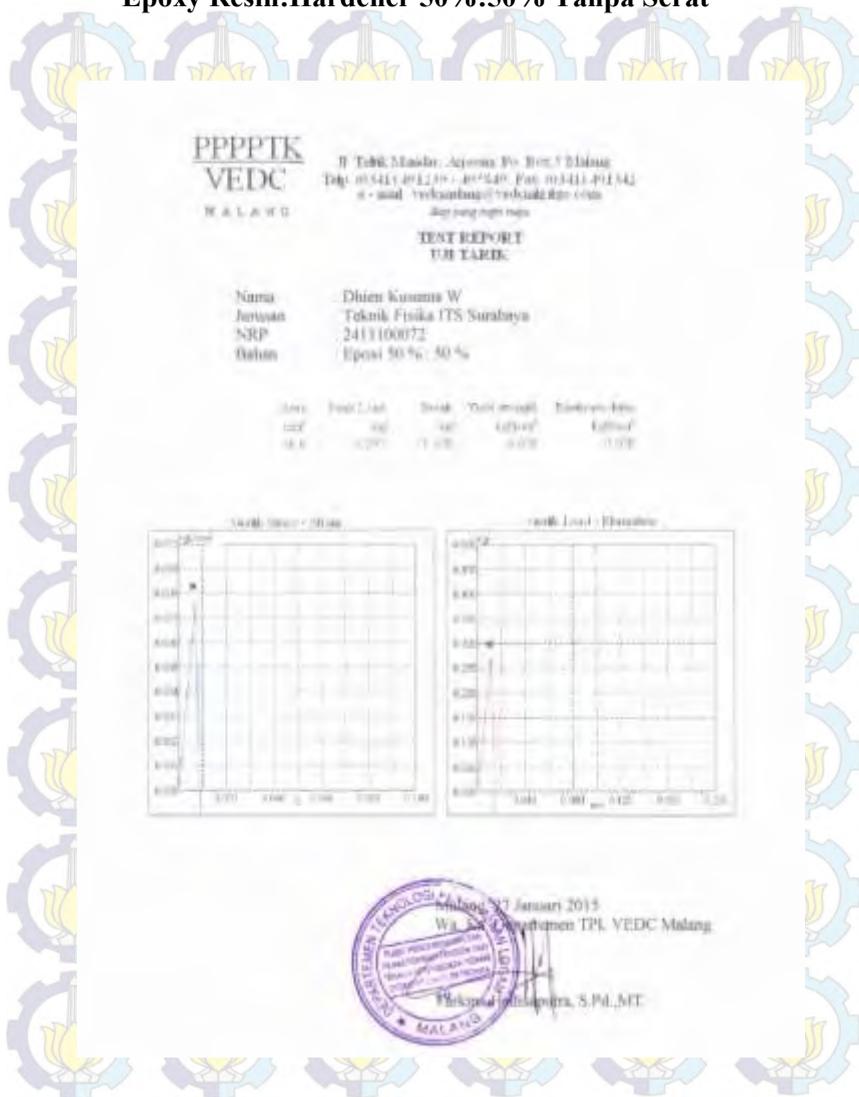
Area	Yield Load	Break	Yield Strength	Break strength
mm <sup>2</sup>	N	N	MPa	MPa
36.0	165.476	27.747	4.600	769.999



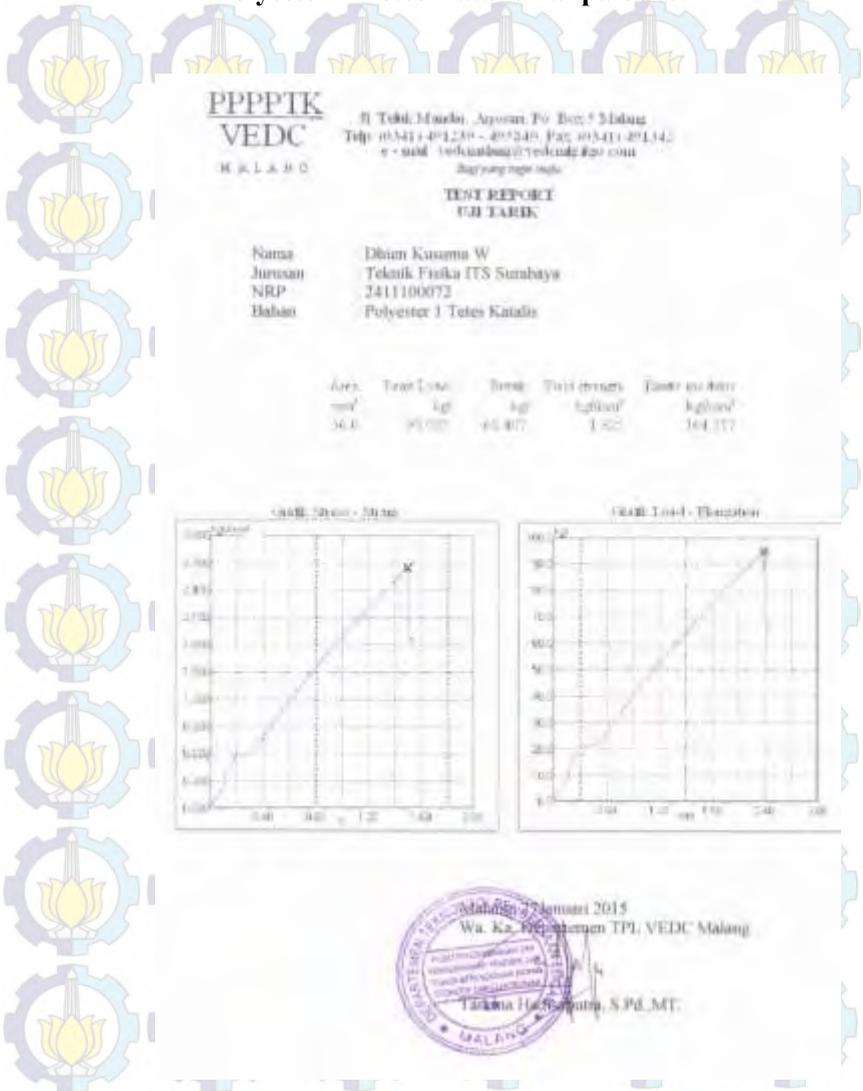
Malang, 10 Januari 2015  
 Widy. K. A. ...  
 Koordinator Tim Pengujian TPK VEDC Malang  
 (Signature)  
 Tarkim, P. ...  
 (Signature)  
**MALANG**

A – 28

## Epoxy Resin:Hardener 50%:50% Tanpa Serat



**Polyester 1 Tetes Katalis Tanpa Serat**



**PPPPTK  
VEDC  
MALANG**

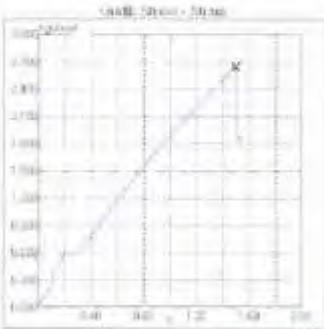
Jl. Tekel, Malang, Apurwa Po. Box. 5 Malang  
Telp: 0341 491230 - 497249, Fax: 0341 491342  
e-mail: vedc@malang.vedc.kemdiknas.go.id

**TEST REPORT  
UJI TARIK**

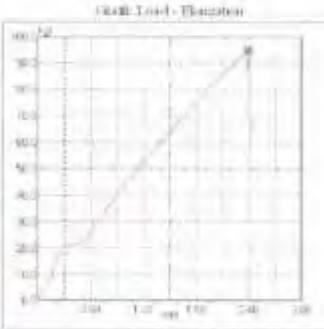
Nama: Dhim Kusuma W  
Jurusan: Teknik Fisika ITS Surabaya  
NRP: 2411100072  
Bahan: Polyester 1 Tetes Katalis

Area	Tuas (Luka)	Temp	Tuas (berat)	Temp (udara)
mm <sup>2</sup>	kg	kg	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
36.8	95.037	46.807	2.582	164.377

Graph: Stress - Strain



Graph: Load - Elongation



Malang, 22 Januari 2015  
Wu. E.A. Purnamasari, TPI, VEDC Malang

Teknik Fisika, ITS, S.Pd.MT.



**Polyester 2 Tetes Katalis Tanpa Serat**

**PPPPTK  
VEDC**

W A L A N G

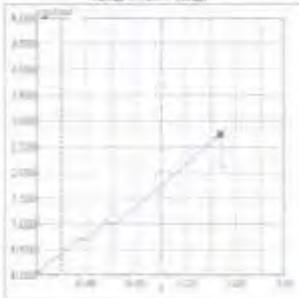
Di Teksi Mading, Jalan To Bin 5 Mading  
Telp: 0341-491230 - 491240, Faks: 0341-491342  
e-mail: vedc@indosat.net.id  
http://www.vedc.org

**TEST REPORT  
TUE LABE**

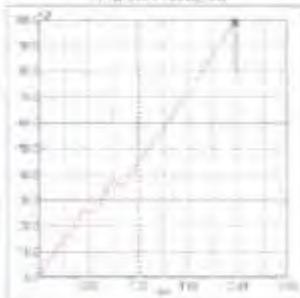
Nama : Dhen Kusma W  
Jurusan : Teknik. Fisika ITS Surabaya  
NIM : 241110072  
Bahan : Polyester 2 Tetes Katalis

Ukuran	Swet Long	Swet	Tekst strength	Elongasi (%)
cm	kg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
3x3	60.752	70.347	1.22	17.111

Graph Stress-Strain



Graph Load-Displacement



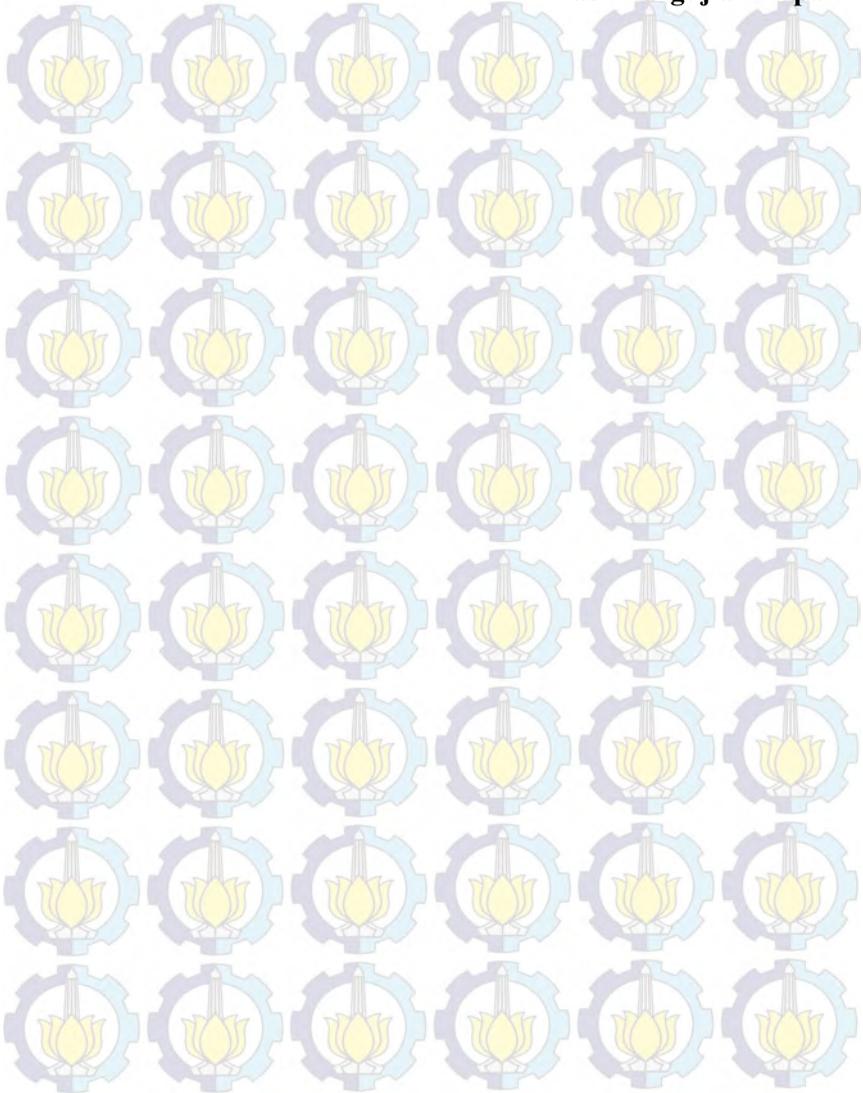
Mading, 14 Januari 2015  
W. Ka. Diklat dan Pengembangan TPL VEDC Mading

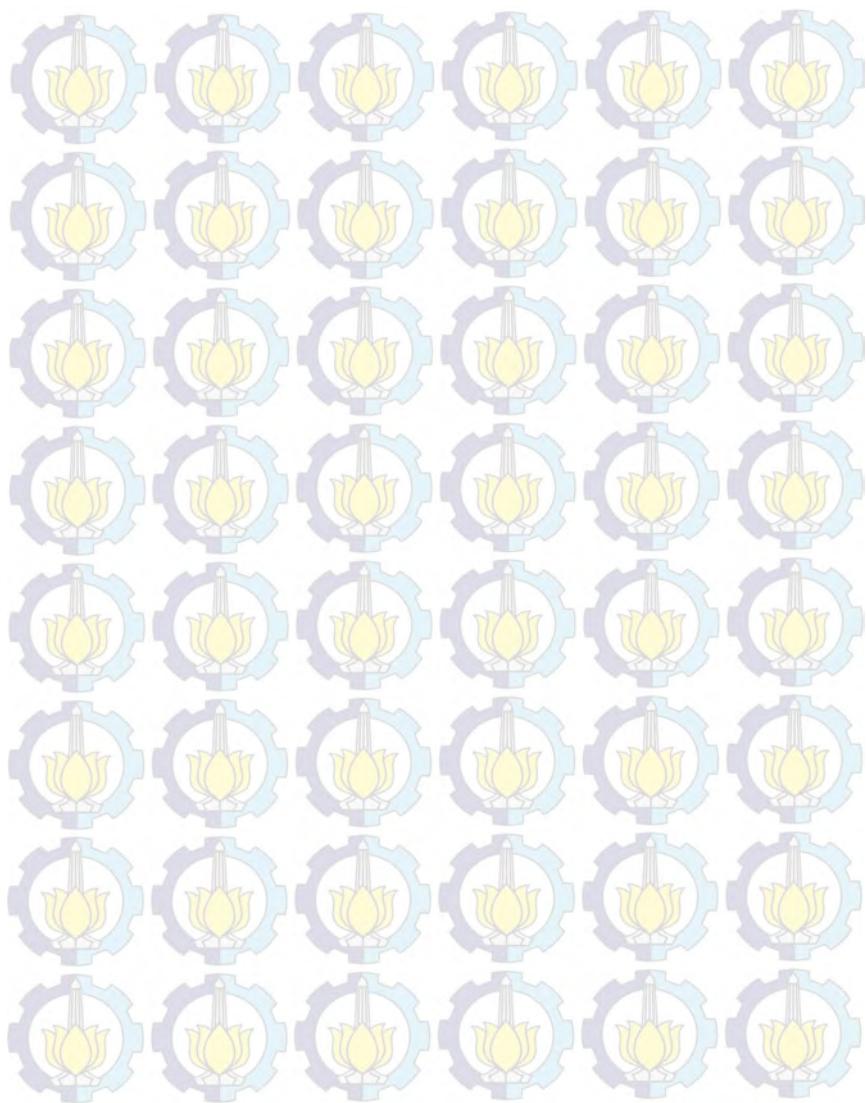
Taufiq H. Supriatno, S.Pd., MT.





**LAMPIRAN B**  
**Hasil Pengujian Impak**







Jl. Teknik Madya, Ajosari, Tropic Plus 5 Malang  
 Telp. (0341) 491239 – 495849, Fax (0341) 491342  
 e-mail: vedecmalang@rocketmail.com

**SURAT KETERANGAN PENGUJIAN IMPACT (D50)**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Tarkito Hadiastutra, S.Pd., MT  
 Jabatan: Wakil Kepala Departemen TPL  
 Alamat: PPTPTK / VEDEC Malang  
 Jl. Teknik Madya Tropic Plus 5 Ajosari - Malang

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama: Dhen Kusuma W  
 Melaksanakan: Jurusan Fisika ITS Semarang  
 NIM: 2411100072

telah melaksanakan pengujian Impact (D50) di laboratorium pengujian bahan Departemen TPL PPTPTK/VEDEC Malang dengan hasil sebagai berikut:

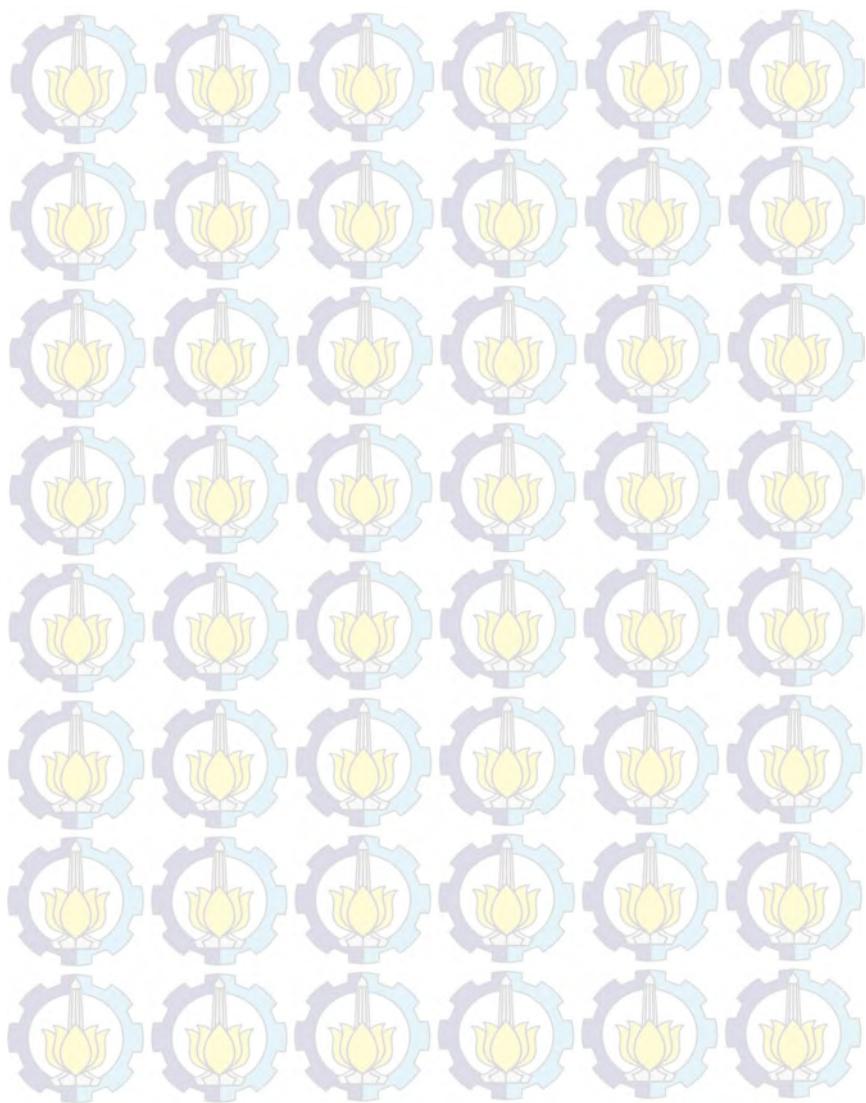
Polyster	J (%) II (%) III (%)			Epoxy	I (%) II (%) III (%)		
	1	2	3		1	2	3
1 Tetes Katalis	100	96	93	20-80% Katalis	50	33	66
2 Tetes Katalis	106	108	107	40-60% Katalis	50	53	52
3 Tetes Katalis	109	109	112	50-50% Katalis	45	77	45
4 Tetes Katalis	107	100	98	70-30% Katalis	6	12	14

Dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

- Mata pemukul : 2,5 Kg
- Jari-jari Pemukul : 40 Cm
- Kelembaban awal pumukul : 150°

Demikian Surat Keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.





**B-2****Perhitungan Harga Impak Untuk Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Epoxy**

Kode Sampel	Rasio Epoxy	Sudut Akhir	massa pemukul	$r$	Luas Penampang	Sudut awal	energi impact	kuat impact	Rata-rata kuat impact
		$\beta$	Kg	m	mm <sup>2</sup>	$\alpha$	$W = m \cdot g \cdot r (\cos B - \cos A)$	kg.m/mm <sup>2</sup>	
A	80% : 20%	50	1.5	0.4	8.32	150	8.87	1.07	1.03
B		33	1.5	0.4	8.32	150	10.02	1.20	
C		66	1.5	0.4	8.32	150	7.48	0.89	
A	70% : 30%	6	1.5	0.4	8.32	150	10.93	1.31	1.3
B		12	1.5	0.4	8.32	150	10.84	1.30	
C		14	1.5	0.4	8.32	150	10.79	1.29	
A	60% : 40%	56	1.5	0.4	8.32	150	8.38	1.01	1.57
B		53	1.5	0.4	8.32	150	8.63	1.04	
C		54	1.5	0.4	8.32	150	22.37	2.69	
A	50% : 50%	45	1.5	0.4	8.32	150	9.25	1.11	0.93
B		77	1.5	0.4	8.32	150	6.41	0.77	
C		65	1.5	0.4	8.32	150	7.58	0.91	

Keterangan  
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

**B-3****Perhitungan Harga Impak Untuk Komposit Serat Rambut Manusia Bermatrik Polyester**

Kode Sampel	Jumlah Katalis	Sudut Akhir	Massa Pemukul	$r$	Luas Penampang	Sudut awal	Energi Impak	Kuat Impak	Rata-rata kuat impak
		$\beta$	Kg	m	mm <sup>2</sup>	$\alpha$	$W = m \cdot g \cdot r (\cos B - \cos A)$	kg.m/mm <sup>2</sup>	
A	1 tetes	100	1.5	0.4	8.32	150	4.069	0.48	0.53
B		96	1.5	0.4	8.32	150	4.48	0.545	
C		93	1.5	0.4	8.32	150	4.78	0.57	
A	2 tetes	106	1.5	0.4	8.32	150	3.47	0.40	0.4
B		108	1.5	0.4	8.32	150	3.27	0.39	
C		107	1.5	0.4	8.32	150	3.37	0.41	
A	3 tetes	109	1.5	0.4	8.32	150	3.18	0.38	0.37
B		109	1.5	0.4	8.32	150	3.18	0.38	
C		112	1.5	0.4	8.32	150	2.89	0.34	
A	4 tetes	107	1.5	0.4	8.32	150	3.37	0.41	0.47
B		100	1.5	0.4	8.32	150	4.06	0.49	
C		98	1.5	0.4	8.32	150	4.27	0.51	

Keterangan  
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin M, dkk. 2012. Pengembangan Bahan Alternatif Interior dan Eksterior Otomotif dengan Limbah Rambut Manusia. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Callister, W. D, dan Rethwisch. 2007. Material Science and Engineering, An Introduction 7ed. Utah: John Willey and Sons, Inc.
- Davallo, M. 2010. Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin. Tehran: ChemTech.
- Diharjo K, 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Jakarta: Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1. Petra Christian University.
- Franbourg A, dkk. 2003. Current research on ethnic hair. Clichy-Sous-Bois: Journal of the American Academy of Dermatology. Hal. S115–S119.
- Gibson, R. F. 1994. Principles of Composite Material Mechanics. New York: McGraw-Hill.
- Khoirudim, M. 2013. Studi Perbandingan Panjang Kritis Pada Beberapa Macam Serat Alam Dengan Metode Pull Out Fiber Test. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Krevelen, D. W, dan Nijenhuis. 2009. Properties of Polymers. Amsterdam: Elsevier.
- Kumar K. N, dkk. 2008. Experimental Investigation on Mechanical Properties of Coal Ash Reinforced Glass Fiber Polymer Matrix Composites. Sangivalasa: IJETAE.
- Lee M. Stuart. 1993. Handbook of Composite Reinforcements. California: VCH Publishers.
- Liu, Zheng, dkk. 2014. Adhesion of aqueous polyurethane adhesive to human hair. China: Journal of Adhesion & Adhesives, hal. 14-19
- Lokantara. 2007. Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy. Bali: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM vol.1 no.1 hal 15-21

- Matthews, F. L. & Rawling, R. D. 1994. *Composite Material Engineering Science Technology and Medicine*. London: Elsevier.
- May A. C. 1988. *Epoxy Resin Chemical and Technology*. New York: Marcel Dekker Inc
- Monteiro, dkk. 2009. Natural-fiber polymer-matrix composites: Cheaper, tougher, and environmentally friendly. *Rio de Janeiro: Springer* Volume 61, Issue 1, pp 17-22
- Pascault, J. P, dkk. 2002. *Thermosetting Polymers*. New York: Marcell Deker Inc
- Robbins, C.R., 1994, *Chemical and physical behavior of human hair*. 3.ed. New York: Springer, 1994. 391p.
- Ruetsch, dkk. 2003. The role of cationic conditioning compounds in reinforcement of the cuticula. *Princeton: J. Cosmet. sci.*, 54, 63-83
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Material Handbook*. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Seshadri, Indira. 2008. In-Situ Tensile Deformation And Surface Charging Characterization Of Human Hair With Atomic Force Microscopy. *Ohio: Acta Mater* 56, 774-781
- Soekrisno. 1995. Manfaat Rambut sebagai Penguat Bahan Komposit. *Yogyakarta: Forum Teknik* Jilid 19. No. 2
- Suryanto. 2013. Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Bending Komsplit Serat Rambut Manusia dengan Matrix Polyester. *Surakarta: Universitas Sebelas Maret*.
- Thakur, V. K. 2013. *Green Composites from Natural Resources*. Florida: CRC Press
- Valéria M, dkk. 2009. Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. *Rio de Jenairo: Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences (BJPS)* vol. 45, no. 1, jan./mar.
- Y. K. Kamath dan S. B. Hornby. 1984. Mechanical and fractographic behavior of Negroidhair. *New York: J. Soc. Cosmet Chem.* 35, 21-43

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Dhien Kusuma Wardani, dilahirkan di Klaten pada tanggal 4 September 1993. Penulis memulai jenjang pendidikan sejak tahun 1998 di taman kanak-kanak dan melanjutkan bangku sekolah dasar pada tahun 1999 di SDN 2 Klaten. Sejalan dengan saran kedua orang tua untuk memilih sekolah di kota, anak pertama dari dua bersaudara ini menjatuhkan pilihannya pada SMPN 2 Klaten di tahun 2005 dan SMAN 1 Klaten pada 2008 sebagai tempatnya menimba ilmu. Pada tahun 2011 melalui jalur SNMPTN, penulis diterima menjadi mahasiswa di jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan nomer mahasiswa 2411100072. Hingga pada tahun 2014 penulis dapat melaksanakan tugas akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Fisika dengan judul **“Pengaruh Rasio Resin Dan Hardener Terhadap Sifat Mekanik Matrik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia”**. Bagi pembaca yang memiliki saran, kritik, atau ingin berdiskusi lebih lanjut tentang tugas akhir ini, maka bisa menghubungi penulis melalui [dhienkusuma@gmail.com](mailto:dhienkusuma@gmail.com) atau melalui akun BBM 51C843CC.