



LAPORAN TUGAS AKHIR TL-091584

**PENGARUH SERAT KACA KONTINU TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN SIFAT THERMAL KOMPOSIT
POLYESTER/SERAT KACA**

**LINGGA NUR SYAMSU
NRP. 2709100007**

**Dosen Pembimbing
Dr.Eng. Hosta Ardhyanta, S.T, M.Sc
Ir. Moh. Farid, DEA**

**JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT TL-091584

**THE EFFECT OF CONTINUOUS GLASS FIBERS TO THE
TENSILE STRENGTH AND THERMAL PROPERTIES OF
COMPOSITE POLYESTER/GLASS FIBER**

**LINGGA NUR SYAMSU
NRP. 2709 100 007**

Advisors

**Dr.Eng. Hosta Ardhyananta, S.T, M.Sc
Ir. Moh. Farid, DEA**

**Materials and Metallurgical Engineering Dept.
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**PENGARUH SERAT KACA KONTINU TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN SIFAT THERMAL
KOMPOSIT POLYESTER/SERAT KACA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
LINGGA NUR SYAMSU
NRP. 2709 100 007

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- 1.. Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.....(Pembimbing)
2.. Ir. Moh. Farid, DEA(Co-Pembimbing)



**PENGARUH SERAT KACA KONTINU TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN SIFAT THERMAL KOMPOSIT
POLYESTER/SERAT KACA**

Nama : Lingga Nur Syamsu
NRP : 2709 100 007
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.
Ir. Moh. Farid, DEA

Abstrak

Unsaturated Polyester Resin merupakan termoset polimer yang banyak digunakan. Poliester memiliki ketahanan kimia, ketahanan korosi dan sifat mekanik yang tinggi. Komposit adalah gabungan dari dua material atau lebih yang memiliki ikatan secara mekanik dengan tujuan untuk membentuk material sesuai dengan yang diinginkan serta harganya yang rendah. Dalam material komposit serat, fungsi utama serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan. Serat kaca adalah bahan yang ringan, kuat, dan sering digunakan dalam berbagai industri karena sifat mereka yang sangat baik. Dalam penelitian ini, dilakukan proses pembuatan komposit polyester/serat kaca kontinu dengan variasi fraksi berat serat kaca 0, 10, 20, 30, dan 40 wt %. Serat kaca yang digunakan memiliki diameter rata-rata $\sim 11 \mu\text{m}$ dan jenis yang digunakan continuous roving. Metode pencampuran komposit poliester/serat kaca dilakukan dengan hand lay-up. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya ikatan kimia antara polyester, katalis, dan serat kaca. Hasil pengujian tarik tertinggi pada terdapat pada komposisi 40% serat kaca sebesar 159,32 MPa. Penambahan serat kaca pada komposit dapat meningkatkan stabilitas thermal komposit.

Kata kunci : polyester, serat kaca kontinu, hand lay-up, kekuatan tarik, sifat thermal

THE EFFECT OF CONTINUOUS GLASS FIBERS TO THE TENSILE STRENGTH AND THERMAL PROPERTIES OF COMPOSITE POLYESTER / GLASS FIBER

Name : Lingga Nur Syamsu
NRP : 2709 100 007
Department : Materials and Metallurgical Engineering
Advisors : Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.
Ir. Moh. Farid, DEA

Abstract

Unsaturated Polyester Resin is a thermosetting polymer that is widely used. Polyesters are having chemical resistance, corrosion resistance and high mechanical properties. Composite is a combination of two or more materials that have a mechanical bond with the aim to establish in accordance with the desired material and the price is low. In the fiber composite material, the main function is as a pillar of strength fiber composite so that the level of the composite strength is highly dependent on the fiber used. Glass fibers are a material that is light, strong, and are often used in various industries because of their excellent properties. In this study, the process of making a composite polyester / continuous glass fiber with a variation of the weight fraction of glass fibers 0, 10, 20, 30, and 40 wt%. Glass fibers used have an average diameter of $\sim 11 \mu\text{m}$ and the type used continuous roving. A method of mixing the composite polyester / glass fiber made by hand lay-up. The FTIR test result indicates a chemical bond between the polyester, catalyst, and glass fiber. The highest tensile test results on the composition contained 40% glass fibers at 159.32 MPa. The addition of the glass fibers in the composite can enhance the thermal stability of the composite.

Keyword : polyester, continuous glass fiber, hand lay-up, tensile strength, thermal properties

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala anugerah dan petunjuk-Nya, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH SERAT KACA KONTINU TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN SIFAT THERMAL KOMPOSIT POLYESTER/SERAT KACA”**. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan segala kemudahan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua dan keluarga atas segala doa, dukungan moriil dan materiil, pengertian dan cinta yang telah diberikan selama ini;
3. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc dan Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Akhir;
4. Bapak Dr. Sungging Pintowantoro selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS dan ibu Rindang Fajarin S.Si, M.Si selaku dosen wali;
5. Dosen Tim Penguji seminar dan sidang serta seluruh dosen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS
6. Seluruh Karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang telah banyak membantu dalam pengerjaan penelitian ini
7. Teman-teman MT11 yang selalu memberikan semangat dan doa dalam pembuatan tugas akhir ini.
8. Saudara-saudara seperjuangan GMNI ITS yang selalu berikan semangat dan doa dalam penyelesaian tugas akhir ini

9. Terima kasih pula teruntuk seorang calon dokter hebat di masa depan serta pasangan terbaik, Vena Risti Dilgantari, S.Ked yang selalu ada dan memberiku alasan untuk sesegera mungkin menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer	5
2.2 Poliester	6
2.3 Serat Kaca	9
2.4 Komposit	12
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Komposit	16
2.6 Katalis	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Peralatan Penelitian	21
3.3 Bahan Penelitian	25
3.4 Variabel Penelitian	26
3.5 Pelaksanaan Penelitian	26
3.6 Pengujian FTIR	27
3.7 Pengujian Tarik	28
3.8 Pengujian TGA	29
3.9 Rancangan Penelitian	30



BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian FT-IR.....	31
4.2 Pengujian Tarik.....	32
4.3 Pengujian TGA.....	37

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

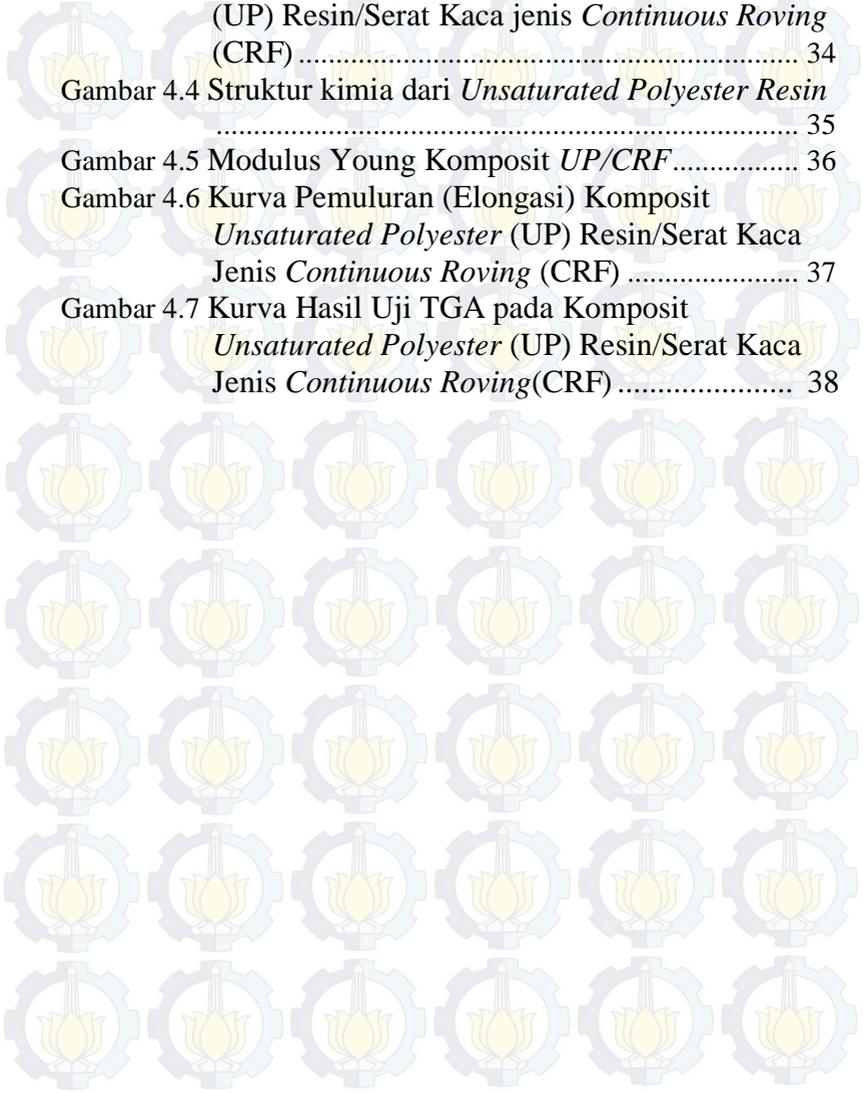


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penjelasan mengenai Monomer dan Polimer...	5
Gambar 2.2 Struktur Kimia dari <i>Unsaturated Polyester</i> (UP) Resin	8
Gambar 2.3 Bentuk-bentuk dari Fiber Penguat.....	13
Gambar 2.4 Grafik Uji Tarik Pengisi, Komposit dan Matrik	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Bentuk Cetakan Uji Tarik	21
Gambar 3.3 Gelas Beker.....	21
Gambar 3.4 Timbangan Digital	21
Gambar 3.5 Pengaduk.....	22
Gambar 3.6 <i>Stopwatch</i>	22
Gambar 3.7 <i>Vaseline</i>	22
Gambar 3.8 Pipet Tetes.....	23
Gambar 3.9 Jangka Sorong	23
Gambar 3.10 Mesin <i>Thermo Gravimetry Analyzer</i> (TGA)	24
Gambar 3.11 Mesin <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR)	24
Gambar 3.12 Mesin Uji Tarik	25
Gambar 3.13 Serat Kaca Jenis Roving.....	25
Gambar 3.14 <i>Unsaturated Polyester Resin Yukalac 157</i>	26
Gambar 3.15 Catalyst Hardener dengan Menggunakan <i>MEPOXE</i>	26
Gambar 3.16 Spesimen Uji Tarik (ASTM D638M)	28
Gambar 4.1 Kurva Pengujian FTIR <i>Unsaturated Polyester</i> (UP) Resin dan Serat Kaca jenis <i>Continuous</i> <i>Roving</i>	31
Gambar 4.2 Spesimen yang Akan Diuji Tarik.....	33



Gambar 4.3 Kekuatan Tarik Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> (UP) Resin/Serat Kaca jenis <i>Continuous Roving</i> (CRF)	34
Gambar 4.4 Struktur kimia dari <i>Unsaturated Polyester Resin</i>	35
Gambar 4.5 Modulus Young Komposit <i>UP/CRF</i>	36
Gambar 4.6 Kurva Pemuluran (Elongasi) Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> (UP) Resin/Serat Kaca Jenis <i>Continuous Roving</i> (CRF)	37
Gambar 4.7 Kurva Hasil Uji TGA pada Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> (UP) Resin/Serat Kaca Jenis <i>Continuous Roving</i> (CRF)	38





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Polyester.....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Unsaturated Polyester Resin</i> <i>Yukalac157</i>	9
Tabel 2.3 Komposisi dari Serat Kaca Komersial	11
Tabel 2.4 Spesifikasi Serat Kaca tipe G4800 (Taiwan Auto Glass Co., Ltd.)	12
Tabel 3.1 Tabel Rancang Penelitian	30
Tabel 4.1 Properti Tarik Komposit Poliester/Serat Kaca	34
Tabel 4.2 Pengaruh Penambahan Massa Serat Kaca terhadap Stabilitas Thermal UP/CRF.....	39

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi bahan semakin pesat. Pemenuhan kebutuhan akan bahan dengan karakteristik tertentu juga menjadi faktor pendorongnya. Berbagai macam bahan telah digunakan dan juga penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan bahan yang tepat guna, salah satunya bahan komposit polimer. Kemampuannya yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain, mendorong penggunaan bahan komposit polimer sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk yang dihasilkan oleh industri khususnya industri manufaktur.

Penggunaan komposit sebagai alternatif pengganti logam dalam bidang industri dan bidang maritim semakin meluas. Keunggulan dari material komposit ini adalah memiliki kekuatan, ketangguhan dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi sehingga dapat sebagai alternatif pengganti logam. Material komposit yaitu material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Teknologi pembuatan komposit telah berkembang secara pesat dewasa ini. Untuk memenuhi kriteria material polimer komposit yang ringan dan juga kuat dalam pemanfaatannya, maka diperlukannya pengembangan material polimer dengan merekayasa *material properties* dari komposit tersebut.

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu



komposit partikel (*particulate composite*) dan komposit serat (*fibre composite*). Unsur utama penyusun komposit yaitu pengisi (*filler*) yang berupa serat sebagai kerangka dan unsur pendukung lainnya yaitu matriks. Pengisi (*filler*) dan matriks merupakan dua unsur yang diperlukan dalam pembentukan material komposit.

Unsaturated Polyester (UP) Resin merupakan jenis polimer yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Menurut *Polymer Data Handbook*, kelebihan dari polimer ini adalah mudah didapat di pasaran, pengaplikasian yang mudah, memiliki fleksibilitas yang tinggi, mudah dibentuk, dapat diproses dalam rentang temperatur yang luas, kekuatan impak yang tinggi, ketahanan terhadap cuaca yang baik, serta biaya yang rendah. *Continuous Roving Fiberglass* (CRF) merupakan serat yang memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi, mampu menahan beban searah dengan sangat baik.

Penelitian tugas akhir ini dilakukan guna merekayasa *material properties* komposit serat kaca kontinu dan data hasil dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat dijadikan referensi dalam penelitian lain yang relevan.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa perumusan masalah antara lain :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat kaca kontinu terhadap kekuatan tarik terhadap komposit polyester - serat kaca?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serat kaca kontinu terhadap ketahanan panas terhadap komposit polyester - serat kaca?



1.3 Batasan Masalah

Batasan menganalisa masalah pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Penelitian dilakukan menggunakan resin polyester dan serat kaca jenis roving
2. Pengotor ataupun partikel asing pada saat penelitian dianggap tidak ada.
3. Preparasi spesimen dianggap homogen.
4. Proses pencampuran larutan dianggap homogen.
5. Proses pelarutan dianggap homogen.
6. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh penambahan serat kaca kontinu terhadap kekuatan tarik komposit polyester – serat kaca
2. Menganalisis pengaruh penambahan serat kaca kontinu terhadap ketahanan panas komposit polyester – serat kaca

1.5 Manfaat Penelitian

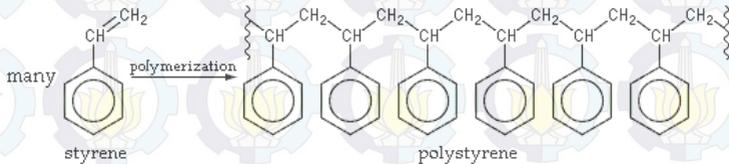
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai material komposit terutama tentang serat kaca kontinu jenis roving serta perekatnya yaitu polyester serta membantu memberikan inspirasi lapangan pekerjaan dalam pengembangan pemanfaatan material *fiberglass* yang di Indonesia saat ini dari hari ke hari makin besar tingkat penggunaannya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer

Polimer (poly = banyak, mer = bagian) adalah molekul raksasa yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi, dibangun dari pengulangan unit-unit. Molekul sederhana yang membentuk unit-unit ulangan ini dinamakan monomer. Reaksi pembentukan polimer dikenal dengan istilah polimerisasi. Makromolekul merupakan istilah sinonim polimer. Istilah makromolekul pertama kali dikenalkan oleh Hennis Staudinger, seorang kimiawan dari Jerman. (Steven, 2001)



Gambar 2.1 Penjelasan mengenai monomer dan polimer

Polimer digolongkan menjadi dua macam, yaitu polimer alam (seperti pati, selulosa, dan sutra) dan polimer sintetik seperti polimer vinil. Plastik yang dikenal sehari-hari merupakan polimer sintetik. Sifat plastik yang mudah dibentuk (bahasa latin :*plasticus* = mudah dibentuk) dikaitkan dengan polimer sintetik yang dapat dilelehkan dan diubah menjadi bermacam-macam bentuk. Padahal sebenarnya plastik mempunyai arti yang lebih sempit. Plastik termasuk bagian polimer *thermoplastic*, yaitu polimer yang akan melunak apabila dipanaskan dan dapat dibentuk sesuai pola yang diinginkan. Setelah dingin polimer ini akan mempertahankan bentuknya yang baru. Proses ini dapat diulang dan dapat diubah menjadi bentuk yang lain. Golongan polimer sintetik lain adalah polimer *thermoset* (materi yang dapat dilebur pada



tahap tertentu dalam pembuatannya tetapi menjadi keras selamanya, tidak melunak dan tidak dapat dicetak ulang).

Proses pertumbuhan rantai selama polimerisasi bersifat acak, oleh karena itu, rantai-rantai polimer yang berbeda dalam suatu contoh polimer akan mempunyai panjang yang berbeda-beda pula, tentu saja karena massa molekul nisbi (M_r)nya pun berbeda-beda. Massa molekul nisbi (M_r) hanya merupakan salah satu faktor yang menentukan sifat polimer. Faktor penting lainnya ialah susunan rantai dalam polimer. Penelitian sinar X terhadap polimer menunjukkan bahwa dalam bahan polimer terdapat daerah yang didalamnya terdapat rantai polimer yang tersusun secara teratur. (Coward, M.A. 1991)

2.2 Poliester

Istilah *polyester* diterapkan untuk polimer yang mengandung gugus ester dalam rantai polimer utamanya. *Polyester* berasal dari reaksi poli-kondensasi antara asam dikarboksilat dan diol. Temperatur transisi *polyester* adalah sekitar 70°C dan titik leleh adalah dikisaran $255\text{-}270^{\circ}\text{C}$. Kepadatan *polyester* adalah $1,39\text{ g/cc}$. Berikut beberapa sifat dari *polyester* antara lain :

1. Polyester memiliki kekuatan tarik yang sangat baik
2. Resistensi terhadap regangan, bahan kimia dan lumut
3. Memiliki ketahanan abrasi yang sangat baik
4. Perawatan yang mudah
5. Polyester memiliki sifat anti air dan cepat kering

(Deopura, 2000)

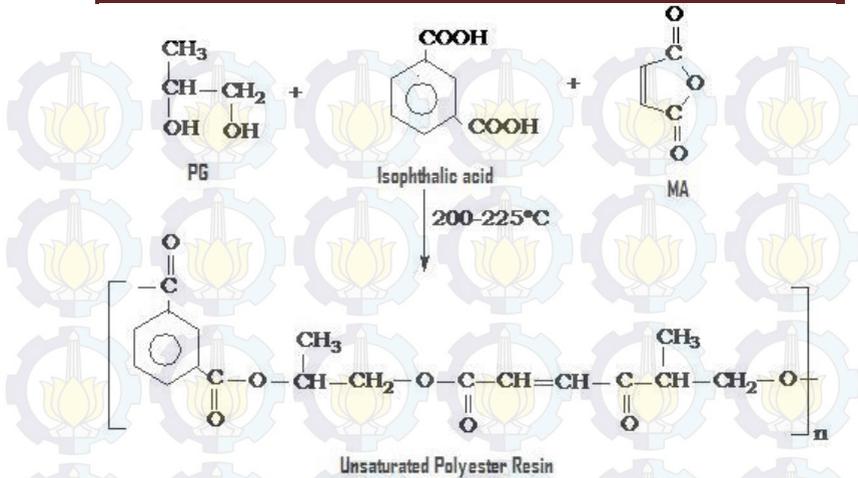
Unsaturated Polyester (UP) Resin atau Resin Polyester tak jenuh digunakan untuk berbagai macam industri dan aplikasi. Bahkan, lebih dari 0,8 miliar kg dikonsumsi di Amerika Serikat pada tahun 1999 yang dapat dibagi menjadi dua kategori utama dari aplikasi: *reinforced* (diperkuat) dan *nonreinforced* (tanpa penguatan). Dalam aplikasi penguatan,



resin dan penguatan, seperti *fiberglass*, yang digunakan bersama-sama untuk menghasilkan komposit dengan memperbaiki sifat fisik. Aplikasi diperkuat biasanya digunakan dalam pembuatan perahu, mobil, bak kamar mandi, panel bangunan, dan tangki tahan korosi dan pipa. Aplikasi nonfiber diperkuat umumnya memiliki mineral "filler" yang dimasukkan ke dalam komposit untuk memodifikasi properti. Beberapa aplikasi nonfiber diperkuat seperti tempat cuci piring, bola bowling, dan pelapisan (*coatings*).

Poliester tak jenuh adalah polimer kondensasi yang dibentuk oleh reaksi *polyols* dan asam *polycarboylic* dengan olefinic tidak jenuh yang menggunakan bantuan reaktan. Reaktan yang biasanya digunakan adalah asam. *Polyols* dan *polycarboxylic* yang biasa digunakan adalah disfungsi alkohol (glikol) dan disfungsi seperti flafat dan asam maleat. Dengan reaksi polikondensasi terjadi pada temperature 180-220°C. (Kandelbauer, 2013)

Komposit resin polyester dapat menghemat biaya karena mereka membutuhkan biaya minim dan sifat fisik yang dapat disesuaikan dengan aplikasi tertentu. Keuntungan lain dari komposit resin polyester adalah bahwa mereka dapat disembuhkan dalam berbagai cara tanpa mengubah sifat fisik dari bagian lainnya. Akibatnya, komposit resin poliester mampu bersaing baik di pasaran.



Gambar 2.2. Struktur kimia dari *Unsaturated Polyester* (UP) Resin (Dholakiya, 2012)

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Polyester (Benmokrane,1995)

	Polyester
Tensile strength (MPa)	20-100
Tensile Modulus (GPa)	2.1-4.1
Ultimate Strain (%)	1-6
Poisson's ratio	-
Density (g/cm ³)	1.0-1.45
T _g (°C)	100-140
CTE (10 ⁻⁶ /°C)	55-100
Cure shrinkage (%)	5-12



Tabel 2.2 Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin Yukalac 157* (Justus, 2001)

Item	Satuan	Nilai	Catatan
Berat Jenis	-	1.215	25°C
Kekerasan	-	40	Barcol/GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air	%	0.188	24jam
Kekuatan fleksural	kg/mm ²	9.4	-
Modulus fleksural	kg/mm ²	300	-
Daya rentang	kg/mm ²	5.5	-
Modulus rentang	kg/mm ²	300	-
Elongasi	%	1.6	-

Mengenai sifat termalnya, karena banyak mengandung monomer stiren, maka temperatur deformasi termal lebih rendah dari pada resin termoset lainnya dan ketahanan panas sekitar 110-140°C. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik, tahan terhadap kelembaban dan sinar ultra violet. (Saito, 1985)

2.3 Serat Kaca

Serat Kaca adalah salah satu bahan industri yang paling serbaguna yang dikenal saat ini. Mereka mudah diproduksi dari bahan baku, yang tersedia dalam pasokan hampir tak terbatas (Loewenstein 1993). Serat kaca pada umumnya berasal dari komposisi yang mengandung silika. Mereka menunjukkan sifat massal yang berguna seperti kekerasan, transparansi, ketahanan terhadap serangan kimia, stabilitas, dan *inertness* (kelembaman), serta sifat serat yang diinginkan seperti kekuatan, fleksibilitas, dan kekakuan (Wallenberger 1999:129-168). Serat kaca yang digunakan dalam pembuatan



komposit struktural, papan sirkuit cetak dan berbagai tujuan khusus produk. (Wallenberger 1994:63-78)

Proses pembentukan serat, kaca mencair dibuat dengan menggabungkan (*co-melting*) silika dengan mineral, yang mengandung oksida yang dibutuhkan untuk membentuk komposisi yang diberikan. Massa cair didinginkan secara cepat untuk mencegah kristalisasi dan dibentuk menjadi serat kaca dengan proses juga dikenal sebagai *fiberization*. Hampir semua serat kaca terus menerus dibuat dengan proses tarik langsung dan dibentuk oleh ekstrusi kaca cair melalui *bushing* paduan platinum yang masing-masing mungkin berisi hingga beberapa ribu lubang masing-masing dengan diameter sekitar 0,793-3,175 mm (0,0312-0,125 in.) (Loewenstein 1993).

Sementara masih sangat kental, serat yang dihasilkan dengan cepat tertarik pada diameter halus dan diperkuat. Diameter serat khas berkisar 3-20 μm (118-787 $\mu\text{in.}$). Filamen individu digabungkan menjadi untaian multifilamen, yang ditarik oleh *winders* mekanik dengan kecepatan hingga 61 m/s (200 ft/s) dan dimasukkan ke tabung atau membentuk paket. Proses mencairkan kelereng dapat digunakan untuk membentuk tujuan khusus, misalnya, serat kekuatan tinggi. Dalam proses ini, bahan baku yang meleleh, dan kelereng kaca padat, biasanya berdiameter 2 sampai 3 cm (0,8-1,2 in.), yang terbentuk dari lelehan. Kelereng yang dileburkan (pada saat yang sama atau di lokasi yang berbeda) dan dibentuk menjadi serat kaca.

Merujuk pada buku ASTM, Serat kaca digolongkan ke dalam dua kategori, serat yang digunakan tujuan umum (murah) dan serat tujuan khusus (premium). Lebih dari 90% dari semua serat kaca untuk produk keperluan umum. Serat ini dikenal dengan sebutan *E-glass* dan mengikuti Spesifikasi ASTM.



Tabel 2.3 Komposisi dari Serat Kaca Komersial (ASM Handbook Vol. 21)

Fiber	Ref	Composition, wt%												
		SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	ZnO	TiO ₂	Zr ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	Fe ₂ O ₃	F ₂
General-purpose fibers														
Boron-containing E-glass	1, 2	52-56	4-6	12-15	21-23	0.4-4	...	0.2-0.5	...	0-1	Trace	...	0.2-0.4	0.2-0.7
Boron-free E-glass	7	59.0	...	12.1	22.6	3.4	...	1.5	...	0.9	...	...	0.2	...
E-glass	8	60.1	...	13.2	22.1	3.1	...	0.5	...	0.6	0.2	...	0.2	0.1
Special-purpose fibers														
ECR-glass	1, 2	58.2	...	11.6	21.7	2.0	2.9	2.5	...	1.0	0.2	...	0.1	Trace
D-glass	1, 2	74.5	22.0	0.3	0.5	...	...	...	...	1.0	<1.3	...	...	...
	2	55.7	26.5	13.7	2.8	1.0	...	...	...	0.1	0.1	0.1	...	...
S-, R-, and Te-glass	1, 2	60-65.5	...	23-25	0-9	6-11	...	...	0-1	0-0.1	...	...	0-0.1	...
Silica/quartz	1, 2	99.9999	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Jenis serat kaca ini adalah kalsium aluminium-kaca borosilikat dengan kandungan alkali rendah. Jenis yang telah digunakan terutama untuk aplikasi gigi. (Samad, 2014)

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek. Serat kaca mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaannya. Serat kaca banyak digunakan di industri-industri otomotif seperti body sepeda motor yang terbuat dari komposit yang diperkuat serat kaca. Komposit glass/epoxy dan glass/polyester diaplikasikan juga pada lambung kapal dan bagian-bagian pesawat terbang. (Helmy, 2011)



Tabel 2.4 Spesifikasi Serat Kaca tipe G4800 (Taiwan Auto Glass Co., Ltd.)

Continuous Roving Fiberglass Specification	
Product No.	G4800
Binder Type	357B
Application	Spray-up
Compatible Resin	Polyester
TEX (g/km)	4800
L.O.I. (Loss On Ignition) (%)	1.10
End Counts (Strand)	74
Moisture (%)	< 0.05
Filament Diameter (μm)	11

2.4 Komposit

Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material berbeda, tergabung atau tercampur secara makroskopik untuk menghasilkan material dengan sifat yang diinginkan, dengan syarat terjadi ikatan antara kedua material tersebut. (Gibson, 1994). Komposit dibentuk dari dua komponen penyusun yang berbeda yaitu penguat (*reinforcement*) yang mempunyai sifat sulit dibentuk tetapi lebih kaku serta lebih kuat dan matriks yang umumnya mudah dibentuk tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah (Schwartz, 1984).

Perbedaan dan penggabungan dari unsur-unsur yang berbeda menyebabkan daerah-daerah berbatasan. Daerah itu disebut *interface*. Sedangkan daerah ikatan antara material penyusun komposit disebut *interphase*. Aspek penting yang menunjukkan sifat mekanis dari komposit adalah optimasi dari ikatan antara *reinforcement* dan matriks yang digunakan (Schwartz, 1984).



Gambar 2.3 Bentuk-bentuk dari Fiber Penguat (ASM Handbook Vol. 21)

Fungsi penting material matriks menurut (Mazumdar,2002)

1. Material matriks mengikat serat atau serbuk bersama-sama dan menghantarkan beban ke serat dan serbuk. Matriks memberikan kekakuan dan bentuk terhadap struktur.
2. Matriks mengisolasi serat atau serbuk sehingga masing-masing dapat bekerja secara terpisah. Hal ini dapat menghentikan atau memperlambat propagasi retak
3. Matriks memberikan kualitas permukaan akhir yang baik dan membantu produksi bentuk jadi atau mendekati bentuk akhir komponen
4. Matriks memberikan perlindungan untuk serat atau serbuk penguat terhadap serangan kimia (misalnya korosi) dan kerusakan mekanik (misalnya aus).



Sedangkan Fungsi pengisi yaitu:

1. Untuk membawa beban. Dalam komposit struktur, 70 – 90% beban didukung oleh serat.
2. Untuk memberikan kekakuan, kekuatan, stabilitas panas, dan sifat struktur lainnya dalam komposit.
3. Menyediakan penghantaran atau insulasi elektrik, tergantung pada jenis serat atau serbuk yang digunakan.

Jenis-Jenis Komposit Berdasarkan Material Matriks

a. Komposit Bermatriks Keramik

Menurut John A. Schey (2000:456-466), keramik (kecuali kaca) memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendekati harga modulus elastisitas serat-serat penguatnya yang lebih potensial. Karena itulah pembuatan komposit bermatriks keramik (*ceramic-matrix composites* atau *CMC*) pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan ketangguhan. Kekhasan dalam komposit bermatriks keramik adalah ikatan antar mukanya dengan sengaja dibuat lebih lemah agar tarikan keluar serat menjadi mekanisme utama dalam upaya meningkatkan ketangguhan komposit ini.

b. Komposit Bermatriks Logam

Sesuai namanya, material ini memiliki matriks dari logam yang bersifat ulet. Umumnya, material ini dapat dipakai pada temperatur lebih tinggi dari temperatur material logamnya. Berbagai jenis logam dapat dipakai sebagai matriks komposit. Bentuk penguatnya dapat berupa partikel, serat (baik kontinu maupun diskontinu) dan *whiskers*. Pemrosesan komposit bermatriks logam umumnya terdiri atas dua tahap, yaitu konsolidasi atau sintesis (tahap memasukkan penguat kedalam matriks logam), diikuti dengan proses pembentukan. (Sofyan 2011:161-166)



Logam-logam yang biasanya dipilih sebagai matriks adalah logam-logam yang memiliki densitas rendah, terutama aluminium atau magnesium, dan kadang-kadang adalah titanium. Serbuk keramik dan logam dapat dicampur dan diproses secara langsung dengan memakai teknik-teknik metalurgi serbuk. (Schey 2000:456-466)

c. Komposit Bermatriks Polimer

Menurut Bondan T. Sofyan (2011:161-166), komposit ini terdiri atas polimer sebagai matriks, dengan berbagai bentuk penguat. Sebagian besar aplikasi rekayasa yang memakai komposit mengaplikasikan komposit bermatriks polimer dengan penguat berbentuk serat, karena sifatnya pada temperatur ruang yang dapat didesain dalam spektrum yang sangat luas, mudah difabrikasi, dan relatif murah. Pada dasarnya, polimer memiliki sifat mekanik yang terbatas, tetapi dengan adanya penguat, material ini dapat memiliki kekuatan tarik, kekakuan, ketangguhan, ketahanan abrasi, dan ketahanan korosi yang relatif tinggi. Kekurangan pada material ini adalah ketahanan panasnya yang rendah dan koefisien ekspansi panas yang besar.

Proporsi bahan penguatnya jarang di bawah 20%, bahkan dalam struktur yang terorientasi dapat mencapai 80%. Berbagai jenis pelastik mengandung bahan pengisi (yang mungkin kurang memperbaiki sifat-sifat bentukan pejalnya, tetapi mungkin juga memengaruhi sifat-sifat lainnya) dan/atau partikel penguat (yang ditambahkan dengan maksud yang jelas untuk memperbaiki sifat-sifat mekanisnya). Istilah komposit selalu digunakan hanya jika serat-serat itu panjang (atau kontinu), dan proses-proses spesifik kemudian digunakan dalam pengolahannya. (Schey 2000:456-466)

Menurut R. E. Smallman dan R. J. Bishop (2000:404-411), polimer diperkuat gelas (GRP, *glass-reinforced*



polymers) mulai dikembangkan pada awal tahun 1940-an, dan merupakan pelopor dari komposit matriks polimer, logam, dan keramik masa kini. Prosedur fabrikasi tipikal untuk GRP adalah dengan menambahkan campuran resin poliester, bahan *curing*, dan katalis pada serat gelas-E rendah alkali ($53\text{SiO}_2-18\text{CaO}-14\text{Al}_2\text{O}_3-10\text{B}_2\text{O}_3-5\text{MgO}$). Reaksi termoseting *curing*. Terjadi pada temperatur kurang dari 150°C . Karena biaya yang relatif rendah, kekakuan dan mudah difabrikasi maka GRP digunakan secara luas dibidang rekayasa, bahkan untuk kontruksi yang besar.

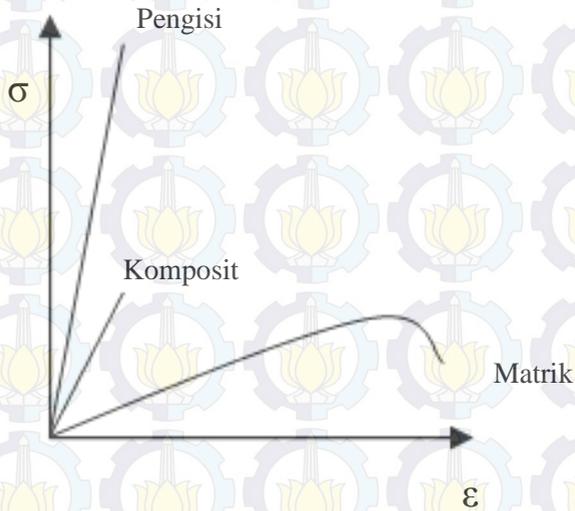
Mekanisme penguat komposit sangat tergantung pada geometri penguatnya, yaitu dibedakan atas partikel dan serat (fiber). Partikel bisa berbentuk bola, kubus, kotak tetragonal, batang, whiskers, lembar pipih atau bentuk yang tidak beraturan. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada di sela-sela partikel (Sulistijono,2012).

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Sifat Komposit

Kekuatan dan retak komposit karbon-karbon ditentukan oleh teori Cook-Gorden untuk penguatan padatan rapuh (Cook & Gordon 1964), yang menyatakan bahwa jika rasio kekuatan ikatan dari ikatan antarmuka terhadap kekuatan paduan dari padatan sesuai dengan referensi, dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan yang besar dari material. Kelebihan matrik polimer atau plastik jika dibandingkan dengan logam adalah plastik mempunyai densitas yang jauh lebih kecil. Keuntungan ini semakin terlihat ketika modulus young per unit massa E/ρ (modulus spesifik) maupun tegangan tarik per unit massa σ/ρ (tegangan spesifik) mempunyai nilai yang tinggi. Hal ini berarti berat dari komponen dapat dikurangi. Pengurangan berat ini akan



mengakibatkan pengurangan kebutuhan energi dan biaya. Sifat komposit yang dihasilkan merupakan sifat gabungan antara sifat resin dan sifat penguatnya, seperti yang tampak pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Grafik uji tarik Pengisi, Komposit dan Matrik

2.6 Katalis

Methyl Etyl Keton Peroksida (MEKP) yaitu bahan kimia yang dikenal dengan sebutan katalis. Katalis ini termasuk senyawa polimer dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak adalah membuat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya.

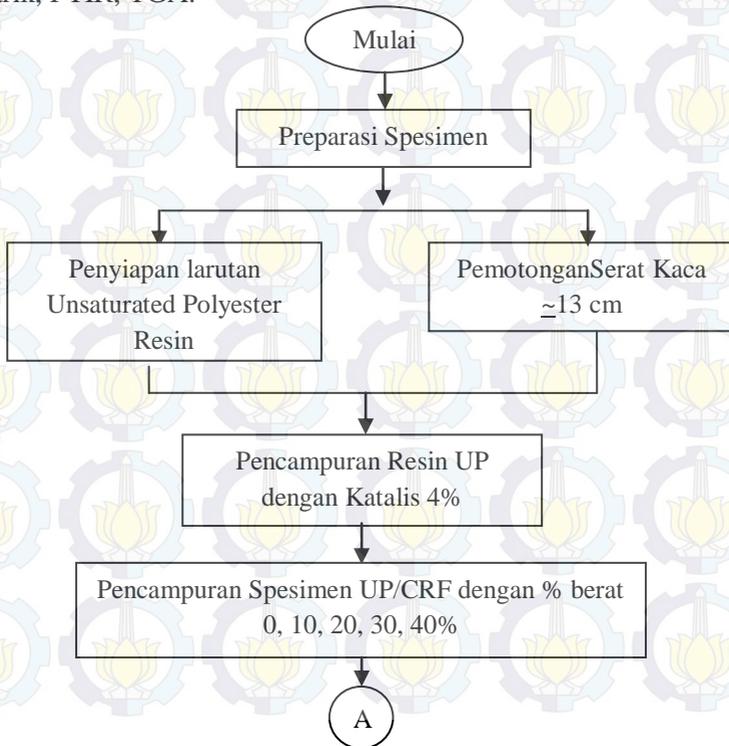


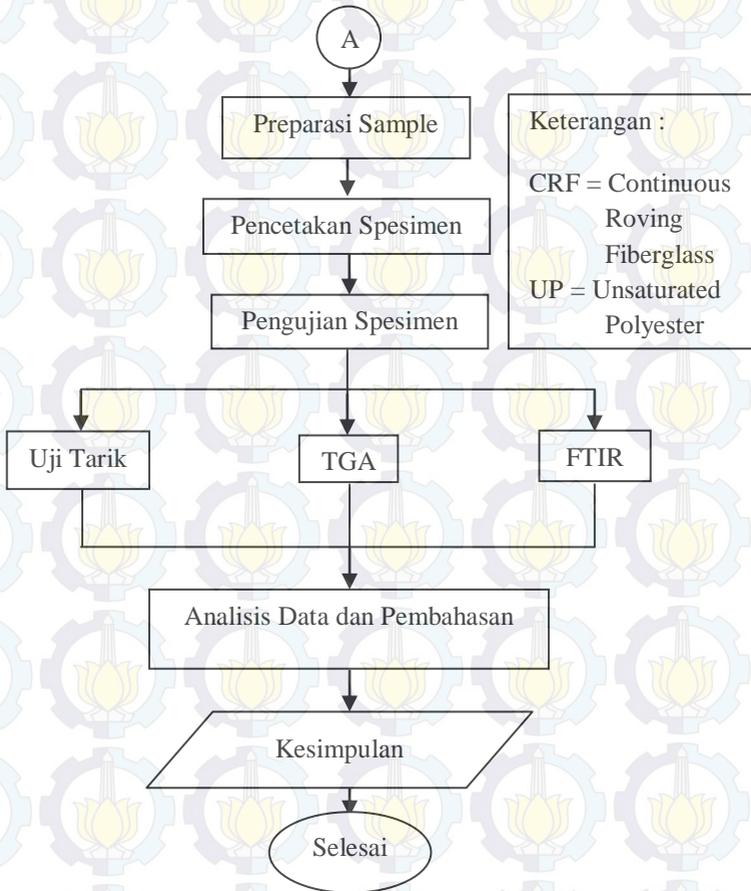
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan penelitian ini dimulai dari mempersiapkan polyester dan serat kaca yang akan dipakai. Serat kaca dipotong dengan ukuran ≈ 13 cm, setelah itu dilakukan pembuatan komposit Unsaturated Polyester Resin (UP)/Serat kaca kontinu (CRF) dengan mepoksi sebagai katalis. Komposit dibuat dengan menggunakan serat kaca sebagai penguat dengan variasi massa serat kaca 10, 20, 30, 40% dengan orientasi serat searah. Komposit kemudian dicetak dan dilakukan pengujian Tarik, FTIR, TGA.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Cetakan

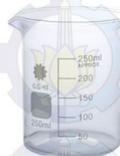
Cetakan digunakan untuk mencetak hasil komposit serat kaca kontinu dan poliester



Gambar 3.2 Bentuk Cetakan Uji Tarik

2. Gelas beker

Digunakan sebagai wadah larutan UP maupun katalis. Pada gelas beker inilah akan dilakukan proses pencampuran



Gambar 3.3 Gelas Bekker

3. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat sampel.



Gambar 3.4 Timbangan digital



4. Pengaduk (Spatula)

Pengaduk digunakan untuk mengaduk ataupun menghomogenkan larutan yang akan dibuat.



Gambar 3.5 Pengaduk

5. Stopwatch

Digunakan sebagai *timer* baik saat pencampuran ataupun saat dilakukan pemanasan terhadap sampel.



Gambar 3.6 Stopwatch

6. Vaseline

Digunakan saat pelapisan alat pencetak specimen supaya tidak lengket antara larutan dan wadah cetakan

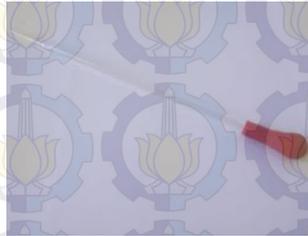


Gambar 3.7 Vaseline



7. Pipet Tetes

Digunakan saat proses pengambilan katalis



Gambar 3.8 Pipet Tetes

8. Jangka Sorong

Digunakan untuk mengukur dimensi spesimen. Dimensi yang diukur adalah lebar dan tebal sampel untuk mendapatkan luas permukaan spesimen.



Gambar 3.9 Jangka Sorong



9. Mesin *Thermo Gravimetry Analyzer* (TGA)

Mesin TGA dilakukan untuk melaksanakan pengujian TGA.



Gambar 3.10 Mesin TGA (*Thermo Gravimetric Analyzer*)

10. Mesin *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Mesin FTIR digunakan untuk melakukan pengujian FTIR, untuk mengetahui ikatan kimia yang ada pada sampel.



Gambar 3.11 Mesin FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)



11. Mesin uji tarik

Mesin uji tarik digunakan untuk melakukan pengujian tarik pada sampel.



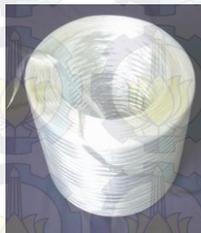
Gambar 3.12 Mesin Uji Tarik

3.3 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, spesimen gelas kaca yang digunakan adalah jenis *unsaturated polyester* (UPE) sebagai matriks polimer serta serat kaca jenis roving sebagai penguat, perbandingan specimen diukur dengan menggunakan persen berat sesuai komposisi yang akan diuji. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serat kaca

Pada penelitian ini menggunakan jenis continuous roving



Gambar 3.13 Serat kaca jenis roving



2.

arutan Poliester sebagai Resin



Gambar 3.14 *Unsaturated Polyester Resin Yukalac 157*

3.

atalyst Hardener



Gambar 3.15 Catalyst Hardener dengan menggunakan *MEPOXE*

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi fraksi massa serat kaca yaitu 10, 20, 30 dan 40 wt% serat kaca

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Bahan komposit polimer yang digunakan pada penelitian ini adalah polyester jenis *Unsaturated Polyester* (UP) Resin. Bahan ini kemudian dicampurkan dengan serat kaca tipe *continuous roving* dengan kadar serat kaca 10, 20, 30 dan 40 wt%

Kedua bahan disiapkan sebelum gunakan.

1. Bahan ditimbang sesuai dengan fraksi yang sudah ditentukan;



2. UP Resin yang telah ditimbang lalu dicampur dengan katalis dengan metode manual stirrer sendok spatula;
3. Hasil pencampuran dituangkan pada cetakan logam, serat kaca dimasukkan ditengah-tengah cetakan yang telah dituang sebagian oleh UP Resin dengan orientasi serat searah;
4. Setelah cetakan mengering (sekitar 45 menit setelah pembuatan larutan);
5. Spesimen diampas dengan grade 500 di bagian permukaan supaya rata.

3.6 Pengujian FTIR

FTIR adalah alat yang digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari suatu sampel. Pada penelitian ini, pengujian FT-IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari epoksi dan serat kaca sebelum dicampurkan dan setelah menjadi komposit serat kaca. Dasar pemikiran dari Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis. Dari deret Fourier tersebut intensitas gelombang dapat digambarkan sebagai daerah waktu atau daerah frekuensi. Perubahan gambaran intensitas gelombang radiasi elektromagnetik dari daerah waktu ke daerah frekwensi atau sebaliknya disebut Transformasi Fourier (Fourier Transform). Selanjutnya pada sistim optik peralatan instrumen Fourier Transform Infra Red dipakai dasar daerah waktu yang non dispersif. Sebagai contoh aplikasi pemakaian gelombang radiasi elektromagnetik yang berdasarkan daerah waktu adalah interferometer yang dikemukakan oleh Albert Abraham Michelson (Jerman, 1831).

Cara kerja mesin FTIR secara umum adalah mula-mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain

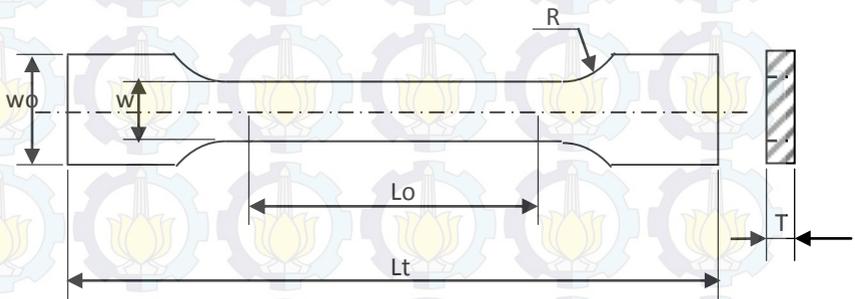


melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder.

3.7 Pengujian Tarik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik material kuat tarik yang mengacu pada ASTM D 638M. Kekuatan tarik menunjukkan kemampuan untuk menerima beban atau tegangan tanpa menyebabkan komposit menjadi rusak atau putus. Ini dinyatakan dengan tegangan maksimal sebelum putus yaitu Ultimate Tensile Strength (UTS).

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan Tensile Strength, Elongation, dan Tensile Modulus dari spesimen komposit tersebut. Setelah pengujian dilakukan akan didapatkan Kurva Tegangan-Regangan.



Gambar 3.16 Spesimen Uji Tarik (ASTM D638M)

Dimensi Spesimen

w_0	=	20 mm.	L_0	=	60 mm.
w	=	10 mm.	L_t	=	150 mm.
R	=	60 mm.	T	=	8 mm



Kekuatan Tarik $\sigma_{ultimate} = \frac{P_{ultimate}}{A}$ (3.1)

Elongasi $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ (3.2)

Modulus Young $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ (pada daerah elastis).....(3.3)

dimana :

- P = beban yang diberikan pada spesimen
- A = luas penampang spesimen
- ΔL = pertambahan panjang
- L_0 = panjang awal spesimen

3.8 Pengujian TGA

Pengujian Thermogravimetric Analysis (TGA) menggunakan alat ELTRA Thermostep di Laboratorium Uji Kimia PT. Petrokimia Gresik. TGA adalah untuk mengetahui sifat berat bahan terhadap perubahan panas yang berkaitan dengan perubahan temperatur pemanasan. TGA dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan massa sample (weight loss). Analisa tersebut bergantung pada tiga pengukuran yaitu berat, temperatur, dan perubahan temperatur.

Pelaksanaan pengujian thermal dilakukan dengan cara pemanasan sampel dengan berat awal 20 mg, dipanaskan dalam *crucible* keramik dengan kondisi atmosfir udara. Hasil uji dalam bentuk grafik hubungan antara temperatur-waktu-% penurunan berat. TGA dikenal sebagai metode dengan resolusi tinggi, sehingga sering digunakan untuk memperoleh akurasi yang lebih besar di daerah puncak kurva. Dalam metode ini, kenaikan suhu diperlambat sebagai meningkatkan berat-susut (weight-loss). Hal



ini dilakukan agar didapat suhu yang tepat di mana puncak terjadi dan dapat diidentifikasi lebih akurat.

3.9 Tabel Rancang Penelitian

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

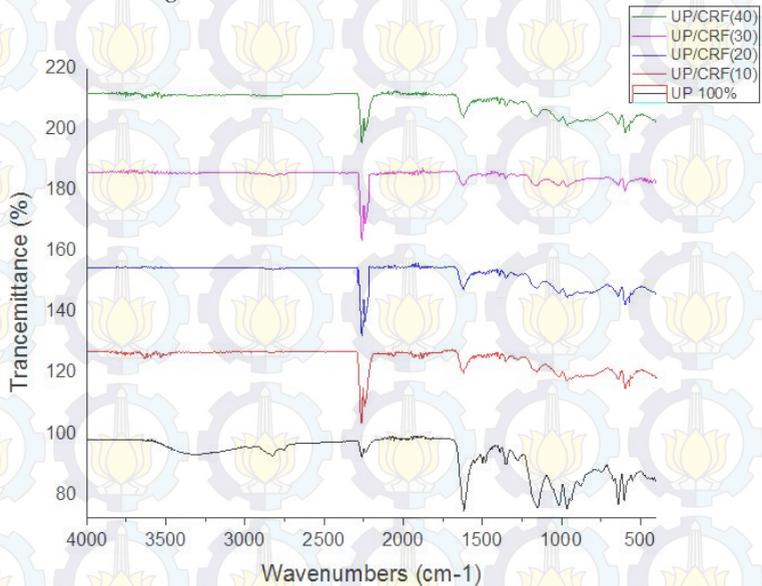
Material		Komposisi Serat Kaca Kontinu (wt %)	Nomor Sampel	Hasil Pengujian		
				FTIR	TGA	Tarik
Polyester	Serat Kaca Kontinu	0	1			
		10	2			
		20	3			
		30	4			
		40	5			

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian FT-IR

Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dilakukan pada sample material komposit. Pengujian FT-IR sinar infra merah dilewatkan pada sample dengan tujuan beberapa radiasi infra merah diserap oleh specimen dan beberapa radiasi ditransmisikan. Sinar infra merah yang ditransmisikan akan membentuk sebuah grafik yang memiliki puncak-puncak khusus yang akan menunjukkan tentang ikatan tiap senyawa.

Puncak-puncak grafik akan berada pada range 500-4000. Gambar 4.1 menunjukkan grafik hasil pengujian FT-IR dari *Unsaturated Polyester Resin* dan serat kaca kontinu jenis *continuous roving*.



Gambar 4.1 Kurva pengujian FTIR *Unsaturated Polyester*(UP) Resin dan serat kaca jenis *continuous roving*



Gambar 4.1 Menunjukkan puncak ikatan yang ada pada material komposit. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil spectroscopy dari material *Unsaturated Polyester*(UP) Resin dan serat kaca kontinu jenis *continuous roving*(CRF). Hasil pengujian FT-IR untuk UP diatas didapatkan terjadi penyerapan vibrasi pada panjang gelombang 125 cm^{-1} yang merupakan daerah puncak dari gugus ester. Komposit UP/CRF juga memiliki puncak gugus ester pada 1717 cm^{-1} . Kemudian komposit UP/CRF terdapat juga penyerapan vibrasi pada panjang gelombang 2341 dan 2360 cm^{-1} yang menerangkan bahwa terbentuk ikatan Si-O-CH₃ yang merupakan ciri khas dari serat kaca. Semakin banyak komposisi serat kaca pada komposit UP/CRF, semakin mencolok vibrasi pada panjang gelombang 2341 dan 2360 cm^{-1} . Selain itu, penyerapan vibrasi pada komposit UP/CRF juga terjadi pada 1114 cm^{-1} yang merupakan range dari cincin ester. Komposit UP/CRF juga menyerap vibrasi pada 1062 cm^{-1} . Terdapat penyerapan vibrasi komposit UP/CRF pada panjang gelombang 1598 cm^{-1} yang merupakan range dari cincin aromatik C=C. Komposit UP/CRF juga menyerap vibrasi pada panjang gelombang 739 cm^{-1} . Kemudian terjadi penyerapan vibrasi lagi pada polyester untuk pada panjang gelombang 1715 cm^{-1} yang merupakan range dari ikatan C=O dalam bentuk ikatan acid. Komposit UP/CRF juga menyerap vibrasi pada panjang gelombang 1718 cm^{-1} .

4.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan mengetahui sifat mekanik pada komposit UP/CRF. Pengujian tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM D638M. Sebelum dilakukan sampel pengujian tarik di preparasi terlebih dahulu hingga permukaan rata, hal tersebut dilakukan dengan tujuan tidak ada konsentrasi tegangan ketika proses uji tarik.



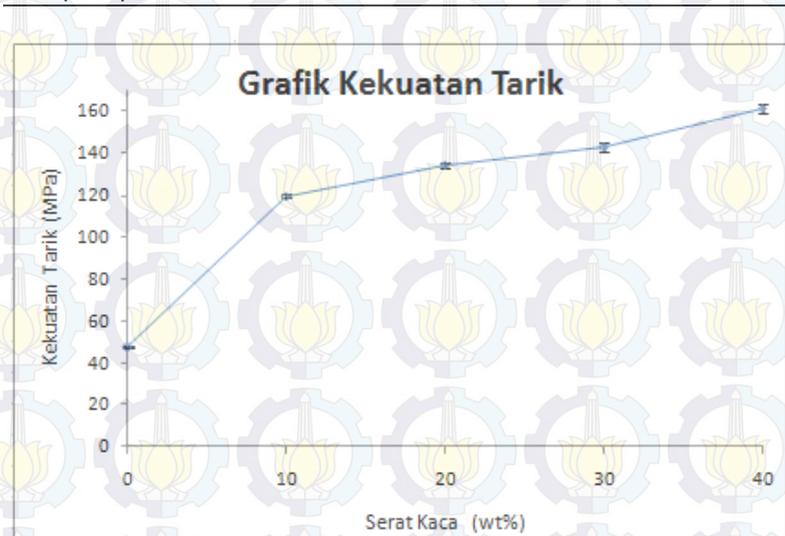
Gambar 4.2 Spesimen yang akan diuji tarik

Setelah dilakukan uji tarik maka akan didapatkan data seperti pada tabel 4.1. Kemudian pada gambar 4.3. menunjukkan kurva kekuatan tarik, Gambar 4.5. menunjukkan kurva modulus young dan Gambar 4.6. menunjukkan kurva regangan.



Tabel 4.1 Properti Tarik Komposit Poliester/Serat Kaca

Kode Sampel	Elongasi (%)	Tensile Strength (MPa)	Modulus Young (GPa)
UP/CRF (0%)	12,49	47,39	0,379
UP/CRF (10%)	18,21	119,568	0,657
UP/CRF (20%)	19,72	134,054	0,679
UP/CRF (30%)	26,06	142,789	0,547
UP/CRF (40%)	28,19	161,168	0,571

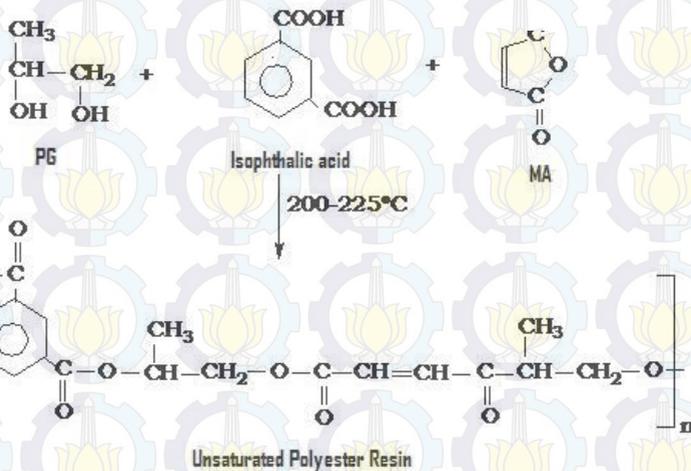


Gambar 4.3 Kekuatan Tarik Komposit *Unsaturated Polyester* (UP) Resin/serat kaca jenis *continuous roving* (CRF)

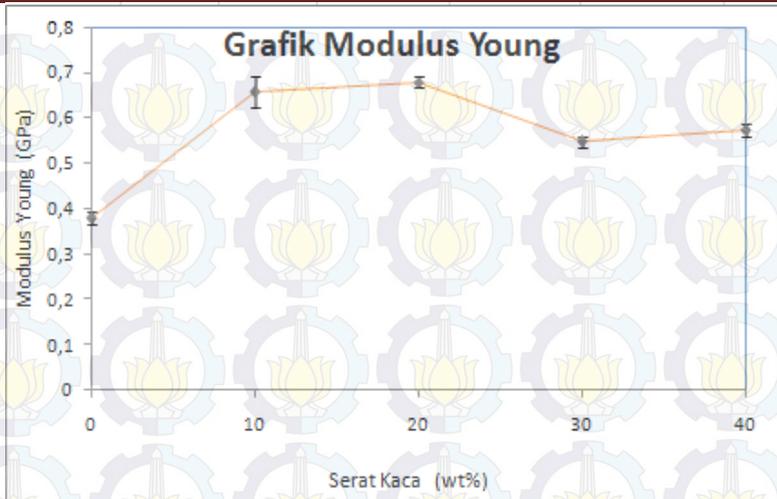


Gambar 4.3 menunjukkan kekuatan tarik meningkat terhadap penambahan serat kaca, hal ini bisa disebabkan karena arah orientasi yang searah dari *filler* serta karena interaksi dari filler dan matrik yang baik, Gambar 4.3 menunjukkan kekuatan tarik dari UP/CRF Hal tersebut dikarenakan stuktur kimia dari komposit UP/CRF memiliki cincin aromatic dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Cincin aromatik pada struktur kimia dari polimer memiliki sifat yang kaku, sehingga semakin banyaknya cincin aromatik yang terdapat pada suatu polimer maka akan meningkatkan sifat mekanik dari polimer tersebut.

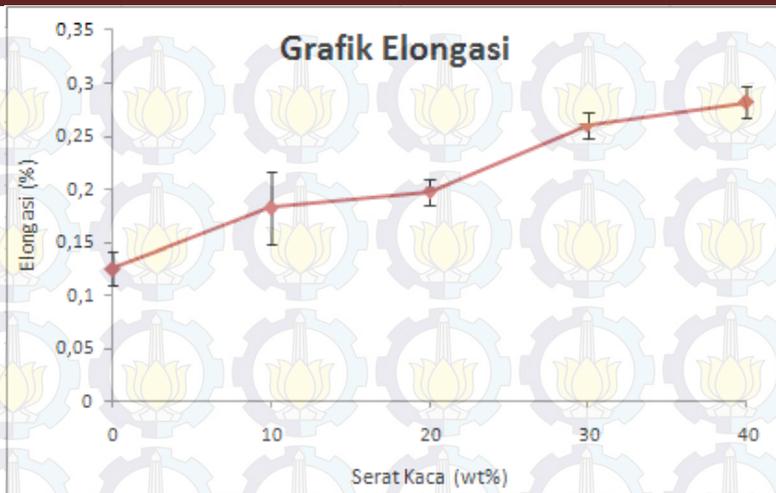


Gambar 4.4 Struktur kimia dari *Unsaturated Polyester Resin* (Dholakiya, 2012)



Gambar 4.5 Modulus young Komposit *UP/CRF*

Pada gambar 4.5 menunjukkan modulus young meningkat pada komposisi *UP/CRF* hingga 20% massa serat, lalu menurun seiring penambahan serat kaca. Penyebab hal tersebut dikarenakan sifat *filler* yang membuat kekuatan tarik meningkat, namun menyebabkan komposit menjadi getas. Menambah rasio serat kaca dapat meningkatkan kekuatan tarik, namun ketika rasio massa serat berada diatas 20%, grafik modulus young menunjukkan tren penurunan.

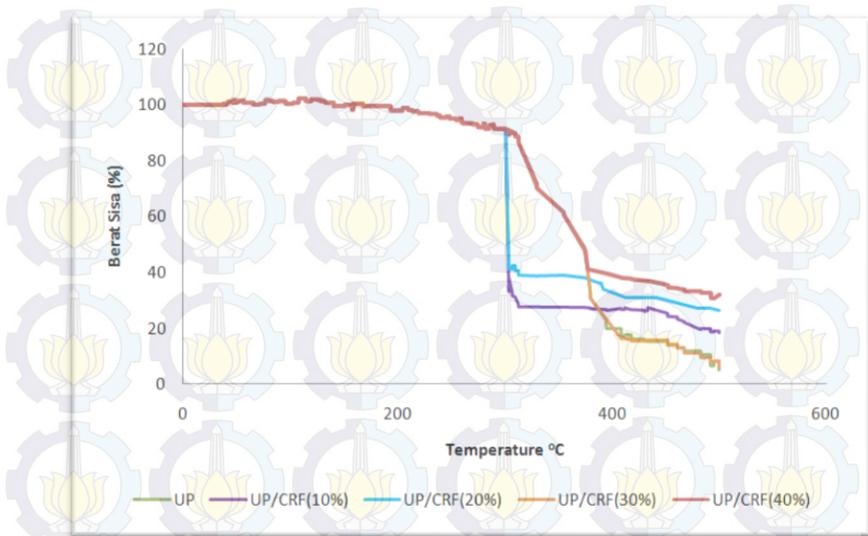


Gambar 4.6 Kurva Pemuluran (Elongasi) Komposit *Unsaturated Polyester* (UP) Resin/serat kaca jenis *continuous roving*(CRF)

Gambar 4.6. menunjukkan pengaruh penambahan serat kaca terhadap elongation komposit UP/CRF. Nilai *elongation* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya serat kaca. Hal tersebut disebabkan oleh orientasi serat yang searah yang mampu mengoptimalkan daya plastis polyester ketika menerima gaya tarik.

4.3 Pengujian TGA

Pengujian TGA dilakukan untuk menguji stabilitas thermal dari komposit *Unsaturated Polyester* (UP) Resin/serat kaca jenis *continuous roving* (CRF). Hasil TGA *Unsaturated Polyester* (UP) Resin/serat kaca jenis *continuous roving*(CRF). Pengujian TGA dilakukan dengan memanaskan sampel dari temperatur 25°C sampai dengan 500°C untuk mengetahui perubahan massa dari sampel polimer terhadap kenaikan temperatur, hasil ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Kurva Hasil uji TGA pada komposit *Unsaturated Polyester* (UP) Resin/serat kaca jenis *continuous roving*(CRF)

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang pada tahun 2011 menunjukkan bahwa stabilitas thermal dari polimer dipengaruhi oleh 5% atau 10% pengurangan berat awal. Semakin tinggi temperatur yang dibutuhkan untuk menghasilkan 5% atau 10% pengurangan massa, semakin stabil jenis polimer tersebut.



Tabel 4.2 Pengaruh Penambahan massa serat kaca terhadap Stabilitas Thermal UP/CRF

Kode Sampel	T (°C)	T (°C)	Berat Sisa di 500°C (wt%)
	5% weight loss	10% weight loss	
UP/CRF (0%)	240	300,1	4,8
UP/CRF (10%)	253,7	300,6	18,2
UP/CRF (20%)	254	301,1	26,43
UP/CRF (30%)	254,5	304	5,9
UP/CRF (40%)	254,7	307,1	29,4

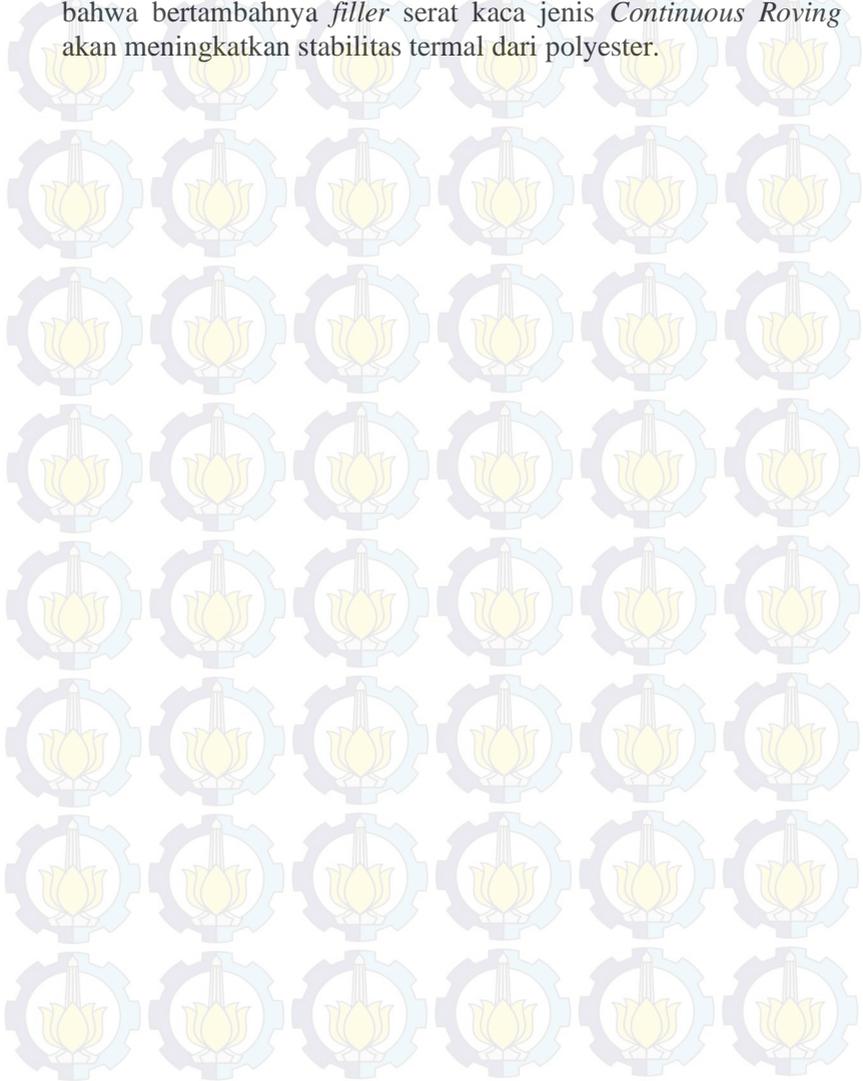
Gambar 4.7 menunjukkan hasil TGA komposit UP/CRF dengan perbandingan fraksi massa 0, 10, 20, 30, 40 persen. Dari pembacaan terjadinya pengurangan 5% berat terjadi pada temperatur 300,1 °C sedangkan pada komposit UP/CRF (40%) terjadi pada temperatur 307,1 °C. Lalu pada temperatur 500 °C berat sisa dari polimer UP sebesar 4,8% dari berat awal sedangkan pada komposit UP/CRF (40%) berat sisa sebesar 29,4% dari berat semula.

Gambar 4.7 menunjukkan hasil TGA antara *Unsaturated Polyester* Resin dan *filler* serat kaca jenis *Continuous Roving*. Dari pembacaan TGA pada UP/CRF (20%) terjadinya pengurangan 5% berat terjadi pada temperatur 301,1°C sedangkan pada komposit UP/CRF (30%) terjadi pada temperatur 304 °C. Sedangkan pada temperatur 500 °C berat sisa dari UP/CRF (20%) sebesar 26,43% dari berat awal sedangkan pada komposit UP/CRF (30%) berat sisa sebesar 5,9% dari berat semula. Hal ini dapat terjadi pada sampel UP/CRF (30%) kemungkinan besar adalah pengambilan sampel dari komposit UP/CRF (30%) yang kurang tepat.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa komposit UP/CRF memiliki stabilitas termal lebih tinggi bila dibandingkan dengan



polimer UP murni. Dari hasil pengujian TGA dapat disimpulkan bahwa bertambahnya *filler* serat kaca jenis *Continuous Roving* akan meningkatkan stabilitas termal dari polyester.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari studi ini adalah :

1. Penambahan serat kaca kontinu pada komposit meningkatkan kekuatan tarik. Data tertinggi diperoleh pada komposit dengan perbandingan poliester/serat kaca 40% yaitu 161,168 Mpa. Penambahan serat kaca kontinu pada komposit menurunkan sifat modulus young dari komposit data tertinggi diperoleh pada komposisi massa 20% serat kaca dengan nilai 0,679 GPa.
2. Penambahan serat kaca pada komposit poliester/serat kaca meningkatkan stabilitas thermal. Hasil sisa dari proses uji TGA tertinggi terdapat pada spesimen komposit poliester/serat kaca dengan perbandingan 40% sebesar 29,4 persen sisa berat pada temperatur 500°C.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya perlu:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan sifat mekanik polyester dan proses pembuatan komposit dengan metoda laminat
2. Proses preparasi pencampuran bahan sebaiknya dengan metode *hand lay-up* yang baik dan benar, sehingga antar matriks dan serat kaca lebih merata.
3. Proses pemotongan spesimen untuk pengambilan sampel saat pengujian sebaiknya menggunakan peralatan yang masih baik supaya hasil sampel yang diambil dapat akurat.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

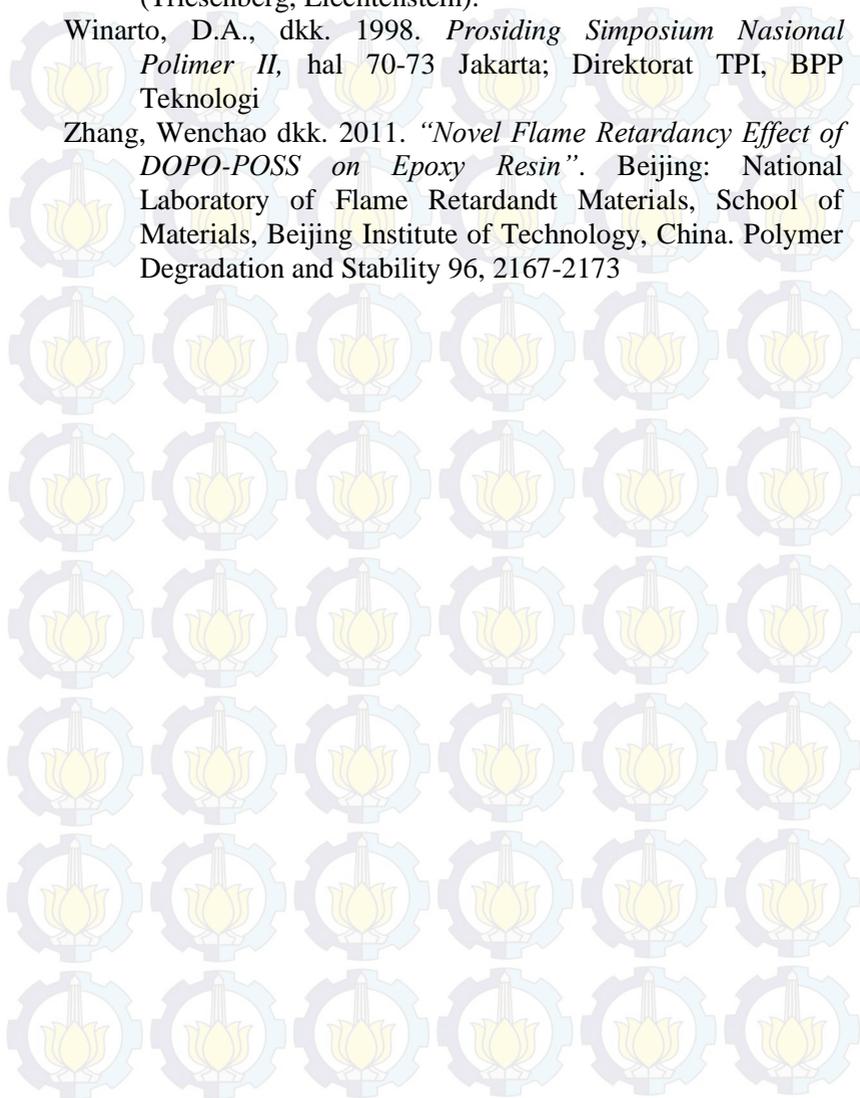
- _____. "ASM Handbook Volume 21: Composite". ASM International Handbook Committee
1996. "Rules for Fiberglass Reinforced Plastics Ships". Biro Klasifikasi Indonesia
- Alian, Helmy. 2011. "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Semen Putih Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Glass Fiber Reinforce Plastic (GFRP) Berpenguat serat E-glass Chop Strand Mat dan Matriks Resin Polyester". Palembang: Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3
- Benmokrane, B., dkk. 1995. "Construction and Building Materials Volume 9 issue 6". UK; Elsevier Science
- Bondan T. Sofyan. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta; Salemba Teknika.
- Cook, J. dan Gordon, J. E., 1964. "A mechanism for the Control of Crack Propagation in all Brittle Systems" Proceedings of the Royal Society, London, Vol. A282, pp. 508-520.
- Cowd, M.A. 1991. *Kimia Polimer*. Alih Bahasa : Harry Firman. Bandung; Penerbit ITB.
- Daswarman. 2013. *Serial Material Teknik*. Padang ; Universitas Negeri Padang.
- Dholakiya, Bharat. 2012. "Unsaturated Polyester Resin for Specialty Applications". INTECH Open Access Publisher
- Hatmi, Prima Widi. 1998. "Pengaruh Komposisi Katalis pada Glass Reinforced Polyester terhadap sifat mekaniknya", Serpong
- Hollaway, Leonard. 1994. "Handbook of Polymer Composites for Engineer". Cambridge; Woodhead Publishing Ltd.
- John A. Schey. 2000. *Proses Manufaktur*. Terjemahan oleh Rines, Dwiyani Asih dan Basuki Heri Winarno. 2009. Yogyakarta. Andi.
- Kandelbauer, Andreas dkk. 2013. "Handbook of Thermoset Plastics Volume 3103 Unsaturated Polyesters and Vinyl Esters". Elsevier

- Kaw, Autar K. 2006. *"Composite Material"*, 2nd ed., Amsterdam
Loewenstein, K.L. 1993. *"The Manufacturing Technology of
Continuous Glass Fibers, 3rd revised"*. New York ;
Elsevier Scientific
- Mazumdar, S.K. 2002. *"Composite Manufacturing: Materials,
Product and Process Engineering"*. USA : CRC Press
- PT. Justus Kimia Raya, Spesifikasi Resin YUKALAC BQTN 157
- Schwartz, Mel M. 1984. *"Composite Materials Handbook"*.
United States of America : McGraw-Hill
- Shelley, Mee Y. dalam Mark, James E. 1999. *"Polymer Data
Handbook"*. Oxford : Oxford University Press
- Smallman, R. E., dkk. Tanpa tahun. *Metalurgi Fisik Modern dan
Rekayasa Material Edisi Keenam*. Terjemahan oleh Sriati
Djaprie. 2000. Jakarta ; Erlangga.
- Socrates, George. 2001. *Infrared and Raman Characteristic
Group Frequencies*. UK ; John Wiley & Sons Ltd,
- Sperling, L. H. 2006. *"Introduction to Physical Polymer Science"*.
Canada
- Steven, Malcolm P. 2001. *Kimia Polimer*. Alih Bahasa : Lis
Sopyan. Jakarta; Pradnya Paramita
- Sulistijono. 2012. *"Mekanika Material Komposit"*. Surabaya
- Surdia, T., Saito, S. 1985. *"Pengetahuan Bahan Teknik"*, Cetakan
Ke-3. Jakarta; Pradnya Paramita
- Wallenberger, F.T. 1999. *"Advanced Inorganic Fibers-
Processes, Structures, Properties, Applications"*.
Dordrecht, Netherlands ; Kluwer Academic Publishers.
- Wallenberger, F.T. 1999 . *"Structural Silicate and Silica Glass
Fibers, in "Advanced Inorganic Fibers Processes,
Structures, Properties, Applications"*, F.T. Wallenberger,
Ed., Kluwer Academic Publishers.
- Wallenberger, F.T. 1994. Melt Viscosity and Modulus of Bulk
Glasses and Fibers: Challenges for the Next Decade, in
"Present State and Future Prospects of Glass Science and

Technology". Proc. of the Norbert Kreidl Symposium (Triesenberg, Liechtenstein).

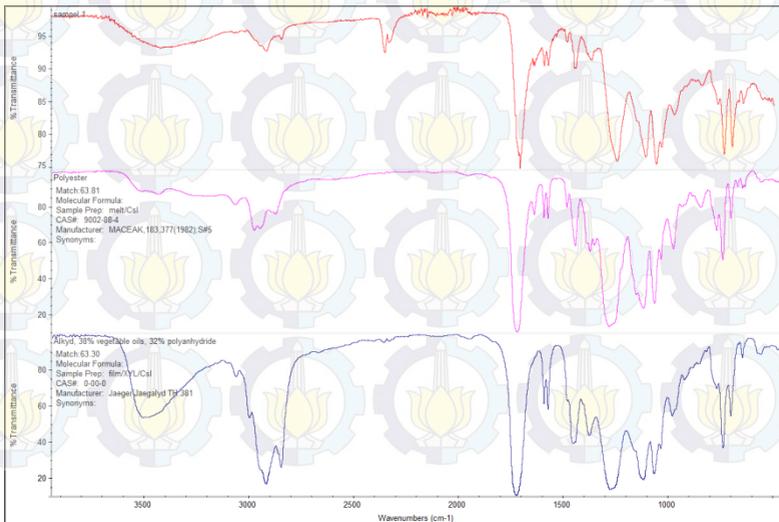
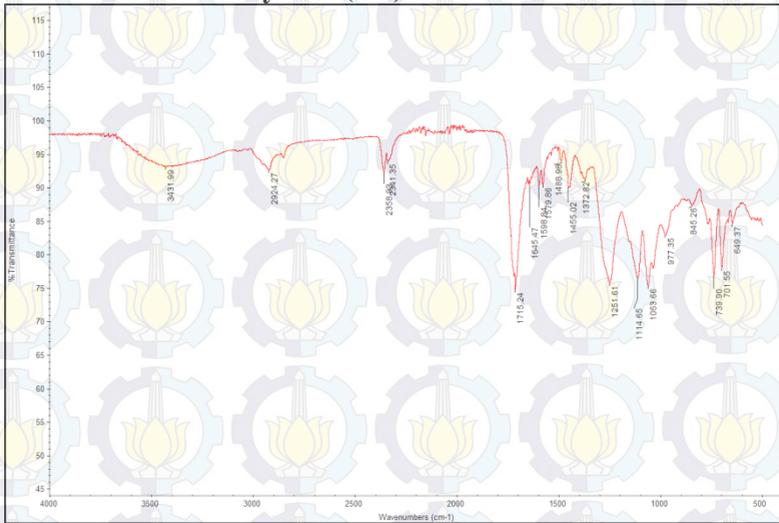
Winarto, D.A., dkk. 1998. *Prosiding Simposium Nasional Polimer II*, hal 70-73 Jakarta; Direktorat TPI, BPP Teknologi

Zhang, Wencho dkk. 2011. "*Novel Flame Retardancy Effect of DOPO-POSS on Epoxy Resin*". Beijing: National Laboratory of Flame Retardant Materials, School of Materials, Beijing Institute of Technology, China. *Polymer Degradation and Stability* 96, 2167-2173

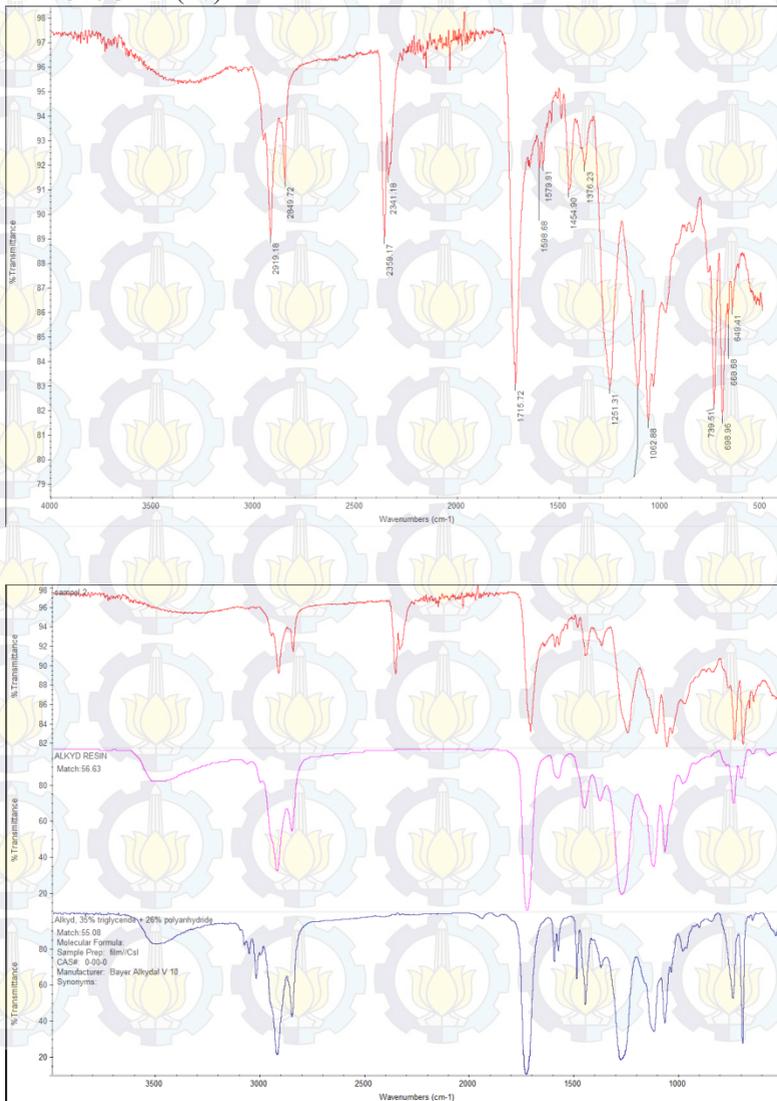


LAMPIRAN A : HASIL UJI FT-IR

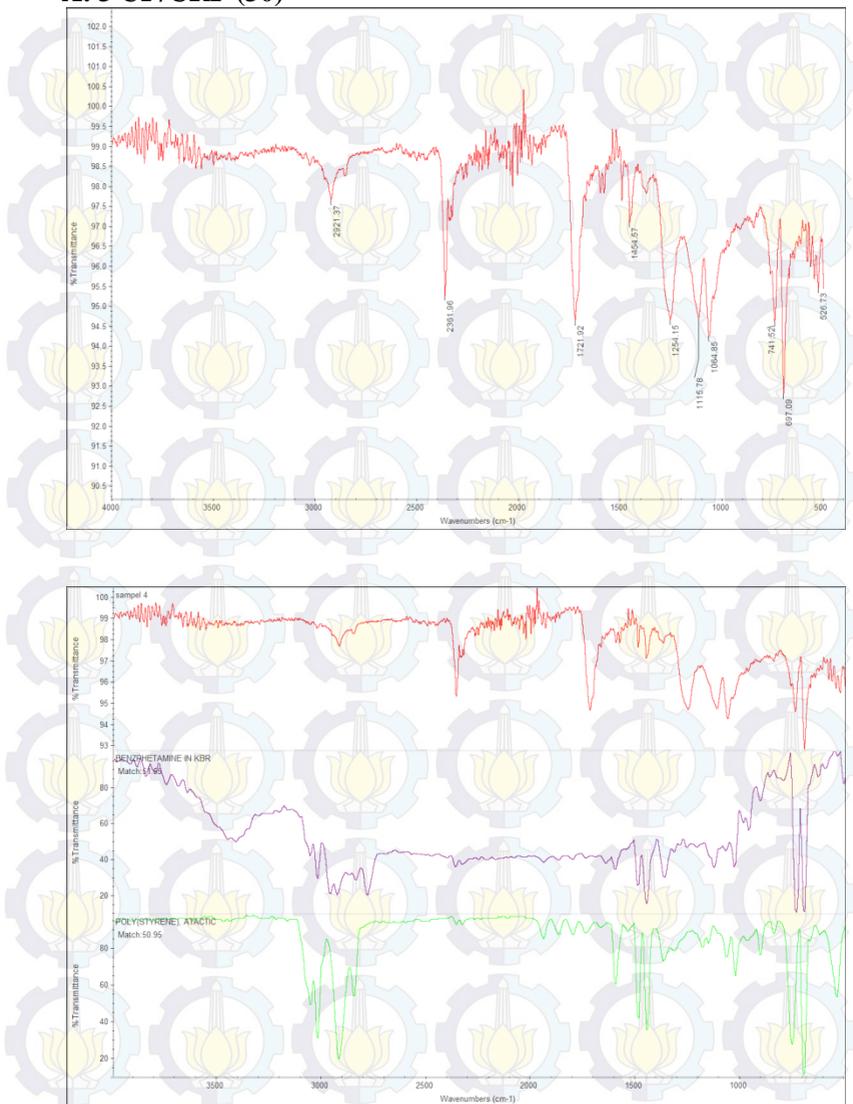
A. 1 Unsaturated Polyester (UP) Resin



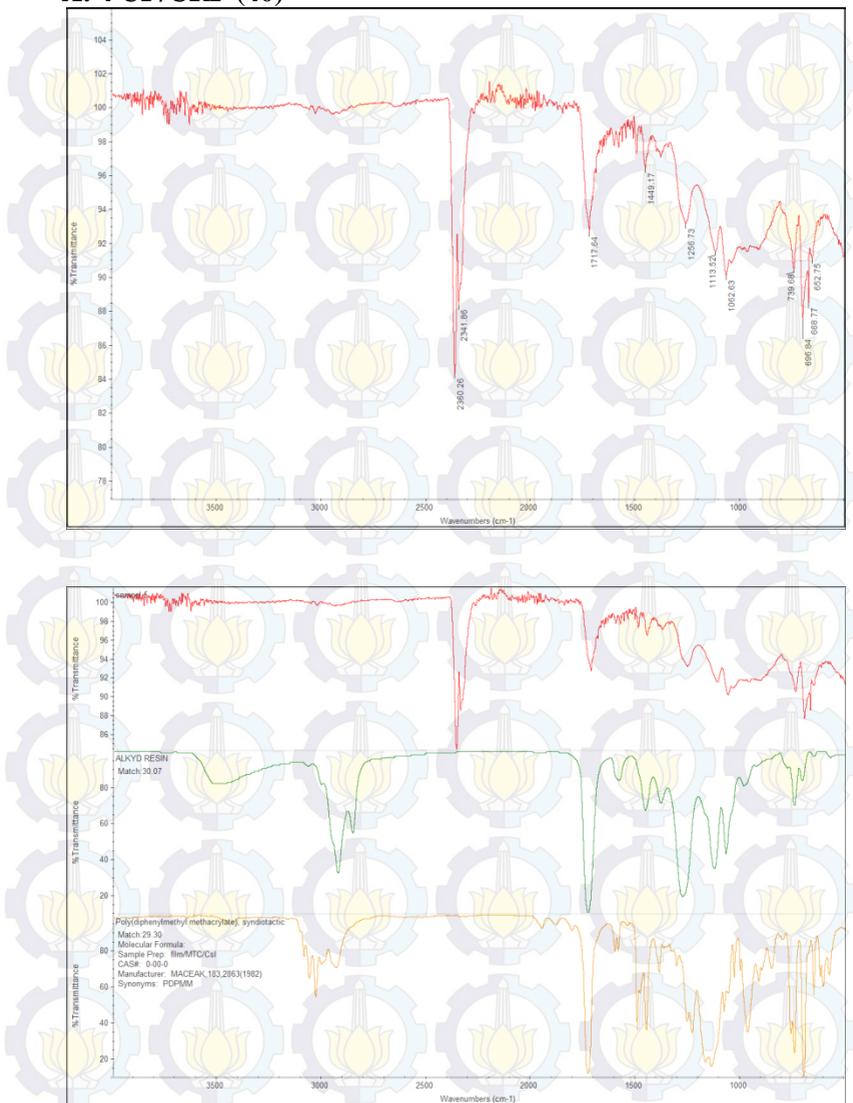
A. 2 UP/CRF (10)



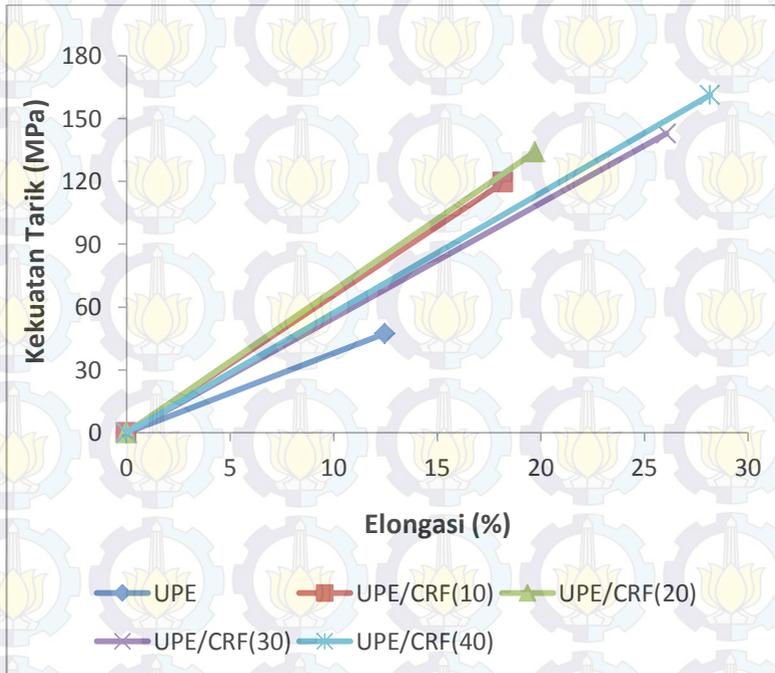
A. 3 UP/CRF (30)



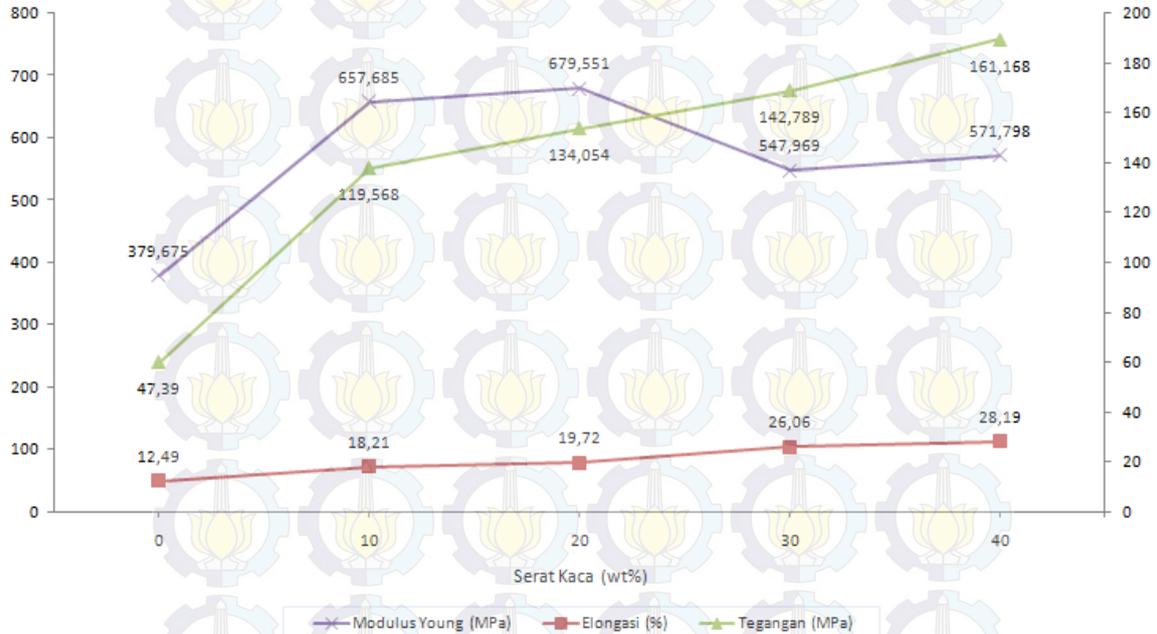
A. 4 UP/CRF (40)



LAMPIRAN B : HASIL UJI TARIK
B.1 Kurva Tegangan-Regangan UP/CRF

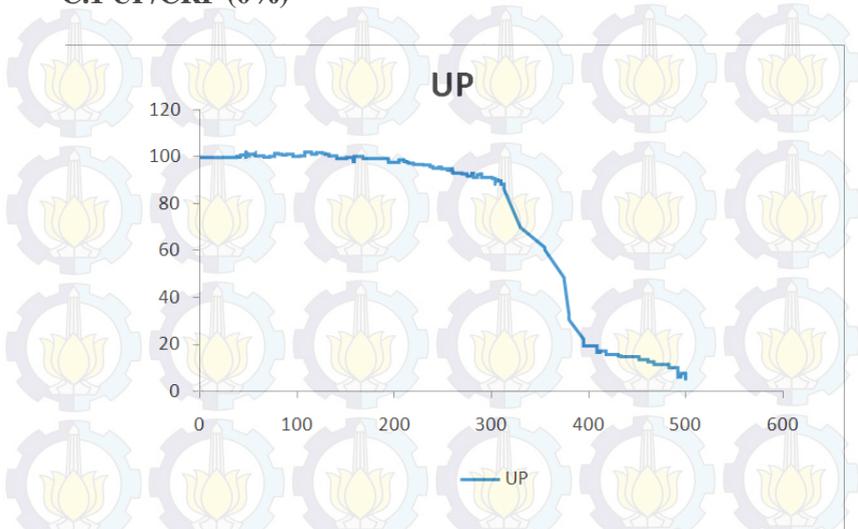


B.2 Gabungan Ketiga Kurva Uji Tarik UP/CRF

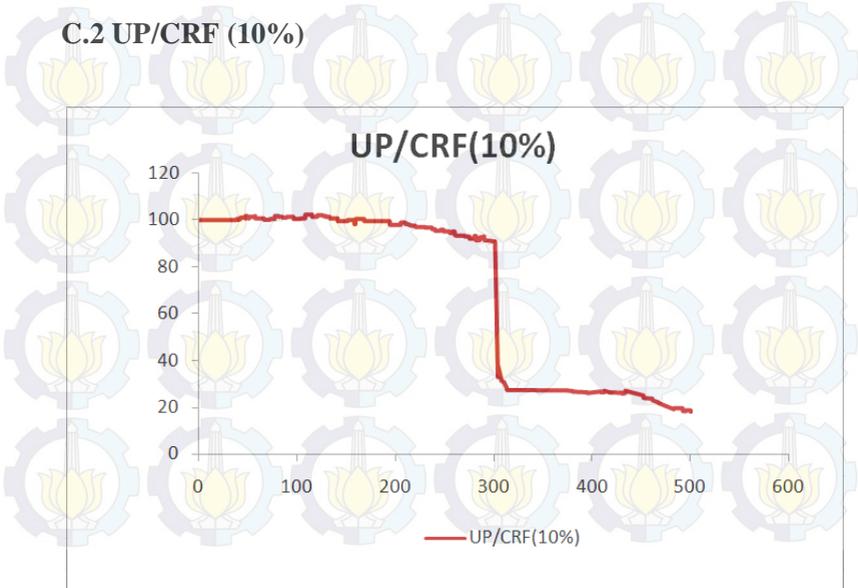


LAMPIRAN C : HASIL UJI TGA

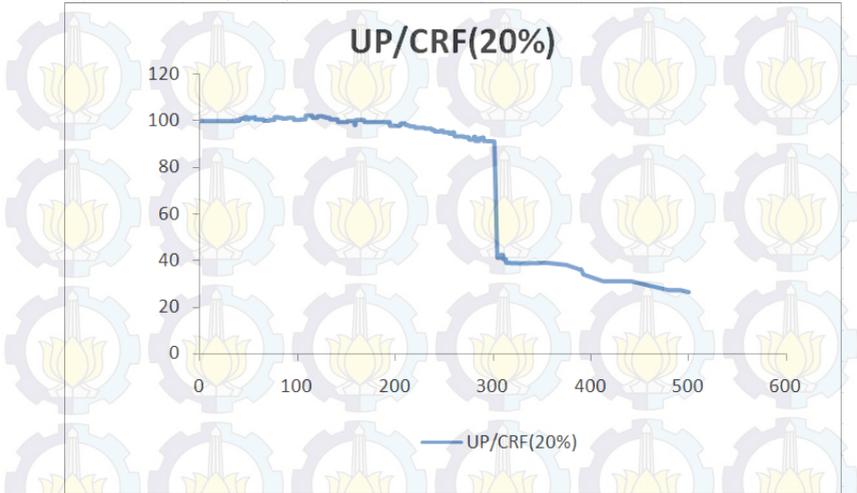
C.1 UP/CRF (0%)



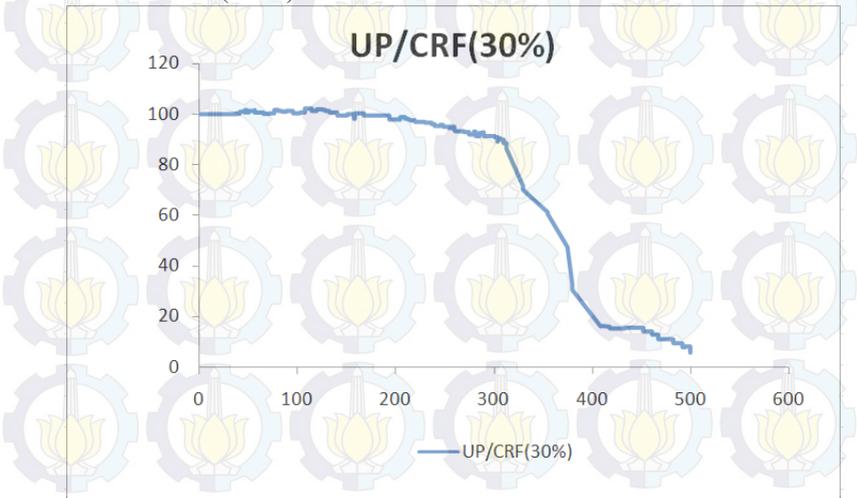
C.2 UP/CRF (10%)



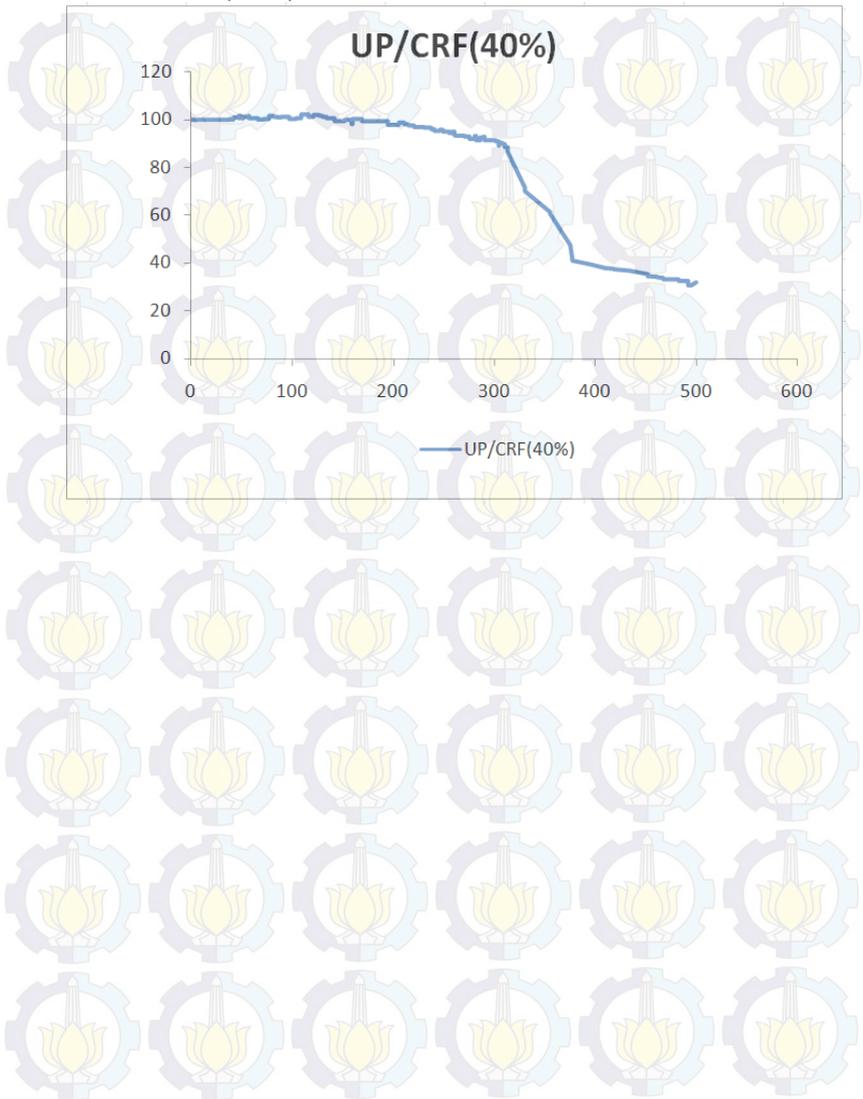
C.3.UP/CRF(20%)



C.4.UP/CRF(30%)



C.5.UP/CRF(40%)



LAMPIRAN D : TABEL SPESIFIKASI FIBERGLASS

REINFORCED PLASTIC SHIPS

Scantlings

Tensile strength	10 kg/mm ²
Modulus of tensile elasticity	700 kg/mm ²
Bending strength	15 kg/mm ²
Modulus of bending elasticity	700 kg/mm ²

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Lingga Nur Syamsu. Dilahirkan di kota Surabaya, 14 Desember 1991, merupakan putra dari pasangan Bapak Totok Suwandito dan Ibu Mas Urivefiati. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Wage 2 Sidoarjo, SMPN 1 Sidoarjo, dan SMAN 1 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA tahun 2009, penulis diterima menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

Selama perjalanan masa kuliah penulis aktif sebagai Staff Departemen Minat Bakat dan Sekretaris II UKM Musik ITS periode 2010/2011, dilanjutkan menjadi Ketua UKM Musik ITS periode 2011/2012, kemudian menjadi Ketua Lembaga Minat Bakat ITS periode 2012/2013.

Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktik di PT PINDAD, Bandung, Jawa Barat. Penulis juga pernah menjadi kontingen ITS pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) XXIV Makassar di bidang penelitian (PKM-P) dan memperoleh medali setara perak kategori poster. Di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ini penulis mengambil Tugas Akhir dalam Bidang Studi Material Inovatif.

Alamat penulis saat ini adalah Perum Griyo Wage Asri Blok G-10, Taman, Sidoarjo. Nomor telepon selular yang dapat dihubungi **083830796962** atau alamat email **lingganursyamsu@gmail.com**.