

SKRIPSI

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIS KUAT TARIK DAN KUAT TEKAN TABUNG KOMPOSIT *E-GLASS/EPOXY* DENGAN VARIASI PARAMETER *CURING* DAN *POST CURING*

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

SAMSUL NUGROHO

20150130103

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2020**



**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Karakterisasi Sifat Mekanis Kuat Tarik dan Kuat Tekan Tabung Komposit *E-Glass/Epoxy*
dengan Variasi Parameter *Curing* dan *Post Curing***

***Characterization of Mechanical Properties of Tensile Strength and Compressive Strength of E-
Glass / Epoxy Composite Tubes with Variations in Curing and Post Curing Parameters***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Samsul Nugroho
20150130103

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 03 januari 2020

Pembimbing Utama

Ir. Cahyo Budiyanoro, M.Sc., IPM.
NIK. 19711023201507123083

Pembimbing Pendamping

Ir. Aris Widvo Nugroho, M.T., Ph.D.
NIK. 19700307199509123022

Penguji

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049

Skrripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal, 03 Januari 2020

Mengetahui,
Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Januari 2020



Samsul Nugroho

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, kami panjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya kepada kita semua, sehingga kami diberikan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Karakterisasi Sifat Mekanis Kuat Tarik dan Kuat Tekan Tabung Komposit *E-Glass/Epoxy* dengan Variasi Parameter *Curing* dan *Post Curing***” secara baik dan tepat pada waktunya.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, baik secara moril dan materil dalam pelaksanaan tugas akhir maupun penyusunan laporan ini. Terima kasih kepada Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas izin dan persetujuan peminjaman laboratorium untuk penelitian, Bapak Ir. Cahyo Budiyanoro, M.Sc., IPM. dan Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu kepada penulis dan membantu dalam pelaksanaan penyusunan ataupun penulisan tugas akhir ini hingga selesai, Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji tugas akhir, semua staf pelayanan dan laboran Teknik Mesin UMY yang telah melayani mahasiswa dalam segala urusan akademik dan teman-teman Teknik Mesin UMY angkatan 2015 serta rekan tim tugas akhir aliran dua fase yang telah membantu baik itu berupa saran, doa, maupun dukungan sampai selesai.

Akhir kata penulisan tugas akhir ini, penulis sadar masih adanya kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan karya tulis ini. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan dimasa mendatang agar menjadi lebih baik dikemudian hari.

Yogyakarta, Januari 2020

Samsul Nugroho

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|-------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR PERSAMAAN..... | xiii |
| DAFTAR NOTASI..... | xiv |
| PERSEMBAHAN..... | xv |
| MOTTO..... | xvi |
| INTISARI..... | xvii |
| ABSTRACK | xviii |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 5 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II | 6 |
| TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... | 6 |

| | |
|---|----|
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 6 |
| 2.2 <i>Frame</i> Sepeda..... | 9 |
| 2.3 Komposit | 10 |
| 2.4 Modus kegagalan komposit..... | 11 |
| 2.5 Resin Epoksi..... | 12 |
| 2.6 <i>Fiberglass</i> | 13 |
| 2.7 Metode <i>Hand Lay-up</i> | 15 |
| 2.8 Tabung GFRP | 15 |
| 2.9 Proses <i>Curing</i> dan <i>Post Curing</i> | 16 |
| 2.10 Uji Tarik komposit | 18 |
| 2.11 Uji Tekan komposit | 20 |
| BAB III | 23 |
| METODE PENELITIAN..... | 23 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 23 |
| 3.2 Alat Penelitian | 24 |
| 3.3 Bahan Penelitian..... | 26 |
| 3.4 Proses Pembuatan Komposit..... | 28 |
| 3.5 Ukuran Spesimen..... | 30 |
| 3.6 Prosedur Uji Tarik Komposit | 30 |
| 3.7 Proses Uji Tekan Komposit..... | 31 |
| BAB IV | 32 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 32 |

| | |
|---|----|
| 4.1 Hasil Pengujian Tarik | 32 |
| 4.2 Pembahasan Uji Tarik | 40 |
| 4.3 Hasil Faktografi Makro Spesimen Uji Tarik | 43 |
| 4.4 Hasil Pengujian Tekan..... | 47 |
| 4.5 Pembahasan Uji Tekan | 53 |
| 4.6 Hasil Makro Spesimen Uji Tekan | 56 |
| BAB V | 60 |
| PENUTUP..... | 60 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 60 |
| 5.2 Saran | 61 |
| DAFTAR PUSTAKA | 63 |
| LAMPIRAN | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Geometri <i>frame</i> sepeda..... | 9 |
| Gambar 2.2 Komposisi komposit..... | 11 |
| Gambar 2.3 Kerusakan komposit akibat beban tarik longitudinal | 12 |
| Gambar 2.4 <i>Fiberglass woven roving</i> | 15 |
| Gambar 2.5 Metode <i>hand lay-up</i> | 15 |
| Gambar 2.6 Tipe rantai polimer | 17 |
| Gambar 2.7 Geometri spesimen uji tarik | 18 |
| Gambar 2.8 Kurva tegangan-regangan | 19 |
| Gambar 2.9 Geometri pengujian tekan | 20 |
| Gambar 2.10 Kurva tegangan-regangan | 21 |
| Gambar 3.1 Diagram alir..... | 23 |
| Gambar 3.2 Cetakan komposit..... | 25 |
| Gambar 3.3 <i>Specimen holder compressive test</i> | 25 |
| Gambar 3.4 <i>Universal Testing Machine (UTM)</i> | 26 |
| Gambar 3.5 Serat <i>e-glass</i> | 27 |
| Gambar 3.6 Resin epoksi dan hardener..... | 27 |
| Gambar 3.7 <i>Mirror glaze</i> | 28 |
| Gambar 3.8 Proses pemotongan serat <i>e-glass</i> | 28 |
| Gambar 3.9 Proses fabrikasi komposit tabung..... | 29 |
| Gambar 3.10 Proses pengovenan | 29 |
| Gambar 3.11 Proses pelepasan spesimen dari cetakan | 29 |
| Gambar 3.12 Spesimen komposit | 29 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.13 Ukuran spesimen uji..... | 30 |
| Gambar 4.1 Hubungan tegangan-regangan pada pengujian tarik komposit dengan variasi temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C..... | 32 |
| Gambar 4.2 Grafik nilai rata-rata tegangan tarik dan modulus elastisitas pada beberapa variasi temperatur <i>curing</i> | 34 |
| Gambar 4.3 Grafik nilai rata-rata regangan tarik pada beberapa variasi temperatur <i>curing</i> | 35 |
| Gambar 4.4 Hubungan tegangan-regangan pada pengujian tarik komposit dengan variasi temperatur <i>post curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 36 |
| Gambar 4.5 Grafik nilai rata-rata tegangan tarik dan modulus elastisitas pada beberapa variasi temperatur <i>post curing</i> | 38 |
| Gambar 4.6 Grafik nilai rata-rata regangan tarik pada beberapa variasi temperatur <i>post curing</i> | 39 |
| Gambar 4.7 Spesimen hasil pengujian tarik variasi temperatur <i>curing</i> | 41 |
| Gambar 4.8 Spesimen hasil pengujian tarik variasi temperatur <i>post curing</i> | 42 |
| Gambar 4.9 Uji makro patahan uji tarik variasi temperatur <i>curing</i> 110°C..... | 43 |
| Gambar 4.10 Uji makro patahan uji tarik variasi temperatur <i>curing</i> 130°C..... | 43 |
| Gambar 4.11 Uji makro patahan uji tarik variasi temperatur <i>curing</i> 150°C..... | 44 |
| Gambar 4.12 Uji makro patahan uji tarik variasi temperatur <i>post curing</i> 110°C . | 44 |
| Gambar 4.13 Uji makro patahan uji tarik variasi temperatur <i>post curing</i> 130°C . | 45 |
| Gambar 4.14 Uji makro patahan uji tarik variasi temperatur <i>post curing</i> 150°C . | 45 |
| Gambar 4.15 Hubungan kekakuan-deformasi pada pengujian tekan komposit dengan variasi temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 47 |
| Gambar 4.16 Grafik nilai rata-rata kekakuan tekan dan modulus tekan pada beberapa variasi temperatur <i>curing</i> | 49 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.17 Hubungan kekakuan-deformasi pada pengujian tekan komposit dengan variasi temperatur <i>post curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 50 |
| Gambar 4.18 Grafik nilai rata-rata kekakuan tekan dan modulus tekan pada beberapa variasi temperatur <i>post curing</i> | 52 |
| Gambar 4.19 Spesimen hasil pengujian tekan variasi temperatur <i>curing</i> | 54 |
| Gambar 4.20 Spesimen hasil pengujian tekan variasi temperatur <i>post curing</i> | 55 |
| Gambar 4.21 Uji makro spesimen tekan variasi temperatur <i>curing</i> 110°C | 56 |
| Gambar 4.22 Uji makro spesimen tekan variasi temperatur <i>curing</i> 130°C | 57 |
| Gambar 4.23 Uji makro spesimen tekan variasi temperatur <i>curing</i> 150°C | 57 |
| Gambar 4.24 Uji makro spesimen tekan variasi temperatur <i>post curing</i> 110°C... | 58 |
| Gambar 4.25 Uji makro spesimen tekan variasi temperatur <i>post curing</i> 130°C... | 58 |
| Gambar 4.26 Uji makro spesimen tekan variasi temperatur <i>post curing</i> 150°C... | 59 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Ukuran spesimen rangka sepeda komposit | 8 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi sifat mekanis material <i>frame</i> sepeda..... | 10 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi resin epoksi..... | 13 |
| Tabel 2.4 Sifat <i>e-glass fiber</i> dan <i>carbon fiber</i> | 14 |
| Tabel 2.5 Sifat-sifat serat <i>e-glass</i> dan <i>s-glass</i> | 14 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Universal Testing Machine</i> (UTM) zwick roell | 26 |
| Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai kuat tarik material komposit <i>e-glass/epoxy</i> pada temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 33 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material komposit <i>e-</i> <i>glass/epoxy</i> pada temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C..... | 34 |
| Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai regangan tarik material komposit <i>e-glass/epoxy</i> pada temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 35 |
| Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai kuat tarik material komposit <i>e-glass/epoxy</i> pada temperatur <i>post curing</i> 110°C, 130°C, 150°C..... | 37 |
| Tabel 4.5 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material komposit <i>e-</i> <i>glass/epoxy</i> pada temperatur <i>post curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 38 |
| Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai regangan tarik material komposit <i>e-glass/epoxy</i> pada temperatur <i>post curing</i> 110°C, 130°C, 150°C..... | 39 |
| Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai kekakuan tekan material komposit <i>e-</i> <i>glass/epoxy</i> pada temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C..... | 48 |
| Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai modulus tekan material komposit <i>e-</i> <i>glass/epoxy</i> pada temperatur <i>curing</i> 110°C, 130°C, 150°C..... | 49 |
| Tabel 4.9 Hasil perhitungan nilai kekakuan tekan material komposit <i>e-</i> <i>glass/epoxy</i> pada temperatur <i>post curing</i> 110°C, 130°C, 150°C | 51 |

Tabel 4.10 Hasil perhitungan nilai modulus tekan material komposit *e-glass/epoxy* pada temperatur *post curing* 110°C, 130°C, 150°C 52

DAFTAR PERSAMAAN

| | |
|---------------------|----|
| Persamaan 2.1 | 19 |
| Persamaan 2.2 | 19 |
| Persamaan 2.3 | 20 |
| Persamaan 2.4 | 21 |
| Persamaan 2.5 | 21 |
| Persamaan 2.6 | 22 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|---------------|----------------------------|--------------------|
| M_c | = massa komposit | (gr) |
| M_f | = massa fiber | (gr) |
| M_m | = massa matriks | (gr) |
| V_c | = volume komposit | (cm ³) |
| V_f | = volume <i>fiber</i> | (cm ³) |
| V_m | = volume matriks | (cm ³) |
| V_v | = volume voids | (cm ³) |
| ρ_c | = massa jenis <i>fiber</i> | (gr) |
| ρ_m | = massa jenis matriks | (gr) |
| σ | = Tegangan normal | (Mpa) |
| F | = Gaya yang bekerja | (N) |
| A_0 | = Luas penampang patahan | (mm ²) |
| ε | = Regangan normal | (%) |
| ΔL | = pertambahan panjang | (mm) |
| L_0 | = Panjang mula-mula | (mm) |
| L | = Panjang akhir | (mm) |
| E | = Modulus elastisitas | (Mpa) |
| P_s | = <i>pipe stiffness</i> | (Mpa). |
| P_d | = <i>pipe deflection</i> | (%). |

PERSEMBAHAN

*Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah skripsi ini saya persembahkan untuk ibu saya tercinta ibu **Turyani** terima kasih atas doa, motivasi, perhatian, dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penyusun.*

MOTTO

*“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut
untuk kebaikan dirinya sendiri.”*

(Qs. Al-Ankabut: 6)

*“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus
dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur.”*

(Qs. Yusuf: 87)

*“Bertaqwalah pada Allah maka Allah akan mengajarmu.
Sesungguhnya Allah maha mengetahui segala sesuatu.”*

(Qs. Al-Baqarah: 282)

INTISARI

Pergantian material logam dalam industri manufaktur saat ini sudah banyak dilakukan, terutama dalam bidang material komposit. Rangka sepeda umumnya terbuat dari material logam, tetapi karena kebutuhan sepeda yang bervariasi maka dibutuhkan material yang memiliki kekuatan tinggi tetapi ringan, sehingga dibuatlah *frame* sepeda dengan material komposit. Penggunaan serat *glass* sebagai material untuk pembuatan *frame* sepeda sudah pernah dilakukan atau dilaporkan sebelumnya, akan tetapi belum mendapatkan hasil kekuatan yang maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai kuat tarik dan kuat tekan yang sesuai dengan menggunakan variasi parameter temperatur *curing* dan variasi parameter temperatur *post curing*.

Pembuatan komposit tabung *e-glass/epoxy* menggunakan metode *hand lay-up* yang dilakukan dua pengujian yaitu pengujian tekan mengacu pada ASTM D 2412 dan pengujian tarik mengacu pada ASTM D 638-4. Penelitian ini menggunakan 8 lapisan serat dan variasi parameter *curing* dan *post curing* pada temperatur 110°C, 130°C, 150°C selama 60 menit.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa variasi parameter *curing* dan *post curing* mempengaruhi besar nilai kekakuan tekan dan tarik. Nilai rata-rata kekakuan tekan variasi *curing* tertinggi diperoleh pada temperatur 150°C sebesar 230,6 Mpa. Sedangkan nilai rata-rata kekakuan tekan variasi *post curing* tertinggi diperoleh pada temperatur 150°C sebesar 308,6 Mpa. Nilai rata-rata kuat tarik variasi *curing* tertinggi diperoleh pada temperatur 150°C sebesar 155,08 Mpa, sedangkan untuk nilai rata-rata kuat tarik variasi *post curing* tertinggi diperoleh pada temperatur 150°C sebesar 254,96 Mpa.

Kata kunci: komposit, rangka sepeda, serat glass, curing, post curing.

ABSTRACT

Substitution of metal materials in the manufacturing industry is now widely practiced, especially in the field of composite materials. Bicycle frames are generally made of metal material, but due to the varied needs of bicycles, needed high strength but lightweight materials are, so made frames are bicycle with composite materials. The use of fiberglass as a material for making frames bicycle has been done or reported before, but has not gotten the maximum strength results. The purpose of this research is to increase the tensile strength and compressive strength values that are appropriate by using variations in the temperature parameters curing and variations in the temperature parameters post curing.

The making of composite tubes e-glass/epoxy using method hand lay-up was carried out by two tests namely press testing referring to ASTM D 2412 and tensile testing referring to ASTM D 638-4. This study using 8 layers of fiber and variations in parameters curing and post curing at temperatures of 110°C, 130°C, 150°C for 60 minutes.

From the results of the study it was found that variations in the parameters of curing and post curing affect the value of the compressive stiffness and tensile strength. The highest average compressive stiffness value of curing was obtained at a temperature of 150°C at 230,6 MPa. While the highest average compressive stiffness of variation post curing was obtained at a temperature of 150°C amounting to 308,6 MPa. The highest average tensile strength value of variation curing was obtained at a temperature of 150°C of 155.08 MPa, while for the highest average tensile strength the variation post curing highest was obtained at a temperature of 150°C of 254.96 MPa.

Keywords: composite, bicycle frame, fiberglass, curing and post curing.