

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI KUALITAS IMPREGNASI SERAT KARBON PADA
LAMINA KOMPOSIT DENGAN VARIASI PERLAKUAN SERAT DAN
JENIS BAHAN THERMOPLASTIK

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

Kevin Atila Syahputra

20180130057

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2022

**HALAMAN PERNYATAAN
TIDAK DIPUBLIKASIKAN DI REPOSITORY PERPUSTAKAAN UMY**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kevin Atila Syahputra

NIM : 20180130057

Judul Tugas Akhir : "Studi Komparasi Kualitas Impregnasi Pada Lamina Komposit Dengan Variasi Perlakuan Serat dan Jenis Bahan Thermoplastik"

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Memberikan hak menyimpan, mengalih mediakan/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) kepada Perpustakaan UMY
2. Tidak memberi Izin kepada Perpustakaan UMY mempublikasikan naskah publikasi maupun Tugas Akhir di repository UMY dikarenakan termasuk bagian penelitian dosen pembimbing dan akan dipublikasikan secara kolaboratif.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 05 Oktober 2022

Pembimbing Utama


Dr. Ir Cahyo Budiantoro, S.T., M.Sc., IPM
NIK 197110232 201507123083



Kevin Atila Syahputra
NIM 20180130057

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala kasih dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “**Studi Komparasi Kualitas Impregnasi Pada Lamina Komposit Dengan Variasi Perlakuan Serat dan Jenis Bahan Thermoplastik**”. *Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics* (CFRTP) merupakan material rekayasa yang mempunyai sifat kekakuan, kekuatan, kemampuan daur ulang yang tinggi, dan prosesnya memerlukan waktu yang singkat. CFRTP memiliki masalah utama pada matriks thermoplastik yaitu viskositas yang tinggi dari thermoplastik yang mencapai pada suhu leleh sehingga menyebabkan sulitnya impregnasi antara matriks kedalam serat. Kualitas impregnasi yang rendah dapat menyebabkan turunnya sifat mekanik komposit. Hal tersebut dapat hindari dengan cara meningkatkan kekasaran dan interaksi yang terjadi pada *interface* serat. Berbagai macam metode digunakan untuk meningkatkan kekasaran pada permukaan serat diantaranya perlakuan *cryogenic*, *silane coupling agent*, *heat treatment* dilanjutkan *cryogenic*.

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan spesimen menggunakan mesin *injection molding*. Matriks yang digunakan merupakan thermoplastik berbentuk bijih *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polycarbonate* (PC), dan *High Density Polyethylene* (HDPE) dan sebagai bahan penguat menggunakan serat karbon. Pada penelitian ini serat karbon yang digunakan diberi perlakuan *cryogenic* menggunakan nitrogen cair, perlakuan serat dengan menggunakan *heat treatment* dilakukan dengan memanaskan serat karbon kedalam tungku, perlakuan serat menggunakan *silane coupling agent* dilakukan dengan merendam serat karbon kedalam larutan *aminopropyl triethoxysilane* (APTS). Pengujian yang dilakukan adalah *pullout* yang dianalisa menggunakan *software* Minitab dan dilengkapi dengan pengamatan struktur mikro menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari peran, dukungan, dan doa, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada : Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D selaku Ketua

Program Studi Teknik Mesin, Bapak Dr. Ir. Cahyo Budiantoro, S.T., M.Sc., IPM, Ibu Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng, dan Bapak Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D selaku dosen pembimbing dan penguji yang dengan sabar membimbing, memotivasi, mengarahkan, dan memberikan masukan untuk kebaikan tugas akhir ini. Terimakasih juga kepada pengelola prodi yang telah memfasilitasi dan memacu penulis untuk menyelesaikan studi.

Penulis berusaha untuk menyusun tugas akhir ini dengan baik, namun penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun penjelasan yang disebabkan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas kesalahan penulis dan mengharapkan saran serta kritik yang membangun dari berbagai pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga skripsi ini bermanfaat besar bagi penulis pribadi dan pembaca.

Yogyakarta, 17 Oktober 2022



Kevin Atila Syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I.....	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	3
1. 3 Batasan Masalah.....	4
1. 4 Tujuan Penelitian	4
1. 5 Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
2. 1 Tinjauan Pustaka	5
2. 2 Landasan Teori.....	7
2. 2. 1 Material Komposit	7
2. 2. 2 Matriks	9
2. 2. 3 Bahan Penguat (<i>Reinforcement</i>).....	10
2. 2. 4 Serat Karbon.....	10
2. 2. 5 Thermoplastik	11
2. 2. 6 <i>Polyethylene terephthalate (PET)</i>	11
2. 2. 7 <i>High-density polyethylene (HDPE)</i>	12
2. 2. 8 <i>Polycarbonate (PC)</i>	13
2. 2. 9 Perlakuan <i>Cryogenic</i>	13
2. 2. 10 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>).....	14
2. 2. 11 <i>Silane Coupling Agent treatment (SCA)</i>	15
2. 2. 13 <i>Injection Molding Machine</i>	15
2. 2. 12 Bagian-bagian Mesin <i>Injection Molding</i>	16
2. 2. 13 <i>Pull Out Test</i>	18
2. 2. 14. <i>Design of Experiment (DOE)</i>	19
2. 2. 15. Metode <i>Taguchi</i>	20

2. 2. 16. <i>Orthogonal array</i>	22
2. 2. 17. <i>Analysis of Varians (ANOVA)</i>	23
2. 2. 18. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	25
BAB III	27
3. 1. Diagram Alir Penelitian	27
3. 2 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3. 3 Alat dan Bahan.....	28
3. 3. 1. <i>Injection Molding Machine</i>	28
3. 3. 2. <i>Mesin Heat Treatment Furnance</i>	29
3. 3. 3. <i>Container</i>	30
3. 3. 4. Serat Penguat.....	30
3. 3. 5. <i>Polyethylene Terephthlate (PET)</i>	31
3. 3. 6. <i>Polycarbonate (PC)</i>	32
3. 3. 7. <i>High-density Polyethylene (HDPE)</i>	32
3. 3. 8. <i>Cryogenic (Liquid nitrogen)</i>	32
3. 3. 9. <i>Perlakuan Heat treatment dan Cryogenic</i>	33
3. 3. 10. <i>Silane Coupling Agent (SCA)</i>	33
3. 3. 11. <i>Table Saw Ryu 8</i>	34
3. 3. 12. <i>Mold Release</i>	34
3. 4 Tahapan Penelitian	34
3. 4. 1. Studi Literatur	34
3. 3. 2. Tahap Persiapan	35
3. 3. 3. Rancangan Percobaan	35
3. 3. 4. Tahapan Pembuatan Spesimen.....	36
3. 3. 5. Pengujian Spesimen	37
3. 3. 6. Pengolahan data	38
3. 3. 7. Kesimpulan	40
BAB IV	41
4. 1 Hasil Pengujian <i>Pull Out</i>	41
4. 2. Analisis <i>Signal to Noise Rasio Nilai Interfacial Shear Strength (IFSS)</i> ... 44	
4. 3 <i>Analysis of Varians (ANOVA)</i> Nilai IFSS	48
4. 5 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	50
BAB V	53
5. 1 Kesimpulan	53
5. 2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komposit partikel.....	7
Gambar 2. 2 Jenis-jenis komposit serat.....	8
Gambar 2. 3 Komposit laminat	8
Gambar 2. 4 Serat Karbon.....	11
Gambar 2. 5 Spesimen yang diberi perlakuan <i>cryogenic</i>	14
Gambar 2. 6 Bagian-bagian mesin <i>Injection Molding</i>	16
Gambar 2. 7 Skema prinsip <i>pullout test</i>	18
Gambar 2. 8 Mekanisme uji <i>pullout</i>	19
Gambar 2. 9 Prinsip Kerja SEM	26
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 3. 2 Mesin <i>Injection Molding</i>	29
Gambar 3. 3 Mesin Nabertherm model N 11/H.....	30
Gambar 3. 4 <i>Container</i>	30
Gambar 3. 5 Serat karbon.....	31
Gambar 3. 6 Bahan γ -aminopropyl triethoxysilane (APTS).....	33
Gambar 3. 7 <i>Table Saw Ryu 8</i>	34
Gambar 3. 8 <i>Mold realese</i>	34
Gambar 3. 9 Spesimen	36
Gambar 3. 10 Skema pengujian <i>pull out</i>	38
Gambar 3. 11 Diagram alir pengolahan data	39
Gambar 4. 1 Kristalisasi matriks PET yang tidak optimal	43
Gambar 4. 2 Nilai rata-rata Interfacial Shear Strength (IFSS).....	43
Gambar 4. 3 Main effect Signal to Noise Rasio (SNR)	48
Gambar 4. 4 Serat karbon dengan perlakuan heat treatment dan cryogenic matriks HDPE	50
Gambar 4. 5 Serat karbon dengan perlakuan heat treatment cryogenic matriks PC	51
Gambar 4. 6 Serat karbon dengan perlakuan silane coupling agent matriks HDPE	51
Gambar 4. 7 Serat karbon dengan perlakuan silane coupling agent matriks PC .	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan kekurangan bahan thermoplastik	11
Tabel 2. 2 Sifat-sifat PET	12
Tabel 2. 3 Sifat-sifat <i>Polycarbonate</i>	13
Tabel 2. 4 Orthogonal Array $L_4(2^3)$	23
Tabel 3. 1 Spesifikasi mesin <i>injection molding</i> Meiki 70-B.....	29
Tabel 3. 2 Sifat serat karbon	31
Tabel 3. 3 Sifat bahan PET	31
Tabel 3. 4 Sifat bahan PC.....	32
Tabel 3. 5 Rancangan Percobaan	35
Tabel 4. 1 Hasil nilai rata-rata <i>Interfacial Shear Strength</i> (IFSS)	42
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan <i>Signal to Noise Rasio</i> (SNR).....	45
Tabel 4. 3 Respon <i>Signal to Noise Rasio</i> (SNR) pada nilai IFSS	46
Tabel 4. 4 Kombinasi faktor terbaik	47
Tabel 4. 5 Persen kontribusi yang berpengaruh terhadap nilai IFSS	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Design of experiment dengan metode Taguchi menggunakan software Minitab 14	58
Lampiran 1. 2 Perhitungan nilai IFSS.....	58
Lampiran 1. 3 Perhitungan nilai SN Rasio.....	60
Lampiran 1. 4 Menampilkan grafik main effects SN Rasio menggunakan software Minitab 14	61
Lampiran 1. 5 ANOVA menggunakan software minitab 14	62
Lampiran 1. 6 Foto Pengujian.....	62
Lampiran 1. 7 Foto perlakuan serat.....	63

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CFRTP	: <i>Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic</i>
PET	: <i>Polyethylene Terephthalate</i>
HDPE	: <i>High-density polyethylene</i>
PC	: <i>Polycarbonate</i>
IFSS	: <i>Interfacial Shear Strength (MPa)</i>
wt	: <i>Weight Concentration</i>
APTS	: <i>Aminopropyltriethoxy Silane</i>
F	: <i>Beban Maksimum (N)</i>
d	: <i>Diameter serat (mm)</i>
L_b	: <i>Bonding Length (mm)</i>
DOE	: <i>Design of Experiment</i>
ANOVA	: <i>Analysis of Varians</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microcope</i>
τ	: <i>Interfacial Shear Strength (MPa)</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Rasio</i>
Seq SS	: <i>Jumlah kuadrat sekuensial</i>
Df	: <i>Derajat kebebasan</i>
Adj SS	: <i>Jumlah kuadrat disesuaikan</i>
Adj MS	: <i>Rata-rata kuadrat disesuaikan</i>
F	: <i>Statistik dari rata-rata kuadrat</i>
ρ	: <i>Persen of contribution</i>