

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT SERAT KARBON DENGAN
Matrik EPOXY RESIN UNTUK PANEL OTOMOTIF**



Didin Khoerudin
NIM: 41323110014

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT SERAT KARBON DENGAN
Matrik EPOXYRESIN UNTUK PANEL OTOMOTIF**



Disusun oleh :

Nama : Didin Khoerudin

NIM : 41323110014

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA
KULIAH TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU S1
(AGUSTUS) 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini di ajukan oleh:

Nama : Didin Khoerudin
NIM : 41323110014
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Komposit Serat Kabon Dengan Matrik Epoxy Resin Untuk Panel Otomotif

Telah berhasil dipertahankan pada sidang dihadapan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana strata 1 pada Program Studi Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Pembimbing : Gilang Awan Yudhistira, S.T, M.T

NIDN : 320029602

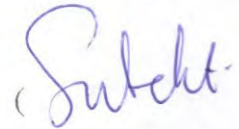
Penguji 1 : Dr. Subekti, S.T, M.T, IPM

NIDN : 0323117307

Penguji 2 : Dr. Nur Indah, S.ST, MT

NIDN : 0313038001

()

()

()

Jakarta, 04 Agustus 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT,

NIDN 0307037202

Ketua Program Studi



Dr Eng Imam Hidayat, ST, MT

NIDN 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Didin Khoerudin
NIM : 41323110014
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analis Kekuatan Komposit Serat Kabon Dengan Matrik
Epoxy Resin Untuk Panel Otomotif

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan Universitas Mercu Buana
Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan

Jakarta, 04 Agustus 2025

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Didin Khoerudin

PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT SERAT KABON DENGAN MATRIK EPOXY RESIN UNTUK PANEL OTOMOTIF”. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada jurusan Teknik Mesin di Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Karena itu, kritik dan saran yang membangun akan senantiasa penulis terima dengan senang hati. Dalam penyelesaian penulisan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Nurato S.T, M.T, Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dengan baik sehingga penulisan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.
6. Kepada Orangtua yang telah mendoakan, mendukung dan memotivasi penulis selama menempuh proses pembelajaran di Universitas Mercu Buana.
7. Teman-teman penulis yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan laporan tugas akhir. Semoga amal kebaikan pihak-pihak tersebut mendapatkan pahala dan imbalan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis menyadari bahwa makalah ini masih memiliki kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 04 Agustus 2025



Didin Khoerudin



ABSTRAK

Komposit serat karbon dengan matriks epoxy banyak digunakan dalam industri otomotif karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat karbon terhadap kekuatan tarik komposit berbasis epoxy, serta mengevaluasi nilai optimal dari kombinasi serat dan resin. Proses fabrikasi dilakukan dengan metode hand lay-up menggunakan tiga variasi fraksi massa serat, yaitu 20%, 40%, dan 60%, yang kemudian dikonversi menjadi fraksi volume. Uji tarik dilakukan sesuai standar ASTM D3039 untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik maksimum dan regangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposit dengan fraksi volume serat sekitar 38% (fraksi massa 40%) memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 135 MPa. Sementara itu, fraksi 60% menghasilkan kekuatan lebih rendah karena terjadi cacat seperti void dan delaminasi akibat resin yang tidak merata. Analisis teoritis menggunakan Rule of Mixtures dan pendekatan Halpin-Tsai menunjukkan nilai yang jauh lebih tinggi dibanding eksperimen karena tidak mempertimbangkan ketidaksempurnaan proses fabrikasi. Selain itu, nilai ketangguhan (*approximate toughness*) tertinggi juga ditemukan pada fraksi 40%, menunjukkan bahwa komposisi ini memberikan kombinasi optimal antara kekuatan dan kemampuan menyerap energi. Penelitian ini menunjukkan pentingnya kontrol terhadap rasio resin-serat dalam menentukan kualitas komposit yang dihasilkan.

Kata kunci: komposit, serat karbon, *epoxy*, fraksi volume, kekuatan tarik, *hand lay-up*, *toughness*

STRENGTH ANALYSIS OF CARBON FIBER COMPOSITE WITH EPOXY RESIN MATRIX FOR AUTOMOTIVE PANELS

ABSTRACT

Carbon fiber-reinforced epoxy composites are widely used in the automotive industry due to their high strength-to-weight ratio. This study aims to analyze the effect of varying fiber volume fractions on the tensile strength of epoxy-based composites and to evaluate the optimal fiber–resin combination. The fabrication process was carried out using the hand lay-up method with three fiber mass fractions: 20%, 40%, and 60%, which were later converted into volume fractions. Tensile testing was conducted according to ASTM D3039 to obtain the maximum tensile strength and strain. The results showed that the composite with a fiber volume fraction of approximately 38% (40% mass fraction) achieved the highest tensile strength of 135 MPa. In contrast, the 60% mass fraction resulted in lower strength due to defects such as voids and delamination caused by uneven resin distribution. Theoretical analysis using the Rule of Mixtures and the Halpin–Tsai approach yielded significantly higher values than the experimental results, as they do not account for fabrication imperfections. Furthermore, the highest approximate toughness value was also found at the 40% fiber mass fraction, indicating that this composition provides the best balance between strength and energy absorption capacity. This study highlights the importance of controlling the fiber–resin ratio to ensure the quality and performance of composite materials.

Keywords: composite, carbon fiber, epoxy, volume fraction, tensile strength, hand lay-up, toughness

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. MANFAAT PENELITIAN	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2. KOMPOSIT BERBASIS SERAT KARBON	12
2.3. STRUKTUR DAN KARAKTERISTIK SERAT KARBON	13
2.4. Matrik	14
2.5. APLIKASI PADA INDUSTRI OTOMOTIF	14
2.6. MODE KEGAGALAN PADA KOMPOSIT SERAT KARBON	15
2.7. TEORI HALPIN-TSAI	15
2.7.1. Faktor Bentuk Serat Dalam Model Halpin-Tsai	17
2.8. PERHITUNGAN TEORITIS	18
2.8.1. Perhitungan Fraksi Volume Dari Massa	18
2.8.2. Modulus Elastisitas Komposit	18

2.8.3.	Kekuatan Komposit	18
2.9.	METODE PENGUJIAN	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	23
3.2.	DIAGRAM ALIR EKSPERIMENTAL	26
3.3.	SKEMA PENELITIAN	29
3.4.	ALAT DAN BAHAN	30
3.4.1.	Alat	30
3.4.2.	Bahan	32
3.5.	SIFAT MATERIAL	33
3.6.	PEROSSES PEMBUATAN SPESIMEN UJI TARIK	34
3.6.1.	Tahap Pembuatan Spesimen	34
3.6.2.	Hasil Pembuatan Spesimen Uji Tarik	35
3.7.	PENGUJIAN TARIK	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1.	PERHITUNGAN FRAKSI VOLUME KOMPOSIT	40
4.1.1.	Langkah Perhitungan Fraksi Volume	41
4.1.2.	Performa Komposit Dan Kualitas Pabrikasi	44
4.2.	ANALISIS DATA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT	45
4.3.	ANALISIA APPROXIMATE TOUGHNESS	49
4.3.1.	Analisis Hasil	54
4.3.2.	Rekomendasi	55
4.4.	HASIL UJI TARIK	55
4.5.	PEMBAHASAN	56
4.5.1.	Analisis Pencapaian Tujuan Penelitian	56
4.5.2.	Perbandingan Hasil Dengan Teori dan Literatur	58
4.5.3.	Analisis Faktor Penyebab Perbedaan Hasil	60
4.5.4.	Evaluasi Kegagalan Penelitian	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. KESIMPULAN	66
5.2. SARAN	67
 DAFTAR PUSTAKA	 68
LAMPIRAN	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ASTM D3039	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Eksperimental	26
Gambar 3.3 Mesin Uji Tarik	31
Gambar 3.4 Timbangan Digital	31
Gambar 3.5 Alat Ukur Dimensi	31
Gambar 3.6 Serat Karbon	32
Gambar 3.7 Epoksi Resin	32
Gambar 3.8 Epoksi Haredener	33
Gambar 3.9 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D3039	34
Gambar 3.10 Hasil Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D3039	35
Gambar 3.11 Pemasangan Spesimen	36
Gambar 3.12 Proses Pengujian Tarik	37
Gambar 4.1 Hubungan antara Fraksi Volume Serat dan Kekuatan Tarik	47
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Fraksi Volume Serat	48
Gambar 4.3 Gambar Spesimen Gagal 1	63
Gambar 4.4 Gambar Spesimen Gagal 2	64
Gambar 4.5 Gambar Spesimen Gagal 3	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Referensi Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Berbagai Jenis Serat	16
Tabel 2.3 Nilai Faktor Bentuk Serat (ξ)	17
Tabel 3.1 Sifat Material	33
Tabel 4.1 Ringkasan Hasil Perhitungan Fraksi Volume	43
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik	46
Tabel 4.3 Data Uji Tarik Untuk Perhitungan <i>Toughness</i>	52
Tabel 4.4 Hasil Approximate Toughness	52
Tabel 4.5 Faktor Penyebab Kegagalan	62



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan (stress)	MPa
ε	Regangan (strain)	% atau tidak berdimensi
E	Modulus Elastisitas (Young's Modulus)	GPa
σ_c	Tegangan tarik komposit	MPa
σ_f	Tegangan tarik serat	MPa
σ_m	Tegangan tarik matriks	MPa
E_c	Modulus elastisitas komposit	GPa
E_f	Modulus elastisitas serat	GPa
E_m	Modulus elastisitas matriks	GPa
V_f	Fraksi volume serat	-
V_m	Fraksi volume matriks	-
W_f	Fraksi massa serat	-
W_m	Fraksi massa matriks	-
ρ_f	Densitas serat karbon	g/cm ³
ρ_m	Densitas resin epoksi	g/cm ³
ξ	Faktor bentuk serat (Halpin–Tsai)	Tidak berdimensi
UTS	Kekuatan tarik maksimum	MPa
Toughness	Ketangguhan material (luas kurva tegangan-regangan)	MPa

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
ASTM	American Society for Testing and Materials
UTS	Ultimate Tensile Strength (Kekuatan Tarik Maksimum)
UTM	Universal Testing Machine
RTM	Resin Transfer Molding
SEM	Scanning Electron Microscope
V _f	Volume Fraction (Fraksi Volume)
W _f	Weight Fraction (Fraksi Berat)
ξ (xi)	Faktor Bentuk Serat (Shape Factor dalam Model Halpin–Tsai)
2D	Dua Dimensi
3D	Tiga Dimensi
LCA	Life Cycle Assessment
MPa	Megapascal (satuan tegangan atau kekuatan)
GPa	Gigapascal (satuan modulus elastisitas)
gsm	Gram per Square Meter (satuan berat permukaan kain serat)