



**ANALISIS PENGARUH *HARDENER* TERHADAP
SIFAT MEKANIS MATERIAL *HYBRID COMPOSITE*
FIBERGLASS DAN *FIBERCARBON* DENGAN *MATRIX EPOXY***

SKRIPSI

KHIAR MUHAMMAD MUMTAZ

2210311079

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
2026**



**ANALISIS PENGARUH *HARDENER* TERHADAP
SIFAT MEKANIS MATERIAL *HYBRID COMPOSITE*
FIBERGLASS DAN *FIBERCARBON* DENGAN *MATRIX EPOXY***

SKRIPSI

KHIAR MUHAMMAD MUMTAZ

2210311079

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Khiar Muhammad Mumtaz
NIM : 2210311079
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh *Hardener* Terhadap Sifat
Mekanis Material *Hybrid Composite Fiberglass*
dan *Fibercarbon* dengan *Matrix Epoxy*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Sigit Pradana, S.T., M.T.

Penguji Utama



Dr. Eng. R. Wahyuni, S.Si., M.Eng.

Penguji Lembaga



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,

M.T., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng

Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 10 Juni 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

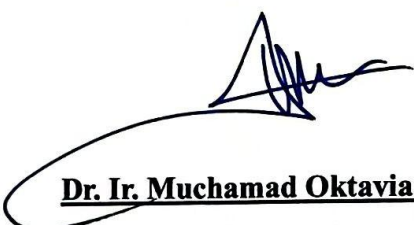
Skripsi diajukan oleh :

Nama : Khair Muhammad Mumtaz
NIM : 2210311079
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh *Hardener* Terhadap Sifat
Mekanis Material *Hybrid Composite Fiberglass*
dan *Fibercarbon* dengan *Matrix Epoxy*

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,


Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng
Pembimbing I


Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng
Pembimbing II

Mengetahui,


Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Khiar Muhammad Mumtaz
NIM : 2210311079
Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku

Jakarta, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,



Khlar Muhammad Mumtaz

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khiar Muhammad Mumtaz
NIM : 2210311079
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“ANALISIS PENGARUH *HARDENER* TERHADAP
SIFAT MEKANIS MATERIAL *HYBRID COMPOSITE*
FIBERGLASS DAN *FIBERCARBON* DENGAN *MATRIX EPOXY*”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,



Khlar Muhammad Mumtaz

**ANALISIS PENGARUH *HARDENER* TERHADAP
SIFAT MEKANIS MATERIAL *HYBRID COMPOSITE*
FIBERGLASS DAN *FIBERCARBON* DENGAN *MATRIX EPOXY***

Khiar Muhammad Mumtaz

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi rasio *hardener* terhadap sifat mekanis dan mekanisme kegagalan material *hybrid composite* berbasis *fiberglass* dan *fibercarbon* dengan *matrix epoxy*. Variasi *hardener* yang digunakan adalah 1:1, 1:0,5, dan 1:0,3 dengan proses fabrikasi menggunakan metode *hand lay-up* serta pengujian tarik berdasarkan ASTM D3039 dan analisis mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *rasio hardener* memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanis material *hybrid composite*, di mana variasi 1:0,5 menghasilkan nilai *Ultimate Tensile Strength* (UTS) tertinggi sebesar 170,7 MPa, diikuti oleh 1:1 sebesar 157,8 MPa dan 1:0,3 sebesar 77,4 MPa. Kinerja optimum pada rasio 1:0,5 dikaitkan dengan terbentuknya struktur *crosslinking* yang efektif sehingga meningkatkan *load transfer* antara *matrix* dan *fiber*. Analisis SEM menunjukkan bahwa variasi 1:1 didominasi oleh *matrix cracking*, *fiber pull-out*, dan *delamination* yang mengindikasikan perilaku getas, sedangkan variasi 1:0,5 menunjukkan dominasi *fiber breakage* yang mencerminkan ikatan antarmuka yang lebih baik. Sementara itu, variasi 1:0,3 menunjukkan distribusi *matrix* yang tidak merata (*resin rich areas*), lemahnya ikatan antarmuka, serta dominasi kegagalan adhesif akibat proses *curing* yang tidak sempurna. Dengan demikian, variasi *hardener* 1:0,5 dapat dianggap sebagai komposisi optimum yang menghasilkan kombinasi terbaik antara kekuatan tarik, kualitas ikatan antarmuka, dan efektivitas distribusi beban pada komposit laminat.

Kata Kunci: Variasi *Hardener*, *Fiberglass*, *Fibercarbon*, *Hybrid Composite*

***EFFECT OF HARDENER ON THE MECHANICAL
PROPERTIES OF HYBRID COMPOSITE MATERIALS
REINFORCED WITH FIBERGLASS AND FIBERCARBON
USING AN EPOXY MATRIX***

Khiaar Muhammad Mumtaz

ABSTRACT

This study investigates the effect of hardener ratio variation on the mechanical properties and failure mechanisms of hybrid composite materials reinforced with fiberglass and carbon fiber using an epoxy matrix. The hardener ratios employed were 1:1, 1:0.5, and 1:0.3, with specimens fabricated using the hand lay-up method, followed by tensile testing in accordance with ASTM D3039 and microstructural analysis using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results indicate that the hardener ratio significantly influences the mechanical properties of the hybrid composite, where the 1:0.5 ratio exhibits the highest Ultimate Tensile Strength (UTS) of 170.7 MPa, followed by 1:1 with 157.8 MPa and 1:0.3 with 77.4 MPa. The optimal performance at the 1:0.5 ratio is attributed to the formation of an effective crosslinking structure, which enhances load transfer between the matrix and the fibers. SEM analysis reveals that the 1:1 ratio is dominated by matrix cracking, fiber pull-out, and delamination, indicating brittle behavior, whereas the 1:0.5 ratio shows dominant fiber breakage, reflecting improved interfacial bonding. In contrast, the 1:0.3 ratio exhibits non-uniform matrix distribution (resin-rich areas), weak interfacial bonding, and dominant adhesive failure due to incomplete curing. Therefore, the 1:0.5 hardener ratio can be considered the optimum composition, providing the best combination of tensile strength, interfacial bonding quality, and load transfer efficiency in laminated composite structures.

Keywords: *Variation of hardener ratio, Fiberglass, Fibercarbon, Hybrid Composite*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala kasih, penyertaan, dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan seminar tugas akhir ini dengan baik. Penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh terhadap Sifat Mekanis Material *Hybrid Composite Fiberglass* dan *Fibercarbon* dengan *Matrix Epoxy*” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Proposal ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Jakarta. Melalui kata pengantar ini, penulis ingin berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi ini. Adapun seluruh pihak yang dimaksud antara lain:

1. Allah SWT, atas kasih, penyertaan, dan anugerah-Nya yang senantiasa memberikan kekuatan dan pengharapan di setiap langkah;
2. Orang tua dan keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral, dan bantuan materiil tanpa henti;
3. Ir. Fahrudin, S.T., M.T., Kepala Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta;
4. Dr. Eng. Riki Hendra Purba, Dosen Pembimbing 1 tugas akhir, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta;
5. Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng, Dosen Pembimbing 2 tugas akhir, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta;
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin UPN Veteran Jakarta, yang telah memberikan ilmu, wawasan, serta bimbingan akademik selama masa perkuliahan;
7. Seluruh teman-teman seperjuangan OPTIMIS'22 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan akhir ini. Maka dari itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat menjadi bahan evaluasi untuk penyusunan artikel ilmiah berikutnya. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memenuhi tanggung jawab sebagai salah satu mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kekuatan (<i>Strength</i>)	6
2.2 Tegangan-Regangan (<i>Stress-Strain</i>)	6
2.2.1. Tegangan (<i>Stress</i>)	8
2.2.2 Regangan (<i>Strain</i>)	9
2.2.3 Hubungan Regangan-Regangan	9
2.3 Faktor-Faktor Pengaruh Uji Tarik	10
2.3.1 Orientasi Serat	10
2.3.2 Temperatur Pengujian	11
2.3.3 <i>Hardener</i>	12
2.4 Komposit	13

2.4.1. Klasifikasi Komposit	13
2.5 Material Penyusun Komposit	16
2.5.1. Serat Kaca (<i>Fiberglass</i>)	16
2.5.2. Serat Karbon (<i>Fibercarbon</i>)	17
2.5.3. Resin <i>Epoxy</i>	19
2.6 Hybrid Composite.....	20
2.6.1. Mikrostruktur Material	21
2.7 Metode Elemen Hingga.....	23
2.7.1. Governing Equation.....	24
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Waktu Penelitian.....	26
3.2. Tempat Penelitian	26
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	27
3.4. Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1 Identifikasi Masalah.....	28
3.4.2 Studi Literatur.....	28
3.4.3 Persiapan Alat dan Bahan	28
3.4.4 Pembuatan Spesimen.....	29
3.4.5 Evaluasi Spesimen.....	30
3.4.6 Pengujian.....	30
3.4.7 Simulasi	30
3.4.8 Pengumpulan Data.....	31
3.4.9 Analisis Data.....	32
3.5. Alat dan Bahan.....	32
3.5.1 Alat.....	32
3.5.2 Bahan	35
3.6. Desain Spesimen Pengujian Standar ASTM D3039.....	36
3.7. Pengolahan Spesimen Komposit untuk Pengujian.....	36

3.8. Pengujian Tarik.....	37
3.8.1 Pengujian Tarik.....	37
3.8.2. Penempatan Spesimen.....	37
3.8.3 Proses Pengujian.....	38
3.8.4 Analisis Hasil Uji Tarik.....	38
3.9. Simulasi Metode Elemen Hingga.....	38
3.10. Analisis Data	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Hasil Uji Tarik.....	40
4.2. Hasil Simulasi.....	42
4.3. Mikrostruktur.....	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.1 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Tegangan-Regangan	7
Gambar 2. 2 Proses Terjadinya <i>Necking</i>	7
Gambar 2. 3 Pengaruh Orientasi terhadap Kekuatan Tarik Spesimen Komposit11	
Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Tegangan Tarik.....	12
Gambar 2. 5 Hubungan antara Kekuatan Tarik dan Rasio <i>Epoxy–Hardener</i>	12
Gambar 2. 6 Klasifikasi Komposit	13
Gambar 2. 7 Hasil Uji SEM <i>Hybrid Composite</i>	22
Gambar 2. 8 Uji SEM <i>Hybrid Composite</i> dengan Laju Regangan	23
Gambar 3. 1 Laboratorium Manufaktur UPNVJ	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3. 3 Alat <i>Universal Testing Machine</i>	32
Gambar 3. 4 Timbangan Digital	33
Gambar 3. 5 Kuas	33
Gambar 3. 6 <i>Roller</i>	33
Gambar 3. 7 Cetakan Komposit	33
Gambar 3. 8 Mikroskop Optik	34
Gambar 3. 9 Alat <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	34
Gambar 3. 10 Mesin CNC	34
Gambar 3. 11 <i>Fiberglass</i>	35
Gambar 3. 12 <i>Fibercarbon</i>	35
Gambar 3. 13 Resin <i>Epoxy</i> dan <i>Hardener</i>	36
Gambar 3. 14 Desain Spesimen Pengujian.....	36
Gambar 3. 15 <i>Layer Configuration Hybrid Composite</i>	36
Gambar 4. 1 Hasil uji tarik material <i>hybrid composite fiberglass</i> dan <i>fibercarbon</i> dengan <i>matrix epoxy</i>	40
Gambar 4. 2 <i>Stress Strain Curve</i> Hasil Uji Tarik	41
Gambar 4. 3 Grafik Hasil <i>Mesh Convergence</i>	42
Gambar 4. 4 <i>Strain Contour</i> variasi <i>hardener</i> (1:1, 1:0,5, 1:0,3).....	44
Gambar 4. 5 <i>Von Mises contour</i> variasi <i>hardener</i> (1:1, 1:0,5, 1:0,3)	45
Gambar 4. 6 Hasil SEM material <i>hybrid composite</i> variasi <i>hardener</i> 1:1.....	46
Gambar 4. 7 Hasil SEM material <i>hybrid composite</i> variasi <i>hardener</i> 1:0,5.....	46

Gambar 4. 8 Hasil SEM material *hybrid composite* variasi *hardener* 1:0,3.....47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi <i>Fibercarbon</i>	18
Tabel 2. 2 Pengaruh Laju Regangan Terhadap Kekuatan Tarik	21
Tabel 3. 1 <i>Material Properties</i>	38
Tabel 4. 1 Sifat mekanik material <i>hybrid composite fiberglass</i> dan <i>fibercarbon</i> dengan <i>matrix epoxy</i>	41
Tabel 4. 2 Hasil <i>mesh convergence</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Pembuatan Spesimen *Hybrid Composite* dengan Metode *Hand lay-up*

Lampiran 2. Waktu Pengeringan Spesimen

Lampiran 3. Spesimen Uji Tarik

Lampiran 4. Spesimen Hasil Uji Tarik

Lampiran 5. Hasil Uji SEM