



**ANALISIS MIKROSTRUKTUR DAN SIFAT MEKANIS
*FIBERGLASS DARI HYBRID COMPOSITE (FIBERGLASS +
FIBERCARBON) MATRIX EPOXY***

SKRIPSI

KAYLA NAZWAMAHARANI YAMIN

2210311089

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

202



**ANALISIS MIKROSTRUKTUR DAN SIFAT MEKANIS
*FIBERGLASS DARI HYBRID COMPOSITE (FIBERGLASS +
FIBERCARBON) MATRIX EPOXY***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

KAYLA NAZWAMAHARANI YAMIN

2210311089

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

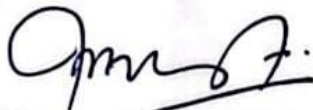
Nama : Kayla Nazwamaharani Yamin
NIM : 2210311089
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Mikrostruktur dan Sifat Mekanis *Fiberglass* dari *Hybrid Composite (Fiberglass+Fibercarbon) Matrix Epoxy*

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.



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.

Penguji Utama



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Penguji Lembaga



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,
M.T., I.P.M.

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

**ANALISIS MIKROSTRUKTUR DAN SIFAT MEKANIS *FIBERGLASS*
DARI *HYBRID COMPOSITE (FIBERGLASS + FIBERCARBON) MATRIX*
*EPOXY***

Kayla Nazwamaharani Yamin

NIM. 2210311089

Disetujui oleh,

Pembimbing I



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

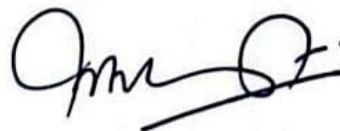
Pembimbing II



**Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., MT.,
IPM., ASEAN. Eng.**

Mengetahui,

**Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional Jakarta**



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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Kayla Nazwamaharani Yamin
NIM : 2210311089
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,



Kayla Nazwamaharani Yamin

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Kayla Nazwamaharani Yamin
NIM : 2210311089
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 MIKROSTRUKTUR DAN SIFAT MEKANIS FIBERGLASS DARI HYBRID COMPOSITE (FIBERGLASS + FIBERCARBON) 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,



Kayla Nazwamaharani Yamin

ANALISIS MIKROSTRUKTUR DAN SIFAT MEKANIS FIBERGLASS DARI HYBRID COMPOSITE (FIBERGLASS + FIBERCARBON) MATRIX EPOXY

Kayla Nazwamaharani Yamin

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji material komposit berpenguat serat (*Fiber Reinforced Polymer/FRP*) yang dikenal memiliki rasio kekuatan terhadap berat tinggi, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Fokus penelitian adalah pada komposit hibrida berbasis fiberglass (*Glass Fiber Reinforced Polymer/GFRP*) dan carbon fiber (*Carbon Fiber Reinforced Polymer/CFRP*) dengan matriks epoxy. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik mikrostruktur, pengaruh orientasi serat terhadap kekuatan tarik, serta perilaku patahan material. Dua konfigurasi komposit yang diuji yaitu fiberglass woven + carbon fiber woven dan fiberglass acak + carbon fiber woven. Spesimen dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dengan dimensi sesuai standar ASTM D3039M. Pengujian dilakukan melalui uji tarik menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* serta analisis mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Hasil menunjukkan bahwa komposit fiberglass woven + carbon fiber memiliki performa mekanik lebih baik dengan nilai *Ultimate Tensile Strength (UTS)* sebesar 143,5 MPa dan modulus elastisitas 1,1 GPa, dibandingkan komposit fiberglass acak + carbon fiber yang memiliki UTS 130,4 MPa dan modulus 0,9 GPa. Analisis SEM mengungkapkan bahwa komposit woven didominasi mekanisme kegagalan *fiber breakdown*, sedangkan komposit acak didominasi oleh *fiber pull-out*, *matrix cracking*, dan delaminasi. Dengan demikian, orientasi serat woven terbukti memberikan kekuatan mekanik yang lebih optimal dan berpotensi untuk diaplikasikan pada struktur rangka *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*.

Kata kunci: komposit hibrida, fiberglass, carbon fiber, orientasi serat, uji tarik, SEM, UAV

EFFECT OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF FIBERGLASS FROM HYBRID COMPOSITE (FIBERGLASS + FIBERCARBON) EPOXY MATRIX

Kayla Nazwamaharani Yamin

ABSTRACT

This study investigates fiber-reinforced composite materials (Fiber Reinforced Polymer/FRP), which are known for their high strength-to-weight ratio, corrosion resistance, and ease of fabrication. The research focuses on hybrid composites based on fiberglass (Glass Fiber Reinforced Polymer/GFRP) and carbon fiber (Carbon Fiber Reinforced Polymer/CFRP) with an epoxy matrix. The objective of this study is to analyze the microstructural characteristics, the effect of fiber orientation on tensile strength, and the fracture behavior of the material. Two composite configurations were examined: fiberglass woven + carbon fiber woven and random fiberglass + carbon fiber woven. The specimens were fabricated using the hand lay-up method with dimensions in accordance with ASTM D3039M standards. The tests conducted included tensile testing using a Universal Testing Machine (UTM) and microstructural analysis using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results show that the fiberglass woven + carbon fiber composite exhibits better mechanical performance, with an Ultimate Tensile Strength (UTS) of 143.5 MPa and a modulus of elasticity of 1.1 GPa, compared to the random fiberglass + carbon fiber composite, which has a UTS of 130.4 MPa and a modulus of 0.9 GPa. SEM analysis reveals that the woven composite is dominated by fiber breakdown failure mechanisms, while the random composite is characterized by fiber pull-out, matrix cracking, and delamination. In conclusion, woven fiber orientation provides superior mechanical performance and shows strong potential for application in Unmanned Aerial Vehicle (UAV) structural frames.

Keywords: *hybrid composite, fiberglass, carbon fiber, fiber orientation, tensile test, SEM, UAV*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun Proposal Penelitian dengan judul: “Analisis Mikrostruktur dan Sifat Mekanis *Fiberglass* dari *Hybrid Composite (Fiberglass+Fibercarbon) Matrix Epoxy*”. Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat dalam pelaksanaan Seminar Proposal pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Penyusunan proposal penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi orientasi serat pada komposit *hybrid* terhadap sifat mekanik material, khususnya melalui pengujian kekerasan *Vickers*, uji tarik, pengamatan mikrostruktur, serta analisis numerik menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material komposit berpenguat serat yang banyak diaplikasikan pada struktur teknik modern. Dalam proses penyusunan proposal ini, penulis memperoleh berbagai masukan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, kesehatan, dan kelancaran yang diberikan selama proses penyusunan proposal skripsi ini;
2. Kedua orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi yang tidak pernah putus dalam setiap langkah penulis;
3. Bapak Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M. Eng., selaku dosen pembimbing I dalam penulisan proposal skripsi yang telah membimbing dan memotivasi;
4. Bapak Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., MT., IPM., ASEAN. Eng, selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini;
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan;

6. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Mesin'22 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan proposal dan kelancaran skripsi penulis. Akhir kata, semoga proposal penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi positif bagi bidang ilmu teknik mesin, khususnya dalam pengembangan material komposit.

Jakarta, Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistemasika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kekuatan Material	6
2.1.1 Kekuatan (<i>Strength</i>)	6
2.1.2 Tegangan-Regangan (<i>Stress-Strain</i>)	6

2.1.3	Faktor-Faktor Pengaruh Uji Tarik.....	10
2.2	Komposit	12
2.2.1	Klasifikasi Komposit.....	13
2.2.2	Material Penyusun Komposit.....	16
2.2.3	Komposit Hibrida <i>Fiberglass-Carbon Fiber</i>	18
2.3	Finite Element Analysis (FEA)	20
2.3.1	<i>Governing Equation</i>	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Waktu Penelitian	24
3.2	Tempat Penelitian.....	24
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.4	Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1	Studi Literatur	25
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan	26
3.4.3	Pembuatan Spesimen Pengujian	26
3.4.4	Evaluasi Spesimen	28
3.4.5	Pengujian Spesimen	28
3.4.6	Pengumpulan Data	28
3.4.7	Analisis Data	29
3.4.8	Perumusan Hasil	29
3.5	Alat dan Bahan	29
3.5.1	Alat.....	29
3.5.2	Bahan.....	31
3.6	Desain Spesimen Pengujian ASTM D3039M.....	33
3.7	Pengelolaan Spesimen Komposit untuk Pengujian	33
3.7.1	Analisis Data	33

3.8	Pengujian Uji Tarik	34
3.8.1	Pengaturan Alat Uji.....	34
3.8.2	Penempatan Spesimen.....	34
3.8.3	Proses Pengujian	34
3.8.4	Analisis Hasil Uji Tarik	34
3.9	Pengujian Mikrostruktur.....	35
3.9.1	Persiapan Spesimen.....	35
3.9.2	Pengaturan Parameter SEM	35
3.9.3	Proses Pemindaian dan Pengambilan Gambar	35
3.9.4	Analisis Pola Kerusakan Mikrostruktur	35
3.10	Simulasi Metode Elemen Hingga.....	36
3.11	Analisis Data	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil Uji Tarik.....	37
4.2	Hasil Analisis <i>Scanning electron microscopy</i>	39
4.3	Hasil Simulasi.....	40
4.3.1	<i>Mesh Convergence</i>	40
4.3.2	Analisis Distribusi Tegangan dan Regangan	41
BAB 5 KESIMPULAN		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Tegangan Regangan (R.C Hibberler)	6
Gambar 3. 1 Lab Manufaktur	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 3 Timbangan Digital	29
Gambar 3. 4 Kuas Resin.....	30
Gambar 3. 5 Pengaduk Resin	30
Gambar 3. 6 Cetakan Laminasi	30
Gambar 3. 7 Mesin CNC	30
Gambar 3. 8 Jangka Sorong.....	31
Gambar 3. 9 Mesin Uji Tarik	31
Gambar 3. 10 Mikroskop Optik.....	31
Gambar 3. 11 Fiberglass.....	31
Gambar 3. 12 Carbon Fiber	32
Gambar 3. 13 Resin Epoxy.....	32
Gambar 3. 14 Hardener	32
Gambar 3. 15 Desain Spesimen.....	33
Gambar 4. 1 Hasil Uji Tarik	37
Gambar 4. 2 Hasil Patahan SEM Fiberglass woven+ Fibercarbon	39
Gambar 4. 3 Hasil Patahan SEM fiberglass acak + Fibercarbon	39
Gambar 4. 4 Hasil simulasi fiberglass woven + fibercarbon.....	41
Gambar 4. 5 Hasil simulasi fiberglass acak + fibercarbon	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai kekuatan tarik rata-rata untuk GFRP,CFRP dan Komposit <i>Hybrid</i>	18
Tabel 3. 1 Material Properties Hybrid komposit (Beck et al.,2024)	36
Tabel 4. 1 Sifat Mekanik	38
Tabel 4. 2 Hasil mesh convergence	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesimen Uji Tarik

Lampiran 2. Uji Tarik

Lampiran 3. Hasil Uji Tarik

Lampiran 4. Grafik Stress-Strain Eksperimental

Lampiran 5. Grafik Stress-Strain Simulasi