

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT *HGM-EPOXY* SERAT  
KARBON DAN SERAT KAPAS MENGGUNAKAN VARIASI  
LAMINASI DENGAN METODE *HAND LAY-UP***

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : LAURENSO GABRIEL AMNUNUH**

**NIM : 19.11.019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT *HGM-EPOXY* SERAT  
KARBON DAN SERAT KAPAS MENGGUNAKAN VARIASI  
LAMINASI DENGAN METODE *HAND LAY-UP***

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : LAURENSO GABRIEL AMNUNUH**

**NIM : 19.11.019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT *HGM-EPOXY* SERAT KARBON  
DAN SERAT KAPAS MENGGUNAKAN VARIASI LAMINASI DENGAN  
METODE *HAND LAY-UP***

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1 (Strata Satu)  
Pada Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri di Institut  
Teknologi Nasional Malang

**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : LAURENSO GABRIEL AMNUNUH**

**NIM : 19.11.019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT *HGM-EPOXY* SERAT KARBON  
DAN SERAT KAPAS MENGGUNAKAN VARIASI LAMINASI DENGAN  
METODE *HAND LAY-UP***




Disusun Oleh:


Nama : Laurenso Gabriel Amnunuh  
NIM : 19.11.019  
Program Studi : Teknik Mesin S-1

Malang, 11 September 2023

Mengetahui,  
Wakil Dekan I FTI

Diperiksa/Disetujui  
Dosen Pembimbing

  
Dr. Izzine Budi Sulistiawati, S.T., M.T  
NIP. 19770615 200501 2 002

  
Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T  
NIP.Y. 1030400405



PT. IAN PENSERVIS MALANG  
BANK NAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : J. Bendungan Surabaya No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65143  
Kampus II : J. Raya Karangrejo, Km. 3 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Laurenso Gabriel Amnunuh  
NIM : 19.11.019  
Konsentrasi : Material Komposit  
Judul Skripsi : *Analisis Kekuatan Komposit HGM-Epoxy Serat Karbon dan Serat Kapas Menggunakan Variasi Laminasi Dengan Metode Hand Lay-Up*

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari/Tanggal : Rabu, 30 Agustus 2023

Dengan Nilai : **82,10**

Panitia Penguji Skripsi

Ketua

Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T  
NIP.Y. 1030400405

Sekretaris

Febi Rahmadianto, S.T., M.T  
NIP. P. 1031500490

Anggota Penguji

Penguji I

Eko Yohanes Setiawan, S.T., M.T  
NIP. P. 1031400477

Penguji II

Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T  
NIP. P. 1032100598

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Laurenso Gabriel Amnunuh

NIM : 19.11.019

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Teknologi Nasional Malang.













### Menyatakan

Bahwa skripsi yang berjudul “*Analisis Kekuatan Komposit HGM-Epoxy Serat Karbon dan Serat Kapas Menggunakan Variasi Laminasi Dengan Metode Hand Lay-Up*” adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya lampirkan sumbernya. Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.



## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Laurenso Gabriel Amnunuh  
NIM : 19.11.019  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : *Analisis Kekuatan Komposit HGM-Epoxy Serat Karbon dan Serat Kapas Menggunakan Variasi Laminasi Dengan Metode Hand Lay-Up*  
Dosen Pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T

No	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	Pengajuan Judul Skripsi	7 Maret 2023	
2	Konsultasi BAB I	13 Maret 2023	
3	Konsultasi BAB II	16 Maret 2023	
4	Konsultasi BAB III	29 Maret 2023	
5	Seminar Proposal	10 April 2023	
6	Konsultasi BAB IV dan BAB V	10 Agustus 2023	
7	Konsultasi BAB IV dan BAB V	14 Agustus 2023	
8	Konsultasi BAB IV dan BAB V	15 Agustus 2023	
9	Konsultasi BAB IV dan BAB V	18 Agustus 2023	
10	Seminar Hasil	21 Agustus 2023	
11	Konsultasi BAB IV dan BAB V	24 Agustus 2023	
12	Ujian Komprehensif	<b>30 Agustus 2023</b>	

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

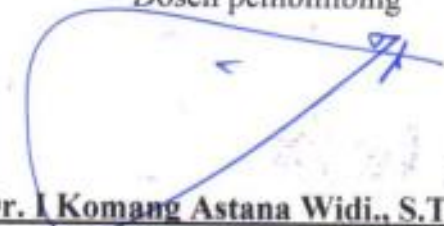
Nama : Laurenso Gabriel Amnunuh  
NIM : 19.11.019  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : *Analisis Kekuatan Komposit HGM-Epoxy Serat Karbon dan Serat Kapas Menggunakan Variasi Laminasi Dengan Metode Hand Lay-Up*  
Dosen Pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T

Tanggal Pengajuan Skripsi : 7 Maret 2023

Tanggal Penyelesaian Skripsi : 9 September 2023

Telah Dievaluasi Dengan Nilai :

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen pembimbing

  
**Dr. I Komang Astana Widi., S.T., M.T**  
NIP. Y. 1030400405



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi tepat pada waktunya. Dalam penyusunan Skripsi ini penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Awan Uji Krismanto, S.T., M.T., Ph.D, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang dan juga sebagai dosen pembimbing yang tak henti-hentinya memberikan arahan, dukungan, serta motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Gerald A. Pohan, S.T., M.Eng., sebagai dosen Koordinator Bidang Ilmu Material Teknik.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin S-1 FTI ITN Malang, atas semua ilmu yang tak ternilai harganya.
6. Bengkel Pamungkas Komposit Tasikmadu dan *Workshop* Kreatifitas Teknik Mesin S-1 ITN Malang sebagai tempat penelitian skripsi penulis
7. Ayah dan Ibu tercinta, serta keluarga yang senantiasa mendukung penulis lewat doa, perhatian dan kasih sayang serta seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Mesin S-1 yang memberi dukungan serta masukan untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi yang dibuat.

Malang, 11 September 2023

Penulis

**ANALISIS KEKUATAN KOMPOSIT *HGM-EPOXY* SERAT KARBON  
DAN SERAT KAPAS MENGGUNAKAN VARIASI LAMINASI DENGAN  
METODE *HAND-LAY UP***

Laurenso Gabriel Amnunuh<sup>1</sup>), I Komang Astana Widi<sup>2</sup>)

Mahasiswa Teknik Mesin S1 ITN Malang<sup>1</sup>), Dosen Teknik Mesin ITN Malang<sup>2</sup>)

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi

Nasional Malang

Email: laurenzoamnunuh@gmail.com

**ABSTRAK**

Komposit merupakan hasil dari penggabungan dua atau lebih bahan yang bertujuan untuk menghasilkan material dengan sifat yang lebih unggul. Kombinasi antara *matrix* dan *reinforcement* adalah cara untuk menghasilkan material dengan sifat yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengkaji sifat mekanik komposit *HGM-Epoxy* dengan serat karbon dan *jeans denim*. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan pada kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit *HGM-epoxy* dengan serat karbon dan *jeans denim* pada setiap variasi. Hasil pengujian SEM menunjukkan adanya *void*, *crack* di antara serat dan matriks, serta kerapatan struktur antar matriks yang mempengaruhi sifat mekanik komposit. Semakin banyak jumlah laminasi maka semakin kecil harga Young's Modulus sebab regangan yang bekerja pada spesimen semakin besar. Kekuatan material dipengaruhi oleh seberapa rapat serat terikat dengan matriksnya. Semakin baik ikatan antara serat dan matriks, semakin tinggi kekuatan material tersebut. Ketidakrapatan antara serat dan matriks dapat menyebabkan terbentuknya void di antara serat dan matriks sehingga dapat mengurangi kualitas ikatan antara serat dan matriks.

**Kata kunci:** Komposit, *HGM-Epoxy*, Serat Karbon, Serat Kapas, *Jeans Denim*, Kekuatan Tarik, Harga Impak, Uji SEM

***STRENGTH ANALYSIS OF CARBON FIBER AND COTTON FIBER HGM-  
EPOXY COMPOSITES USED LAMINATE VARIATIONS  
BY HAND-LAY UP METHOD***

Laurenso Gabriel Amnunuh<sup>1)</sup>, I Komang Astana Widi<sup>2)</sup>

Mechanical Engineering Student <sup>1)</sup>, Lecturer of Mechanical Engineering<sup>2)</sup>

Department of Mechanical Engineering Faculty of Industrial Technology,

National Institute of Technology Malang

Email: laurenzoamnunuh@gmail.com

**ABSTRACT**

Composites are the result of combining two or more materials to produce a material with superior properties. The combination of matrix and reinforcement is a way to produce materials with varied properties. This study aims to determine and examine the mechanical properties of HGM-Epoxy composites with carbon fiber and denim jeans. The test results show a significant increase in the tensile strength and impact strength of HGM-epoxy composites with carbon fiber and denim jeans in each variation. SEM test results show the presence of voids, cracks between fibers and matrix, and the density of the structure between matrices that affect the mechanical properties of the composite. The more the number of laminates, the smaller the Young's Modulus price because the strain acting on the specimen is greater. The strength of the material is influenced by how tightly the fibers are bonded to the matrix. The better the bond between the fibers and the matrix, the higher the strength of the material. The lack of density between the fibers and the matrix can cause voids to form between the fibers and the matrix to reduce the quality of the bond between the fibers and the matrix.

Keywords: Composites, HGM-Epoxy, Carbon Fiber, Cotton Fiber, Denim Jeans, Tensile Strength, Impact Strength, Scanning Electron Microscopy Testing

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN .....	iv
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI .....	v
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACK .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Matriks .....	7
2.2.2 Reinforcement / Filler.....	7
2.2.3 Partikel Komposit .....	9
2.3 <i>Hollow Glass Microsphere</i> (HGM).....	10
2.4 Polimer Matiks Komposit .....	11
2.4.1 <i>Epoxy</i> .....	12
2.4.2 <i>Carbon Fiber</i> .....	13
2.4.3 Serat Kapas .....	14
2.5 Proses Manufaktur Komposit.....	15
2.5.1 Proses Cetakan Terbuka (Open Mould Process) .....	16

2.5.2	Proses Cetakan Tertutup ( <i>Closed Mould Process</i> ) .....	18
2.6.1	Pengujian Tarik ( <i>Tensile Test</i> ).....	21
2.6	Teori Sifat Mekanik Komposit.....	23
2.8.2	Pengujian Impak ( <i>Impact Test</i> ).....	23
2.6.3	Pengujian Scanning Electron Microscopy .....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		26
3.1	Diagram Alir.....	26
3.2	Studi Literatur.....	27
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
3.3.1	Tempat .....	27
3.3.2	Waktu.....	27
3.4	Alat dan Bahan Penelitian .....	28
3.4.1	Alat Yang Digunakan .....	28
3.4.2	Material Penelitian.....	31
3.5	Variabel Penelitian .....	34
3.6	Prosedur Pembuatan Komposit .....	34
3.7	Prosedur Pengujian.....	38
3.7.1	Pengujian Tarik.....	38
3.7.2	Pengujian Impak .....	39
3.7.3	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	40
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....		42
4.1	Pengujian Tarik .....	42
4.1.1	Spesimen Uji Tarik .....	42
4.1.2	Hasil Pengujian Tarik .....	42
4.2	Pengujian Impak.....	44
4.2.1	Spesimen Uji Impak.....	44
4.2.2	Hasil Pengujian Impak.....	44
4.3	Scanning Electron Microscope (SEM).....	45
4.3.1	Spesimen Uji SEM.....	45
4.3.2	Hasil Uji SEM.....	45
4.4	Analisa dan Pembahasan .....	48
4.4.1	Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Tarik .....	48
4.4.2	Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak.....	54

4.4.3 Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA .....	69
LAMPIRAN.....	71
LAMPIRAN I AUTHOR'S BIO .....	72
LAMPIRAN II SURAT KETERANGAN DOSEN PEMBIMBING.....	73
LAMPIRAN III DOKUMENTASI PEMBUATAN SPESIMEN .....	74
LAMPIRAN IV SURAT PENGANTAR PENGUJIAN .....	76
LAMPIRAN V DOKUMENTASI PENGUJIAN SPESIMEN .....	79
LAMPIRAN VI DATA HASIL PENGUJIAN.....	80
LAMPIRAN VII GRAFIK PENGUJIAN TARIK .....	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Matrix dan Pengisi .....	7
Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit.....	8
Gambar 2.3 HGM Perbesaran 50 $\mu\text{m}$ .....	10
Gambar 2.4 Ikatan Atom Pada Polimer .....	12
Gambar 2. 5 Serat karbon TC35R-24K.....	13
Gambar 2.7 Serat Kapas.....	15
Gambar 2.8 Proses <i>Hand Lay-Up</i> .....	16
Gambar 2.9 Metode <i>Vacum Bag</i> .....	17
Gambar 2.10 <i>Pressure Bag</i> .....	17
Gambar 2. 11 <i>Pressure Bag</i> .....	18
Gambar 2.12 Metode Filament Winding .....	18
Gambar 2.13 <i>Konsep Compression Molding</i> .....	19
Gambar 2.14 Konsep Injection Moulding.....	19
Gambar 2. 15 Pultrusion Process .....	20
Gambar 2.16 Sheet Moulding Compound .....	21
Gambar 2.17 Resin Transfer Moulding .....	21
Gambar 2.18 Spesimen Uji Tarik ASTM D638 – Tipe III .....	22
Gambar 2.19 Pengujian <i>Impact</i> Metode <i>Charpy</i> .....	23
Gambar 2.20 Spesimen Pengujian <i>Impact</i> (ASTM D6110-10) .....	24
Gambar 2. 21 Alat Uji SEM.....	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 3. 2 Cetakan Komposit.....	28
Gambar 3. 3 Gelas Ukur.....	28
Gambar 3. 4 Kuas.....	29
Gambar 3. 5 Gunting.....	29
Gambar 3. 6 Gerinda.....	29
Gambar 3. 7 Kikir .....	30
Gambar 3. 8 Jangka Sorong .....	30
Gambar 3. 9 Amplas .....	30
Gambar 3. 10 Pompa Vakum .....	31
Gambar 3. 11 Timbangan Digital .....	31

Gambar 3.12 <i>Hollow Glass Microspheres</i> IM30K .....	32
Gambar 3.13 Resin <i>Epoxy</i> .....	32
Gambar 3.14 Serat Karbon.....	33
Gambar 3. 15 <i>Wax</i> .....	33
Gambar 3.16 <i>Jeans Denim</i> dari serat kapas .....	33
Gambar 3. 17 Gambar Variasi Laminasi.....	34
Gambar 3. 18 Alat Uji Tarik .....	38
Gambar 3. 19 Alat Uji Impak.....	39
Gambar 3. 20 Alat Uji SEM-EDX .....	40
Gambar 4. 1 Spesimen Uji Tarik.....	42
Gambar 4. 2 Spesimen Uji Impak .....	44
Gambar 4. 3 Spesimen Uji SEM .....	45
Gambar 4. 4 Hasil Uji SEM EDX Komposit Laminasi 4 Layer .....	45
Gambar 4. 5 Grafik komposisi SEM EDX .....	46
Gambar 4. 6 Hasil Uji SEM EDX Komposit 6 Layer.....	46
Gambar 4. 7 Grafik komposisi SEM EDX .....	46
Gambar 4. 8 Data Hasil Uji SEM EDX Komposit 8 Layer .....	47
Gambar 4. 9 Grafik Komposisi SEM EDX.....	47
Gambar 4. 10 Grafik Rata-rata nilai kekuatan Tarik.....	50
Gambar 4. 11 Grafik Rata-rata nilai <i>strain</i> .....	51
Gambar 4. 12 Grafik Rata-rata nilai <i>Young's Modulus</i> .....	52
Gambar 4. 13 Grafik Rata-Rata Energi Impak.....	56
Gambar 4. 14 Grafik Rata-Rata Harga Impak .....	57
Gambar 4. 15 Hasil pengolahan data dan pembahasan pengujian SEM 4 layer (pembesaran 250x).....	59
Gambar 4. 16 Grafik hasil pengujian SEM EDX 4 layer.....	60
Gambar 4. 17 Hasil pengolahan data dan pembahasan pengujian SEM 6 layer (Perbesaran 250 x).....	61
Gambar 4. 18 Grafik hasil pengujian SEM EDX 6 layer.....	62
Gambar 4. 19 Hasil pengolahan data dan pembahasan pengujian SEM 8 layer (Perbesaran 250x).....	63
Gambar 4. 20 Grafik hasil pengujian SEM EDX 8 layer.....	64
Gambar 4. 21 Grafik Rata-Rata Kandungan Atom <i>Carbon</i> .....	65



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Mechanical Properties HGM .....	11
Tabel 2. 2 <i>Mechanical Properties Resin Epoxy</i> .....	12
Tabel 2.3 Perbandingan <i>Epoxy</i> Resin Dan Polimer Lain.....	13
Tabel 2. 4 <i>Mechanical Properties</i> .....	14
Tabel 2.5 Sifat Mekanis Serat Selulosa: Rami, Kapas.....	15
Tabel 3.1 Timeline kegiatan penelitian .....	27
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Uji Tarik .....	43
Tabel 4. 2 Hasil Uji Impak.....	44
Tabel 4. 3 Pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian kekuatan tarik komposit matriks 100% dengan komposisi resin 367,5 dan HGM 70 gram .....	48
Tabel 4. 4 Pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian kekuatan tarik komposit 4 layer dengan komposisi 56 gram filler dan 381,5 gram matrik .....	48
Tabel 4. 5 Pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian kekuatan tarik komposit 6 layer dengan komposisi 84 gram filler dan 353 gram matrik .....	49
Tabel 4. 6 Pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian kekuatan tarik komposit 8 layer dengan komposisi 112 gram filler dan 325,5 gram matrik .....	49
Tabel 4. 7 Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak Komposit matriks 100 % .....	54
Tabel 4. 8 Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak Serat Karbon dan <i>Jeans Denim</i> 4 Layer .....	54
Tabel 4. 9 Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak Serat Karbon dan <i>Jeans Denim</i> 6 Layer .....	55
Tabel 4. 10 Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak Serat Karbon dan <i>Jeans Denim</i> 8 Layer .....	55