



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

**ANALISIS HASIL UJI KEKERASAN DAN
KELENTURAN PADA MATERIAL
KOMPOSIT SERAT KARBON EPOXY
DENGAN VARIASI JUMLAH LAPISAN
DAN ARAH SERAT MENGGUNAKAN
METODE *VACUUM BAGGING*
UNTUK MATERIAL *BODY* PESAWAT**

SKRIPSI

**OLEH:
IVAN GUNTARA AJI SAPUTRA
NIM. 20241331004**

**DOSEN PEMBIMBING:
Ir. SUHARIYANTO, M.Sc.
NIDN. 0707067402**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026**



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

**ANALISIS HASIL UJI KEKERASAN DAN
KELENTURAN PADA MATERIAL
KOMPOSIT SERAT KARBON EPOXY
DENGAN VARIASI JUMLAH LAPISAN
DAN ARAH SERAT MENGGUNAKAN
METODE *VACUUM BAGGING*
UNTUK MATERIAL *BODY* PESAWAT**

SKRIPSI

**OLEH:
IVAN GUNTARA AJI SAPUTRA
NIM. 20241331004**

**DOSEN PEMBIMBING:
Ir. SUHARIYANTO, M.Sc.
NIDN. 0707067402**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026**

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ivan Guntara Aji Saputra

NIM : 20241331004

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

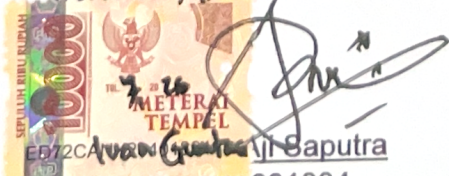
Institusi : Universitas Muhammadiyah Surabaya

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Analisis Hasil Uji Kekerasan dan Kelenturan pada Material Komposit Serat Karbon Epoxy dengan Variasi Jumlah Lapisan dan Arah Serat Menggunakan Metode *Vacuum Bagging* untuk Material *Body Pesawat*" adalah benar hasil karya saya sendiri dan bukan hasil plagiasi, dibawah bimbingan Dosen Ir. Suhariyanto, M.Sc., kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Bila kemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai ketentuan dan aturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Demikian lembar pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Januari 2026



Ivan Guntara Aji Saputra
NIM. 20241331004

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS HASIL UJI KEKERASAN DAN KELENTURAN PADA MATERIAL KOMPOSIT SERAT KARBON EPOXY DENGAN VARIASI JUMLAH LAPISAN DAN ARAH SERAT MENGUNAKAN METODE *VACUUM BAGGING* UNTUK MATERIAL *BODY* PESAWAT

IVAN GUNTARA AJI SAPUTRA
NIM. 20241331004

Telah disetujui dan dinyatakan sah sebagai karya ilmiah yang berhak diujikan sesuai yang telah ditetapkan oleh fakultas.

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 16 Januari 2026

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Ir. Suhariyanto, M.Sc.
NIDN. 0707067402

Menyetujui,
Kaprodi Teknik Mesin



Dr. M. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM.
NIDN. 0707067402

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ivan Guntara Aji Saputra

NIM : 20241331004

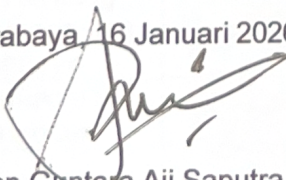
Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Surabaya untuk Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: "Analisis Hasil Uji Kekerasan dan Kelenturan pada Material Komposit Serat Karbon Epoxy dengan Variasi Jumlah Lapisan dan Arah Serat Menggunakan Metode *Vacuum Bagging* untuk Material *Body* Pesawat" beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif, Universitas Muhammadiyah Surabaya berhak menyimpan, mengalih media/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.

Surabaya, 16 Januari 2026



Ivan Guntara Aji Saputra

NIM. 20241331004

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Ivan Guntara Aji Saputra
NIM : 20241331004
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis Hasil Uji Kekerasan dan Kelenturan pada Material Komposit Serat Karbon Epoxy dengan Variasi Jumlah Lapisan dan Arah Serat Menggunakan Metode *Vacuum Bagging* untuk Material *Body* Pesawat

No	Tanggal	Materi	Paraf Pembimbing	Paraf Mahasiswa
1	10/9/25	Materi yang akan dibahas di skripsi		
2	17/9/25	Latar Belakang, Tujuan dan Rumusan		
3	24/9/25	Revisi tujuan dan rumusan		
4	30/9/25	Penelitian terdahulu dan pustaka		
5	8/10/25	Teori tentang komposit		
6	15/10/25	Teori tentang kekerasan dan Kelenturan		
7	29/10/25	Metodologi dan diagram alir		

8	5/11/25	Spesimen dan tabel perencanaan		
9	19/11/25	Hasil pengujian hardness dan Kelenturan		
10	3/12/25	Pembahasan hasil pengujian		
11	10/12/25	Revisi secara keseluruhan		
12	17/12/25	Kesimpulan dan abstrak		

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Ir. Suhariyanto, M.Sc.
NIDN. 0707067402

Kaprodi Teknik Mesin




Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T, IPM.
NIDN. 0707067402

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS HASIL UJI KEKERASAN DAN KELENTURAN PADA MATERIAL KOMPOSIT SERAT KARBON EPOXY DENGAN VARIASI JUMLAH LAPISAN DAN ARAH SERAT MENGUNAKAN METODE *VACUUM BAGGING* UNTUK MATERIAL *BODY* PESAWAT

Oleh:

Ivan Guntara Aji Saputra
NIM. 20241331004

Telah disidangkan pada tanggal 18 Januari 2026 dan dinyatakan telah memenuhi syarat dan ketentuan untuk diterima sebagai kelengkapan mendapatkan gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Nama Dosen Penguji

1. Hadi Kusnanto, S.T, M.T.
NIDN. 071707701

2. Solikin, S.T, M.T.
NIDN. 0705067504

3. Ir. Suhariyanto, M.Sc.
NIDN. 0707067402

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars.
NIDN. 725096492

Tanda Tangan



Menyetujui,
Kaprodik Teknik Mesin



Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T, IPM.
NIDN. 0707067402

**ANALISIS HASIL UJI KEKERASAN DAN KELENTURAN
PADA MATERIAL KOMPOSIT SERAT KARBON EPOXY
DENGAN VARIASI JUMLAH LAPISAN DAN ARAH SERAT
MENGUNAKAN METODE *VACUUM BAGGING*
UNTUK MATERIAL *BODY* PESAWAT**

Nama : Ivan Guntara Aji Saputra
NIM : 20241331004
Program Studi : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Ir. Suhariyanto, M.Sc.

Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh jumlah lapisan dan arah serat karbon ($0^{\circ}/90^{\circ}$ dan $45^{\circ}/45^{\circ}$) terhadap sifat mekanik kekerasan dan kelenturan pada material komposit *epoxy-carbon* yang diproduksi dengan metode *vacuum bagging* untuk referensi material *body* pesawat. Variasi jumlah lapisan terdiri dari 2, 4, 6, dan 8 lapisan, dengan pengujian menggunakan metode *Hardness Vickers* (ASTM E92) dan uji lentur tiga titik (ASTM D790). Standar material komposit pada pesawat sesuai dengan standar penerbangan merujuk pada CMH-17 nilai kelenturan sekitar 600 MPa dan sesuai pada FAA AC 20-107B nilai kekerasan pada 50-70 HV. Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lapisan meningkatkan kekerasan namun menurunkan kelenturan. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada 8 lapisan orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ sebesar 249,8 HV dan 252,6 HV, sedangkan nilai kelenturan tertinggi terdapat pada 2 lapisan orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ sebesar 293,17 MPa dan 186,36 MPa. Hubungan antara kekerasan dan kelenturan menunjukkan kecenderungan berbanding terbalik akibat peningkatan kekakuan dan sifat getas seiring bertambahnya lapisan. Berdasarkan hasil penelitian ini masih belum memenuhi persyaratan komposit struktur *body* pesawat.

Kata kunci: kekerasan, *vickers*, kelenturan, komposit, serat karbon *epoxy*, *vacuum bagging*, *body* pesawat.

**ANALYSIS OF HARDNESS AND FLEXURAL STRENGTH TEST
RESULTS ON CARBON FIBER EPOXY COMPOSITE MATERIAL
WITH VARIATIONS IN LAYER NUMBER AND FIBER
ORIENTATION USING THE VACUUM BAGGING METHOD
FOR AIRCRAFT BODY MATERIALS**

Name of Student : Ivan Guntara Aji Saputra
Student ID Number : 20241331004
Study Program : Mechanical Engineering
Advisor : Ir. Suhariyanto, M.Sc.

Abstract

This research analyzes the influence of carbon fiber layer count and fiber orientations (0°/90° and 45°/45°) on the mechanical properties—hardness and flexural strength—of epoxy-carbon composite materials produced using the vacuum bagging method for potential aircraft body applications. The variations in the number of layers include 2, 4, 6, and 8 layers, with mechanical testing conducted using the Vickers Hardness method (ASTM E92) and three-point bending tests (ASTM D790). Composite material standards for aircraft structures, based on aviation guidelines, refer to CMH-17 with a flexural strength requirement of approximately 600 MPa and FAA AC 20-107B specifying a hardness range of 50–70 HV. The findings of this study indicate that increasing the number of layers enhances hardness but decreases flexural strength. The highest hardness values were obtained in the 8-layer specimens with 45°/45° orientation, measuring 249.8 HV and 252.6 HV, while the highest flexural strength was found in the 2-layer specimens with 0°/90° orientation, at 293.17 MPa and 186.36 MPa. The relationship between hardness and flexural strength shows an inverse trend due to increased stiffness and brittleness as the number of layers increases. Based on these results, the investigated composite configurations do not yet meet the material requirements for aircraft body structures.

Keyword: *hardness, vickers, flexural, composite, carbon fiber epoxy, vacuum bagging, aircraft body.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Analisis Hasil Uji Kekerasan dan Kelenturan pada Material Komposit Serat Karbon Epoxy dengan Variasi Jumlah Lapisan dan Arah Serat Menggunakan Metode *Vacuum Bagging* untuk Material *Body Pesawat*”. Penyusunan Laporan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya. Dengan kerendahan hati dihaturkan terima kasih kepada semua pihak. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Bapak Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T, IPM, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah menyediakan waktu dan tenaga dalam membimbing dan mengarahkan penulis selama perkuliahan.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran selama membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Hadi Kusnanto S.T, M.T, selaku Dosen Teknik Mesin yang telah banyak memberi arahan tentang program perkuliahan kepada penulis serta bimbingan selama perkuliahan.
6. Bapak Dr. Willy Artha Wirawan, S.T., M.T., Dosen Politeknik Penerbangan Surabaya yang saat ini mutasi menjadi Dosen Universitas Negeri Surabaya selaku pihak yang memberikan saran dan masukan dalam pelaksanaan penelitian serta penulisan laporan.

7. Seluruh Dosen yang ada di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
8. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah mendukung penulis secara moril maupun materil dalam melangsungkan perkuliahan jenjang Sarjana (S1).
9. Rekan-rekan mahasiswa S1 Teknik Mesin serta rekan diskusi dan belajar selama di UM Surabaya.

Pada akhirnya penulis mengharapkan semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya. Sehingga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Surabaya, 16 Januari 2026

Ivan Guntara Aji Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI	vi
HALAMAN PENGESAHAN	viii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Lokasi Objek Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7

2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	7
2.1.1 Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Kelenturan <i>Composite</i> Berpenguat Serat <i>Carbon</i> Dengan Matrik <i>Epoxy</i>	7
2.1.2 Eksperimen Uji Kelenturan pada Komposit Resin <i>Polyester</i> dan <i>Epoxy</i> Serat Jerami Padi dengan Proses <i>Hand Lay Up</i>	10
2.1.3 Pengaruh Ukuran terhadap Kekerasan Komposit Paduan Sampah Plastik dan Cangkang Sawit	12
2.1.4 <i>Effect of Vacuum Bag Pressure on the Flexural Properties of GFRP Composite Laminates</i>	14
2.1.5 <i>The Influence of Ply Stacking Sequence on Mechanical Properties of Carbon/Epoxy Composite Laminates</i>	16
2.2 Pengertian Komposit	19
2.3 Penguat (<i>Reinforcement</i>).....	21
2.4 Matriks (Resin)	22
2.4.1 Resin Polimer	25
2.4.2 Resin Epoksi	26
2.4.3 Resin Poliester	26
2.5 <i>Hardener</i>	27
2.6 Serat.....	28
2.6.1 Serat Karbon	28
2.6.2 Serat Kaca.....	29
2.6.3 Serat Alami.....	30

2.7 Orientasi Serat.....	31
2.8 Metode Pembuatan Komposit.....	32
2.8.1 <i>Hand Lay-Up</i>	32
2.8.2 <i>Spray-Up</i>	33
2.8.3 <i>Vacuum Bagging</i>	33
2.9 Pengujian Material	34
2.9.1 Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	35
2.9.2 Uji Kelenturan	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	40
3.2 Metodologi Pelaksanaan	41
3.3 Peralatan dan Bahan	43
3.4 Variabel Penelitian	55
3.5 Pembuatan Benda Uji	55
3.6 Perencanaan Tabel Hasil Pengujian	57
3.7 Proses Pengujian Spesimen.....	60
3.8 Waktu Penelitian.....	63
BAB IV PEMBAHASAN	64
4.1 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	64
4.1.1 Spesimen Uji Orientasi Pemotongan 0°/90°	65
4.1.2 Spesimen Uji Orientasi Pemotongan 45°/45° ..	72
4.2 Hasil Pengujian Kelenturan.....	78
4.2.1 Spesimen Uji Orientasi Pemotongan 0°/90°	78
4.2.2 Spesimen Uji Orientasi Pemotongan 45°/45° ..	83

4.3 Tabel Rekapitulasi Hasil Pengujian.....	88
4.4 Pembahasan Hasil Pengujian	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN.....	96
LAMPIRAN I Dokumentasi Pengujian Kekerasan.....	96
LAMPIRAN II Dokumentasi Pengujian Kelenturan.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Hasil Uji Tarik Penelitian Robiansyah	8
Tabel 2.2 Data Hasil Uji Kelenturan Penelitian Robiansyah	9
Tabel 2.3 Data Hasil Pengujian Kekuatan Kelenturan Material Komposit	11
Tabel 2.4 Hasil Pengujian spesimen 40% sampah plastik 60% cangkang sawit 1 mm	13
Tabel 2.5 Hasil Pengujian spesimen 40% sampah plastik 60% cangkang sawit 2 mm.....	13
Tabel 2.6 Hasil Pengujian Kelenturan.....	16
Tabel 2.7 Rata-Rata Hasil Pengujian Kelenturan dan Tarik CFRP dengan urutan laminasi yang berbeda	19
Tabel 2.8 Karakteristik Kinerja Serat	22
Tabel 2.9 Karakteristik kategori serat karbon.....	28
Tabel 2.10 Tabel Konversi Nilai Uji Kekerasan.....	37
Tabel 3.1 Perencanaan Data Hasil Pengujian	57
Tabel 3.2 Rincian Waktu Kegiatan Penelitian Skripsi	63
Tabel 4.1 Data Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi 0°/90° (HV).....	65
Tabel 4.2 Data Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi 0°/90° (HV).....	67
Tabel 4.3 Data Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi 0°/90° (HV).....	69
Tabel 4.4 Data Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi 0°/90° (HV).....	70

Tabel 4.5 Data Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi 45°/45° (HV)....	72
Tabel 4.6 Data Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi 45°/45° (HV)....	73
Tabel 4.7 Data Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi 45°/45° (HV)....	75
Tabel 4.8 Data Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi 45°/45° (HV)....	76
Tabel 4.9 Data Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi 0°/90° (MPa) ...	78
Tabel 4.10 Data Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi 0°/90° (MPa) .	79
Tabel 4.11 Data Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi 0°/90° (MPa) .	81
Tabel 4.12 Data Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi 0°/90° (MPa) .	82
Tabel 4.13 Data Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi 45°/45° (MPa)	83
Tabel 4.14 Data Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi 45°/45° (MPa)	84
Tabel 4.15 Data Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi 45°/45° (MPa)	85
Tabel 4.16 Data Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi 45°/45° (MPa)	86
Tabel 4.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penggunaan Komposit pada Struktur Pesawat ...	2
Gambar 2.1 (a) Spesimen uji tarik dan (b) spesimen uji Kelenturan.....	7
Gambar 2.2 Spesimen pengujian kelenturan	10
Gambar 2.3 Hasil Patahan Uji Kelenturan	11
Gambar 2.4 Spesimen 40% sampah plastik 60% cangkang sawit 1 mm	12
Gambar 2.5 (a) Spesimen uji bakar dan (b) spesimen uji kelenturan	14
Gambar 2.6 Diagram Hasil Pengujian Kelenturan	16
Gambar 2.7 Proses pembuatan autoklaf laminasi CFRP	17
Gambar 2.8 Kurva tegangan lentur dan deformasi untuk (a) LM1, (b) LM2, (c) LM3, (d) LM4, (e) LM5	18
Gambar 2.9 Laminasi yang terbuat dari lamina dengan orientasi serat yang berbeda	20
Gambar 2.10 (a) Silinder blok dari MMC dengan matriks aluminum, (b) <i>Drum brake</i> dari material komposit dengan matriks aluminum dan penguat silikon karbida	23
Gambar 2.11 (a) <i>Shaft Sleeves</i> untuk bantalan geser keramik poMPa dengan matriks keramik dan penguat silikon karbida, (b) Ventilator untuk gas panas dengan matriks keramik dan penguat serat alumina	24

Gambar 2.12 (Kayaks/kano dengan matriks <i>polymer</i> (PE) dan penguat <i>fiber glass</i> , (b) <i>box speaker</i> dari papan partikel komposit dengan matriks resin poliester dikombinasikan dengan katalis dan limbah media tanam jamur, dan (c) <i>wood polymer composite</i> dengan matriks kayu dan polimer dengan penguat <i>fiber glass</i>	25
Gambar 2.13 Serat Karbon	29
Gambar 2.14 (a) <i>Woven roving fiberglass</i> dan (b) <i>woven roving chopped strand mat</i>	30
Gambar 2.15 (a) <i>Continuous Fiber Composite</i> , (b) <i>Woven Fiber Composite</i> , (c) <i>Discontinuous Fiber Composite</i> , (d) <i>Hybrid Composite</i>	31
Gambar 2.16 Proses <i>Hand Lay-Up</i>	33
Gambar 2.17 <i>Vacuum Bagging</i>	34
Gambar 2.18 Metode pengujian kekerasan	36
Gambar 2.19 (a) <i>three-point bending</i> dan (b) <i>four-point bending</i>	38
Gambar 2.20 Bentuk spesimen uji kelenturan standar ASTM D790	39
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 <i>Vacuum Pump Value</i>	44
Gambar 3.3 <i>Vacuum Catch Trap</i>	44
Gambar 3.4 Katup <i>Vacuum</i>	45
Gambar 3.5 Plastik <i>Vacuum</i>	45

Gambar 3.6 Kain Strimin	46
Gambar 3.7 Kain <i>Peel Ply</i>	46
Gambar 3.8 Selang Spiral	47
Gambar 3.9 Selang Pneumatik.....	47
Gambar 3.10 <i>Sealent Tape</i>	48
Gambar 3.11 <i>Release Wax</i>	48
Gambar 3.12 Selotip Kertas	49
Gambar 3.13 <i>Twill Carbon Fiber</i>	49
Gambar 3.14 Resin dan <i>Hardener</i>	50
Gambar 3.15 Timbangan Digital.....	50
Gambar 3.16 Cetakan Akrilik Pembuatan Spesimen Uji.....	51
Gambar 3.17 Gelas Ukur.....	51
Gambar 3.18 Suhu Ruang Laboratorium <i>Composite</i> (a) Saat Siang Hari dan (b) Saat Malam Hari.....	52
Gambar 3.19 Alat Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	53
Gambar 3.20 <i>Flexural Strength Tester</i> TARNO GROCKI	54
Gambar 3.21 Laminasi dan arah serat	56
Gambar 3.22 Spesimen Uji Kelenturan	57
Gambar 3.23 Spesimen Uji <i>Vickers</i>	58

Gambar 3.24 Orientasi Arah serat (a) $0^{\circ}/90^{\circ}$ dan (b) $45^{\circ}/45^{\circ}$	58
Gambar 3.25 <i>Vacuum Bagging</i>	60
Gambar 4.1 Hasil spesimen uji komposit serat karbon	64
Gambar 4.2 Proses Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	65
Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (HV).....	66
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (HV).....	67
Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (HV).....	69
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (HV).....	71
Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (HV).....	72
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (HV).....	73
Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (HV).....	75
Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (HV).....	76
Gambar 4.11 Grafik Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (MPa)	78

Gambar 4.12 Grafik Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (MPa)	80
Gambar 4.13 Grafik Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (MPa)	81
Gambar 4.14 Grafik Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi $0^{\circ}/90^{\circ}$ (MPa)	82
Gambar 4.15 Grafik Hasil Uji 2 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (MPa)	83
Gambar 4.16 Grafik Hasil Uji 4 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (MPa)	84
Gambar 4.17 Grafik Hasil Uji 6 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (MPa)	85
Gambar 4.18 Grafik Hasil Uji 8 Lapisan Orientasi $45^{\circ}/45^{\circ}$ (MPa)	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Dokumentasi Pengujian Kekerasan	96
Lampiran II Dokumentasi Pengujian Kelenturan.....	101