

**SKRIPSI**

**ANALISA UJI IMPAK KOMPOSIT Matriks EPOXY-KARET  
30%, 40%, 50% PENGUAT SERAT KARBON, RAMI, DAN KAPAS  
SEBAGAI BODY ARMOR**



**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : KADEK DWI SUARJANA  
NIM : 1811923**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
JANUARI 2020**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi

### **ANALISA UJI IMPAK KOMPOSIT Matriks EPOXY-KARET 30%, 40%, 50% PENGUAT SERAT KARBON, RAMI, DAN KAPAS SEBAGAI BODY ARMOR**



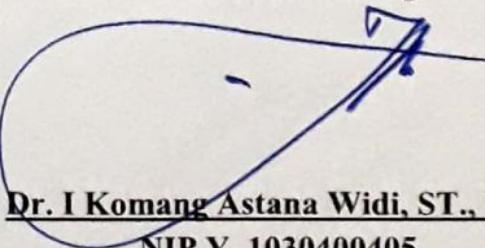
**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : KADEK DWI SUARJANA**  
**NIM : 1811923**

**Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana (strata satu) S-1 pada  
Prodi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi  
Nasional Malang**

Mengetahui,  
Vakil Dekan I  
Fakultas Teknologi Industri  
  
Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030300379

Malang, 10 Februari 2020

Diperiksa/Disetujui  
Dosen Pembimbing  
  
Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

# INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting). Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Kadek Dwi Suarjana

NIM : 1811923

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul : ANALISA UJI IMPAK KOMPOSIT Matriks EPOXY-KARET 30%, 40%, 50% PENGUAT SERAT KARBON, RAMI, DAN KAPAS SEBAGAI BODY ARMOR

Dipertahankan Di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Srata Satu (S-1)

Hari : Senin

Tanggal : 27 Januari 2020

Dengan Nilai : 86,25 (A)

## PANITIA MAJELIS PENGUJI SKRIPSI

KETUA

Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405

SEKRETARIS

Febi Rahmadianto, ST., MT.  
NIP.Y. 1031500490

## ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I

Ir. Soeparno Djivo, MT.  
NIP.Y. 1018600128

PENGUJI II

Febi Rahmadianto, ST., MT.  
NIP.Y. 1031500490

**Analisa Uji Impak Komposit Matriks Epoxy-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, dan Kapas Sebagai *Body Armor***

**Kadek Dwi Suarjana**

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

e-mail : dwisuarjana14@gmail.com

**ABSTRAK**

Penelitian ini merancang material komposit dengan menggunakan serat karbon kevlar, serat rami, dan serat kapas yang diikat dengan matriks campuran *epoxy* dan karet silikon sebanyak 30%, 40%, dan 50% sebagai produk *Body Armor/Panel Rompi Anti Peluru*.

Setelah penulis membuat spesimen dengan persentase karet 30%, 40%, dan 50% lalu dilakukan pengujian impak dan mendapatkan hasil uji impak tertinggi pada campuran karet silikon 30% yaitu sebesar 0.0209 Joule/mm<sup>2</sup>. Setelah material yang tepat sudah diketahui, maka penulis membuat produk panel rompi anti peluru dari material komposit laminasi serat karbon kevlar setebal 5 mm, serat rami setebal 5 mm, dan serat kapas setebal 5 mm yang diikat dengan matriks campuran *epoxy* 70% dan karet silikon 30% dengan ketebalan total 15 mm sesuai dengan produk panel rompi anti peluru level IIIA standar NIJ 0101.04 yang dijual dipasaran. Selesainya dibuat produk panel rompi anti peluru ini akan diuji tembak di Pusat Pendidikan ARHANUD Kota Batu. Pengujian tembak menggunakan senjata pistol G2 Elite Pindad dengan kaliber 9 mm setara dengan peluru standar NIJ 0101.04. level IIIA.

Hasil pengujian tembak produk panel rompi anti peluru yang dibuat belum mampu untuk menahan tembakan peluru pistol G2 Elite Pindad (tembus). Kerusakan dari tembakan peluru pada produk dianalisa kondisi yang terjadi pada material komposit melalui foto makro dan foto SEM. Hasil pengamatan foto tersebut dapat dijelaskan pada material komposit yang terkena tembakan mengalami kerusakan berserat yang menandakan material komposit tidak getas serta ikatan antar serat dengan matriks melekat dengan baik dan dapat dilihat juga terjadinya untuk cacat yang terjadi adalah cacat rongga dan celah antar matriks.

Kata kunci: Variasi karet silikon, uji impak, *body armor*, uji tembak, dan foto makro/SEM

***Analysis of Impact Test Composite Matrix Epoxy-Rubber 30%, 40%, 50%  
Reinforcement Carbon Fiber, Hemp, and Cotton as Body Armor***

**Kadek Dwi Suarjana**

*Program Study S-1 Mechanical Engineering Faculty of Industrial  
Institute Technology National Malang*

e-mail: dwisuarjana14@gmail.com

***ABSTRACT***

*This study designed a composite material using Kevlar carbon fiber, hemp fiber, and cotton fiber bound with a mixture of epoxy and silicone rubber as much as 30%, 40%, and 50% as Body Armor / Bulletproof Vest Panel products.*

*After the author made a specimen with a rubber percentage of 30%, 40%, and 50%, then the impact test was carried out and the highest impact test results were obtained on a mixture of 30% silicone rubber in the amount of 0.0209 Joules / mm<sup>2</sup>. After the exact material is known, the authors make bullet proof vest panel products from composite materials of 5 mm thick kevlar carbon fiber laminate, 5 mm thick hemp fiber, and 5 mm thick cotton fiber bound with 70% epoxy mixture matrix and 30 silicone rubber % with a total thickness of 15 mm according to level IIIA standard bullet proof vest panel products NIJ 0101.04 sold on the market. Completion of this bullet proof vest panel product will be shot at the Batu City ARHANUD Education Center. Test firing using a G2 Elite Pindad pistol with a caliber of 9 mm is equivalent to a NIJ 0101.04 standard bullet. level IIIA.*

*The shot test results of the bullet proof vest panel products that were made have not been able to withstand G2 Elite Pindad (translucent) pistol bullets. Damage from bullet shots on the product is analyzed for conditions that occur in composite materials through macro photographs and SEM photographs. The results of these photo observations can be explained on the composite material hit by the shot having fibrous damage which indicates the composite material is not brittle and the bond between the fibers with the matrix adheres well and can also be seen for the defects that occur are defective cavities and gaps between the matrix.*

***Keywords:*** Variation of silicone rubber, impact test, body armor, test firing, and macro / SEM photographs

## **KATA PENGANTAR**

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

1. Bapak Dr. Ir.Kustamar, MT., selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang, serta selaku dosen pembimbing dan dosen bidang ahli yang tak henti-hentinya memberikan arahan, motivasi, dan dukungan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Soeparno Djivo, MT., selaku penguji 1 ujian komprehensif yang telah memberi masukan/saran untuk skripsi yang penulis susun agar lebih baik.
5. Bapak Febi Rahmadianto, S.T., M.T., selaku penguji 2 ujian komprehensif yang telah memberi masukan/saran untuk skripsi yang penulis susun agar lebih baik.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang, atas semua ilmu yang tak ternilai harganya.
7. Bapak, Ibu, dan Adik saya tercinta, serta keluarga, teman-teman, kekasih yang senantiasa mendukung penulis lewat doa, perhatian, biaya, dan kasih sayang.
8. Semua teman-teman mahasiswa alih jenjang angkatan 2018 yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Malang, 10 Februari 2020  
Kadek Dwi Suarjana

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kadek Dwi Suarjana  
NIM : 1811923

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

### Menyatakan

Bahwa skripsi berjudul "**Analisa Uji Impak Komposit Matriks Epoxy-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, dan Kapas Sebagai Body Armor**" yang saya buat ini adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, 10 Februari 2020



Kadek Dwi Suarjana  
NIM. 1811923

## LEMBAR REKAPAN BIMBINGAN SKRIPSI

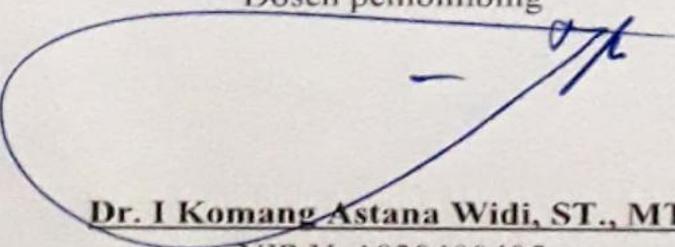
Nama : Kadek Dwi Suarjana  
NIM : 1811923  
Prodi : Teknik Mesin S-1  
Judul : Analisa Uji Impak Komposit Matriks *Epoxy-Karet 30%, 40%, 50%* Penguat Serat Karbon, Rami, dan Kapas Sebagai *Body Armor*  
Dosen Pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT.

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
1	14 Oktober 2019	Pengajuan judul skripsi	
2	23 Oktober 2019	Pengajuan proposal skripsi	
3	15 November 2019	Revisi proposal skripsi	
4	1 Desember 2019	Konsultasi Bab 1,2, dan 3	
5	6 Januari 2020	Konsultasi Bab 4 dan 5	
6	9 Januari 2020	Asistensi seminar hasil	
7	20 Januari 2020	Revisi seminar hasil	
8	23 Januari 2020	ACC skripsi untuk ujian komprehensif	

Malang, 10 Februari 2020

Diperiksa dan Disetujui

Dosen pembimbing

  
Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

NIP.Y. 1030400405

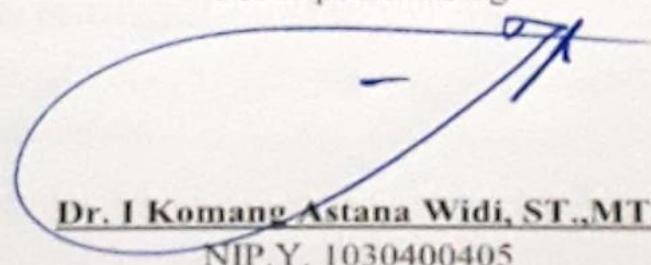
## LEMBAR NILAI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Kadek Dwi Suarjana  
NIM : 1811923  
Prodi : Teknik Mesin S-1  
Judul : Analisa Uji Impak Komposit Matriks *Epoxy*-Karet 30%,  
40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, dan Kapas Sebagai  
*Body Armor*

Tanggal mengajukan skripsi : 14 Oktober 2019  
Tanggal menyelesaikan skripsi : 27 Januari 2020  
Telah dievaluasi dengan nilai : 90 (A)  
Dosen pembimbing : Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

Malang, 10 Februari 2020

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen pembimbing



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405

## DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	i
Berita Acara Ujian Skripsi .....	ii
Abstrak Bahasa Indonesia.....	iii
Abstrak Bahasa Inggris .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Lembar Pernyataan Keaslian Isi Tulisan.....	vi
Lembar Rekapan Bimbingan Skripsi .....	vii
Lembar Nilai Bimbingan Skripsi .....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Grafik.....	xvii
Daftar Lampiran.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Teori Umum.....	6
2.1.1 Rompi anti peluru .....	6
2.1.2 Peluru .....	9
2.1.3 Komposit .....	10
2.1.4 <i>Epoxy</i> .....	15
2.1.5 Karet silikon/ <i>silicon rubber</i> .....	16
2.1.6 Serat .....	17
2.2 Fraksi Volume.....	22

2.3	Sifat Mekanis Bahan /Material .....	23
2.4	Peroses Percetakan Komposit .....	25
2.4.1	Pencetakan semprot ( <i>spray lay-up</i> ).....	25
2.4.2	Pengemasan vakum ( <i>vacum bagging</i> ) .....	26
2.4.3	Proses <i>pultrusion</i> .....	26
2.4.4	Cetakan pemindah resin ( <i>resin transfer moulding</i> ) .....	27
2.4.5	Percetakan tangan ( <i>hand lay-up</i> ) .....	28
2.5	Pengujian .....	29
2.5.1	Pengujian impak .....	29
2.5.2	Uji tembak.....	33
2.6	Foto SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....	35
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>37</b>
3.1	Diagram Alir .....	37
3.2	Penjelasan Diagram Alir .....	37
3.2.1	Studi literatur .....	37
3.2.2	Persiapan alat dan bahan.....	39
3.2.3	Fraksi volume .....	50
3.2.4	Proses pembuatan spesimen uji impak .....	54
3.2.5	Pelaksanaan pengujian impak .....	58
3.2.6	Proses pembuatan produk panel rompi anti peluru.....	60
3.2.7	Pengujian tembak dan foto SEM .....	68
3.2.8	Pengolahan data hasil pengujian.....	73
3.2.9	Kesimpulan dan saran .....	73
<b>BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>74</b>
4.1	Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Uji Impak.....	74
4.1.1	Pengolahan data hasil uji impak .....	74
4.1.2	Pembahasan hasil uji impak .....	76
4.2	Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Uji Tembak.....	80
4.2.1	Pengolahan data hasil uji tembak .....	80
4.2.2	Pembahasan hasil pengujian tembak .....	87

<b>BAB V PENUTUP.....</b>	89
5.1    Kesimpulan .....	89
5.2    Saran .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	91
<b>LAMPIRAN</b>	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	NIJ Standard–0101.04 P-BFS <i>performance test summary</i> .....	8
Tabel 2.2	Keterangan level caliber standar NIJ .....	10
Tabel 2.3	Sifat material termoset.....	16
Tabel 2.4	Spesifikasi serat karbon kevlar.....	19
Tabel 2.5	Karakteristik serat rami.....	20
Tabel 2.6	Sifat mekanis serat selulosa.....	22
Tabel 3.1	Standar pengujian NIJ Standard 0101.04.....	69
Tabel 4.1	Dimensi dari setiap spesimen uji impak.....	74
Tabel 4.2	Data hasil perhitungan energi impak dan harga impak.....	75
Tabel 4.3	Timbulan kerusakan material produk setelah uji tembak.....	81
Tabel 4.4	Diameter kerusakan material produk setelah uji tembak.....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Soft body armor</i> .....	7
Gambar 2.2	<i>Hard body armor</i> dan panel.....	7
Gambar 2.3	Peluru kaliber 9 mm × 19 mm.....	9
Gambar 2.4	Beberapa gambar jenis komposit.....	10
Gambar 2.5	Komposit partikel.....	12
Gambar 2.6	Komposit serat.....	12
Gambar 2.7	Komposit berlapis.....	12
Gambar 2.8	Macam arah serat komposit.....	14
Gambar 2.9	Karet silikon/ <i>silicon rubber</i> .....	16
Gambar 2.10	Beberapa serat alami.....	17
Gambar 2.11	Beberapa serat sintetis karbon biasa dan <i>nylon</i> .....	18
Gambar 2.12	Karbon kevlar.....	19
Gambar 2.13	Pohon rami dan serat rami.....	20
Gambar 2.14	Pohon kapas dan serat kapas.....	21
Gambar 2.15	Proses pencetakan semprot.....	26
Gambar 2.16	Proses pencetakan vakum.....	26
Gambar 2.17	Proses pencetakan pultrusion.....	27
Gambar 2.18	Proses pencetakan pemindah resin.....	27
Gambar 2.19	Proses pencetakan tangan.....	28
Gambar 2.20	Posisi dudukan spesimen uji impak.....	29
Gambar 2.21	Alat uji impak metode <i>Izod</i> .....	31
Gambar 2.22	Disain spesimen uji impak.....	31
Gambar 2.23	Penampakan patah berserat.....	32
Gambar 2.24	Penampakan patah granular.....	32
Gambar 2.25	Ilustrasi gaya yang diteruskan oleh peluru ke benda uji.....	34
Gambar 2.26	Ilustrasi terjadinya retakkan oleh peluru ke benda uji.....	35
Gambar 2.27	Foto SEM matriks <i>epoxy resin</i> .....	36
Gambar 2.28	Foto SEM matriks karet silikon.....	36

Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 3.2	Mesin bor tangan.....	39
Gambar 3.3	Mesin gerinda tangan.....	40
Gambar 3.4	Gergaji kasar.....	40
Gambar 3.5	Gergaji halus.....	40
Gambar 3.6	Kunci kombinasi pas ring.....	40
Gambar 3.7	Gunting.....	41
Gambar 3.8	Kikir segi tiga.....	41
Gambar 3.9	Alat pres cetakan.....	41
Gambar 3.10	Cetakan spesimen uji impak dan produk panel rompi.....	42
Gambar 3.11	Rol cat.....	42
Gambar 3.12	Kuas.....	42
Gambar 3.13	Gelas takar.....	43
Gambar 3.14	Amplas.....	43
Gambar 3.15	Spet.....	43
Gambar 3.16	Sarung tangan.....	44
Gambar 3.17	Lap kain.....	44
Gambar 3.18	Gelas tempat mencampur.....	44
Gambar 3.19	Sendok.....	45
Gambar 3.20	Timbangan gram digital.....	45
Gambar 3.21	Jangka sorong.....	45
Gambar 3.22	Mistar baja.....	46
Gambar 3.23	Wax.....	46
Gambar 3.24	<i>Cling wrap</i> .....	46
Gambar 3.25	Serat karbon kevlar yang sudah dipotong.....	47
Gambar 3.26	Alat anyam serat manual.....	48
Gambar 3.27	Hasil anyaman serat rami.....	48
Gambar 3.28	Serat kapas.....	48
Gambar 3.29	<i>Epoxy</i> .....	49
Gambar 3.30	Karet silikon.....	50

Gambar 3.31	Pengukuran ketebalan serat karbon kevlar.....	52
Gambar 3.32	Pengukuran ketebalan anyaman serat rami.....	52
Gambar 3.33	Pengukuran ketebalan serat kapas.....	52
Gambar 3.34	Pengukuran ketebalan serat karbon kevlar.....	53
Gambar 3.35	Pengukuran ketebalan anyaman serat rami.....	53
Gambar 3.36	Pengukuran ketebalan serat kapas.....	54
Gambar 3.37	Disain lapisan bahan komposit.....	54
Gambar 3.38	Cetakan spesimen uji impak.....	55
Gambar 3.39	Proses penimbangan <i>epoxy</i> 70% dari 200 g.....	55
Gambar 3.40	Proses penimbangan karet silikon dan hardener 30% dari 200g...	56
Gambar 3.41	<i>Epoxy</i> dan karet silikon yang sudah dicampur.....	56
Gambar 3.42	Proses pelapisan serat dengan matriks.....	57
Gambar 3.43	Proses mengepres lapisan komposit agar sesuai ukuran.....	57
Gambar 3.44	Hasil cetakan bakalan spesimen uji impak.....	57
Gambar 3.45	Spesimen yang sudah dipotong.....	58
Gambar 3.46	Alat uji impak.....	59
Gambar 3.47	Saat pembacaan nilai beta.....	60
Gambar 3.48	Disain produk panel rompi anti peluru.....	61
Gambar 3.49	<i>Fiber glas</i> .....	62
Gambar 3.50	Melapisi <i>fiber glas</i> dengan poliester.....	62
Gambar 3.51	Proses merapikan cetakan.....	63
Gambar 3.52	Cetakan yang sudah jadi.....	63
Gambar 3.53	Alat pres cetakan.....	63
Gambar 3.54	Proses penimbangan serat.....	64
Gambar 3.55	Cetakan yang sudah terlapisi.....	64
Gambar 3.56	Proses penimbangan <i>epoxy</i> 70% dari 200 g.....	65
Gambar 3.57	Proses penimbangan karet silikon 30% dari 200 g.....	65
Gambar 3.58	<i>Epoxy</i> dan karet silikon yang sudah dicampur.....	66
Gambar 3.59	Proses pelapisan matriks.....	66
Gambar 3.60	Proses pelapisan karbon kevlar.....	66

Gambar 3.61	Proses pengepresan.....	67
Gambar 3.62	Hasil cetakan produk.....	67
Gambar 3.63	Produk yang sudah difinishing.....	68
Gambar 3.64	Senjata pistol G2 elite pindad.....	70
Gambar 3.65	Proses pengujian tembak.....	70
Gambar 3.66	Pembungkusan produk setelah uji tembak.....	71
Gambar 3.67	Mesin foto SEM.....	71
Gambar 3.68	Spesimen foto SEM.....	72
Gambar 3.69	Spesimen pada dudukannya dalam mesin foto SEM.....	72
Gambar 3.70	Proses pemilihan foto SEM.....	73
Gambar 4.1	Kerusakan salah satu spesimen 30% karet silikon.....	77
Gambar 4.2	Kerusakan salah satu spesimen 40% karet silikon.....	78
Gambar 4.3	Kerusakan salah satu spesimen 50% karet silikon.....	79
Gambar 4.4	Penampakan produk setelah uji tembak.....	80
Gambar 4.5	Hasil tembakan dari arah serat kapas-rami-karbon.....	83
Gambar 4.6	Hasil tembakan dari arah serat karbon-rami-kapas.....	84
Gambar 4.7	Hasil pengujian koposit variasi kecepatan proyektil.....	85
Gambar 4.8	Foto SEM cacat rongga pada material komposit (pembesaran 26x).....	86
Gambar 4.9	Foto SEM terjadinya celah antar matriks (pembesaran 26x).....	87

## **DAFTAR GRAFIK**

Grafik 4.1 Data grafik rata-rata harga impak..... 75

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Biodata penulis
- Lampiran 2 Hasil pengujian impak di Lab. Material Jurusan Teknik Mesin ITN
- Lampiran 3 Perhitungan nilai energi impak dan harga impak
- Lampiran 4 Surat keterangan bukti pengujian tembak di PUSDIK ARHANUD
- Lampiran 5 Kwitansi bukti pembayaran Foto SEM
- Lampiran 6 Surat Keputusan Bimbingan Skripsi