



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**MANUFAKTUR BAHAN KOMPOSIT RESIN EPOXY
DENGAN SERAT PELEPAH SALAK, SERAT
KEVLAR DAN SERAT KARBON MENGGUNAKAN
METODE VARTM UNTUK APLIKASI ROMPI
TAHAN PELURU**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Sarjana Terapan Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Nur Agnes Eka Anggraeni
NIM.4217010008**

**PROGRAM STUDI MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
Agustus, 2021**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

MANUFAKTUR BAHAN KOMPOSIT RESIN EPOXY DENGAN SERAT
PELEPAH SALAK, SERAT KEVLAR DAN SERAT KARBON
MENGUNAKAN METODE VARTM UNTUK APLIKASI ROMPI
TAHAN PELURU

Oleh:

Nur Agnes Eka Anggraeni
NIM. 4217010008

Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Eng Muslimin, S.T., M.T.
NIP. 197707142008121005

Pembimbing 2

Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.
NIP. 198608302009122001

Ketua Program Studi

Drs. Mochammad Sholeh, S.T., M.T
NIP. 195703221987031001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

MANUFATUR BAHAN KOMPOSIT RESIN EPOXY DENGAN SERAT
PELEPAH SALAK, SERAT KEVLAR DAN SERAT KARBON
MENGUNAKAN METODE VARTM UNTUK APLIKASI ROMPI
TAHAN PELURU

Oleh:

Nur Agnes Eka Anggraeni
NIM. 4217010008

Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 4 September 2021 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T. NIP. 198608302009122001	Ketua		07/09/21
2.	Drs. Sidiq Ruswanto, ST.,M.Si. NIP. 195708101987031002	Anggota		07/09/21
3.	Rosidi, ST, MT NIP. 196509131990031001	Anggota		07/09/21

Depok, Agustus 2021

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr.Eng. Muslimin, S.T., M.T.
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Agnes Eka Anggraeni

NIM : 4217010008

Program Studi : Sarjana Terapan Manufaktur

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 23 Agustus 2021



Nur Agnes Eka Anggraeni
NIM. 4217010008

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



MANUFAKTUR BAHAN KOMPOSIT RESIN EPOXY DENGAN SERAT PELEPAH SALAK, SERAT KEVLAR DAN SERAT KARBON MENGGUNAKAN METODE VARTM UNTUK APLIKASI ROMPI TAHAN PELURU

Nur Agnes Eka A¹, Muslimin¹, Vika Rizkia¹

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: nur.agnesekaangraeni.tn17@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Komposit serat sintetis (kevlar dan karbon) memiliki ketahanan peluru yang baik, namun harganya cukup mahal. Sedangkan komposit serat alam memiliki jumlah yang berlimpah, murah, dan *density* rendah. Salah satu aplikasi komposit serat alam digunakan dibidang militer seperti rompi tahan peluru. Manufaktur komposit merupakan hal penting dalam menghasilkan komposit yang baik. Saat ini terbatas penelitian pembuatan komposit serat alam dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) untuk aplikasi bahan tahan peluru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manufaktur panel rompi tahan peluru dari bahan komposit resin epoxy berpenguat serat pelepah salak, kevlar, karbon menggunakan filler SiC dan Al₂O₃ dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) dan juga menganalisis kekuatan impact, tarik, kekerasan, mikrostruktur dan kemampuan balistik. Fraksi volume serat yang diterapkan dalam komposit adalah variasi 1 (10% serat pelepah salak dan 10% serat kevlar), variasi 2 (5% serat pelepah salak dan 15% serat kevlar), variasi 3 (7,5% filler SiC, 7,5% filler Al₂O₃ dan 20% serat kevlar) dan variasi 4 (5% filler SiC, 5% filler Al₂O₃ dan 25% serat kevlar). Spesimen dianalisis dengan menggunakan uji impact Charpy menurut ASTM D 6110, uji tarik menurut ASTM D 3039/D 3039M, uji kekerasan rockwell, uji SEM dan uji balistik standar NIJ level II. Hasil kekuatan impact variasi 1 lebih besar 10,5% dari variasi 2, sedangkan variasi 4 lebih besar 35,3% dari variasi 4. Kekerasan yang dihasilkan variasi 2 lebih besar 31,4% dari variasi 1, sedangkan variasi 4 lebih besar 18,24% dari variasi 3. Kekuatan tarik yang dihasilkan variasi 2 lebih besar 39,8% dari variasi 1, sedangkan variasi 4 lebih besar 9,41% dari variasi 3. Hasil BFS untuk uji balistik level II dari keempat variasi dibawah 44 mm tidak tembus. Hasil SEM dari 4 variasi yaitu matriks dan *reinforcement* sudah terikat dengan baik.

Kata kunci: Komposit, *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM), Uji Impact, Uji Kekerasan, Uji Tarik, Uji Balistik, Uji SEM.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



MANUFAKTUR BAHAN KOMPOSIT RESIN EPOXY DENGAN SERAT PELEPAH SALAK, SERAT KEVLAR DAN SERAT KARBON MENGGUNAKAN METODE VARTM UNTUK APLIKASI ROMPI TAHAN PELURU

Nur Agnes Eka A¹, Muslimin¹, Vika Rizkia¹

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: nur.agnesekaangraeni.tm17@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

Synthetic fiber composites (kevlar and carbon) have good durability but are quite expensive. Meanwhile, natural fiber composites are abundant, inexpensive, and of low density. One application of natural fiber composites used in the military is a bullet-proof vest. Composite manufacture is important in producing a good composite. Currently, there is limited research on the manufacture of natural fiber composites using the Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) method for the application of bullet-resistant materials. This study aims to determine the manufacture of bullet-resistant vest panels from epoxy resin composites reinforced with salacca midrib fiber, kevlar, carbon using SiC and Al₂O₃ fillers using the Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) method and also to analyze the impact strength, tensile, hardness, microstructure, and ballistic ability. The fiber volume fraction applied in the composites was variation 1 (10% salacca midrib fiber and 10% kevlar fiber), variation 2 (5% salacca midrib fiber and 15% kevlar fiber), variation 3 (7,5% SiC, 7,5% Al₂O₃ filler and 20% kevlar fiber) and variation 4 (5% SiC filler, 5% Al₂O₃ filler and 25% kevlar fiber). Specimens were analyzed using the Charpy impact test according to ASTM D 6110, tensile test according to ASTM D 3039, Rockwell hardness test, SEM test, and ballistic test standard NIJ level II. The results of impact strength of variation 1 are 10,5% greater than variation 2, while variation 4 is 35,3% greater than variation 3. The hardness produced by variation 2 is 31,4% greater than variation 1, while variation 4 is greater than 18, 24% of variation 3. The tensile strength of variation 2 is 39,8% greater than variation 1, while variation 4 is 9,41% greater than variation 3. BFS results for ballistic test level II of the four variations below 44 mm do not penetrate. The results of the microstructure of the 4 variations of the matrix and reinforcement have been determined well.

Keywords: Composite, Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM), Impact Test, Hardness Test, Tensile Test, Ballistic Test, SEM Test.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Manufaktur Bahan Komposit Resin Epoxy Dengan Serat Pelepah Salak, Serat Kevlar dan Serat Karbon Menggunakan Metode VARTM Untuk Aplikasi Rompi Tahan Peluru” dengan baik dan tepat pada waktu yang telah diberikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan rasa hormat setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orangtua tercinta yang selama ini telah membantu dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa yang tidak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta serta dosen pembimbing pertama yang telah memberikan perhatiannya baik waktu, tenaga serta pikiran dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Mochammad Sholeh, S.T, M.T selaku Ketua Program Studi Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan pengarahan dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Vika Rizkia, S.T, M.T selaku pembimbing kedua yang telah memberikan perhatiannya baik waktu, tenaga serta pikiran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Mayor Tek Muhammad Abdul Ghofur, S.T, M.T selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan dan bimbingan saat dilapangan.
6. Seluruh staff Laboratorium Komposit Aeronautika Akademi Angkatan Udara Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan untuk dapat melangsungkan penelitian dan memperoleh data.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Seluruh anggota Laboratorium X yang telah membantu dalam pelaksanaan pengujian balistik.
8. Teman-teman seperjuangan Manufaktur 2017, Viedi Eka, Melissa Anggraeni, dan Rio Majid yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan.
9. Rahma, Sintia, dan Agits yang selalu memberi dukungan, semangat, motivasi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
10. Diri saya sendiri yang mau dan mampu bertahan, berjuang, berusaha sekuat yang saya bisa, tidak menyerah walau banyak rasa dan godaan datang untuk berhenti, terimakasih karena sudah mau untuk tetap kuat.
11. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Depok, 23 Agustus 2021

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Nur Agnes Eka Anggraeni

NIM. 4217010008



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Komposit	8
2.2.1 Komponen Penyusun Komposit.....	9
2.2.2 Resin Epoksi.....	15
2.2.3 Serat Alam	16
2.2.4 Serat Sintetis	17
2.3 Keramik Tahan Peluru.....	17
2.4 Metode Manufaktur Komposit	18
2.5 Sifat Mekanik	20
2.6 Sifat Fisik	25
2.7 Kemampuan Balistik	26



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Diagram Alir.....	28
3.2 Penjelasan Diagram Alir	29
3.3 Variabel Penelitian	30
3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian	31
3.4.1 Bahan Penelitian.....	31
3.4.2 Peralatan Penelitian	36
3.5 Prosedur Penelitian.....	48
3.5.1 Persiapan Serat Pelepah Salak.....	48
3.5.2 Perhitungan Komposisi Komposit.....	49
3.5.3 Manufaktur Panel Komposit Tahan Peluru.....	51
3.5.4 Pengujian Tarik	64
3.5.5 Pengujian Impak.....	65
3.5.6 Pengujian Kekerasan Rockwell.....	66
3.5.7 Pengujian SEM.....	67
3.5.8 Pengujian Balistik.....	67
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1 Manufaktur Komposit Metode VARTM.....	70
4.1.1 Modifikasi Pertama Manufaktur Metode VARTM.....	70
4.1.2 Modifikasi Kedua Manufaktur Metode VARTM.....	71
4.1.3 Modifikasi Ketiga Manufaktur Metode VARTM	72
4.2 Pengujian Sifat Mekanik	73
4.2.1 Hasil Pengujian Impak	73
4.2.2 Hasil Pengujian Kekerasan.....	77
4.2.3 Hasil Pengujian Tarik	80
4.3 Pengujian Kemampuan Balistik	84
4.3.1 Hasil Uji Balistik Spesimen 1.....	85
4.3.2 Hasil Uji Balistik Spesimen 2.....	86
4.3.3 Hasil Uji Balistik Spesimen 3.....	89
4.3.4 Hasil Uji Balistik Spesimen 4.....	90

4.4 Pengujian Sifat Fisik	94
4.4.1 Pengamatan Analisis SEM Komposit.....	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	96
5.1 Kesimpulan.....	96
5.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN.....	103



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan literatur.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2. 1 Geometri spesimen yang direkomendasikan [32].....	20
Tabel 2. 2 Kode kegagalan uji tarik [32].....	21
Tabel 3. 1 Spesifikasi Pistol Pindad P1.....	44
Tabel 3. 2 Spesifikasi Senapan SS1-V1	44
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian impak pada komposit variasi 1 dan 2.....	74
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian impak pada komposit variasi 3 dan 4.....	75
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian kekerasan rockwell dari variasi 1 dan 2	77
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian kekerasan rockwell dari variasi 3 dan 4.....	78
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian tarik dari variasi 1 dan 2.....	80
Tabel 4. 6 Nilai tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas dari variasi 1 dan 2.....	81
Tabel 4. 7 Data hasil pengujian tarik dari variasi 3 dan 4.....	82
Tabel 4. 8 Nilai tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas dari variasi 3 dan 4.....	83
Tabel 4. 9 Hasil pengujian balistik level II	93
Tabel 4. 10 Hasil pengujian balistik level III.....	93



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2. 1 Komposit [26]	9
Gambar 2. 2 Struktur komposit partikel [26]	11
Gambar 2. 3 Komposit laminasi [27]	15
Gambar 2. 4 Pohon salak	16
Gambar 2. 5 Vacuum assisted resin transfer molding [31]	19
Gambar 2. 6 Bentuk patahan komposit [32]	21
Gambar 2. 7 Ilustrasi skematis pengujian impak metode charpy [35]	23
Gambar 2. 8 Dimensi spesimen uji impak [36]	24
Gambar 2. 9 Tabel skala kekerasan rockwell [38]	25
Gambar 2. 10 Standar NIJ-0101.06 [1]	26
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	28
Gambar 3. 2 Serat pelepah salak	31
Gambar 3. 3 Resin epoksi dan hardener	32
Gambar 3. 4 Filler Al ₂ O ₃	32
Gambar 3. 5 Filler SiC	33
Gambar 3. 6 Serat kevlar	33
Gambar 3. 7 Serat karbon	33
Gambar 3. 8 NaOH	34
Gambar 3. 9 Aquades	34
Gambar 3. 10 Munisi MU-1TJ	35
Gambar 3. 11 MU5-TJ	35
Gambar 3. 12 Tanah lempung sebagai backing material	35
Gambar 3. 13 Cetakan komposit 25 cm x 25 cm x 2 cm	36
Gambar 3. 14 Cetakan komposit 25 cm x 25 cm x 0,25 cm	37
Gambar 3. 15 Cetakan komposit 20 cm x 15 cm x 1,27 cm	37
Gambar 3. 16 Timbangan digital	38
Gambar 3. 17 Gelas ukur	38



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 18 Pell ply.....	39
Gambar 3. 19 Sealant tape vacuum infusion process.....	39
Gambar 3. 20 Spiral tube vacuum infusion process.....	40
Gambar 3. 21 Infusion tube vacuum infusion process.....	40
Gambar 3. 22 Infusion valve vacuum proses carbon.....	41
Gambar 3. 23 Ultrasonic leak detector.....	41
Gambar 3. 24 Bagging film.....	42
Gambar 3. 25 Infusion part.....	42
Gambar 3. 26 Cassa.....	42
Gambar 3. 27 Spray adhesive.....	43
Gambar 3. 28 Pistol Pindad P1	43
Gambar 3. 29 Senapan SS1-V1.....	44
Gambar 3. 30 Dig depth gage	45
Gambar 3. 31 Universal testing machine.....	45
Gambar 3. 32 Alat uji impak metode charpy	46
Gambar 3. 33 Alat uji SEM	46
Gambar 3. 34 Alat uji kekerasan rockwell.....	47
Gambar 3. 35 Vaccum assisted resin transfer molding.....	47
Gambar 3. 36 Proses perendaman serat pelepah salak.....	48
Gambar 3. 37 Proses membilas serat pelepah salak.....	48
Gambar 3. 38 Proses penjemuran serat pelepah salak	49
Gambar 3. 39 Pemotongan serat pelepah salak.....	49
Gambar 3. 40 Cetakan uji balistik.....	52
Gambar 3. 41 Cetakan uji tarik	52
Gambar 3. 42 Cetakan uji impak	53
Gambar 3. 43 VARTM, peel ply, sealant tape, spiral tube, infusion tube, infusion valve dan bagging film.....	53
Gambar 3. 44 Kaca sebagai alas cetakan	54
Gambar 3. 45 Menyusun serat kevlar	54



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 46 Menaruh filler Alumina diatas serat kevlar.....	55
Gambar 3. 47 Arah pelepah salak dibuat tanda positif	55
Gambar 3. 48 Menyusun serat karbon	56
Gambar 3. 49 Menyusun serat pelepah salak yang kedua	56
Gambar 3. 50 Susunan serat kevlar + filler SiC.....	57
Gambar 3. 51 Menutup susunan serat dengan peel ply.....	57
Gambar 3. 52 Spiral tube mengelilingi cetakan.....	58
Gambar 3. 53 Setelah disemprot dengan spray adhesive.....	58
Gambar 3. 54 Tutup cetakan	59
Gambar 3. 55 Pemasangan spiral tube	59
Gambar 3. 56 Pemasangan bag film	60
Gambar 3. 57 Infusion tube sebagai jalur vacuum dan aliran resin.....	60
Gambar 3. 58 Resin dan hardener	61
Gambar 3. 59 Infus resin.....	61
Gambar 3. 60 Proses pengerasan komposit	62
Gambar 3. 61 Hasil variasi 1.....	62
Gambar 3. 62 Hasil variasi 2.....	63
Gambar 3. 63 Hasil variasi 3.....	63
Gambar 3. 64 Hasil variasi 4.....	63
Gambar 3. 65 Spesimen patah.....	64
Gambar 3. 66 Hasil kegagalan uji tarik variasi 1	64
Gambar 3. 67 Hasil kegagalan uji tarik variasi 2	65
Gambar 3. 68 Hasil kegagalan uji tarik variasi 3	65
Gambar 3. 69 Hasil kegagalan uji tarik variasi 4	65
Gambar 3. 70 Pendulum dinaikkan.....	66
Gambar 3. 71 Spesimen uji kekerasan	66
Gambar 3. 72 Spesimen uji balistik	68
Gambar 3. 73 Backing material	68
Gambar 3. 74 Contoh pengukuran BFS [1]	69



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 1 Manufaktur komposit cetakan pertama	71
Gambar 4. 2 Manufaktur komposit cetakan kedua	72
Gambar 4. 3 Manufaktur komposit cetakan ketiga	73
Gambar 4. 4 Contoh spesimen komposit hasil manufaktur VARTM.....	73
Gambar 4. 5 Harga impak pada variasi 1 dan 2	74
Gambar 4. 6 Harga impak pada variasi 3 dan 4	76
Gambar 4. 7 Nilai kekerasan rockwell pada variasi 1 dan 2.....	77
Gambar 4. 8 Nilai kekerasan rockwell pada variasi 3 dan 4.....	79
Gambar 4. 9 Nilai tegangan tarik pada variasi 1 dan 2.....	81
Gambar 4. 10 Nilai tegangan tarik pada variasi 3 dan 4.....	83
Gambar 4. 11 Hasil penembakan komposit spesimen 1 pada bagian depan.....	86
Gambar 4. 12 Hasil penembakan komposit spesimen 1 pada bagian belakang....	86
Gambar 4. 13 Hasil penembakan komposit spesimen 2 pada bagian depan.....	87
Gambar 4. 14 Hasil penembakan komposit spesimen 2 pada bagian belakang....	87
Gambar 4. 15 Hasil penembakan komposit spesimen 3 pada bagian depan.....	90
Gambar 4. 16 Hasil penembakan komposit spesimen 3 pada bagian belakang....	90
Gambar 4. 17 Hasil penembakan komposit spesimen 4 pada bagian depan.....	91
Gambar 4. 18 Hasil penembakan komposit spesimen 4 pada bagian belakang....	91
Gambar 4. 19 Hasil SEM variasi 1	93
Gambar 4. 20 Hasil SEM variasi 2	93
Gambar 4. 21 Hasil SEM variasi 3	93
Gambar 4. 22 Hasil SEM variasi 4	93



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya ancaman terhadap ketahanan nasional pada masa revolusi industri, kelengkapan persenjataan dan perlindungan balistik menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi pasukan-pasukan keamanan hingga saat ini. Dimana, ber dasarkan *National Institute of Justice Standard* (NIJ), perlindungan balistik adalah perlindungan dari benturan peluru dan perlindungan dari ancaman tusukan atau tebasan pisau [1]. Oleh karena itu, mobilitas dan efektivitas perlindungan merupakan dua tuntutan utama dalam pembuatan produk rompi tahan peluru. Rompi tahan peluru yang digunakan pada Perang Dunia I sampai Perang Dunia II masih dibuat dari logam ataupun baja.

Namun, terdapat suatu permasalahan besar berkenaan dengan mobilitas dan efektivitas perlindungan yaitu untuk mendapatkan fungsi mobilitas tinggi, dibutuhkan rompi tahan peluru yang ringan. Sedangkan, efektivitas perlindungan akan meningkat dengan penambahan berat rompi tahan peluru dari logam yang mengarah kepada penghambatan mobilitas. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi dan penelitian lanjut mengenai pemilihan material untuk rompi tahan peluru [2]–[4].

Beberapa dekade terakhir, material komposit menjadi fokus dunia karena menjanjikan keunggulan berupa rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dibandingkan dengan logam konvensional [5]–[7]. Material komposit sudah banyak digunakan dalam berbagai industri seperti otomotif, kelautan, kedirgantaraan, infrastruktur, peralatan olahraga serta kemiliteran [7].

Dari beragam jenis material komposit yang terdapat di dunia, komposit berpenguat serat sintetis ataupun alam telah menjadi material teknik penting yang digunakan dalam aplikasi militer seperti rompi tahan peluru ringan untuk perlindungan balistik. Adapun serat kevlar menjadi penguat utama dalam material komposit rompi tahan peluru karena keunggulan yang ditawarkan yaitu memiliki kekuatan yang baik, dampak yang tinggi dan kapasitas penyerapan energi yang tinggi. Namun serat kevlar memiliki kelemahan yaitu harga yang cukup mahal [5], [8]–[10]. Guna menyelesaikan masalah tersebut, beberapa tahun ini banyak penelitian dan pengembangan yang dilakukan pada komposit berpenguat serat alam karena jumlahnya yang berlimpah, berat jenisnya rendah dan memiliki sifat mekanis yang baik [11]–[13]. Serat alam yang berasal dari tanaman yang dibudidayakan memiliki keuntungan memperoleh waktu panen yang singkat. Sehingga, serat alam menjadi alternatif penguat untuk aplikasi komposit dalam masalah lingkungan. Dalam penelitian ini dipilih serat pelepah salak yang merupakan salah satu tanaman tropis yang berlimpah di Indonesia khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta dan menjanjikan untuk menghasilkan serat dari kulit pohonnya sehingga berpotensi sebagai sumber baru bahan serat [14], [15].

Metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) merupakan solusi metode manufaktur komposit yang paling cocok karena metode dengan proses cetakan tertutup ini memungkinkan untuk menghasilkan komposit dengan kualitas tinggi [9], [16]–[18].

Oleh karena itu, penelitian mengenai manufaktur komposit untuk aplikasi rompi tahan peluru sangatlah penting. Namun, sejauh ini belum ada penelitian mengenai manufaktur komposit berpenguat serat pelepah salak dengan menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) untuk aplikasi rompi tahan peluru. Untuk menjawab tantangan tersebut dalam penelitian ini dilakukan manufaktur bahan komposit resin epoxy berpenguat serat pelepah salak, serat karbon, serat kevlar menggunakan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

filler SiC dan Al_2O_3 dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) yang menghasilkan komposit dengan kualitas tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan pada sub bab sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana manufaktur panel rompi tahan peluru dari bahan komposit resin epoxy berpenguat serat pelepah salak, serat karbon, serat kevlar menggunakan filler SiC dan filler Al_2O_3 dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM)?
- b. Bagaimana kekerasan, kekuatan impak, kekuatan tarik, mikrostruktur, dan kemampuan balistik komposit resin epoxy berpenguat serat pelepah salak, serat karbon, serat kevlar menggunakan filler SiC dan Al_2O_3 dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu:

- a. Mengetahui manufaktur panel rompi tahan peluru dari bahan komposit resin epoxy berpenguat serat pelepah salak, serat karbon, serat kevlar menggunakan filler SiC dan filler Al_2O_3 dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM)?
- b. Mengetahui kekerasan, kekuatan impak, kekuatan tarik, mikrostruktur, dan kemampuan balistik komposit resin epoxy berpenguat serat pelepah salak, serat karbon, serat kevlar menggunakan filler SiC dan Al_2O_3 dengan metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM)?

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terfokus dan terarah, maka batasan permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

- a. Manufaktur komposit yang digunakan adalah metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM)
- b. Pemotongan dan pengujian spesimen dilakukan setelah 7 hari dari manufaktur komposit.
- c. Waktu perendaman serat pelepah salak menggunakan NaOH kadar 1% adalah 30 menit.
- d. Resin yang digunakan adalah resin epoxy AM-8927 yang dapat diaplikasikan untuk pembuatan komposit metode VARTM.
- e. Pengujian balistik mengacu pada standar NIJ 0101.06 level II.
- f. Spesimen uji tarik yang digunakan berdasarkan standar ASTM D 3039/D 3039M.
- g. Spesimen uji impact yang digunakan berdasarkan standar ASTM D 6110.
- h. Tidak melihat keseragaman diameter serat pelepah salak.
- i. Tidak memperhatikan suhu dalam manufaktur komposit.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Manfaat akademisnya yaitu memberikan hasil studi riset manufaktur komposit dengan metode VARTM sebagai referensi bahan tahan peluru.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- b. Manfaat praktisnya yaitu dapat diaplikasikan sebagai rompi tahan peluru untuk digunakan oleh TNI dan POLRI.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun dalam 5 (lima) bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang pustaka yang berkaitan dengan penelitian seperti definisi komposit, serat alam, serat sintesis, metode manufaktur komposit, sifat mekanik, sifat fisik dan kemampuan balistik.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini terdiri dari metodologi penelitian yang meliputi diagram alir penelitian, penjelasan mengenai diagram alir, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, variabel penelitian dan langkah penelitian.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri dari hasil penelitian dan pembahasan yang berisi data-data yang diperoleh dari hasil pengujian spesimen dan analisis sifat mekanik, sifat fisik dan kemampuan balistik

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah:

- a. Metode *Vaccum Assisted Resin Tranfer Molding* (VARTM) dengan cetakan ketiga merupakan modifikasi terbaik karena menghasilkan distribusi resin dan manufaktur yang lebih cepat.
- b. Kekuatan impak, kekuatan tarik, kekerasan, mikrostruktur dan kemampuan balistik dari variasi 1, 2, 3, dan 4 diperoleh sebagai berikut:
 - 1) Nilai kekuatan impak pada variasi 1 (60% resin, 10% serat pelepah salak, 5% filler SiC, 5% filler Al₂O₃, 10% serat karbon dan 10% serat kevlar) sebesar 0,19 J/mm², sedangkan pada variasi 2 (60% resin, 5% filler SiC, 5% filler Al₂O₃, 5% serat pelepah salak, 10% serat karbon dan 15% serat kevlar) sebesar 0,17 J/mm². Sehingga variasi 1 memiliki kekuatan impak 10,5% lebih besar dibanding variasi 2. Nilai kekuatan impak pada variasi 3 (60% resin, 7,5% filler SiC, 7,5% filler Al₂O₃, 2,5% serat pelepah salak, 2,5% serat karbon dan 20% serat kevlar) sebesar 0,22 J/mm², sedangkan pada variasi 4 (60% resin + 5% filler SiC + 5% filler Al₂O₃ + 2,5% serat pelepah salak + 2,5% serat karbon + 25% serat kevlar) sebesar 0,34 J/mm². Sehingga variasi 4 memiliki kekuatan impak 35,3% lebih besar dibanding variasi 3.
 - 2) Nilai kekerasan pada variasi 1 sebesar 22,72 HRF, sedangkan nilai kekerasan pada variasi 2 sebesar 33,12 HRF. Sehingga variasi 2 memiliki kekerasan 31,4% lebih besar dibanding variasi 1.

Nilai kekerasan pada variasi 3 sebesar 40,52 HRF, sedangkan nilai kekerasan pada variasi 4 sebesar 49,56 HRF. Sehingga variasi 4 memiliki kekerasan 18,24% lebih besar dibanding variasi 3.

- 3) Nilai kekuatan tarik pada variasi 1 sebesar 148,59 N/mm², regangan sebesar 0,04% dan modulus elastisitas sebesar 3746,81 N/mm². Nilai kekuatan tarik pada variasi 2 sebesar 246,93 N/mm², regangan sebesar 0,06% dan modulus elastisitas sebesar 4355,9 N/mm². Sehingga variasi 2 memiliki kekuatan tarik 39,8% lebih besar dibanding variasi 1. Sedangkan nilai kekuatan tarik pada variasi 3 sebesar 161,16 N/mm², regangan sebesar 0,04% dan modulus elastisitas sebesar 3779,98 N/mm². Nilai kekuatan tarik variasi 4 sebesar 177,91 N/mm², regangan sebesar 0,06%, modulus elastisitas sebesar 3190,45 N/mm². Sehingga variasi 4 memiliki kekuatan tarik 9,41% lebih besar dibanding variasi 3.
- 4) Hasil BFS pada variasi 1 sebesar 3,79 mm dengan berat 1877,5 gr, sedangkan pada variasi 2 sebesar 9,18 mm dengan berat 1898,75 gr. Nilai BFS variasi 1 dan 2 sudah memenuhi syarat standar NIJ level II yaitu <44 mm. Hasil BFS pada variasi 3 sebesar 7,10 mm, sedangkan pada variasi 4 sebesar 6,48 mm. Nilai BFS variasi 3 dan 4 sudah memenuhi syarat standar NIJ level II. Sehingga dari variasi 1,2,3 dan 4 yang terbaik yaitu variasi 4 karena memiliki berat yang lebih kecil dan nilai BFS yang masih aman.
- 5) Hasil uji SEM dari variasi 1,2,3,4 terlihat bahwa matrik (resin) dan *reinforcement* (serat) sudah terikat dengan baik.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Saran ini dibuat berdasarkan pengalaman yang ditujukan kepada peneliti dalam bidang sejenis, atau yang ingin mengembangkan penelitian yang sudah dilaksanakan:

- a. Dilaksanakan pengujian balistik level IIIA sesuai standar NIJ untuk penelitian lanjutan dengan ketebalan yang sama.
- b. Spesimen ditipiskan lagi untuk mengurangi berat dengan syarat masih masuk standar NIJ level II.





DAFTAR PUSTAKA

- [1] National Institute of Justice (NIJ), *Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard-0101.06*. Washington: National Institute of Justice, 2008.
- [2] L. Lakshmi and C. G. Nandakumar, "Investigations on the Performance of Metallic and Composite Body Armors," *Procedia Technol.*, vol. 25, no. Raerest, pp. 170–177, 2016, doi: 10.1016/j.protcy.2016.08.094.
- [3] A. B. M. Azhar, M. S. Risby, A. S. M. Sohaimi, M. N. Hafizi, S. Khalis, and S. Asrul, "Conceptual mold design for multi-curved natural fiber reinforced composite body armor panel," *Procedia CIRP*, vol. 37, pp. 95–100, 2015, doi: 10.1016/j.procir.2015.08.017.
- [4] M. A. Pulungan, "ANALISIS KEMAMPUAN ROMPI ANTI PELURU YANG TERBUAT DARI KOMPOSIT HGM-EPOXY," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [5] S. Rajesh, B. Vijayaramnath, C. Elanchezhian, S. Vivek, M. Hari Prasad, and M. Kesavan, "Experimental investigation of tensile and impact behavior of aramid-natural fiber composite," *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 699–705, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.148.
- [6] B. Suresha, N. M. Indushekhara, C. Varun, D. Sachin, and K. Pranao, "Effect of carbon nanotubes reinforcement on mechanical properties of aramid/epoxy hybrid composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 43, no. xxxx, pp. 1478–1484, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.307.
- [7] P. K. Mallick, *FIBER- REINFORCED COMPOSITES*, Third. London: CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.
- [8] Y. Regassa, "Modeling and Simulation of Bullet Resistant Composite Body Armor," vol. 16, no. 3, 2016.
- [9] G. Guo, S. Alam, and L. D. Peel, "Numerical analysis of ballistic impact performance of two ceramic-based armor structures," *Compos. Part C Open Access*, vol. 3, no. October, p. 100061, 2020, doi: 10.1016/j.jcomc.2020.100061.
- [10] R. Stopforth and S. Adali, "Experimental study of bullet-proofing capabilities of Kevlar, of different weights and number of layers, with 9 mm projectiles," *Def. Technol.*, vol. 15, no. 2, pp. 186–192, 2019, doi: 10.1016/j.dt.2018.08.006.
- [11] H. Ning, S. Pillay, N. Lu, and S. Zainuddin, "Natural fiber-reinforced high-density polyethylene composite hybridized with ultra-high molecular weight polyethylene," 2019, doi: 10.1177/0021998318822716.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [12] A. M. R. Azmi, M. T. H. Sultan, M. Jawaid, and A. F. M. Nor, "A newly developed bulletproof vest using kenaf-X-ray film hybrid composites," *Mech. Phys. Test. Biocomposites, Fibre-Reinforced Compos. Hybrid Compos.*, pp. 157–169, 2018, doi: 10.1016/B978-0-08-102292-4.00009-6.
- [13] A. M. R. Azmi, M. T. H. Sultan, A. Hamdan, A. F. M. Nor, and K. Jayakrishna, "Flexural and Impact Properties of A New Bulletproof Vest Insert Plate Design Using Kenaf Fibre Embedded with X-Ray Films," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 5, pp. 11193–11197, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.01.143.
- [14] V. Yudha, H. S. . Rochardjo, J. Jamasri, F. Yudhanto, and S. Darmanto, "Isolation of cellulose from salacca midrib fibers by chemical treatments," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 434 012078*, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012078.
- [15] L. Triyastiti and D. Krisdiyanto, "Isolasi Nanokristal Dari Pelepah Pohon Salak Sebagai Filler Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol (PVA)," *Indones. J. Mater. Chem.*, vol. 1, no. 1, pp. 39–45, 2018.
- [16] M. Hancioglu, E. M. Sozer, and S. G. Advani, "Comparison of in-plane resin transfer molding and vacuum-assisted resin transfer molding ' effective ' permeabilities based on mold filling experiments and simulations," 2019, doi: 10.1177/0731684419868015.
- [17] M. A. Yalcinkaya, E. M. Sozer, and M. C. Altan, "Fabrication of high quality composite laminates by pressurized and heated-VARTM," *Compos. Part A*, 2017, doi: 10.1016/j.compositesa.2017.08.017.
- [18] Hartono, M. Rifai, and H. Subawi, *Pengenalan Teknik Komposit*. Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [19] J. Naveen, K. Jayakrishna, M. T. Bin Hameed Sultan, and S. M. M. Amir, "Ballistic Performance of Natural Fiber Based Soft and Hard Body Armour-A Mini Review," *Front. Mater.*, vol. 7, no. December, pp. 1–6, 2020, doi: 10.3389/fmats.2020.608139.
- [20] I. F. Purbayanto, D. Ariawan, E. Surodjo, and J. Triyono, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit rHDPE Dengan Penguat Serat Pelepah Salak," *SNST Proceeding Unwahas*, no. 2011, pp. 18–23, 2017.
- [21] M. A. Pulungan and S. Sutikno, "Pengaruh Ketebalan Terhadap Daya Serap Energi Impak pada Rompi Anti Peluru yang Terbuat dari Komposit Hgm-Epoxy Dan Serat Karbon," *J. Inotera*, vol. 2, no. 2, pp. 81–84, 2018, doi: 10.31572/inotera.Vol2.Iss2.2017.ID33.
- [22] T. Yuliyono, H. Purwanto, and B. Respati, "Karakterisasi Komposit Matrik Resin Epoxy Berpenguat Serat Glass dan Serat Pelepah Salak dengan Perlakuan NaOH 5%," *Momentum*, vol. 16, 2020.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [23] B. Widodo and A. Subardi, "Pengujian Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Matrix Composite (Amc) Berpenguat Partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃)," pp. 295–303, 2019.
- [24] M. Mulyadi, "Manufaktur Panel Material Komposit Dengan Metode Infusi Resin," *Saintek ITM*, vol. 31, no. 2, 2019, doi: 10.37369/si.v31i2.39.
- [25] W. D. Callister, Jr and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering*, Eighth. New York: John Wiley & Sons, 2010.
- [26] I. Mawardi and H. Lubis, *Proses Manufaktur Plastik & Komposit Edisi Revisi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2019.
- [27] S. Hadi, *Teknologi Bahan Lanjut*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2018.
- [28] Lasikun, D. Ariawan, E. Surojo, and J. Triyono, "Effect of fiber orientation on tensile and impact properties of Zalacca Midrib fiber-HDPE composites by compression molding," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1931, pp. 5–9, 2018, doi: 10.1063/1.5024119.
- [29] CeramTec-ETEC GmbH, "Ceramic Materials for light-weight Ceramic Polymer Armor Systems," 2016.
- [30] R. Loudad, A. Saouab, P. Beauchene, R. Agogue, and B. Desjoyeaux, "Numerical modeling of vacuum-assisted resin transfer molding using multilayer approach," 2017, doi: 10.1177/0021998316687145.
- [31] F. C. Campbell, *Structural Composite Materials*. 2010.
- [32] ASTM D 3039/D 3039M-17, *Standard Test Method For Tensile Properties Of Polymer Matrix Composite Material*. West Conshohocken, PA, 2017.
- [33] G. F. Aynalem, "Effect of Al₂O₃ on the Tensile and Impact Strength of Flax/Unsaturated Polyester Composite with Emphasis on Automobile," vol. 2021, 2021.
- [34] R. F. Gibson, *Principles of Composite Material Mechanics*. McGraw-Hill, 1994.
- [35] W. D. Callister, "Materials science and engineering: An introduction (2nd edition)," *Mater. Des.*, vol. 12, no. 1, p. 59, 1991, doi: 10.1016/0261-3069(91)90101-9.
- [36] Astm-D6110-10, "Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics," *Astm*, no. April, p. 17, 2010, doi: 10.1520/D6110-10.1.
- [37] P. I. Purboputro and A. Hariyanto, "ANALISIS SIFAT TARIK DAN IMPAK KOMPOSIT SERAT RAMI DENGAN PERLAKUAN ALKALI DALAM WAKTU 2,4,6, DAN 8 JAM BERMATRIK POLIESTER," *Media Mesin J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 64–75.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [38] G. Require- *et al.*, “ASTM E18 – 16 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials,” *Am. Soc. Test. Mater.*, no. C, pp. 1–38, 2016, doi: 10.1520/E0018-11.2.
- [39] A. Ul-Hamid, *A Beginners’ Guide to Scanning Electron Microscopy*, vol. 9, no. 27 Suppl Nu. Springer, Cham, 2018.
- [40] G. G. Ojoc, C. Pirvu, S. Sandu, and L. Deleanu, “Standardization in testing ballistic protection systems,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 724, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/724/1/012049.
- [41] M. Hancioglu, E. M. Sozer, and S. G. Advani, “Comparison of in-plane resin transfer molding and vacuum-assisted resin transfer molding ‘effective’ permeabilities based on mold filling experiments and simulations,” *J. Reinf. Plast. Compos.*, vol. 39, no. 1–2, pp. 31–44, 2020, doi: 10.1177/0731684419868015.
- [42] C. Polowick, *Optimizing Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding (VARTM) Processing Parameters to Improve Part Quality*, no. April. 2013.
- [43] P. Priyanka, A. Dixit, and H. Singh, “High Strength Kevlar Fiber Reinforced Advanced Textile Composites,” *Iran. Polym. J.*, no. 0123456789, 2019, doi: 10.1007/s13726-019-00721-7.
- [44] M. V. S. Deepak *et al.*, “IMPACT BEHAVIOR OF HYBRID NANO FILLED KEVLAR REINFORCED COMPOSITES,” no. June, pp. 456–458, 2020.
- [45] K. Dhari Mahmoud and F. Hammad Anter, “Study of hardness and thermal conductivity of polymeric blend reinforced with Kevlar fibers,” *Diyala J. Pure Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 61–75, 2018, doi: 10.24237/djps.1402.373b.
- [46] P. Ashwath, J. Joel, M. Anthony Xavior, and H. G. Prashantha Kumar, “Effect of SiC and Al₂O₃ particles addition to AA 2900 and AA 2024 MMC’s synthesized through microwave sintering,” *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 7329–7336, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.402.
- [47] D. Ariawan, E. Surojo, J. Triyono, I. F. Purbayanto, A. F. Pamungkas, and A. R. Prabowo, “Micromechanical analysis on tensile properties prediction of discontinuous randomized zalacca fibre/high-density polyethylene composites under critical fibre length,” *Theor. Appl. Mech. Lett.*, vol. 10, no. 1, pp. 57–65, 2020, doi: 10.1016/j.taml.2020.01.009.
- [48] F. S. da Luz, F. da C. G. Filho, M. S. Oliveira, L. F. C. Nascimento, and S. N. Monteiro, “Composites with natural fibers and conventional materials applied in a hard armor: A comparison,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 9, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/POLYM12091920.



LAMPIRAN

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Lampiran 1. Hasil Uji Tarik

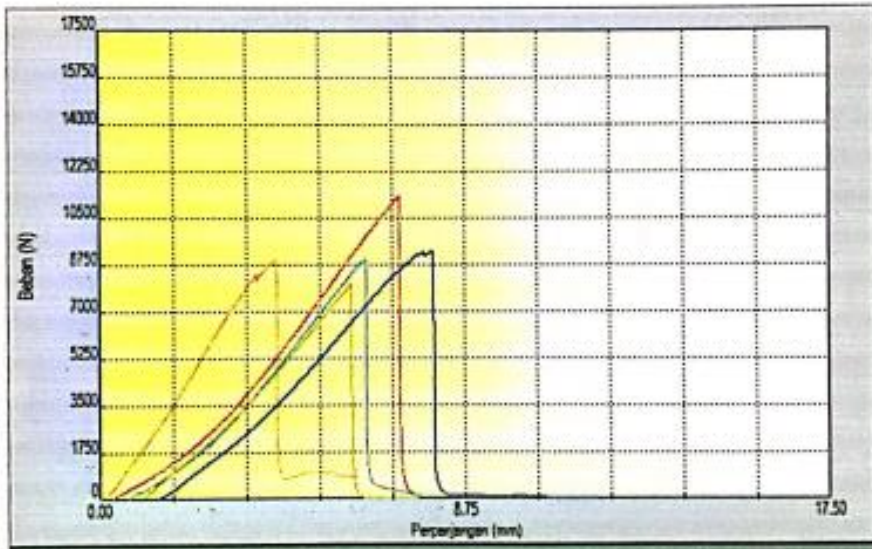


LABORATORIUM MATERIAL TEKNIK
DEPARTEMEN AERONAUTIKA AAU
JL. LAKSDA ADISUTJIPTO KM 10 YOGYAKARTA 55002

METHOD : UJI TARIK PLAT

LOG : NUR AGNES EKA ANGGRAENI

Specimen code	Test time	Thickness (a) (mm)	Width (b) (mm)	Beban Max (N)	Tegangan max (N/mm ²)	Tegangan hulu (N/mm ²)	Beban hulu (N)	Beban patah (N)	Tegangan patah (N/mm ²)	Perpajangan (%)
1 ■ V1.A	08:10	2.50	25.00	9232.69	147.72			8406.95	134.51	
2 ■ V1.B	08:28	2.50	25.00	8009.09	128.15			7987.80	127.80	
3 ■ V1.C	08:32	2.50	25.00	8944.80	143.12			8751.82	140.03	
4 ■ V1.D	08:37	2.50	25.00	11305.36	180.89			11274.77	180.40	
5 ■ V1.E	08:47	2.50	25.00	8941.83	143.07			0.00	0.00	



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lanjutan lampiran-1

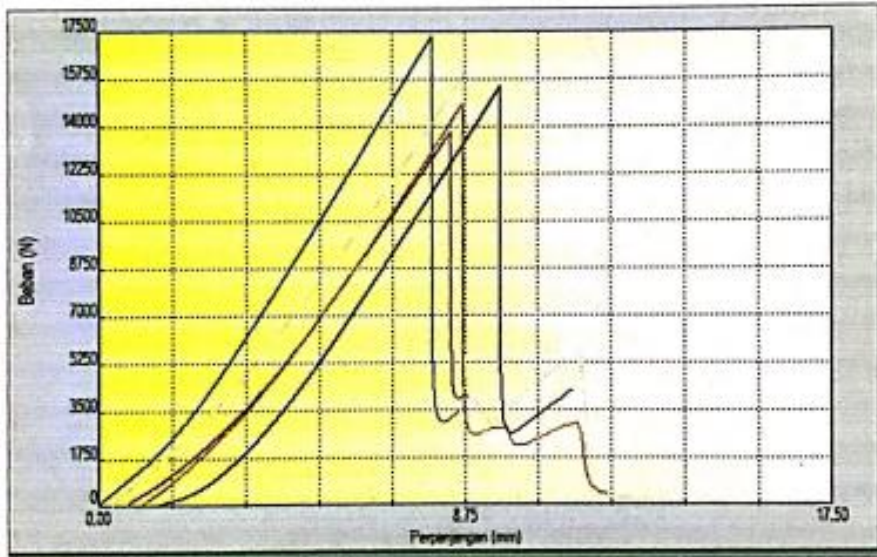


LABORATORIUM MATERIAL TEKNIK
DEPARTEMEN AERONAUTIKA AAU
JL. LAKSDA ADISUTJIPTO KM 10 YOGYAKARTA 55002

METHOD : UJI TARIK PLAT

LOG : NUR AGNES EKA ANGGRAENI

Spesimen code	Test time	Thickness (t)	Width (b)	Beban Max (N)	Tegangan max (N/mm ²)	Tegangan leleh (N/mm ²)	Beban leleh (N)	Beban patah (N)	Tegangan patah (N/mm ²)	Perpangan patah (%)
1 V2A	08:03	2.50	25.00	15454.58	247.27		14001.66	224.03		
2 V2B	08:10	2.50	25.00	14783.72	236.54		14633.42	234.13		
3 V2C	08:15	2.50	25.00	13754.96	220.08		-0.28	-0.00		
4 V2D	08:22	2.50	25.00	15902.43	254.44		15077.45	241.24		
5 V2E	00:08	2.50	25.00	17271.96	276.35		16896.87	270.35		





Lanjutan lampiran-1

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

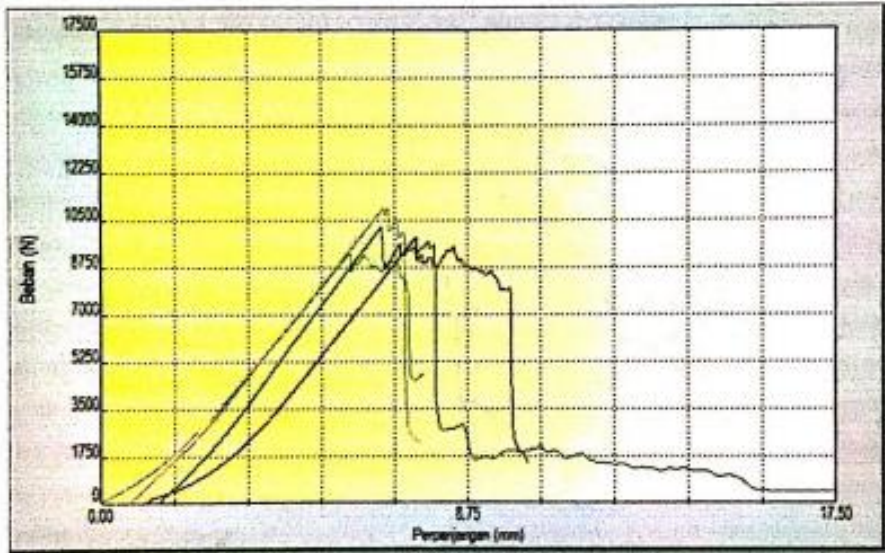


LABORATORIUM MATERIAL TEKNIK
DEPARTEMEN AERONAUTIKA AAU
JL. LAKSDA ADISUTJIPTO KM 10 YOGYAKARTA 55002

METHOD : UJI TARIK PLAT

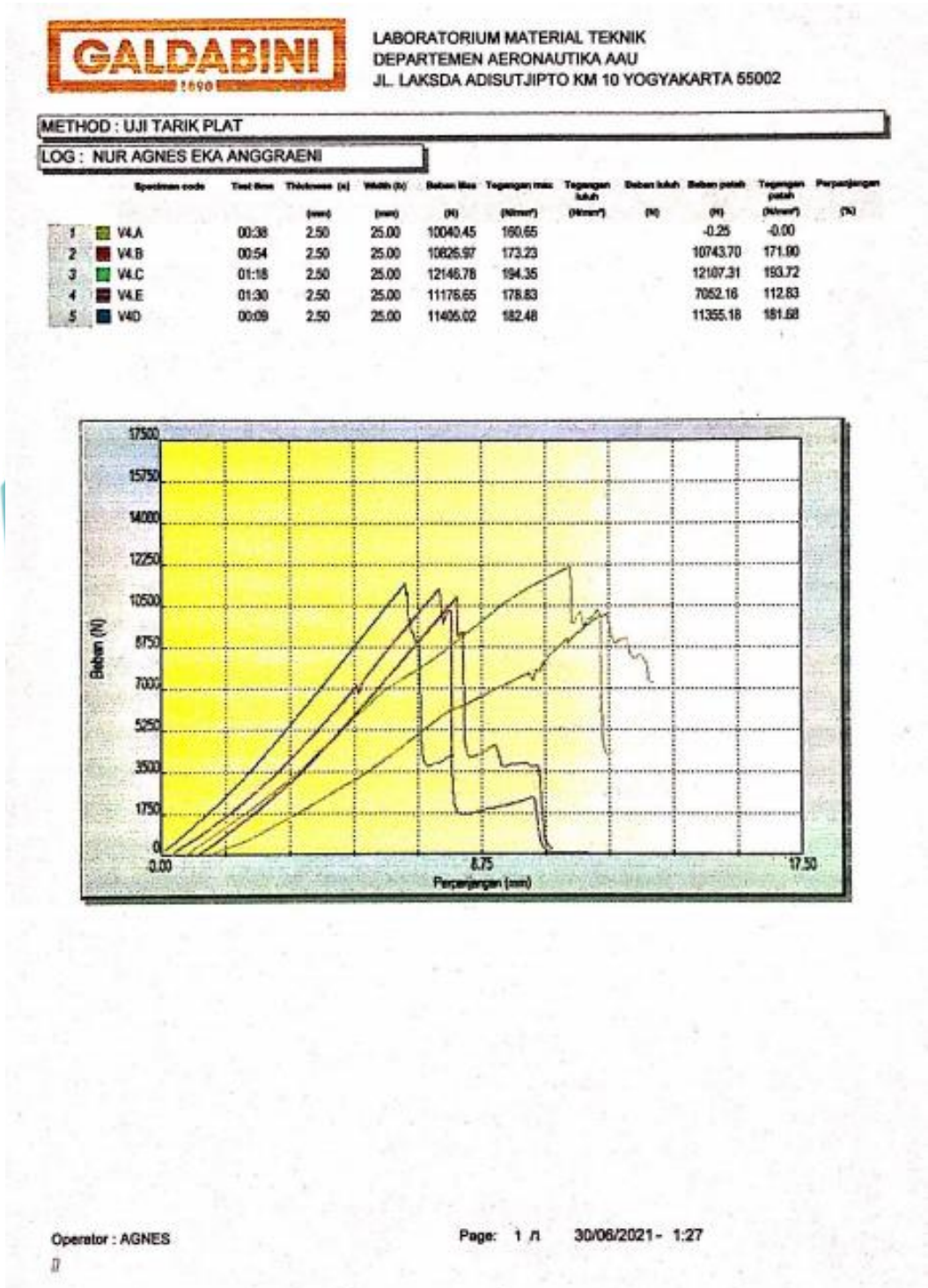
LOG : NUR AGNES EKA ANGGRAENI

Specimen code	Test time	Thickness (t)	Width (b)	Beban Max	Tegangan max	Tegangan luluh	Beban luluh	Beban patah	Tegangan patah	Perpajangan (%)
		(mm)	(mm)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N)	(N)	(N/mm ²)	(%)
1 V3.A	00:20	2.50	25.00	10241.36	163.86			-0.20	-0.00	
2 V3.B	07:34	2.50	25.00	9849.42	157.59			-0.50	-0.01	
3 V3.C	07:40	2.50	25.00	10934.02	174.94			10861.56	174.11	
4 V3.D	07:46	2.50	25.00	10102.38	161.64			-1.24	-0.02	
5 V3.E	00:15	2.50	25.00	9235.61	147.77			-0.50	-0.01	





Lanjutan lampiran-1



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta