

**KINERJA KOMPOSIT BERBAHAN DASAR  
SERAT PISANG ABACCA DAN RESIN EPOKSI  
DENGAN KERAMIK UNTUK  
PANEL ROMPI TAHAN PELURU**

**TESIS**

Oleh

**PENDI SILALAH**

**6405060089**



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis dengan judul :

**KINERJA KOMPOSIT BERBAHAN DASAR  
SERAT PISANG ABACCA DAN RESIN EPOKSI  
DENGAN KERAMIK UNTUK  
PANEL ROMPI TAHAN PELURU**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Program Paska Sarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Magister di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

**Depok, Januari 2008**

**Pendi Silalahi**  
**NPM 6405060089**

# PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

**KINERJA KOMPOSIT BERBAHAN DASAR  
SERAT PISANG ABACCA DAN RESIN EPOKSI  
DENGAN KERAMIK UNTUK  
PANEL ROMPI TAHAN PELURU**

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Paska Sarjana Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Tesis.

**Depok, Januari 2008**

**Dosen Pembimbing**

**Dr.Ir.Asep Handaya Saputra, M.Eng**

**NIP 132 056 816**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Dr.Ir.Asep Handaya Saputra, M.Eng**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahannya, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga Tesis ini dapat selesai dengan baik.



Pendi Silalahi  
NPM 6405060089  
Departemen Teknik Kimia

Dosen Pembimbing  
Dr.Ir.Asep Handaya Saputra, M.Eng

**KINERJA KOMPOSIT BERBAHAN DASAR  
SERAT PISANG ABACCA DAN RESIN EPOKSI  
DENGAN KERAMIK UNTUK  
PANEL ROMPI TAHAN PELURU**

**ABSTRAK**

Rompi tahan peluru merupakan perlengkapan yang sangat penting bagi TNI dan POLRI untuk meningkatkan keselamatan dan moril personel saat menjalankan tugas. Sementara pemenuhan rompi tahan peluru masih membeli dari luar negeri dengan harga sangat mahal. Hal ini mendorong Balitbang Dephan membuat panel rompi tahan peluru dari keramik dikombinasi dengan kevlar, namun disamping berat panelnya masih tinggi yaitu 9 kg, juga harga kevlar yang sangat mahal dan masih diimport. sehingga, sudah saatnya Indonesia yang kaya akan sumber daya alam memproduksi rompi tahan peluru dari bahan yang mudah didapat, harganya murah, mudah dibuat, kuat dan ramah lingkungan.

Bahan yang menjadi perhatian untuk menggantikan serat sintesis adalah serat alam diantaranya serat rami dan serat abacca. Penelitian sebelumnya meneliti tentang serat alam rami dengan variasi tiga, empat dan lima lapis dikombinasikan dengan kawat stainless steel, dari uji balistik dapat menahan peluru level I (revolver .38 special), sementara penelitian jenis serat alam yang lain meneliti tentang serat alam abacca dengan dua, tiga dan empat lapis anyaman serat abacca, dan dapat menahan peluru level I namun belum dapat menahan peluru level II (pistol 9mm).

Dalam tesis ini dilakukan penelitian komposit dari serat alam abacca dan epoksi dengan metode hand lay up, dengan variasi lima, tujuh dan sembilan lapis anyaman serat abacca, setelah diuji balistik, ternyata semua dapat menahan peluru level I, tetapi tidak dapat menahan peluru level II. Selanjutnya supaya dapat menahan peluru level II, dibuat komposit dengan menambah satu keramik pada masing-masing komposit lima, tujuh dan sembilan lapis anyaman serat abacca, setelah uji balistik semuanya dapat menahan peluru level II. Disamping panel diatas, satu keramik tanpa serat dan resin diuji balistik dengan level I dan hasilnya keramik hancur, kemudian dua keramik direkat dengan epoksi dan diuji dengan level II, hasilnya keramik hancur. Selanjutnya dilakukan analisa kerusakan serat dan peluru, perhitungan energi balistik dan estimasi biaya pembuatan rompi tahan peluru.

Dari hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa bila digunakan komposit dari serat saja, ataupun hanya dari keramik saja, tidak dapat menahan peluru level II, namun jika digabung antara komposit lima, tujuh dan sembilan lapis anyaman serat abacca dan keramik maka akan dapat menahan peluru level II.

**Kata kunci :Abacca, Keramik, Komposit, Rompi Tahan Peluru**

Pendi Silalahi  
NPM 6405060089  
Chemical Engineering Departement

Counsellor  
Dr.Ir.Asep Handaya Saputra, M.Eng

**PERFORMANCE OF COMPOSITE FROM ABACCA FIBER  
AND EPOXY RESIN COMBINE WITH CERAMIC  
FOR BULLET PROOF PANEL**

**ABSTRACT**

Bullet proof vest is very important for army and police to increase morality and personal safety during carry out of duty. While bullet proof depend vest's demand still buying from abroad. Because of that, Balitbang Dephan make a research to obtain bullet proof vest panel from ceramic combined with Kevlar. Beside the panel is still heavy at, 9 kg and also using kevlar fiber which is very expensive. Therefore Indonesia must find out alternatives material from natural resource to substitute kevlar fiber. Bullet proof vest from material must be easy to find, strong, easy fabrication and safe.

Natural fiber as a candidate of panel materials are ramie and abacca (Musa textiles). Previous research woven ramie fiber combine with stainless steel filament mesh 16, can proof projectile from revolver .38 (type I). While another natural fiber research is woven abacca fiber with two, three and four layer, have capabilities proof projectiles for type I, but still can't proof projectile from hand gun 9mm (type II).

This Thesis research composite panels from woven abacca fiber and epoxy with hand lay up method, variation in layer's number of abacca woven are five, seven and nine layers. After ballistic test, all of those have capabilities proof projectiles type I, but still can't proof from projectiles type II. The next step, to make material from combine one layer ceramic for every composite in layer's number of abacca woven are five, seven and nine layers, after ballistic test all of those have capabilities proof projectiles from type II. Beside above panels, both one ceramic ballistic test by type I and two ceramics with resin ballistic test by type II were broken. Fiber's and projectiles deformation, estimation of production cost and calculation energy absobtion by material composite were analized.

The results show that material able proof the bullet proof type II are five, seven and nine layers of woven abacca combined with ceramic.

**Keywords :Abacca, Ceramic, Composite, Bullet Proof Vest**

# DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2 RUMUSAN PERMASALAHAN.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 KOMPOSIT.....	4
2.1.1 Komponen Penyusun Komposit.....	5
2.1.2 Orientasi Serat Dalam Komposit.....	5
2.1.3 Serat.....	6
2.1.3.1 Serat Sintesis.....	6
2.1.3.2 Serat Alam Abacca.....	7
2.1.4 Resin.....	11
2.1.5 Proses Pabrikasi Komposit.....	13
2.1.5.1 Proses Open Molding.....	13
2.1.5.2 Proses Close Molding.....	14
2.2 KERAMIK.....	15
2.2.1 Bahan Baku.....	15

2.2.2	Proses Pabrikasi Keramik.....	17
2.2.3	Sifat Mekanik Keramik.....	18
2.3	ROMPI TAHAN PELURU.....	20
2.3.1	Negara-Negara Pembuat Rompi Tahan Peluru.....	21
2.3.2	Rompi Tahan Peluru.....	24
2.3.3	Cara Kerja rompi Tahan Peluru.....	26
2.4	BALISTIK.....	28
2.4.1	Internal Ballistics.....	28
2.4.2	Extrenal Ballistics.....	28
2.4.3	Terminal Ballistics.....	29
BAB III	METODE PENELITIAN.....	32
3.1	RANCANGAN PENELITIAN.....	32
3.2	PERALATAN DAN BAHAN PENELITIAN.....	34
3.2.1	Bahan Penelitian.....	34
3.2.2	Peralatan Penelitian.....	38
3.3	TEMPAT PELAKSANAAN PENELITIAN.....	42
3.4	PROSEDUR PEMBUATAN KOMPOSIT TAHAP I.....	43
3.5	PROSEDUR UJI BALISTIK TAHAP I.....	46
3.6	PROSEDUR PEMBUATAN KOMPOSIT TAHAP II.....	47
3.7	PROSEDUR UJI BALISTIK TAHAP II.....	49
3.8	PROSEDUR UJI BALISTIK TAHAP I.....	49
BAB IV	HASIL DAN ANALISA.....	52
4.1	PELAT KOMPOSIT TAHAP I.....	52
4.2	PENGUJIAN BALISTIK TAHAP I.....	54
4.3	PELAT KOMPOSIT TAHAP II.....	59
4.4	PENGUJIAN BALISTIK TAHAP II.....	61
4.5	ANALISA ENERGI BALISTIK.....	73
4.6	DESAIN ROMPI TAHAN PELURU DAN PERHITUNGAN EKONOMIS.....	75
4.7	UJI KELENTURAN (BENDING STRENGTH).....	78
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	87
5.1	KESIMPULAN.....	87
5.2	SARAN.....	88



DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN.....	92
1. PERHITUNGAN FRAKSI MASSA DAN FRAKSI VOLUME KOMPOSIT.....	92
2. PERHITUNGAN KONSTANTA $\alpha$ .....	94
3. DESAIN ROMPI TAHAN PELURU DAN PERHITUNGAN EKONOMIS.....	95



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Susunan dasar pembentukan komposit lembaran (a) Serat panjang searah (b) Serat panjang dua arah (c) Serat pendek searah (d) Serat pendek acak (f) Woven fiber.....	6
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Kimia Kevlar .....	7
<b>Gambar 2.3</b> Kalasifikasi serat alam.....	8
<b>Gambar 2.4</b> Pisang Abacca.....	10
<b>Gambar 2.5</b> Proses Pembuatan Serat Pisang Abacca.....	10
<b>Gambar 2.6</b> Proses pabrikasi keramik.....	17
<b>Gambar 2.7</b> Proses pembakaran keramik.....	18
<b>Gambar 2.8</b> Grafik hubungan besar butir dan kuat lentur.....	19
<b>Gambar 2.9</b> Grafik hubungan besar butir dan penyerapan air.....	20
<b>Gambar 2.10</b> Grafik hubungan besar butir dan susut bakar.....	20
<b>Gambar 2.11</b> Gerakan saat memakai rompi. (a) berdiri, (b) jongkok, (c) Merayap.....	23
<b>Gambar 2.12</b> (a)Rompi tanpa cover, (b)Rompi saat dipakai.....	24
<b>Gambar 2.13</b> Susunan Peralatan Uji Balistik.....	26
<b>Gambar 2.14</b> Mekanisme kerja rompi tahan peluru.....	27
<b>Gambar 2.15</b> Bentuk Deformasi Proyektil.....	27
<b>Gambar 2.16</b> Mode kerusakan setelah uji balistik pada komposit dari hemp.....	27
<b>Gambar 2.17</b> Proses penembakan pada senjata.....	27
<b>Gambar 2.18</b> Berbagai kerusakan akibat tumbukan proyektil.....	30
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alur penelitian.....	33
<b>Gambar 3.2</b> Serat Pisang Abacca.....	34
<b>Gambar 3.3</b> Keramik.....	34
<b>Gambar 3.4</b> Diagram alur proses pembuatan keramik.....	35
<b>Gambar 3.5</b> (A) Epoksi <i>Hardener</i> , (B) Resin Epoksi, (C) <i>Mirror Glaze</i> .....	37
<b>Gambar 3.6</b> Peluru Round Nose Revolver .38 Special.....	37
<b>Gambar 3.7</b> Peluru Pistol 9 mm.....	38

<b>Gambar 3.8</b> Lilin.....	38
<b>Gambar 3.9</b> Roller.....	39
<b>Gambar 3.10</b> Alat Pres Leybold .....	40
<b>Gambar 3.11</b> Peralatan Lain-lain.....	40
<b>Gambar 3.12</b> Peralatan Menganyam.....	40
<b>Gambar 3.13</b> Revolver .38 Special.....	41
<b>Gambar 3.14</b> Pistol 9 mm.....	41
<b>Gambar 3.15</b> <i>Support Fixture</i> .....	42
<b>Gambar 3.16</b> Proses Pelapisan Cetakan dengan Release Agent.....	44
<b>Gambar 3.17</b> Proses Pencampuran Resin dengan <i>Hardener</i> .....	44
<b>Gambar 3.18a</b> Lapisan Resin Pertama.....	44
<b>Gambar 3.18b</b> Lapisan Serat Pertama.....	45
<b>Gambar 3.19</b> Konfigurasi anyaman lima lapis.....	45
<b>Gambar 3.20</b> Konfigurasi anyaman tujuh lapis.....	46
<b>Gambar 3.21</b> Konfigurasi anyaman sembilan lapis.....	46
<b>Gambar 3.22</b> Sketsa Proses Penembakan.....	47
<b>Gambar 3.23</b> Keramik tunggal.....	48
<b>Gambar 3.24</b> Keramik ganda.....	48
<b>Gambar 3.25</b> Konfigurasi anyaman lima lapis abacca kombinasi satu keramik.....	48
<b>Gambar 3.26</b> Konfigurasi anyaman tujuh lapis abacca kombinasi satu keramik.....	48
<b>Gambar 3.27</b> Konfigurasi anyaman sembilan lapis abacca kombinasi satu keramik.....	48
<b>Gambar 3.28</b> Bending Strength Ceramic Instrument s.r.l.....	49
<b>Gambar 3.29</b> Bentuk dan ukuran sampel.....	50
<b>Gambar 3.30</b> Pengujian sampel.....	50
<b>Gambar 3.31</b> Uji Bending.....	51
<b>Gambar 4.1</b> Deformasi komposit lima lapis serat abacca (a) bagian depan, (b) bagian belakang akibat peluru revolver .38 special.....	54
<b>Gambar 4.2</b> Deformasi komposit tujuh lapis serat abacca.(a) bagian depan, (b) bagian belakang akibat peluru revolver .38 special.....	55
<b>Gambar 4.3</b> Deformasi komposit sembilan lapis serat abacca.(a) bagian depan, (b) bagian belakang akibat peluru revolver .38 special.....	55

<b>Gambar 4.4</b> Ilustrasi proses kerusakan komposit akibat senjata revolver .38 .....	56
<b>Gambar 4.5</b> Deformasi peluru revolver .38 spesial..(a) Deformasi tampak depan (b) tampak belakang.....	56
<b>Gambar 4.6</b> Deformasi komposit Abacca lima lapis (b) tujuh lapis (c) sembilan lapis.....	57
<b>Gambar 4.7</b> Ilustrasi proses kerusakan pada komposit lima, tujuh dan sembilan lapis abacca saat tembakan senjata Pistol 9mm.....	57
<b>Gambar 4.8</b> Dimensi peluru yang semakin runcing dari level I ke level IV.....	58
<b>Gambar 4.9</b> Keramik tunggal.....	61
<b>Gambar 4.10</b> Keramik ganda.....	61
<b>Gambar 4.11</b> Deformasi abacca lima lapis dan satu keramik. (a) keramik tampak depan (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.....	62
<b>Gambar 4.12</b> Deformasi abacca lima lapis dan satu keramik. (a) tampak belakang (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.....	63
<b>Gambar 4.13</b> Deformasi Abacca tujuh lapis dan satu keramik. (a) tampak depan (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.....	64
<b>Gambar 4.14</b> Deformasi Abacca tujuh lapis dan satu keramik. (a) tampak belakang (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.....	66
<b>Gambar 4.15</b> Deformasi jika penembakan dari arah serat menuju keramik. (a) tampak depan (b) tampak belakang.....	67
<b>Gambar 4.16</b> Deformasi abacca sembilan lapis dan satu keramik (a) tampak depan (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.....	68
<b>Gambar 4.17</b> Deformasi abacca sembilan lapis satu keramik (a) tampak belakang (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.....	69
<b>Gambar 4.18</b> Ilustrasi proses kerusakan komposit dan keramik akibat senjata pistol 9mm.....	70
<b>Gambar 4.19</b> Pola kerusakan jaring laba-laba pada lima lapis abacca dan satu keramik.....	71
<b>Gambar 4.20</b> Pola kerusakan jaring laba-laba pada tujuh lapis abacca dan satu keramik .....	72
<b>Gambar 4.21</b> Pola kerusakan jaring laba-laba pada sembilan lapis abacca dan satu keramik.....	73
<b>Gambar 4.22</b> Deformasi peluru pada lima, tujuh dan sembilan lapis abacca .....	74
<b>Gambar 4.23</b> Jenis kerusakan komposit tujuh dan sembilan lapis abacca dan keramik akibat senjata pistol 9 mm.....	74

<b>Gambar 4.24</b> Jenis kerusakan komposit tujuh dan sembilan lapis abacca dan keramik akibat senjata pistol 9 mm.....	75
<b>Gambar 4.25</b> Desain panel komposit dari percobaan.....	77
<b>Gambar 4.26</b> Grafik hubungan jumlah lapisan abacca dengan kuat lentur.....	79



## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Pertimbangan Pemilihan Komposit.....	5
<b>Tabel 2.2</b> Kandungan Kimia Serat Alam.....	9
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Mekanis Serat Alam.....	9
<b>Tabel 2.4</b> Perbandingan Sifat Resin .....	13
<b>Tabel 2.5</b> Spesifikasi Ultra Light Hard Plate Dibandingkan dengan Alumina.....	21
<b>Tabel 2.6</b> Jenis Sifat Fisika Buatan Amerika.....	22
<b>Tabel 2.7</b> Ketentuan Tahan Peluru untuk Militer dan Polisi.....	23
<b>Tabel 2.8</b> Tipe Rompi Tahan Peluru .....	25
<b>Tabel 3.1</b> Komposisi Kimia Keramik.....	36
<b>Tabel 3.2</b> Sifat Mekanik Keramik.....	36
<b>Tabel 4.1</b> Massa Bahan Baku, dan Dimensi Komposit Tahap I.....	53
<b>Tabel 4.2</b> Dimensi yang terjadi pada Komposit lima, tujuh dan Sembilan Lapis Abacca.....	55
<b>Tabel 4.3</b> Klasifikasi Senjata dan Energi.....	58
<b>Tabel 4.4</b> Klasifikasi Senjata dan Komposisi Proyektil.....	58
<b>Tabel 4.5</b> Massa Bahan Baku dan Dimensi Komposit Tahap II.....	60
<b>Tabel 4.6</b> Dimensi Hasil Uji Balistik bagian lima lapis Abacca dan satu Keramik.....	63
<b>Tabel 4.7</b> Dimensi Hasil Uji Balistik bagian tujuh lapis Abacca dan satu Keramik.....	65
<b>Tabel 4.8</b> Dimensi Hasil Uji Balistik posisi terbalik tujuh lapis Abacca dan satu Keramik.....	68
<b>Tabel 4.9</b> Dimensi Hasil Uji Balistik bagian sembilan lapis Abacca dan satu Keramik.....	69
<b>Tabel 4.10</b> Energi Kinetik Revolver .38 dan Pistol 9mm.....	75
<b>Tabel 4.11</b> Perbandingan Berat Rompi Penelitian dengan Standar.....	77
<b>Tabel 4.12</b> Hasil Uji Bending terhadap Sampel.....	78
<b>Tabel 4.13</b> Ringkasan Uji Balistik Tahap I.....	80
<b>Tabel 4.14</b> Ringkasan Uji Balistik Tahap II.....	83

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1</b> Perhitungan Fraksi Massa Dan Fraksi Volume Komposit.....	92
<b>Lampiran 2</b> Perhitungan Konstanta $\alpha$ .....	94
<b>Lampiran 3</b> Desain Rompi Tahan Peluru dan perhitungan ekonomis.....	95



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
b	lebar patahan	cm
d	tebal sampel	cm
D	Diameter Peluru	cm
E	absorbed Besar energi yang terserap oleh target	Joule (J)
EK	Energi Kinetik	Joule (J)
F	gaya	kg
I	Faktor Bentuk Peluru	
KP	Kinetic Pulse	
l	Panjang penyangga	cm
L	Panjang Peluru	cm
M	Massa Peluru	gram (gr)
M'	Massa Residual Proyektil	gr
P	Momentum	gr.m/s
p	Tekanan	Pa (N/m <sup>2</sup> )
SD	Sectional Density Peluru	gr/cm <sup>2</sup>
T	Ketebalan Target	cm
UFS	Ultimate flextural strength (kekuatan lentur)	kg/cm <sup>2</sup>
V <sub>o</sub>	Kecepatan Peluru saat Meninggalkan Laras	m/s
V <sub>in</sub> = V <sub>s</sub>	kecepatan peluru saat mengenai target	m/s
V <sub>l</sub> = V <sub>50</sub>	Balistik Limit	m/s
V <sub>out</sub> = V <sub>r</sub>	kecepatan peluru saat meninggalkan target (kecepatan residual)	m/s
θ	Sudut Arah Tembak	o
ρ	Densitas Pelat Gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>