

KONFIGURASI ORIENTASI BIOKOMPOSIT SANDWICH MATERIAL ANTI PELURU KEVLAR-TKKS KALIBER 9 MM DENGAN *FINITE ELEMENT METHOD*

DAVINA ADINDA HARIYANSYAH



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

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

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Konfigurasi Orientasi Biokomposit *Sandwich* Material Anti Peluru Kevlar-TKKS Kaliber 9 mm dengan *Finite Element Method*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Davina Adinda Hariyansyah
G7401221053

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



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

ABSTRAK

DAVINA ADINDA HARIYANSYAH. Konfigurasi Orientasi Biokomposit *Sandwich* Material Anti Peluru Kevlar-TKKS Kaliber 9 mm dengan *Finite Element Method*. Dibimbing oleh SITI NIKMATIN dan AGUS KARTONO.

Perkembangan material pelindung yang ringan namun memiliki ketahanan tinggi terhadap dampak mendorong pengembangan komposit *sandwich* berbasis serat sintetis dan serat alami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon mekanik panel komposit *sandwich* Kevlar-Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terhadap beban dampak peluru kaliber 9 mm menggunakan *Finite Element Method* (FEM). Variasi penelitian dilakukan pada fraksi volume Kevlar-TKKS sebesar 50:50, 30:70, 70:30, 40:60, dan 60:40 serta jumlah lapisan panel sebanyak 8, 12, 16, dan 20 lapisan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lapisan menurunkan deformasi dan meningkatkan kekakuan panel. Secara umum, jumlah lapisan merupakan faktor yang lebih dominan dalam mempengaruhi respon mekanik panel dibandingkan variasi fraksi volume material.

Kata kunci: FEM, Kevlar, TKKS, komposit *sandwich*, kaliber 9 mm.

ABSTRACT

DAVINA ADINDA HARIYANSYAH. Konfigurasi Orientasi Biokomposit *Sandwich* Material Anti Peluru Kevlar-TKKS Kaliber 9 mm dengan *Finite Element Method*. Dibimbing oleh SITI NIKMATIN dan AGUS KARTONO.

The development of lightweight protective materials with high impact resistance has encouraged the advancement of sandwich composite materials based on synthetic and natural fibers. This study aims to analyze the mechanical response of a Kevlar-Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) sandwich composite panels subjected to 9 mm caliber bullet impact loads using the Finite Element Method (FEM). The study considers variations in the Kevlar-OPEFB volume fractions of 50:50, 30:70, 70:30, 40:60, and 60:40, as well as panel configurations consisting of 8, 12, 16, and 20 layers. The simulation results indicate that increasing the number of layers reduces deformation and enhances the stiffness of the panel. In general, the number of layers is a more dominant factor influencing the mechanical response of the panel compared to variations in the material volume fraction.

Keywords: FEM, Kevlar, OPEFB, sandwich composite, 9 mm caliber.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹ Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



KONFIGURASI ORIENTASI BOKOMPOSIT SANDWICH MATERIAL ANTI PELURU KEVLAR-TKKS KALIBER 9 MM DENGAN *FINITE ELEMENT METHOD*

DAVINA ADINDA HARIYANSYAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Departemen Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
- 2 Dr. rer. nat. Hendradi Hardhienata, S.Si., M.Si.



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



Judul Skripsi : Konfigurasi Orientasi Biokomposit *Sandwich* Material Anti Peluru Kevlar-TKKS Kaliber 9 mm dengan *Finite Element Method*
Nama : Davina Adinda Hariyansyah
NIM : G7401221053

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Siti Nikmatin, S.Si., M.Si.
NIP. 197508192000122001

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si.
NIP. 197004211999031002

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 1968091619940301001

Tanggal Ujian: 8 Juni 2026

Tanggal Lulus:

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



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga usulan penelitian dengan judul “Konfigurasi Orientasi Biokomposit *Sandwich* Material Anti Peluru Kevlar-TKKS Kaliber 9 mm dengan *Finite Element Method*” berhasil diselesaikan. Usulan penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir dan mendapatkan gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Hariyanto dan Ibu Aisah selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta kepercayaan yang selalu diberikan untuk penulis.
2. Dr. Siti Nikmatin S.Si., M.Si. dan Prof. Dr. Agus Kartono S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing, mendampingi, memotivasi serta memberi saran dan arahan kepada penulis selama penelitian ini.
3. Rekan bimbingan, KPK, prapayat, kaum sufi, Dhila, Raisya, Kirgi, Idvan, Mutia, Vito, Khansa, dan Reffa yang senantiasa hadir menemani, menjadi tempat berbagi cerita dan keluh kesah serta memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena telah menjadi bagian penting dalam setiap proses yang penulis lalui hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Kota Bogor dan seluruh kisah yang hidup di dalamnya, tempat penulis menempuh perkuliahan di tanah perantauan. Kota yang bukan sekedar menjadi ruang singgah, melainkan rumah aman dan nyaman bagi penulis.
5. Davina Adinda Hariyansyah, diri penulis sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya atas segala perjuangan dan keberanian dalam menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih untuk tetap bertahan dan tidak berhenti untuk terus berusaha menjadi versi terbaik dari diri sendiri.

Bogor, Juni 2026

Davina Adinda Hariyansyah



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Material Pelindung Balistik	3
2.2 Kevlar sebagai Material Balistik	5
2.3. Biokomposit Serat Kelapa Sawit	6
2.4 Konfigurasi Serat dalam Biokomposit	7
2.5 <i>Finite Element Method</i> (FEM) untuk Analisis Impak Balistik	9
III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Respon Deformasi Panel Komposit	21
4.2 Analisis Kekakuan Ekuivalen Panel	33
4.3 Analisis Regangan dan Tegangan Elemen	35
4.4 Analisis Energi Regangan Panel	41
4.5 Analisis Distribusi Tegangan Von Mises dan Zona Kritis	44
V SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Simpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54
RIWAYAT HIDUP	56



DAFTAR TABEL

1 Standar NIJ (National Institute of Justice) 0101.06	4
2 Parameter Kevlar	12
3 Parameter TKKS	12
4 Parameter panel	12
5 Parameter proyektif	12
6 Nilai deformasi panel komposit sandwich	21
7 Data deformasi panel Kevlar dan TKKS	30
8 Data kekakuan panel Komposit Sandwich	33
9 Data kekakuan panel Kevlar dan TKKS	34
10 Tegangan elemen maksimum komposit sandwich	36
11 Regangan elemen maksimum komposit sandwich	38
12 Tegangan elemen maksimum Kevlar dan TKKS	39
13 Regangan elemen maksimum Kevlar dan TKKS	40
14 Energi regangan total panel komposit sandwich	41
15 Energi regangan total panel Kevlar dan TKKS	43
16 Nilai tegangan Von Mises maksimum komposit sandwich	44
17 Nilai tegangan Von Mises maksimum Kevlar dan TKKS	48

DAFTAR GAMBAR

1 Soft Body Armor	3
2 Hard Body Armor	4
3 Struktur molekul Kevlar	5
4 Jenis-jenis komposit	6
5 Komponen TKKS	7
6 Contoh konfigurasi serat	8
7 Contoh rangkaian dalam FEM	10
8 Mesh panel Kevlar-TKKS	14
9 Kurva deformasi terhadap fraksi volume	22
10 Perbandingan deformasi Kevlar-TKKS	23
11 Distribusi deformasi Kevlar-TKKS 50:50	24
12 Distribusi deformasi Kevlar-TKKS 30:70	25
13 Distribusi deformasi Kevlar-TKKS 70:30	25
14 Distribusi deformasi Kevlar-TKKS 40:60	26
15 Distribusi deformasi Kevlar-TKKS 60:40	26
16 Distribusi deformasi nodal Kevlar-TKKS 50:50	27
17 Distribusi deformasi nodal Kevlar-TKKS 30:70	28
18 Distribusi deformasi nodal Kevlar-TKKS 70:30	28
19 Distribusi deformasi nodal Kevlar-TKKS 40:60	29
20 Distribusi deformasi nodal Kevlar-TKKS 60:40	29
21 Distribusi deformasi 100% Kevlar	31
22 Distribusi deformasi 100% TKKS	31

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



23 Distribusi deformasi nodal 100% Kevlar	32
24 Distribusi deformasi nodal 100% TKKS	32
25 Kurva Kekakuan Panel terhadap Fraksi Volume	34
26 Kurva tegangan elemen komposit sandwich	37
27 Kurva regangan elemen komposit sandwich	39
28 Kurva energi regangan total panel terhadap fraksi volume	42
29 Distribusi tegangan Von Mises Kevlar-TKKS 50:50	45
30 Distribusi tegangan Von Mises Kevlar-TKKS 30:70	45
31 Distribusi tegangan Von Mises Kevlar-TKKS 70:30	46
32 Distribusi tegangan Von Mises Kevlar-TKKS 40:60	46
33 Distribusi tegangan Von Mises Kevlar-TKKS 60:40	47
34 Distribusi tegangan Von Mises 100% Kevlar	49
35 Distribusi tegangan Von Mises 100% TKKS	49

DAFTAR LAMPIRAN

1 Perhitungan homogenisasi material komposit	54
2 Tabel data matriks kekakuan material	55

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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