



**STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS PENGARUH
VARIASI *LAYER* TERHADAP KARAKTERISTIK
BENDING KOMPOSIT *HYBRID SANDWICH***

SKRIPSI

ERLANGGA

2010311049

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
2025**



**STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS PENGARUH
VARIASI *LAYER* TERHADAP KARAKTERISTIK
BENDING KOMPOSIT *HYBRID SANDWICH***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik**

ERLANGGA

2010311049

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Erlangga

NIM : 2010311049

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : *STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS PENGARUH VARIASI LAYER TERHADAP KARAKTERISTIK BENDING KOMPOSIT HYBRID SANDWICH*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Fitri Wahyuni, S.T., M.Eng



Dr. Muchamad Oklaviandri, S.T., M.T.,

IPM., ASEAN, Eng

Dekan Teknik

Dr. Eng. Kiki Hendra Purba, S.T., M.Eng.

Penguji Utama

Ir. Sugeng Prayitno, M.T.

Penguji I (Pembimbing)

Ir. Fahrudin S.T., M.T

Ka. Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 10 Januari 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Erlangga

NIM : 2010311049

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS PENGARUH
VARIASI LAYER TERHADAP KARAKTERISTIK
BENDING KOMPOSIT HYBRID SANDWICH

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui



Ir. Sugeng Prayitnom, M.T.

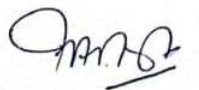
Pembimbing I



Armanysah, S.T., M. Sc., M. Sc., Ph. D

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Erlangga
NIM : 20101311049
Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 05 Februari 2025

Yang menyatakan


MATERAI
TEMPEL
Rp 3.274.391,04
(Erlangga)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKSI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKSI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran
Jakarta saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Erlangga
NIM : 2010311049
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan
kepada Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta Hak Bebas Royalti
Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang
berjudul :

"STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS PENGARUH VARIASI LAYER TERHADAP KARAKTERISTIK BENDING KOMPOSIT HYBRID SANDWICH"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta berhak menyimpan,
mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database),
merawat, dan mempublikasikan Skripsi/PKL saya selama tetap mencantumkan
nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 05 Februari 2025

Yang menyatakan,



(Erlangga)

**STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS PENGARUH VARIASI LAYER
TERHADAP KARAKTERISTIK *BENDING* KOMPOSIT HYBRID
*SANDWICH***

Erlangga

ABSTRAK

Komposit *sandwich* merupakan jenis struktur komposit yang terdiri dari dua lapis komposit dan satu bagian tengah. Bagian inti yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu balsa, dikarenakan bahan umum, alami, dan murah.

Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan *CSM 300* dan serat daun nanas sebagai kulit luar dan kayu balsa sebagai bagian tengah menjadi uji kuat pada tahun 2018 dengan menggunakan simulasi penelitian komponen terbatas. Ukuran contoh yang ditunjukkan adalah 127x12,7x4,2 mm. Uji lentur dilakukan pada gaya dorong 930 N dengan menggunakan variasi lapisan 4, 6, 8, dan 10 serta sudut masuk serat nanas 45 derajat. Setelah simulasi, dilakukan eksplorasi uji lentur dengan menggunakan uji ideal.

Hasil uji lengkung, nilai VOS tertinggi yang terjadi adalah 5,45E + 02 MPa dan *displacement* terkecil adalah 1,20E + 00 mm pada komposit *sandwich* 10 lapis. Berdasarkan jumlah lapisan dan nilai uji lengkung, contoh yang paling optimal adalah komposit *sandwich* 10 lapis. Pengujian lengkung menggunakan standar ASTM D790. Dari hasil uji lengkung, dilakukan penyelidikan kualitas lengkung yang kemudian dibandingkan dengan simulasi uji lengkung. Uji lengkung komposit *sandwich* dengan komposisi 60% serat dan 40% memiliki kualitas tertinggi yaitu 82,53 MPa kemudian pada simulasi sebesar 84,35 MPa.

Kata Kunci : Komposit *Sandwich*, *Bending*, *fiberglass CSM 300*, Serat Daun Nanas, Kayu Balsa

**EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS OF THE EFFECT OF LAYER
VARIATION ON BENDING CHARACTERISTICS OF HYBRID SANDWICH
COMPOSITES**

Erlangga

ABSTRACT

A sandwich composite is a type of composite structure consisting of two composite layers and a core. The core material used in this study is balsa wood due to its common availability, natural properties, and low cost.

This study was conducted by modeling CSM 300 and pineapple leaf fiber as the outer skin and balsa wood as the core, subjected to strength testing in 2018 using finite element simulation. The sample size used was 127x12.7x4.2 mm. The bending test was performed under a compressive force of 930 N, with variations in layer numbers of 4, 6, 8, and 10, and a fiber entry angle of 45 degrees. After the simulation, further bending tests were conducted using an ideal testing method.

The bending test results showed that the highest VOS value recorded was 5.45E+02 MPa, and the smallest displacement was 1.20E+00 mm in the 10-layer sandwich composite. Based on the number of layers and bending test results, the most optimal sample was the 10-layer sandwich composite. The bending test was conducted according to ASTM D790 standards. From the bending test results, an investigation into bending quality was carried out and then compared with the bending test simulation. The bending test on the sandwich composite with a composition of 60% fiber and 40% resin showed the highest quality, with a bending strength of 82.53 MPa in physical testing and 84.35 MPa in the simulation.

Keywords : *Composite Sandwich, Bending, CSM 300 Fiberglass, Pineapple Leaf Fiber, Balsa Wood*

KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena kasih dan kebaikan-Nya penulis dapat mengerjakan serta menyelesaikan laporan skripsi dengan baik dan tepat waktu. Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin.

Pada kesempatan luar biasa ini, penulis ingin berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing, serta mendukung dalam penyelesaian laporan skripsi ini, terlebih kepada :

1. Allah SWT., berkat rahmat, karunia, kasih, dan kebaikan-Nya sehingga penulisan laporan skripsi ini bisa tersusun dengan baik.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Hasan Basri dan Ibu Ernita serta kakak Avysha Hasanta yang sudah memberikan dukungan selama masa perkuliahan sehingga pembuatan laporan skripsi berjalan lancar.
3. Bapak Ir. Fahrudin, S. T., M. T. selaku Kepala Prodi S1 Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Ir. Sugeng Prayitno, MT. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan skripsi.
5. Bapak Armansyah, S. T., *M. Sc., M. Sc., Ph. D.* selaku dosen pembimbing II dalam penulisan skripsi.
6. Seluruh jajaran dosen dan staf di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membantu semua proses perizinan serta administrasi.
7. Prof. Suryadi dan Prof. Giri selaku pembimbing dalam proses uji *bending* di BRIN.
8. Fandi Akbar Rizki, Atsal M Akbar, Raden Bhanu Rajendra dan Abdulrahman selaku teman seperjuangan yang telah memberikan ide dan kontribusi dalam proses pembuatan skripsi.

9. Rafif Fahrurroji, Mohammad Rafi, R.M Athlon Fajar Nusantara yang telah memberikan dukungan, semangat, serta saran selama penulisan skripsi.
10. Serta setiap pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi.
11. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan juga doa.

Dengan rendah hati penulis pun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak di kemudian hari.

Jakarta, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING | ii |
| PERNYATAAN ORISINALITAS | iv |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKSI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.2 Komposit..... | 6 |
| 2.2.1 Matriks | 7 |
| 2.2.2 Penguat (<i>Reinforcement</i>)..... | 8 |
| 2.2.3 Komposit <i>hybrid</i> | 10 |
| 2.2.4 Serat Kaca (<i>Fiberglass</i>)..... | 10 |
| 2.2.5 Komposit <i>Sandwich</i> | 11 |
| 2.2.6 Material Inti (<i>core</i>)..... | 12 |
| 2.2.7 Serat Daun Nanas | 12 |
| 2.3 Metode Manufaktur | 14 |
| 2.4 Proses Hand Lay - Up | 16 |
| 2.5 Metode Pengujian | 17 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 20 |
| 3.2 Alur Penelitian | 22 |
| 3.3 Alur simulasi..... | 23 |
| 3.4 Alur Eksperimen | 24 |
| 3.5 Properties Material..... | 25 |
| 3.6 Prosedur Penelitian | 26 |
| 3.6.1 Studi Literatur | 26 |
| 3.6.2 Desain Benda Uji | 27 |
| 3.6.3 Pengkondisian Model Uji <i>Bending</i> | 27 |
| 3.6.4 Pembentukan Komposit | 29 |
| 3.6.5 Alat dan Bahan..... | 29 |
| 3.6.6 Proses Pembuatan Spesimen..... | 29 |
| 3.6.7 Proses Uji <i>Bending</i> | 32 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 34 |
| 4.1 Data Hasil Simulasi..... | 34 |
| 4.2 Pembahasan Hasil simulasi Pengujian <i>Bending</i> | 35 |
| 4.2.1 Tegangan <i>Von-Misses</i> maksimum pada pengujian <i>Bending</i> | 35 |
| 4.2.2 Deformasi maksimum pada simulasi <i>bending</i> | 36 |
| 4.2.3 <i>Strain</i> Maksimum Pada Simulasi <i>Bending</i> | 37 |
| 4.2.4 FOS (<i>Factor Of Safety</i>) Pada Simulasi Uji <i>Bending</i> | 38 |
| 4.3 Analisa Gambar Hasil Simulasi <i>Bending</i> | 39 |
| 4.3.1 Analisis Gambar Tegangan <i>Von-Misses</i> (VOS)..... | 39 |
| 4.3.2 Analisis Gambar <i>Deformasi</i> | 40 |
| 4.3.3 Analisis Gambar <i>Strain</i> | 41 |
| 4.3.4 Analisis Gambar Factor Of Safety (FOS) | 42 |
| 4.4 Hasil dan Pembahasan | 42 |
| 4.4.1 Perhitungan Fraksi Volume Serat | 42 |
| 4.4.2 Hasil Pengukuran Spesimen..... | 44 |
| 4.4.3 Pengujian <i>Three Point Bending</i> | 45 |
| 4.4.4 Kekuatan <i>Bending</i> | 46 |
| 4.5 Analisa Hasil Pengujian <i>Bending</i> | 47 |
| 4.6 Pembahasan Data | 49 |
| BAB 5 PENUTUP..... | 51 |
| 5.1 Kesimpulan | 51 |
| 5.2 Saran..... | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Bahan Penyusun Komposit..... | 7 |
| Gambar 2. 2 Diagram Jenis Komposit Menurut Matriks Penyusunnya..... | 8 |
| Gambar 2. 3 Diagram Jenis Komposit Menurut Serat Penyusunnya | 8 |
| Gambar 2. 4 Komposit berpenguat Partikel | 9 |
| Gambar 2. 5 Komposit berpenguat fiber. Komposit fiber kontinu (A), komposit anyaman (B), komposit acak (C), komposit hibrid (D) Sumber: (Gibson, 2007)..... | 9 |
| Gambar 2. 6 Komposit berpenguat struktur. (a) berbentuk laminar, (b) berbentuk <i>Sandwich</i> sumber: Antasari,2017 | 10 |
| Gambar 2. 7 Properties dari Fiber dan Bulk Metals..... | 11 |
| Gambar 2. 8 Komposit <i>Sandwich</i> Sumber: (Gibson, 2007) | 11 |
| Gambar 2. 9 Kayu Balsa..... | 14 |
| Gambar 2. 10 Skema Pembuatan Komposit..... | 14 |
| Gambar 2. 11 Manufacturing Process Selection Criteria | 16 |
| Gambar 2. 12 Proses Hand Lay - Up..... | 17 |
| Gambar 2. 13 Pengujian pada Uji Three Point <i>Bending</i> | 18 |
| Gambar 3. 1 Skema Diagram Alir Penelitian | 22 |
| Gambar 3. 2 Skema Diagram Alir Simulasi | 23 |
| Gambar 3. 3 Skema Diagram Alir Ekperimen | 24 |
| Gambar 3. 4 Profil Spesimen 3D Beserta Ukurannya..... | 27 |
| Gambar 3. 5 Pemilihan Material Uji | 28 |
| Gambar 3. 6 Pemilihan Meshing Untuk Pengujian | 28 |
| Gambar 3. 7 Pemberian Constraint Pada Spesimen Untuk Uji <i>Bending</i> | 29 |
| Gambar 3. 8 Alas Kaca..... | 30 |
| Gambar 3. 9 Serat Nanas | 31 |
| Gambar 3. 10 Resin Epoxy..... | 31 |
| Gambar 3. 11 Pelapisan Spesimen | 32 |
| Gambar 3. 12 Mesin <i>Bending</i> | 33 |
| Gambar 4. 1 perbandingan Tegangan Maksimum <i>Von-Misses</i> dengan jumlah <i>layer</i> akibat pengujian <i>bending</i> | 35 |
| Gambar 4. 2 perbandingan deformasi Maksimum dengan jumlah <i>layer</i> akibat pengujian <i>bending</i> | 36 |
| Gambar 4. 3 perbandingan strain dengan jumlah <i>layer</i> terhadap uji <i>bending</i> | 37 |
| Gambar 4. 4 perbandingan Factor of Safety dengan jumlah <i>layer</i> akibat pengujian <i>bending</i> | 38 |
| Gambar 4. 5 Hasil Simulasi Tegangan VOS | 39 |
| Gambar 4. 6 Hasil Simulasi Deformasi | 40 |
| Gambar 4. 7 Gambar Simulasi Strain..... | 41 |
| Gambar 4. 8 Gambar Simulasi FOS | 42 |
| Gambar 4. 9 Spesimen Hand Lay Up..... | 44 |
| Gambar 4. 10 Grafik Data Uji <i>Bending</i> | 46 |
| Gambar 4. 11 Grafik Data Uji <i>Bending</i> | 46 |
| Gambar 4. 12 Foto Makro Spesimen Hasil Pengujian <i>Bending</i> . (a) Tampak Atas. (b) dan (c) Detail Deformasi. | 47 |
| Gambar 4. 13 Simulas VOS dengan force 146,826 N..... | 48 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Serat Daun Nanas | 13 |
| Tabel 3. 1 Alur Penelitian..... | 21 |
| Tabel 3.2 Properties dari E-glass | 25 |
| Tabel 3.3 Properties dari kayu balsa..... | 25 |
| Tabel 3.4 Properties dari serat daun nanas | 26 |
| Tabel 4. 1 Spesifikasi spesimen pada simulasi..... | 34 |
| Tabel 4. 2 Hasil Simulasi Uji <i>Bending</i> pada spesimen..... | 35 |
| Tabel 4. 3 Data volume | 44 |
| Tabel 4. 4 Dimensi Ukuran Spesimen | 44 |
| Tabel 4. 5 Perhitungan Data Uji <i>Bending</i> | 45 |
| Tabel 4. 6 Perbandingan Antara Spesimen Simulasi dan Eksperimen..... | 48 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kuantitatif Variasi Jumlah *Layer* 4,6,8, dan 10 Uji *Bending*

Lampiran 2 *Named Selection*

Lampiran 3 Uji *Bending*

Lampiran 4 Form Bimbingan