

OPTIMASI DESAIN TOPOLOGI INTI *BAMBOO SANDWICH* PANEL TERHADAP KINERJA MEKANIS, TERMAL, DAN RESISTANSI API

JENNYTA PUTRI LESTARI



**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

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 “Optimasi Desain Topologi Inti *Bamboo Sandwich Panel* terhadap Kinerja Mekanis, Termal, dan Resistansi Api” 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, Juli 2026

Jennyta Putri Lestari
E2401221057



@Hak cipta milik IPB University

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

JENNYTA PUTRI LESTARI. Optimasi Desain Topologi Inti *Bamboo Sandwich Panel* terhadap Kinerja Mekanis, Termal, dan Resistansi Api. Dibimbing oleh NARESWORO NUGROHO dan MAHDI MUBAROK.

Bambu hitam (*Gigantochloa atrovioleacea*) berpotensi sebagai material inti panel *sandwich* karena ringan, kuat, dan terbarukan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi topologi inti dan perlakuan boron terhadap kinerja mekanis, termal, dan resistansi api panel *sandwich* bambu hitam. Panel dibuat dengan lima perlakuan, yaitu tubular tanpa boron, tubular boron 5%, tubular boron 10%, *grid* boron 10%, dan semisirkular boron 10%. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor dengan tiga ulangan. Parameter yang diuji meliputi kerapatan, *void ratio*, kadar air, retensi boron, tegangan geser inti, tegangan lentur kulit, konduktivitas termal, *R-value*, kehilangan massa, laju pengarang, dan waktu kegagalan pembakaran. Hasil menunjukkan bahwa seluruh panel tergolong ringan dengan kerapatan 0,211-0,266 g cm⁻³. Topologi semisirkular 10% menghasilkan kinerja mekanis tertinggi dengan tegangan geser inti 0,704 MPa. Topologi *grid* 10% memiliki kinerja termal terbaik dengan konduktivitas termal 0,135 W m⁻¹ K⁻¹ dan *R-value* 0,307 m² K W⁻¹. Ketahanan api terbaik diperoleh pada tubular 10% dengan waktu kegagalan 90,14 menit. Secara keseluruhan, topologi *grid* 10% direkomendasikan sebagai desain optimum panel *sandwich*.

Kata kunci: bambu hitam, boron, panel *sandwich*, resistansi api, topologi inti.

ABSTRACT

JENNYTA PUTRI LESTARI. Optimization of Core Topology Design of Bamboo Sandwich Panels for Mechanical, Thermal, and Fire Resistance Performance. Supervised by NARESWORO NUGROHO and MAHDI MUBAROK.

Black bamboo (*Gigantochloa atrovioleacea*) has potential as a *sandwich* panel core material because it is lightweight, strong, and renewable. This study aimed to analyze the effects of core topology and boron treatment on the mechanical, thermal, and fire resistance performance of black bamboo *sandwich* panels. The panels were manufactured using five treatments: untreated tubular, tubular with 5% boron, tubular with 10% boron, *grid* with 10% boron, and semicircular with 10% boron. A completely randomized design with one factor and three replications was used. The observed parameters included density, void ratio, moisture content, boron retention, core shear stress, face bending stress, thermal conductivity, *R-value*, mass loss, charring rate, and fire failure time. The results showed that all panels were lightweight, with densities of 0.211-0.266 g cm⁻³. The semicircular 10% treatment produced the highest mechanical performance, with core shear stress of 0.704 MPa. The *grid* 10% treatment showed the best thermal performance, with thermal conductivity of 0.135 W m⁻¹ K⁻¹ and *R-value* of 0.307 m² K W⁻¹. The best fire resistance was obtained from the tubular 10% treatment, with a failure time of 90.14 minutes. Overall, the *grid* 10% topology is recommended as the optimum design of *sandwich* panel.

Keywords: black bamboo, boron, core topology, fire resistance, *sandwich* panel.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



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 2026
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.

OPTIMASI DESAIN TOPOLOGI INTI *BAMBOO SANDWICH* PANEL TERHADAP KINERJA MEKANIS, TERMAL, DAN RESISTANSI API

JENNYTA PUTRI LESTARI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Anne Carolina, S.Si., M.Si.
2. Dr. Dra. Nining Puspaningsih, M.Si



Judul Skripsi : Optimasi Desain Topologi Inti *Bamboo Sandwich Panel*
terhadap Kinerja Mekanis, Termal, dan Resistansi Api
Nama : Jennyta Putri Lestari
NIM : E2401221057

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, MS

Pembimbing 2:
Dr. Mahdi Mubarak, S.Si., M.Si

Diketahui oleh

Ketua Departemen Hasil Hutan:
Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si.
NIP 197404222005012001

Tanggal Ujian:
22 Juli 2026

Tanggal Lulus: 03 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

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 Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, dan pertolongan-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Optimasi Desain Topologi Inti *Bamboo Sandwich Panel* terhadap Kinerja Mekanis, Termal, dan Resistansi Api” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S. dan Dr. Mahdi Mubarak, S.Si., M.Si. selaku komisi pembimbing, serta Ketua Departemen Hasil Hutan, seluruh dosen, tenaga kependidikan, laboran, dan staf di lingkungan Departemen Hasil Hutan yang telah memberikan ilmu, arahan, bantuan, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.

Secara khusus, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Papa, Mama, dan keluarga tercinta, serta Marshal yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, semangat, dukungan moral, dan material, serta berbagai fasilitas penunjang yang sangat membantu penulis selama menjalani perkuliahan, melaksanakan penelitian, dan menyelesaikan skripsi ini.
2. Aqila, Rafan, Arsyila, Aisyah, Razzan, dan Richie, keponakan-keponakan tersayang yang selalu menjadi sumber keceriaan dan kebahagiaan bagi penulis.
3. Bening, Adjie, Fathir, Widia, Syahna, Tamy, Ratna, Farid, dan Ikimaul yang telah menjadi sahabat terdekat penulis, selalu menghadirkan tawa, kebahagiaan, dukungan, dan berbagai kenangan yang membuat perjalanan selama masa perkuliahan menjadi lebih bermakna.
4. Berlyana, Tamara, Salwa, dan Canakya yang telah menjadi teman seperjalanan penulis sejak masa PKU. Terima kasih atas kebersamaan, semangat, dan cerita yang telah dibagikan selama masa perkuliahan.
5. Rahma, Valerina, Miya, dan Ryan sebagai teman satu bimbingan yang telah menjadi rekan berbagi informasi dan saling mendukung selama proses penelitian.
6. Teman-teman yang pernah hadir serta menjadi bagian dari perjalanan penulis selama masa perkuliahan. Meskipun tidak semua hubungan tetap berjalan dengan bentuk yang sama hingga hari ini, setiap bantuan, dukungan, pengalaman, dan pelajaran yang pernah diberikan tetap memiliki arti dalam proses pertumbuhan penulis hingga mencapai tahap ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam pemanfaatan bambu sebagai material panel *sandwich* yang ringan, memiliki kinerja termal yang baik, dan lebih tahan terhadap api.

Bogor, Juli 2026

Jennyta Putri Lestari



@Hak cipta milik IPB University

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	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	iv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bambu Hitam	4
2.2 Panel <i>Sandwich</i>	4
2.3 Topologi Geometri Inti	5
2.4 Mekanisme Perpindahan Panas dan Karakterisasi Termal	5
2.5 Preservasi dan Mekanisme <i>Fire Retardant</i>	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.4 Pengujian Papan <i>Sandwich</i>	10
3.5 Analisis Data	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Karakteristik Fisis	17
4.2 Kualitas Impregnasi dan Ketahanan Pelindian Boron	19
4.3 Sifat Mekanis	21
4.4 Kinerja Termal	24
4.5 Resistansi Api	25
4.6 Rekomendasi Desain Optimum	29
V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	46



DAFTAR TABEL

1	Nilai rata-rata sifat fisis panel <i>sandwich</i> bambu hitam pada berbagai perlakuan topologi	17
2	Nilai statistik deskriptif estimasi retensi boron dan persentase kehilangan massa akibat uji <i>leaching</i>	19
3	Rekapitulasi hasil pengujian sifat mekanis panel <i>sandwich</i>	21
4	Kinerja insulasi termal berdasarkan modifikasi topologi inti	24
5	Karakteristik resistansi api dan kehilangan massa panel <i>sandwich</i>	26
6	Hasil perhitungan rasio kekuatan spesifik dan rasio efisiensi termal panel <i>sandwich</i> bambu hitam	30

DAFTAR GAMBAR

1	Rancangan geometri inti dan hasil perakitan panel <i>sandwich</i> bambu hitam: (a) topologi tubular, (b) topologi <i>grid</i> , (c) topologi semisirkular, dan (d) prototipe panel hasil perakitan	8
2	Pola potong sampel uji	9
3	Prinsip kerja <i>hot wire method</i>	13
4	Skema pengujian pembakaran dan nyala api (ASTM D3801-20a)	14
5	Topologi inti panel <i>sandwich</i> bambu hitam hasil fabrikasi tampak atas: (a) tubular, (b) <i>grid</i> , dan (c) semisirkular	18
6	Grafik persentase kehilangan massa akibat uji <i>leaching</i>	20
7	Kurva <i>overlay</i> tegangan geser inti panel <i>sandwich</i> pada perwakilan terbaik masing-masing desain	22
8	Moda kegagalan panel <i>sandwich</i> bambu hitam pada pengujian lentur tiga titik: (a) tubular (spesimen T0 ulangan 1), (b) <i>grid</i> (spesimen T3 ulangan 2), dan (c) semisirkular (spesimen T4 ulangan 1)	23
9	<i>Scatter plot</i> hubungan <i>void ratio</i> dengan konduktivitas termal	25
10	Kurva laju rambat pengarang atau panjang arang terhadap waktu	27
11	Visual pascabakar panel <i>sandwich</i> bambu hitam: (a) tubular 0% boron, (b) tubular 5% boron, (c) tubular 10% boron, (d) <i>grid</i> 10% boron	28
12	Visual pascabakar dua geometri inti bambu: (a) tubular 10% boron, (b) <i>grid</i> 10% boron	29
13	<i>Scatter plot trade-off: R-value</i> vs tegangan geser inti	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Dokumentasi penelitian: (a) proses fabrikasi panel, (b) uji sifat fisis, (c) uji kinerja mekanis, (d) uji kinerja termal, (e) uji resistansi api	39
2	Statistik deskriptif	40
3	Uji homogenitas ragam (Levene)	42
4	Analisis ragam satu arah (ANOVA)	43
5	Uji <i>robust</i>	44
6	Homogeneous subsets Duncan	45