

KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK PAPAN KOMPOSIT BERBAHAN LIMBAH FRP SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF UNTUK KONTRUKSI KAPAL

NABILA RAHMAWATI



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PERIKANAN LAUT
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Karakteristik Fisik dan Mekanik Papan Komposit Berbahan Limbah FRP sebagai Material Alternatif untuk Kontruksi Kapal” 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 tesis ini.

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

Bogor, Desember 2024

Nabila Rahmawati

RINGKASAN

NABILA RAHMAWATI. Karakteristik Fisik dan Mekanik Papan Komposit Berbahan Limbah FRP sebagai Material Alternatif untuk Kontruksi Kapal. Dibimbing oleh YOPI NOVITA, DIDIN KOMARUDIN dan MOKHAMAD DAHRI ISKANDAR.

Peningkatan penggunaan bahan FRP pada akhirnya menimbulkan permasalahan baru terkait dengan limbah yang dihasilkan. Pembakaran limbah FRP tidak memusnahkan material FRP tetapi masih menghasilkan limbah berupa abu padat sisa pembakaran. Kondisi ini menunjukkan bahwa limbah FRP tidak dapat musnah melalui pembakaran. Upaya pemanfaatan limbah FRP melalui proses *recycle* dapat menjadi acuan dalam pemanfaatan limbah FRP. Pengolahan limbah yang dimaksud adalah dengan memanfaatkan limbah FRP yang diolah kembali dan dibentuk menjadi lembaran material atau papan komposit. Papan komposit tersebut diharapkan dapat digunakan kembali sebagai material kapal. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan sifat fisik dan mekanik papan komposit hasil daur ulang limbah FRP, membandingkannya dengan standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), serta merumuskan penggunaannya pada bagian konstruksi kapal.

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental menggunakan tiga target kerapatan (1 g/cm^3 , $1,3 \text{ g/cm}^3$, dan $1,5 \text{ g/cm}^3$) dan diuji sifat fisik serta mekaniknya sesuai standar JIS A 5905:2003. Proses produksi melibatkan pencampuran limbah FRP dengan resin polyester dalam perbandingan 50:50, dilanjutkan dengan proses pengepresan untuk membentuk papan. Pengujian sifat fisik dan mekanik dilakukan berdasarkan standar JIS A 5905:2003, meliputi kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, *Modulus of Elasticity* (MOE), dan *Modulus of Rupture* (MOR).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan papan komposit berkisar antara $0,8-1,11 \text{ g/cm}^3$. Kadar air papan komposit berkisar antara $1,45-2,91\%$. Daya serap air berkisar $3,22-7,94\%$. Nilai pengembangan tebal berkisar $0,36-1,04\%$. Pada pengujian mekanik, *Modulus of Rupture* (MOR) tertinggi sebesar $28,87 \text{ N/mm}^2$ dan *Modulus of Elasticity* (MOE) tertinggi sebesar $1436,59 \text{ N/mm}^2$. Papan komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki nilai kekuatan mekanik yang berada di bawah standar BKI, sehingga tidak dapat digunakan untuk bagian utama kapal. Namun, papan komposit hasil daur ulang ini memiliki potensi untuk digunakan pada bagian kapal yang tidak terkena beban langsung, seperti dinding kabin, plafon, atau panel interior rumah geladak. Temuan ini menekankan bahwa kerapatan papan komposit memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan mekanik, di mana peningkatan kerapatan menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik. Penelitian ini memberikan solusi inovatif dalam pemanfaatan limbah FRP, menawarkan alternatif material yang berkelanjutan, dan mendukung pengelolaan limbah industri galangan kapal.

Kata kunci: daur ulang, FRP, kapal ikan, limbah, papan komposit



SUMMARY

NABILA RAHMAWATI. Physical and Mechanical Characteristics of Recycled FRP Waste as an Alternative Material for Ship Construction. Supervised by NAME of YOPI NOVITA, DIDIN KOMARUDIN and MOKHAMAD DAHRI ISKANDAR.

The increasing use of Fiber Reinforced Plastic (FRP) has introduced new challenges related to the waste generated. Incinerating FRP waste does not eliminate the material entirely but leaves solid ash residues. This condition demonstrates that FRP waste cannot be fully destroyed through combustion. Recycling FRP waste presents a viable solution for effective waste management by reprocessing it into material sheets or composite boards. These composite boards are anticipated to be reused as shipbuilding materials. Therefore, this study aims to describe the physical and mechanical properties of composite boards made from recycled FRP waste, compare the results with the standards of the Indonesian Classification Bureau (BKI), and determine their applicability in ship construction.

The study employed an experimental method with three target densities: 1 g/cm³, 1.3 g/cm³, and 1.5 g/cm³. The production process involved mixing FRP waste with polyester resin in a 50:50 ratio, followed by pressing to form the composite boards. The physical and mechanical properties were tested according to the JIS A 5905:2003 standard, focusing on density, moisture content, water absorption, thickness swelling, Modulus of Elasticity (MOE), and Modulus of Rupture (MOR).

The results revealed that the composite boards' density ranged from 0.8–1.11 g/cm³, with moisture content between 1.45–2.91%, water absorption ranging from 3.22–7.94%, and thickness swelling between 0.36–1.04%. The mechanical testing showed that the highest Modulus of Rupture (MOR) was 28.87 N/mm², and the highest Modulus of Elasticity (MOE) was 1436.59 N/mm². However, these values are below the BKI standards, making the composite boards unsuitable for use in primary structural parts of ships. Nonetheless, these recycled composite boards have the potential for application in non-load-bearing parts of ships, such as cabin walls, ceilings, or interior panels of deckhouses. The findings highlight that the density of composite boards significantly influences their mechanical strength, where higher density improves mechanical performance. This study offers an innovative solution for utilizing FRP waste, providing a sustainable alternative material, and supporting waste management within the shipbuilding industry.

Keywords: composite boards, fishing vessels, FRP, recycling, waste



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
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.

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

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.



KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK PAPAN KOMPOSIT BERBAHAN LIMBAH FRP SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF UNTUK KONTRUKSI KAPAL

NABILA RAHMAWATI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknologi Perikanan Laut

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PERIKANAN LAUT
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Tesis:

- 1 Dr. Ir. Budhi Hascaryo Iskandar, M.Si.
- 2 Dr. Vita Rumanti Kurniawati, S.Pi., M.T.



@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.



Judul Tesis : Karakteristik Fisik dan Mekanik Papan Komposit Berbahan Limbah FRP sebagai Material Alternatif untuk Kontruksi Kapal
Nama : Nabila Rahmawati
NIM : C4503232024

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Yopi Novita, S.Pi., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Didin Komarudin, S.Pi., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Mokhamad Dahri Iskandar, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Ronny Irawan Wahyu, M.Phil.
NIP. 19610906198703 1 002



Dekan Fakultas:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP. 19630731198803 1 002



Tanggal Ujian:
20 Desember 2024

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Karakteristik Fisik dan Mekanik Papan Komposit Berbahan Limbah FRP sebagai Material Alternatif untuk Kontruksi Kapal". Tesis adalah salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknologi Perikanan Laut, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini:

1. Dr. Yopi Novita, S.Pi., M.Si., Dr. Didin Komarudin, S.Pi., M.Si., dan Dr. Ir. Mokhamad Dahri Iskandar, M.Si. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, pengetahuan, pengarahan serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
2. Dr. Ir. Budhi Hascaryo Iskandar, M.Si. selaku dosen penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan waktu, saran dan masukan kepada penulis.
3. Dr. Vita Rumanti Kurniawati, S.Pi., M.T. selaku dosen moderator pada saat kolokium dan pimpinan sidang.
4. Prof. Dr. Ir. Tri Wiji Nurani, M.Si. selaku dosen moderator pada saat seminar hasil.
5. Peneliti dan teknisi Pusat Riset Biomaterial, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong, Bapak Deni Purnomo, Bapak Narto, Bapak Sudarmanto dan Mas Deden yang telah banyak membantu dan memberi arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Teristimewa penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis, terutama Bapak, yang dengan kerja keras, doa, dan kasih sayang tak terbatas selalu menjadi kekuatan terbesar dalam hidup penulis. Tesis ini penulis persembahkan sebagai wujud cinta atas segala pengorbanan dan dukungan yang tiada henti. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan kepada Bapak, Ibu, serta seluruh keluarga.
7. Seluruh civitas akademika TPL, Jaring Jayantara PSP 56 dan sahabat-sahabat tersayang yang telah banyak memberikan dorongan dan bantuan dari mulainya penelitian sampai selesai penulisan tesis.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis ucapkan satu persatu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2024

Nabila Rahmawati



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Kerangka Pemikiran	3
METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	6
2.4 Analisis Data	12
III HASIL DAN PEMBAHASAN	14
3.1 Sifat Fisik Papan Komposit Hasil Daur Ulang Limbah FRP	14
3.2 Sifat Mekanik Papan Komposit Hasil Daur Ulang Limbah FRP	19
3.3 Kesesuaian Nilai Mekanik FRP Daur Ulang dengan Standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 2022	21
IV SIMPULAN DAN SARAN	22
4.1 Simpulan	22
4.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	30

DAFTAR TABEL

1	Peralatan yang digunakan dalam penelitian	5
2	Bahan yang digunakan dalam penelitian	6
3	Tujuan, jenis data, sumber data, dan metode pengumpulan data	7
4	Rancangan percobaan	8
5	Nilai acuan sifat fisik dan mekanik	13
6	Komposisi kebutuhan serat dan resin	14
7	Analisis ragam pengaruh perlakuan terhadap sifat fisik papan komposit	15
8	Analisis ragam pengaruh perlakuan terhadap sifat mekanik papan komposit	20
9	Data sifat mekanik papan komposit dan standar BKI	21

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran penelitian	4
2	Cetakan plat besi berukuran 25cm x 25cm x 1cm	5
3	<i>Universal Testing Machine</i> (UTM) Shimadzu AGS-X series 10 kN	5
4	Limbah FRP	6
5	Resin	6
6	Kerangka kerja penelitian	9
7	Langkah pembuatan papan komposit	10
8	Pola pemotongan contoh uji	10
9	Pengukuran ketebalan contoh uji	12
10	Nilai rata-rata kerapatan papan komposit	14
11	Nilai rata-rata kadar air papan komposit	15
12	Nilai rata-rata daya serap air papan komposit	17
13	Nilai rata-rata pengembangan tebal papan komposit	18
14	Nilai rata-rata MOE papan komposit	19
15	Nilai rata-rata MOR papan komposit	20

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Hasil pengujian mekanik papan komposit	27
2	Lampiran 2 Dokumentasi penelitian	29

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.