

MODIFIKASI GLISEROL-ASAM SITRAT DAN TERMAL PADA JENIS KAYU ROTASI PENDEK SKALA INDUSTRI

NICHOLAS RAMOS LUMBAN TOBING



**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 “Modifikasi Gliserol-Asam Sitrat dan Termal pada Jenis Kayu Rotasi Pendek Skala Industri” adalah karya saya dengan arahan dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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, September 2026

Nicholas Ramos Lumban Tobing
E2401221087



@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

ABSTRAK

NICHOLAS RAMOS LUMBAN TOBING. Modifikasi Gliserol-Asam Sitrat dan Termal pada Jenis Kayu Rotasi Pendek Skala Industri. Dibimbing oleh I WAYAN DARMAWAN.

Kayu rotasi pendek berpotensi sebagai bahan baku industri perkayuan, tetapi umumnya memiliki sifat fisis, mekanis, dan ketahanan biologi yang rendah akibat tingginya proporsi kayu juvenil. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perlakuan panas tunggal serta kombinasi impregnasi gliserol-asam sitrat (GCA) dan perlakuan panas terhadap sifat lima jenis kayu rotasi pendek. Sampel kayu diimpregnasi menggunakan larutan GCA 40% dan diberi perlakuan panas pada suhu 180 °C. Perlakuan panas tunggal menurunkan kadar air dan daya serap air, tetapi cenderung menurunkan kerapatan dan *modulus of rupture*. Sebaliknya, kombinasi impregnasi GCA dan perlakuan panas lebih efektif meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan rayap. Analisis FTIR menunjukkan terbentuknya ikatan ester, sedangkan perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kekasaran permukaan. Kombinasi impregnasi GCA dan perlakuan panas berpotensi sebagai teknologi modifikasi kayu yang ramah lingkungan.

Kata kunci: esterifikasi, impregnasi, kekasaran permukaan, ketahanan biologi, sifat mekanis, stabilitas dimensi

ABSTRACT

NICHOLAS RAMOS LUMBAN TOBING. Glycerol-Citric Acid and Thermal Modification of Short-Rotation Wood Species for Industrial Applications. Supervised by I WAYAN DARMAWAN.

Short-rotation wood species have considerable potential as raw materials for the wood industry but generally exhibit poor physical, mechanical, and biological durability due to their high proportion of juvenile wood. This study evaluated the effects of heat treatment alone and the combined treatment of glycerol-citric acid (GCA) impregnation and heat treatment on five short-rotation wood species. Wood samples were impregnated with a 40% GCA solution and heat-treated at 180 °C. Heat treatment reduced moisture content and water uptake but tended to decrease density and modulus of rupture. In contrast, the combined GCA impregnation and heat treatment more effectively improved dimensional stability and termite resistance. FTIR analysis indicated the formation of ester bonds, while the treatments had no significant effect on surface roughness. The combined treatment shows promise as an environmentally friendly wood modification technology.

Keywords: biological durability, dimensional stability, esterification, impregnation, mechanical properties, surface roughness



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.

MODIFIKASI GLISEROL-ASAM SITRAT DAN TERMAL PADA JENIS KAYU ROTASI PENDEK SKALA INDUSTRI

NICHOLAS RAMOS LUMBAN TOBING

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

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dra. Sri Rahaju, M.Si

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Modifikasi Gliserol-Asam Sitrat dan Termal pada Jenis Kayu
Rotasi Pendek Skala Industri
Nama : Nicholas Ramos Lumban Tobing
NIM : E2401221087

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc.F.Trop.

Diketahui oleh

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

Tanggal Ujian: 27 Agustus 2026

Tanggal Pengesahan:

18 SEP 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, penyertaan, dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Modifikasi Gliserol-Asam Sitrat dan Thermal pada Jenis Kayu Rotasi Pendek Skala Industri"

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc.F.Trop. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta saran yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini. Kesabaran, perhatian, dan dukungan beliau sejak tahap perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, pengolahan data, hingga penyusunan naskah skripsi menjadi motivasi yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Penghargaan dan rasa terima kasih juga penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan doa, bantuan, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Kedua orang tua saya, Papa dan Mama, serta Abang David dan Caca, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan, dan kepercayaan kepada penulis dalam setiap langkah kehidupan. Terima kasih karena tidak pernah berhenti menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan alasan bagi penulis untuk terus berjuang hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Teman-teman WHL, yaitu Marc, Joevan, Shamgar, dan Epo, yang selalu menjadi tempat penulis berbagi cerita, keluh kesah, dan berbagai suka duka selama masa perkuliahan. Terima kasih atas setiap semangat, kebersamaan, tawa, dan perhatian yang telah diberikan. Kehadiran kalian membuat setiap proses yang penulis jalani terasa lebih ringan hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Muhammad Fauzan Dzulfikar Fikry Anatta, teman satu bimbingan yang selalu membantu, berdiskusi, dan saling mendukung selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Miftah Farid Fuadi, sebagai teman terdekat yang selalu ada dalam suka maupun duka, serta Citra Putri Perdana, yang dengan tulus telah banyak membagikan ilmu, serta berbagai masukan berharga yang sangat membantu penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Zidane, Tami, Fathir, Rifki, Septian, Maul, Syafiq, Fazli, serta teman-teman Teknologi Hasil Hutan Angkatan 59 lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas kebersamaan, bantuan, dan pengalaman yang telah dibagikan selama masa perkuliahan.
6. Bang Pei dan Olivia, yang telah banyak membantu penulis selama pelaksanaan penelitian melalui berbagai arahan, masukan, serta kesediaannya menjawab berbagai pertanyaan penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

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

Bogor, September 2026

Nicholas Ramos Lumban Tobing



@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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	ii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kayu Rotasi Pendek	4
2.2 Modifikasi Kayu Non-Biosida	4
2.3 Asam Sitrat (<i>Citric Acid</i>)	5
2.4 Gliserol	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.4 Analisis Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Sifat Fisis	14
4.2 Stabilitas Dimensi	20
4.3 Sifat Mekanis	23
4.4 Uji Kubur (<i>Graveyard Test</i>)	26
4.5 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	30
4.6 Karakteristik Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness</i>)	34
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	59



DAFTAR TABEL

1	Ukuran sampel pengujian	8
2	Klasifikasi penilaian kerusakan kayu akibat serangan rayap tanah	12
3	Klasifikasi tingkat kerusakan kayu berdasarkan standar AWP A E1-06	30

DAFTAR GAMBAR

1	Nilai kadar air	14
2	Nilai kerapatan	15
3	Nilai <i>impregnation rate</i> dan retensi	18
4	Nilai <i>weight percent gain</i>	19
5	Nilai <i>anti-swelling efficiency</i>	21
6	Nilai <i>water uptake</i>	22
7	Nilai <i>modulus of elasticity</i>	24
8	Nilai <i>modulus of rupture</i>	25
9	Nilai intensitas kerusakan	27
10	Nilai kehilangan massa	27
11	Spektrum FTIR kayu mahoni	31
12	Spektrum FTIR kayu karet	31
13	Spektrum FTIR kayu jati	32
14	Spektrum FTIR kayu pinus_m	32
15	Spektrum FTIR kayu pinus_r	33
16	Nilai karakteristik kekasaran permukaan pada sampel kontrol dan <i>heat</i>	35
17	Nilai karakteristik kekasaran permukaan pada sampel GCA + <i>heat</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap kadar air	45
2	Hasil uji lanjut Duncan terhadap kadar air pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	45
3	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap kerapatan	46
4	Hasil uji lanjut Duncan terhadap kerapatan pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	46
5	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap <i>impregnation rate</i>	47
6	Hasil uji lanjut Duncan terhadap <i>impregnation rate</i> pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	47
7	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap <i>weight percent gain</i>	48
8	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai <i>weight percent gain</i> pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	48

9	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap <i>anti-swelling efficiency</i>	49
10	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai <i>anti-swelling efficiency</i> pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu.	49
11	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap <i>water uptake</i>	50
12	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai <i>water uptake</i> pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	50
13	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap <i>modulus of elasticity</i>	51
14	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai <i>modulus of elasticity</i> pada faktor jenis kayu	51
15	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap <i>modulus of rupture</i>	52
16	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai <i>modulus of rupture</i> pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	52
17	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap intensitas kerusakan kayu	53
18	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai intensitas kerusakan kayu pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	53
19	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap kehilangan massa kayu	54
20	Hasil uji lanjut Duncan terhadap nilai kehilangan massa kayu pada kombinasi perlakuan dan jenis kayu	54
21	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap nilai kekasaran permukaan (Ra)	55
22	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap nilai kekasaran permukaan (Rq)	55
23	Hasil analisis ragam (ANOVA) pengaruh perlakuan dan jenis kayu terhadap nilai kekasaran permukaan (Rz)	55
24	Dokumentasi penelitian	56
25	Dokumentasi uji kubur	57

