

KARAKTERISTIK PERMUKAAN DAN KEAWETAN KAYU KARET TERMODIFIKASI KIMIA-PANAS MENGGUNAKAN GLISEROL DAN *ECO ENZYME*

GABRIEL WIWINDA LUMBAN TOBING



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Karakteristik Permukaan dan Keawetan Kayu Karet Termodifikasi Kimia-Panas Menggunakan Gliserol dan *Eco Enzyme*” adalah karya saya dengan arahan dari 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 tesis ini.

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

Bogor, Februari 2025

Gabriel Wiwinda Lumban Tobing
E2501231012



RINGKASAN

GABRIEL WIWINDA LUMBAN TOBING. Karakteristik Permukaan dan Keawetan Kayu Karet Termodifikasi Kimia-Panas Menggunakan Gliserol dan *Eco Enzyme*. Dibimbing oleh I WAYAN DARMAWAN dan ISTIE SEKARTINING RAHAYU.

Kayu karet (*Hevea brasiliensis* MUELL Arg.) merupakan salah satu jenis kayu yang memiliki ketersediaan yang melimpah di Indonesia. Kayu karet yang berasal dari pohon karet banyak tumbuh dan tersebar di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan. Selain ketersediaannya, kayu karet memiliki warna yang menarik dan permukaan kayu yang halus. Namun, kayu karet memiliki keawetan yang rendah. Sehingga perlu dilakukan teknologi modifikasi kayu untuk meningkatkan mutu kayu kayu karet. Modifikasi kimia dan modifikasi panas adalah 2 metode modifikasi yang sudah umum dilakukan. Modifikasi kimia dapat meningkatkan ketahanan kayu terhadap serangan rayap. Namun metode ini umumnya menggunakan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan dan mahal. Sedangkan modifikasi panas salah satu metode modifikasi ramah lingkungan yang dapat meningkatkan stabilitas dimensi kayu dan ketahanan terhadap jamur. Namun metode ini dapat menurunkan sifat mekanis kayu dan rentan terhadap serangan rayap. Kombinasi modifikasi kimia dan panas menjadi solusi untuk mengatasi kelemahan kedua modifikasi tersebut. Kayu karet diberi perlakuan meliputi proses impregnasi menggunakan gliserol dan *eco enzyme* dengan tekanan sebesar 7 bar dan dipertahankan hingga jenuh kemudian diikuti dengan perlakuan panas pada suhu 150 °C selama 6 jam. Parameter yang diteliti meliputi uji kubur, karakteristik permukaan (kekasaran permukaan, energi bebas permukaan, sudut kontak, dan daya lekat cat), perubahan warna, dan analisis *Fourier Transform Infrared* (FT-IR).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu karet dengan perlakuan *eco enzyme*-panas dapat menurunkan nilai *thickness terminate* pada kayu karet. Nilai *thickness terminate* kayu karet dengan perlakuan *eco enzyme*-panas sebesar 28,83% dan dikategorikan pada kelas 7 (serangan sedang). Kayu karet memiliki kekasaran yang semakin kecil setelah perlakuan kimia dan panas. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan kayu karet termodifikasi menjadi semakin halus. Nilai energi bebas permukaan (SFE) kayu karet dengan perlakuan *eco enzyme*-panas dan gliserol-*eco enzyme*-panas secara berturut-turut sebesar 34,18 mJ m⁻² dan 38,34 mJ m⁻². Nilai K untuk keterbasahan kayu karet yang diberi perlakuan *eco enzyme*-panas dan gliserol-*eco enzyme*-panas secara berturut-turut sebesar 0,011 dan 0,012. Pengujian daya lekat cat akrilik pada kayu karet yang perlakuan *eco enzyme*-panas dan gliserol-*eco enzyme*-panas dikategorikan pada kelas yang sama, yaitu 4B. Perubahan warna akibat perlakuan kimia dan panas yang diberikan dikategorikan dalam kelas tinggi ($\Delta E > 6$). Perlakuan kimia dan panas menggunakan gliserol dan *eco enzyme* dapat menjadi metode ramah lingkungan untuk pemanfaatan produk kayu karet berkualitas tinggi.

Kata kunci: *eco enzyme*, gliserol, kayu karet, modifikasi kimia, modifikasi panas

SUMMARY

GABRIEL WIWINDA LUMBAN TOBING. Surface Characteristics and Durability of Modified Chemical-Thermal Rubberwood Using Glycerol and Eco Enzyme. Supervised by I WAYAN DARMAWAN and ISTIE SEKARTINING RAHAYU.

Rubberwood (*Hevea brasiliensis* MUELL Arg.) is one type of wood that is abundantly available in Indonesia. Rubberwood derived from rubber trees is widely grown and spread in Sumatera and Kalimantan. In addition, rubberwood has an attractive colour and smooth texture. However, rubber wood has low quality, especially in its durability. So, it is necessary to use wood modification technology to improve the quality of rubberwood. Chemical and thermal modification are two common modification methods. Chemical modification can increase wood resistance to termite attacks. However, this method uses non-eco-friendly chemicals and has high costs. Meanwhile, thermal modification can improve wood dimensional stability and fungi resistance without polluting the environment. However, this method can reduce the mechanical properties of wood and has low termite resistance. The combination of chemical and thermal modification is another alternative to overcome the limitations of these two modifications. Rubberwood was treated with an impregnation process using glycerol and eco enzyme with a pressure of 7 bar. It was maintained until saturated, followed by thermal treatment at 150°C for 6 hours. The parameters studied included graveyard test, surface characteristics (surface roughness, surface free energy, contact angle, and paint adhesion), colour change, and Fourier Transform Infrared (FT-IR) analysis.

The results showed that rubberwood with eco enzyme-thermal treatment can reduce thickness termination in rubberwood. The thickness termination value of rubberwood with eco enzyme-thermal treatment was 28,83% and categorized in class 7 (moderate attack). Rubberwood has a smaller roughness after chemical and thermal treatment. This indicates that the surface of the rubberwood becomes smoother than untreated wood. Rubberwood's surface free energy (SFE) values with eco enzyme-thermal and glycerol-eco enzyme-thermal treatment were 34,18 mJ m⁻² and 38,34 mJ m⁻², respectively. The K values for the wettability of rubberwood treated with eco enzyme-thermal and glycerol-eco enzyme-thermal were 0,011 and 0,012, respectively. The test of acrylic paint adhesion to rubberwood treated with eco enzyme-thermal and glycerol-eco enzyme-thermal was categorized in the same class, namely 4B. Colour changes due to chemical and thermal treatments are categorized in the high class ($\Delta E > 6$). Chemical and thermal treatment using glycerol and eco enzyme can be an environmentally friendly method for the utilization of high-quality rubber wood products.

Keywords: chemical modification, eco enzyme, glycerol, rubber wood, thermal modification



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 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.

KARAKTERISTIK PERMUKAAN DAN KEAWETAN KAYU KARET TERMODIFIKASI KIMIA-PANAS MENGGUNAKAN GLISEROL DAN ECO ENZYME

GABRIEL WIWINDA LUMBAN TOBING

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
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 Prof. Dr. Ir Trisna Priadi, M.Eng.Sc.
- 2 Dr. Arinana, S.Hut., M.Si.



Judul Tesis : Karakteristik Permukaan dan Keawetan Kayu Karet Termodifikasi
Kimia-Panas Menggunakan Gliserol dan *Eco Enzyme*
Nama : Gabriel Wiwinda Lumban Tobing
NIM : E2501231012

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi :
Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc.
NIP. 196602121991031002

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan :
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, MS.
NIP. 196501221989031002

Tanggal Ujian: 20 Februari 2025

Tanggal Lulus: 13 MAR 2025



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah menjadi tempat sandaran dan pergumulan selama penulisan karya ilmiah ini. Oleh karena berkat dan karunia-Nya jugalah, penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penulisan karya ilmiah dengan judul “Karakteristik Permukaan dan Keawetan Kayu Karet Termodifikasi Kimia-Panas Menggunakan Gliserol dan *Eco Enzyme*” sebagai syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Selama proses penelitian dan penulisan karya ilmiah ini, penulis menemui banyak rintangan, namun dengan tuntunan Tuhan Yesus, usaha maksimal, doa dari orangtua, dan dukungan orang terkasih, penulis dapat menyelesaikannya. Penulisan karya ilmiah ini juga tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, oleh karena itu dengan penuh rasa hormat dan syukur penulis juga ingin berterima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc selaku ketua dosen pembimbing tesis dan pembimbing akademik S1-S2 saya yang telah memberikan doa, ilmu, arahan dan masukan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini.
2. Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si selaku komisi pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan sejak awal penelitian hingga akhir penulisan karya ilmiah ini.
3. Keluarga penulis, Papa Simon Lumban Tobing, Mama Agatta Tumanggor, serta kedua adik penulis, yaitu Adri Yanti Lumban Tobing dan Alonso Lumban Tobing untuk setiap doa, dorongan, kesabaran, perhatian, dan kasih sayang secara moral maupun materi yang selalu diberikan kepada penulis.
4. Dr. Resa Martha, S.Hut., M.Si yang membantu penulis selama pelaksanaan penelitian.
5. Staf Laboratorium Peningkatan Mutu Kayu DHH, tenaga kependidikan ITHH dan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan serta tenaga kependidikan Program Pascasarjana IPB yang telah membantu selama proses penelitian dan administrasi selama studi.
6. Teman-teman program sinergi S1-S2 ITHH yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat selama pelaksanaan penelitian, serta semua pihak yang telah membantu selama penyelesaian tesis yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

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

Bogor, Februari 2025

Gabriel Wiwinda Lumban Tobing



@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.

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	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gliserol	4
2.2 <i>Eco Enzyme</i>	4
2.3 Modifikasi Kayu	5
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 Uji Kubur (<i>Graveyard Test</i>)	14
4.2 Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectrometry</i> (FTIR)	15
4.3 Karakteristik Permukaan	17
4.4 Perubahan Warna	21
V SIMPULAN DAN SARAN	24
5.1 Simpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	40



DAFTAR TABEL

1	Ukuran sampel pengujian	7
2	Komposisi larutan impregnasi	8
3	Klasifikasi intensitas kerusakan akibat serangan rayap berdasarkan AWWA E7-07 (2008)	9
4	Nilai <i>surface tension</i> permukaan cairan uji dan komponennya (dalam mJ m ⁻²) yang digunakan untuk perhitungan energi bebas permukaan kayu (Yuningsih <i>et al.</i> 2019)	10
5	Klasifikasi nilai daya lekat cat berdasarkan ASTM D 3359-02	11
6	Pengaruh perbedaan nilai perubahan warna (ΔE) (Hunter Lab 2008)	12
7	Nilai rata-rata intensitas serangan rayap kayu karet berbagai perlakuan	14
8	Nilai rata-rata parameter kekasaran permukaan kayu karet berbagai perlakuan	17
9	Nilai rata-rata SFE kayu karet berbagai perlakuan	18
10	Nilai rata-rata sudut awal dan sudut kesetimbangan kayu karet berbagai perlakuan	19
11	Hasil pengujian daya lekat cat akrilik pada kayu karet berbagai perlakuan	21
12	Nilai rata-rata L*, a*, dan b* dari kayu karet berbagai perlakuan	22

DAFTAR GAMBAR

1	Spektrum FTIR kayu karet berbagai perlakuan pada rentang bilangan gelombang 4000 hingga 640 cm ⁻¹ (K=kontrol; G=gliserol; GH =gliserol-panas; E= <i>eco enzyme</i> ; EH= <i>eco enzyme</i> -panas; GE=gliserol- <i>eco enzyme</i> ; GEH=gliserol- <i>eco enzyme</i> -panas).	15
2	Spektrum FTIR kayu karet berbagai perlakuan pada rentang bilangan gelombang 1800 hingga 640 cm ⁻¹ (K=kontrol; E= <i>eco enzyme</i> ; EH= <i>eco enzyme</i> -panas; GE=gliserol- <i>eco enzyme</i> ; GEH=gliserol- <i>eco enzyme</i> -panas).	16
3	Nilai K rata-rata cat akrilik pada kayu karet berbagai perlakuan (K=kontrol; G=gliserol; GH =gliserol-panas; E= <i>eco enzyme</i> ; EH= <i>eco enzyme</i> -panas; GE=gliserol- <i>eco enzyme</i> ; GEH=gliserol- <i>eco enzyme</i> -panas). Huruf yang berbeda pada gambar menunjukkan berbeda secara nyata ($\alpha=0.05$).	20
4	Nilai rata-rata perubahan warna (ΔE) kayu karet berbagai perlakuan (K=kontrol; G=gliserol; GH =gliserol-panas; E= <i>eco enzyme</i> ; EH= <i>eco enzyme</i> -panas; GE=gliserol- <i>eco enzyme</i> ; GEH=gliserol- <i>eco enzyme</i> -panas). Huruf yang berbeda pada gambar menunjukkan berbeda secara nyata ($\alpha=0.05$).	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil anova dan duncan uji kubur (<i>graveyard test</i>)	33
2	Penampakan contoh uji setelah pengujian rayap (<i>garveyard test</i>)	33
3	Hasil anova dan duncan kekasaran permukaan	36
4	Hasil anova dan duncan energi bebas permukaan (SFE)	36
5	Hasil anova dan duncan sudut kontak	37
6	Hasil anova dan duncan nilai K	37
7	Hasil anova dan duncan L*, a*, b*, dan perubahan warna (ΔE)	38
8	Penampakan contoh uji berbagai perlakuan saat pengujian warna	39