



PENGEMBANGAN KAYU JATI ROTASI PENDEK TERMODIFIKASI KIMIA DAN PANAS

EFRIDA BASRI



**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.



@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.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengembangan Kayu Jati Rotasi Pendek Termodifikasi Kimia dan Panas” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Mei 2025

Efrida Basri
E2601212008

- 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.



RINGKASAN

EFRIDA BASRI. Pengembangan Kayu Jati Rotasi Pendek Termodifikasi Kimia dan Panas. Dibimbing oleh I WAYAN DARMAWAN, ISTIE SEKARTINING RAHAYU dan RATIH DAMAYANTI

Populasi jati rotasi panjang (berumur lebih dari 40 tahun) di hutan tanaman mengalami penurunan, sementara permintaan domestik dan global terus meningkat. Teknologi rekayasa genetik telah mampu menciptakan kayu Jati Unggul Nusantara (JUN) yang termasuk jati rotasi pendek dengan berbagai keunggulan, baik dalam pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan proporsi kayu teras. Pada pohon umur 13 tahun, proporsi kayu teras JUN telah mencapai 88%, setara dengan proporsi kayu teras jati berumur lebih dari 40 tahun. Namun, kualitas kayu JUN masih relatif rendah, terutama dalam kestabilan dimensi dan ketahanannya terhadap jamur serta rayap.

Modifikasi kayu merupakan salah satu metode untuk memperbaiki lebih dari satu sifat inferior kayu, di antaranya dengan modifikasi panas dan kimia. Modifikasi kayu dengan perlakuan panas memang telah terbukti meningkatkan kestabilan dimensi dan ketahanan kayu terhadap jamur. Akan tetapi, modifikasi tersebut cenderung tidak efektif dalam meningkatkan ketahanan kayu terhadap rayap dan dapat menurunkan sifat mekanis kayu. Sementara itu, modifikasi kimia melibatkan reaksi antara bahan kimia yang diimpregnasikan ke dalam struktur kayu dengan gugus hidroksil dalam dinding sel yang membentuk ikatan kovalen yang stabil. Modifikasi kimia mampu meningkatkan stabilitas dimensi serta ketahanan kayu terhadap jamur dan juga terhadap rayap. Namun, modifikasi ini menggunakan bahan kimia yang relatif lebih mahal seperti furfural alkohol dan anhidrida asetat. Selain itu, modifikasi kimia cenderung mengonsumsi bahan kimia yang banyak (lebih dari 30%). Oleh sebab itu, penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi: (1) karakteristik/sifat dasar kayu JUN tanpa perlakuan; (2) karakteristik kayu JUN termodifikasi kimia dan panas; dan (3) karakteristik permukaan, daya lekat, dan ketahanan lapisan (*coating*) pada permukaan kayu JUN termodifikasi terhadap cuaca.

Pada penelitian ini, modifikasi kimia menggunakan bahan berbasis asam karboksilat yang merupakan asam lemah non-biosida yang terdiri dari asam laktat (AL) dan asam sitrat (AS), serta bahan berbasis alkohol yakni gliserol (GL). Ada tujuh perlakuan kimia yang diimpregnasi ke dalam kayu yakni AL20%, AS20%, GL20%, AL10%+AS10%, AL10%+GL10%, AS10%+GL10%, dan AL5%+AS5%+GL10%. Selanjutnya, perlakuan panas pada kayu hasil impregnasi bahan kimia dilakukan pada suhu 150 °C dan 180 °C, dimana perlakuan ini disebut proses *curing* untuk menginduksi reaksi esterifikasi antara impregnan dengan gugus hidroksil kayu. Kombinasi perlakuan kimia dan panas ditujukan untuk memicu reaksi esterifikasi antara bahan impregnan dengan gugus hidroksil dari komponen dalam dinding sel kayu. Parameter yang dievaluasi terdiri dari struktur anatomi, komposisi kimia, sifat fisis-mekanis, stabilitas dimensi, ketahanan terhadap rayap hasil uji kubur, dan jamur pelapuk putih (*Trametes versicolor*), stabilitas panas, dan karakteristik permukaan kayu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu JUN yang telah dimodifikasi kimia-panas mengalami peningkatan kualitas yang signifikan dari sifat-sifat

inferiornya. Suhu *curing* 180 °C meningkatkan stabilitas panas dan menghasilkan kayu dengan perubahan visual paling lambat setelah terpapar cuaca luar selama tiga bulan dibandingkan dengan suhu *curing* 150 °C. Kombinasi perlakuan kimia AL10%+AS10% dan AS10%+GL10% dengan suhu *curing* 180 °C merupakan modifikasi terbaik pada hampir semua aspek yang dievaluasi. Sifat fisis dan stabilitas dimensi kayu meningkat, sebagaimana ditunjukkan oleh kenaikan nilai *anti swelling efficiency* (ASE) sebesar 68,22% dan 65,28% berturut-turut pada perlakuan AL10%+AS10% dan AS10%+GL10%. Kekuatan mekanis dari kedua perlakuan diklasifikasikan sebagai kelas II untuk AL10%+AS10% dan kelas III-II untuk AS10%+GL10%. Selanjutnya, ketahanan kayu terhadap serangan jamur pelapuk putih termasuk kelas awet I berdasarkan SNI 7207-2014. Ketahanan kayu terhadap rayap dikategorikan dalam kelas 9,5 (hanya berupa jejak) dan 9,0 (gigitan $\leq 3\%$ dari penampang kayu) menurut standar AWPA E7-07 berturut-turut untuk AL10%+AS10% dan AS10%+GL10%. Nilai kekasaran permukaan, energi bebas permukaan (SFE), dan keterbasahan (K) tidak menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan kayu tanpa perlakuan. Namun, daya lekat cat akrilik berbasis air pada permukaan kayu hasil modifikasi ini lebih rendah (3B) dibandingkan dengan kayu tanpa modifikasi (4B).

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa perlakuan AL10%+AS10% dan AS10%+GL10% dengan suhu *curing* 180 °C direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut hingga ke skala industri. Rekomendasi ini didukung oleh penggunaan bahan kimia ramah lingkungan dengan konsumsi cukup rendah (20%). Namun, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk menentukan efektivitas bahan kimia AL dan AS dengan beragam perlakuan pada berbagai jenis kayu rotasi pendek lainnya, juga menambahkan bahan lain ke dalam bahan pelapis untuk meningkatkan daya lekat cat dan ketahanan pelapis terhadap cuaca.

Kata kunci: asam karboksilat, asam laktat, gliserol, impregnasi, JUN



SUMMARY

EFRIDA BASRI. The Development of Chemically and Thermally Modified Short Rotation Teak Wood. Supervised by I WAYAN DARMAWAN, ISTIE SEKARTINING RAHAYU, AND RATIH DAMAYANTI

The population of long-rotation teak (aged over 40 years) in plantation forests has been declining, while domestic and global demand continues to increase. Genetic engineering technology has produced Nusantara Superior Teak (Jati Unggul Nusantara, JUN) or Short-Rotation Teak (SRT), which exhibits superior characteristics in height growth, stem diameter, and heartwood proportion. At the age of 13, SRT heartwood proportion reaches 88%, equivalent to teak trees older than 40 years. However, SRT wood quality remains relatively low, particularly in dimensional stability and resistance to fungal and termite attacks.

Wood modification is a method to improve multiple inferior properties of wood, among its methods are thermal and chemical modification. Thermal modification has been proven to enhance dimensional stability and resistance to fungal decay. However, this treatment is generally ineffective in improving termite resistance and may reduce the mechanical properties of wood. Meanwhile, chemical modification involves reactions between chemicals impregnated into the wood structure and hydroxyl groups in the cell walls, forming stable covalent bonds. Chemical modification can improve dimensional stability as well as resistance to fungal and termite attacks. However, it typically involves relatively expensive chemicals, such as furfuryl alcohol and acetic anhydride, and requires high chemical consumption (exceeding 30%). Therefore, this study aims to evaluate: (1) characteristics/basic properties of untreated short rotation teak; (2) characteristics of chemical and thermal modified short rotation teak; and (3) surface characteristics, paint adhesive and coating durability on modified surface of short rotation teak against weathering.

In this study, chemical modification utilized carboxylic acid-based, non-biocidal weak acids, such as lactic acid (LA) and citric acid (CA), as well as alcohol-based chemical, namely glycerol (GL). Seven chemical treatments were impregnated into the wood: LA20%, CA20%, GL20%, LA10%+CA10%, LA10%+GL10%, CA10%+GL10%, and LA5%+CA5%+GL10%. Subsequently, impregnated wood underwent thermal treatment (curing) at 150 °C and 180 °C to induce esterification reactions between the impregnating agents and the hydroxyl wood cell wall components. The parameters that were analyzed consisted of anatomical structure, chemical composition, physical-mechanical properties, dimensional stability, resistance to subterranean termites and white-rot fungi (*Trametes versicolor*), thermal stability, and surface characteristics.

The results showed that chemically and thermally modified SRT wood exhibited significant improvements in its inferior properties. Curing temperature at 180 °C enhanced thermal stability and resulted in slower visual degradation when exposed to outdoor weathering for three months compared to curing at 150 °C. The combination of chemical treatments were LA10%+CA10% and CA10%+GL10% at a curing temperature of 180 °C is the best modification in almost all aspects evaluated. Physical properties and dimensional stability improved, as indicated by

@Hak cipta dimiliki IPB University



an increase in anti-swelling efficiency (ASE) values of 68.22% (LA10%+CA10%) and 65.28% (CA10%+GL10%). The mechanical strength of both treatments was classified as class II for LA10%+CA10% and III-II for CA10%+GL10%. Additionally, resistance to white-rot fungi was classified as durability class I according to SNI 7207-2014 standard. Resistance to subterranean termites was classified as 9.5 (only traces of attack) and 9.0 (slight attack, up to 3% of cross-sectional area affected) according to the AWPA E7-07 standard for LA10%+CA10% and CA10%+GL10%, respectively. Surface roughness, surface free energy (SFE), and wettability (K) did not show significant differences compared to untreated wood. However, the adhesion strength of water-based acrylic paint on modified wood surfaces decreased to 3B, compared to 4B for unmodified wood.

Based on these findings, LA10%+CA10% and CA10%+GL10% chemically treatments with a curing temperature of 180 °C are recommended for further development at an industrial scale. This recommendation is supported using environmentally friendly chemicals with relatively low consumption (20%). However, further research is necessary to determine the effectiveness of LA and CA chemicals at various treatments for different short-rotation wood species, as well as adding other materials to the coating to increase the paint adhesion and the coating's resistance to weather.

Keywords: carboxylic acid, glycerol, impregnation, lactic acid, SRT



@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 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.

PENGEMBANGAN KAYU JATI ROTASI PENDEK TERMODIFIKASI KIMIA DAN PANAS

EFRIDA BASRI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor 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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.
- 2 Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si.



Judul Disertasi: Pengembangan Kayu Jati Rotasi Pendek Termodifikasi

Kimia dan Panas

Nama : Efrida Basri
NIM : E2601212008

Disetujui oleh

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

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

Pembimbing 3:
Ratih Damayanti, S.Hut., M.Si., Ph.D

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, M.S.
NIP 196501221989031002

Tanggal Ujian:
10 Maret 2025

Tanggal Lulus:
21 MAY 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang menyutip 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 Subhanaahu Wata'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2023 sampai bulan Juli 2024 ini ialah peningkatan kualitas kayu jati rotasi pendek yang difokuskan pada kayu Jati Unggul Nusantara (JUN), dengan judul “Pengembangan Kayu Jati Rotasi Pendek Termodifikasi Kimia dan Panas”.

Terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc., selaku ketua komisi pembimbing program studi S3 yang telah membimbing dan banyak memberikan saran dan arahan sejak awal penelitian hingga akhir penulisan karya ilmiah ini.

Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si. dan Ratih Damayanti, S.Hut., M.Si., Ph.D., selaku komisi pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

Prof. Dr. Ir. Noor Farikhah Haneda, MS. sebagai pimpinan sidang ujian tertutup, Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, MS sebagai pimpinan sidang sidang promosi, Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc. dan Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si, M.Si. sebagai penguji luar komisi, serta Dr. Arinana, S.Hut., M.Si. sebagai ketua program studi ITHH pada ujian tertutup dan sidang promosi

Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah mendukung secara finansial melalui Program Pascasarjana Berbasis Riset selama Periode 2022-2025.

Dr. Akbar Hanif Dawam A., MT. sebagai Kepala Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk BRIN yang banyak membantu dalam kemudahan administrasi selama studi S3 ini.

Rekan-rekan di Departemen Hasil Hutan, IPB; Pusat Standardisasi Instrumen Pengelolaan Hutan Berkelanjutan (PUSTARHUT), Kementerian Kehutanan; dan di Laboratorium Pengujian Terpadu (ILAB) Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah membantu selama pengumpulan data dan pengujian, serta kepada semua sahabat dan rekan yang turut membantu selama menyelesaikan tugas belajar.

Koperasi Perumahan Wanabhakti Nusantara (KPWN) Kementerian Kehutanan yang telah membantu dalam penyediaan bahan baku kayu JUN untuk keperluan penelitian.

Keluarga tercinta: Ayah Hasan Basri (Alm) dan Mama Asma Juned (Almh), Suami Drs. Saefudin, M.Pd., Anak/Mantu Ixora Adisti, S.T., M.Sc./Yuri Suryahadi, S.Hut., MM. dan Denvi Giovanita, S.Psi./Januar Ananta S.T., M.Sc., yang telah memberikan dukungan dan doa, juga cucu-cucu sebagai penyemangat, serta doa adik-adik dan kakak.

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

Bogor, April 2025

Efrida Basri

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Kebaruan	5
1.6 Ruang Lingkup	5
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Jati	7
2.2 Modifikasi Kayu	8
2.3 Bahan Kimia Tidak Beracun (<i>Non-Biocide</i>)	10
2.4 Esterifikasi	11
2.5 Ketahanan Permukaan Kayu terhadap Cuaca	12
III METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.3 Metode Penelitian	14
3.4 Analisis Data	27
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakteristik Dasar Kayu JUN	28
4.2 Karakteristik Kayu JUN Termodifikasi Kimia dan Panas	33
4.3 Karakteristik Permukaan Kayu Jati Unggul Nusantara (JUN) Termodifikasi Kimia dan Panas	53
4.4 Pembahasan Umum	66
V SIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Simpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	81
RIWAYAT HIDUP	95

DAFTAR TABEL

1	Ukuran contoh uji kayu JUN tanpa perlakuan dan contoh uji perlakuan termodifikasi kimia-panas	15
2	Kelas kuat kayu Indonesia	18
3	Kriteria penilaian kelas ketahanan alami kayu dari serangan jamur pelapuk berdasarkan SNI 7207-2014 (2014)	19
4	Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap tanah menurut AWP A E7-07 (2008)	20
5	Bahan impregnan, rumus kimia, dan komposisinya	20
6	Nilai <i>surface tension</i> permukaan cairan uji dan komponennya (dalam mJ m ⁻²) untuk perhitungan energi bebas permukaan kayu	25
7	Kelas mutu daya lekat lapisan cat pada permukaan kayu mengacu pada ASTM D 3359-17 (2017)	26
8	Kriteria dan klasifikasi perubahan warna (Hunter Lab 2012)	27
9	Perbandingan komponen kimia dinding sel dan ekstraktif bagian teras kayu JUN dengan kayu JPP tanpa perlakuan	28
10	Komponen ekstraktif bagian gubal (<i>sapwood</i>) dan teras (<i>heartwood</i>) kayu JUN	29
11	Perbandingan nilai kadar air, kerapatan kayu, pengembangan volume, dan <i>water uptake</i> kayu JUN dan JPP tanpa perlakuan	31
12	Perbandingan MOE, MOR, dan kelas kuat kayu JUN dan JPP tanpa perlakuan	31
13	Kelas ketahanan kayu JUN pada bagian gubal dan teras terhadap serangan jamur pelapuk berdasarkan SNI 7207-2014 dan rayap tanah berdasarkan AWP A E7-07.	32
14	Deposisi impregnan dalam struktur kayu JUN pada penampang melintang dengan suhu <i>curing</i> 150 dan 180 °C	34
15	Diameter sel pembuluh kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	35
16	Perubahan komponen kimia dinding sel kayu JUN yang termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	37
17	Persen penambahan berat (WPG), kerapatan (D), pencucian (Wlc) kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	42
18	Pengembangan volume (Sv), <i>water uptake</i> (WU), dan <i>anti swelling efficiency</i> (ASE) kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	43
19	Nilai MOE dan MOR kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	45
20	Kelas kuat kayu sebelum dan setelah perlakuan	45
21	Kelas ketahanan kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan setelah serangan jamur <i>Trametes versicolor</i> (TV)	47
22	Kelas ketahanan kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan setelah uji kubur	48
23	Hasil analisis termogravimetri (TGA) kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	52



DAFTAR TABEL (LANJUTAN)

24	Kekasaran permukaan (Ra) kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	54
25	Nilai energi bebas permukaan (SFE) kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	55
26	Nilai sudut kontak kesetimbangan kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	56
27	Nilai K (keterbasahan) kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	57
28	Daya lekat cat kayu JUN termodifikasi kimia-panas sebelum dan sesudah <i>accelerated weathering</i>	58
29	Penampakan visual daya lekat cat kayu JUN termodifikasi kimia-panas sebelum dan sesudah <i>accelerated weathering</i>	60
30	Nilai total perubahan warna (ΔE) pada kayu JUN termodifikasi kimia-panas setelah diekspos di luar ruangan	64
31	Penampakan visual perubahan warna kayu JUN termodifikasi kimia-panas setelah diekspos di luar ruangan	65

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir penelitian pengembangan kayu jati rotasi pendek termodifikasi kimia dan panas	6
2	Mekanisme reaksi esterifikasi antara asam karboksilat dan alkohol pada kayu	12
3	Keberadaan bahan kimia dalam kayu pada modifikasi kimia, modifikasi impregnasi, dan pelapisan permukaan kayu (Teacă dan Tanasă 2020)	13
4	Morfologi sel kayu JUN hasil impregnasi dengan perlakuan AL20% (a), AL10%+GL10% (b), GL20% (c), AS20% (d), AL10%+AS10% (e), AS10%+GL10% (f), dan AL5%+AS5%+GL10% (g) pada suhu 180 °C, dimana tanda panah merah menunjukkan impregnan terdeposit sempurna pada dinding sel pembuluh (<i>vessel</i>) kayu	35
5	Spektrum FTIR α -selulosa kayu JUN termodifikasi kimia dan panas pada suhu 150 °C (a) dan 180 °C (b)	39
6	Spektrum FTIR lignin kayu JUN termodifikasi kimia dan panas pada suhu 150 °C (a) dan 180 °C (b)	40
7	Analisis termogravimetri/TGA (a dan c) dan termogravimetri diferensial/DTG (b dan d) kayu JUN pada suhu <i>curing</i> 150 °C (a dan b) dan 180 °C (c dan d)	50
8	Ilustrasi reaktivitas antar bahan impregnan dan kayu JUN	68

DAFTAR LAMPIRAN

1	Uji GC-MS komponen kimia kayu JUN kontrol, bagian gubal dan teras	82
2	Penampakan visual kayu JUN tanpa perlakuan (kontrol) dan termodifikasi kimia-panas pada suhu <i>curing</i> 150 dan 180 °C terhadap serangan jamur pelapuk putih (SNI 7207-2014)	86
3	Penampakan visual kayu JUN tanpa perlakuan (kontrol) dan termodifikasi kimia-panas pada suhu <i>curing</i> 150 dan 180 °C terhadap serangan rayap tanah (standar AWWPA E7-07)	88
4	Contoh perhitungan sudut kontak kesetimbangan menggunakan SAS	90
5	Contoh hasil pengujian sudut kontak kayu JUN termodifikasi kimia-panas dan tanpa perlakuan	91
6	Contoh perhitungan nilai K menggunakan XL-STAT	92
7	Perbandingan kualitas kayu JUN dengan perlakuan AL10%+AS10% dan AS10%+GL10% dari setiap parameter pada masing-masing suhu <i>curing</i>	93
8	Perbandingan kualitas permukaan kayu JUN dengan perlakuan AL10%+AS10% dan AS10%+GL10% dari setiap parameter pada masing-masing suhu <i>curing</i>	94