

EFEKTIVITAS KOMBINASI PERLAKUAN ASAM BORAT, KITOSAN, DAN PEMANASAN DALAM PENINGKATAN MUTU KAYU CEPAT TUMBUH

NININ ISTRIANA



PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN 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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Efektivitas Kombinasi Perlakuan Asam Borat, Kitosan, dan Pemanasan dalam Peningkatan Mutu Kayu Cepat Tumbuh” 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, Juli 2025

Ninin Istrianana

E2501211011

- 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.

RINGKASAN

NININ ISTRIANA. Efektivitas Kombinasi Perlakuan Asam Borat, Kitosan, dan Pemanasan dalam Peningkatan Mutu Kayu Cepat Tumbuh. Dibimbing oleh TRISNA PRIADI dan LISMAN SURYANEGARA.

Kayu manii (*Maesopsiss eminii* Engl.) dan mindi (*Melia azedarach* Linn.) merupakan jenis kayu cepat tumbuh yang digunakan untuk furnitur dan konstruksi. Namun, ketahanannya terhadap organisme perusak tergolong rendah (kelas ketahanan IV). Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kualitas kayu agar umur pemakaian jangka panjang dan penggunaan kayu lebih baik. Asam borat dapat dikombinasikan dengan perlakuan pemanasan sehingga dapat meningkatkan stabilitas dimensi kayu, mengurangi sifat higroskopis kayu, dan meningkatkan daya tahan kayu dari serangan organisme perusak. Penambahan kitosan berpotensi menahan ketercucian bahan pengawet dan meningkatkan keawetan kayu yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan asam borat, kitosan, dan pemanasan pada kayu manii dan mindi terhadap sifat fisis, mekanis, ketercucian, ketahanan dari serangan organisme perusak kayu, ketahanan api, dan ketahanan dari pemaparan alami.

Kayu manii dan mindi dibelah menggunakan *circular table saw* dengan ketebalan 6 cm. Papan dikeringkan menggunakan *kiln drying* ($T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, KA 12%). Kayu manii dan mindi diimpregnasi menggunakan dua metode yaitu, impregnasi bertingkat dan impregnasi tunggal. Impregnasi bertingkat dilakukan dengan memasukkan bahan pengawet asam borat 5% dalam tangki bertekanan 7 kg cm^{-2} selama 4 jam. Selanjutnya, diimpregnasi dengan kitosan konsentrasi 2%. Impregnasi tunggal dilakukan dengan mengkombinasikan campuran antara asam borat 5% dan kitosan 2%, dibawah tekanan dan durasi yang sama. Tahapan terakhir yaitu, pemanasan pada suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada tekanan ruang selama 4 jam.

Retensi asam borat pada kayu manii dan mindi sebesar $13,4 \pm 0,5\text{ kg m}^{-3}$ dan $12,1 \pm 0,6\text{ kg m}^{-3}$. Peningkatan kerapatan tertinggi terjadi pada kayu yang diberi perlakuan impregnasi tunggal campuran asam borat-kitosan dengan pemanasan $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140), yaitu meningkat sebesar 39% pada kayu mani dan 22% pada kayu mindi. Impregnasi bertingkat perlakuan kitosan dengan pemanasan $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C70) sudah optimum menurunkan pencucian (*leaching*) selama perendaman 48 jam sebesar 30% pada kayu manii dan 35% pada kayu mindi. Impregnasi perlakuan asam borat, kitosan, dan pemanasan dapat meningkatkan stabilitas dimensi pada kayu manii dan mindi. Impregnasi tunggal campuran asam borat-kitosan pemanasan $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140) mampu menurunkan nilai rasio susut T/R dibandingkan kontrol pemanasan $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebesar 1.17 pada kayu manii dan 1.18 pada kayu mindi. Perlakuan tersebut juga menghasilkan penurunan *water absorption* kayu yang paling rendah dan stabilitas dimensi kayu yang paling baik, dinyatakan dengan nilai ASE yang paling tinggi, dibanding dengan perlakuan lainnya pada kedua jenis kayu.

Perlakuan kombinasi asam borat-kitosan dengan pemanasan $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140) meningkatkan nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) sehingga tergolong kelas kuat II (kayu manii) dan kelas kuat III (kayu mindi), sedangkan *Modulus of Rupture* (MOR) menjadi tergolong kelas kuat II pada kedua jenis kayu. Impregnasi tunggal asam borat-kitosan pemanasan $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140) menurunkan nilai *weight loss* rayap

tanah dan jamur pelapuk putih, masing-masing sebesar 40% pada kayu mani dan 32% pada kayu mindi. Perlakuan kitosan maupun asam borat tidak mengakibatkan perubahan warna yang signifikan pada kedua jenis kayu. Akan tetapi, kombinasi dengan pemanasan 140 °C dapat meningkatkan perubahan warna yang nyata, kayu menjadi lebih gelap. Dengan demikian corak dekoratif kayu masih tampak menarik.

Kata Kunci: impregnasi, keawetan, pemaparan alami, sifat fisis mekanis

@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.

SUMMARY

NININ ISTRIANA. The Effectiveness of Combination Treatment with Boron Compounds, Chitosan, and Heating in Improving the Quality of Fast-Growing Wood. Supervised by TRISNA PRIADI and LISMAN SURYANEGARA.

Manii (*Maesopsiss eminii* Engl.) and mindi (*Melia azedarach* Linn.) are fast-growing species used for furniture and construction. However, their resistance against degrading organisms is low (durability class IV). Therefore, wood quality improvement is required for their longer service life and better uses. A combination of boric acid heat treatments could increase wood dimensional stability, reduce the wood hygroscopicity, and increase the resistance against organisms. Chitosan is an environmentally friendly material that can potentially reduce preservatives leaching and increase wood durability. This study aimed to evaluate the effectiveness of combination treatments of boric acid, chitosan, and heating in protecting fast-growing species from degrading organisms, improving physical properties and mechanical properties, and improving wood resistance against fire, termites, decay fungi, and weathering.

Manii and mindi woods were cut using a circular table saw with a thickness of 6 cm. The boards were dried in an drying kiln ($T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, MC 12%). Manii and mindi woods were impregnated using two methods: double impregnation and single impregnation. In double impregnation, impregnation I with boric acid solution in a tank at a pressure of 7 kg cm^{-2} for 4 hours. While, 2% chitosan was used for impregnation II. In single impregnation, a mixture of boric acid 5% + chitosan 2% was used. The following heat treatment was conducted at $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ under atmospheric pressure for 4 hours.

The retention of boric acid in manii and mindi woods was $13,4 \pm 0,5\text{ kg m}^{-3}$ and $12,1 \pm 0,6\text{ kg m}^{-3}$, respectively. The highest increase in density was observed in wood treated with a single impregnation of boric acid-chitosan mixture at $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140), with an increase of 39% for manii wood and 22% for mindi wood. The single impregnation treatment with chitosan at $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C70) was found to be optimal in reducing leaching during 48 hours of immersion, with a decrease of 30% for manii wood and 35% for mindi wood. Boric acid, chitosan, and heat treatment an increase in dimensional stability with for manii and mindi woods. The double impregnation of boric acid-chitosan mixture treatment with $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140) resulted in lower T/R shrinkage ratio compared to that without impregnation (K140), which was 1.17 for manii and 1.18 for mindi woods. The treatment also resulted in the lowest wood water absorption and the dimensional stability, as indicated by the highest Anti-Swelling Efficiency (ASE) values, compared to other treatments on manii and mindi woods.

The combination treatment of boric acid-chitosan with heating at $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140) increased the Modulus of Elasticity (MOE), classifying Mani wood as strength class II and Mindi wood as strength class III. The Modulus of Rupture (MOR) for both wood species was classified as strength class II. The single impregnation of boric acid-chitosan at $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ (M140) reduced the weight loss caused by subterranean termites and white-rot fungi by 40% for mani wood and 32% for mindi wood, respectively.

Treatments with either chitosan or boric acid did not cause a significant change in the color of manii and mindi woods. However, the combination with heating at 140 °C resulted in a noticeable color change, making the wood darker. Consequently, the decorative grain of the wood remained visually appealing.

Keywords: impregnation, physical-mechanical properties, preservation, weathering

@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 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 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.

EFEKTIVITAS KOMBINASI PERLAKUAN ASAM BORAT, KITOSAN, DAN PEMANASAN DALAM PENINGKATAN MUTU KAYU CEPAT TUMBUH

NININ ISTRIANA

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

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Perpustakaan 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. Arinana, S.Hut, M.Si
- 2 Dr. Istie Sekar Rahayu, S.Hut, M.Si

Judul Tesis : Efektivitas Kombinasi Perlakuan Asam Borat, Kitosan, dan Pemanasan dalam Peningkatan Mutu Kayu Cepat Tumbuh
Nama : Ninin Istriana
NIM : E2501211011

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Trisna Priadi, M.Eng.Sc

Pembimbing 2:
Dr. Lisman Suryanegara, M.Agr

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:
30 Juli 2025

Tanggal Lulus:

08 AUG 2025

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2022 ini ialah “Efektivitas Kombinasi Perlakuan Asam Borat, Kitosan, dan Pemanasan dalam Peningkatan Mutu Kayu Cepat Tumbuh”. Selama penulis menempuh pendidikan dan melakukan penelitian, penulis banyak menerima dukungan, bantuan, dan doa yang diberikan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Ayah dan Ibu, Alm. Bapak Sarino dan Ibu Karti yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan moral maupun materil;
2. Prof. Dr. Ir. Trisna Priadi, M.Eng.Sc dan Dr. Lisman Suryanegara, M.Agr yang telah membimbing dan banyak memberi ilmu, pembelajaran, dan saran;
3. Deni Faris Kurniawan, S.T dan Ananda Aruna Habibie Ibrahim yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan memberikan semangat selama penelitian;
4. Seluruh peneliti Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, BRIN yang telah banyak membantu saat penelitian;
5. Rafles Sinaga, Muhammad Ridho Rasyidur, Alessandro Geovani Damanik, dan rekan-rekan Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, BRIN yang telah memberikan dukungan dan doa;
6. Rekan-rekan ITHH dan DHH Angkatan 54 yang telah memberikan dukungan serta doa;

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

Bogor, Juli 2025

Ninin Istriana

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
II. DAFTAR PUSTAKA	3
2.1. Modifikasi Panas (<i>Heat Treatment</i>)	3
2.2. Asam Borat	3
2.3. Kitosan	3
III. METODE	5
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	5
3.2. Alat dan Bahan	5
3.3. Prosedur Kerja	5
3.4. Analisis Data	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Evaluasi Hasil Impregnasi	14
4.2. Sifat Fisis Kayu	15
4.3. Sifat Mekanis Kayu	22
4.4. Ketahanan Kayu Terhadap Organisme dan Faktor Cuaca	26
4.5. Perubahan Warna setelah Perlakuan	28
4.6. Perubahan Warna setelah Pemaparan Alami	31
4.7. Ketahanan Kayu Terhadap Api (Sifat Tahan Api)	35
4.8. Karakterisasi Morfologi Kayu Manii dan Kayu Mindi Termodifikasi (Analisis SEM-EDX)	37
4.9. Analisis Persentase Komponen Unsur	39
4.10. Rekomendasi Perlakuan Impregnasi dan Pemanasan	40
V. SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. Simpulan	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

1	Ukuran contoh uji kayu manii dan kayu mindi	5
2	Kombinasi perlakuan impregnasi asam borat, kitosan, pemanasan	7
3	Klasifikasi ketahanan kayu terhadap serangan jamur pelapuk	8
4	Klasifikasi ketahanan kayu terhadap serangan rayap tanah	9
5	Klasifikasi kelas kuat kayu berdasarkan nilai MOE dan MOR	11
6	Presentase komponen unsur terkandung dalam kedua jenis kayu berbagai perlakuan	40
7	Rekapitulasi hasil uji lanjut Duncan selang kepercayaan 95% kayu manii (E) dan kayu mindi (A) setelah perlakuan impregnasi dan pemanasan pada pengujian sifat fisis kayu	41
8	Rekapitulasi hasil uji lanjut Duncan selang kepercayaan 95% kayu manii (E) dan kayu mindi (A) setelah perlakuan impregnasi dan pemanasan pada pengujian sifat mekanis dan ketahanan kayu	42

DAFTAR GAMBAR

1	WPG impregnan pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan kitosan (C) asam borat-kitosan (BC), kitosan-asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C)	14
2	Nilai kerapatan pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan-asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C)	15
3	Nilai berat jenis pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan-asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C)	16
4	Nilai <i>leaching</i> pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C).	17
5	Nilai <i>water absorption</i> pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C)	19
6	Nilai <i>anti-swelling efficiency</i> pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C)	20

- 7 Nilai penyusutan pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 22
- 8 Nilai MOE pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 23
- 9 Nilai MOR pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 24
- 10 Nilai kekerasan pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 25
- 11 Nilai *weight loss* rayap tanah pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 26
- 12 Nilai *weight loss* jamur pelapuk putih pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan, kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 28
- 13 Nilai pada L^*a^*b kayu manii (E) dan kayu mindi (A) sebelum dan setelah perlakuan impregnan dan pemanasan yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 29
- 14 Nilai pada L^*a^*b kayu manii (E) dan kayu mindi (A) setelah perlakuan impregnan dan pemanasan yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 30
- 15 Tampilan warna kayu manii (E) dan kayu mindi setelah perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 31
- 16 Nilai pada L^*a^*b kayu manii (E) dan kayu mindi (A) setelah pemaparan alami selama 90 hari yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 32
- 17 Nilai pada L^*a^*b kayu manii (E) dan kayu mindi (A) setelah pemaparan alami selama 90 hari yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C),

asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 33

18 Tampilan warna kayu manii (E) dan kayu mindi setelah pemaparan alami selama 90 hari yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 35

19 Nilai *weight loss* kayu manii (E) dan kayu mindi setelah pemaparan alami selama 30 hari, 60 hari, dan 90 hari yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 34

20 Nilai intensitas bakar pada kayu manii (E) dan mindi (A) yang diberi perlakuan asam borat (B), kitosan (C), asam borat-kitosan (BC), kitosan asam borat (CB), dan campuran asam borat-kitosan (M), dengan pemanasan (70 °C dan 140 °C) 36

21 Morfologi penampang lintang kayu mindi (a) dan kayu manii (b) yang dipanaskan 140 °C (K140) dengan perbesaran 100 x; penampang lintang kayu mindi (c) dan kayu manii (d) yang dipanaskan 140 °C (K140) dengan perbesaran 500 x; tanda panah (→) menunjukkan adanya *micro check* 37

22 Morfologi penampang lintang kayu mindi (A) dengan perlakuan asam borat suhu 140 °C (AB140) dengan perbesaran 100 x (a) dan 500 x (b); perlakuan asam borat-kitosan suhu 140 °C (BC140) dengan perbesaran 100 x (c) dan 500 x (d); perlakuan campuran asam borat-kitosan suhu 140 °C (M140) dengan perbesaran 100 x (e) dan 500 x (f); tanda panah (→) menunjukkan adanya partikel senyawa campuran asam borat + kitosan 38

23 Morfologi penampang lintang kayu manii (E) dengan perlakuan asam borat suhu 140 °C (AB140) dengan perbesaran 100 x (a) dan 500 x (b); perlakuan asam borat-kitosan suhu 140 °C (BC140) dengan perbesaran 100 x (c) dan 500 x (d); perlakuan campuran asam borat-kitosan suhu 140 °C (M140) dengan perbesaran 100 x (e) dan 500 x (f); tanda panah (→) menunjukkan adanya partikel senyawa campuran asam borat + kitosan 39

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>weight percent gain</i>	50
2	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>weight percent gai</i>	51
3	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap kerapatan	52
4	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap kerapatan	52
5	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap berat jenis	53
6	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap berat jenis	53
7	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>leaching</i>	54
8	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>leaching</i>	54
9	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>water absorption</i>	55
10	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>water absorption</i>	56
11	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>anti-swelling efficiency</i>	57
12	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>anti-swelling efficiency</i>	58
13	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap penyusutan T/R	59
14	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap penyusutan T/R	59
15	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap MOE	60
16	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap MOE	60
17	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap MOR	61
18	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap MOR	62
19	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap kekerasan	63
20	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap kekerasan	64
21	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>weight loss</i> pada rayap tanah	65
22	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>weight loss</i> pada rayap tanah	65
23	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>weight loss</i> pada jamur pelapuk putih	66
24	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>weight loss</i> pada jamur pelapuk putih	67
25	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap <i>weight loss</i> pada <i>weathering</i>	68
26	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap <i>weight loss</i> pada <i>weathering</i>	68
27	Hasil analisis ragam perlakuan terhadap intensitas bakar	69
28	Hasil analisis uji lanjut duncan perlakuan terhadap intensitas bakar	69