

Uji Performa Alat Vakum Tekan Termodifikasi Untuk Impregnasi Kayu

Esti Prihatini^a, Rohmat Ismail^b, Istie Sekartining Rahayu^a, Rizky Ramdhani^a

^a Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

^b Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

Corresponding Author: esti@apps.ipb.ac.id

Received: 23rd September 2022; Revised: 19th Maret 2023; Accepted: 28th July 2023

Available online: 28th July 2023; Published regularly: July 2023

Abstract

The impregnation process is carried out to increase the resistance of wood from the attack of microorganisms such as fungi and termite attacks by placing the wood in a vacuum tube and then placing an impregnation solution into it. The limited ability of the impregnation tube is an obstacle in carrying out research and practicum activities, therefore it is necessary to modify the impregnation tube so that the impregnation process can provide better results with an indication of the increasing amount of impregnation solution that enters the wood in a shorter time. Verification of the results of impregnation is done by calculating the value of weight percent gain (WPG) and relative standard deviation (%RSD) for the test of the level of appreciation. Based on the results of the experiment the highest %WPG value in the water impregnation solution was obtained from the parameter conditions of the type 3 press vacuum tool, which is with a time of 1 hour and a pressure of 5 bars and is worth (178.29±10.97). The highest %WPG value in boron solution of 5% is obtained from the condition of the type 6 press vacuum tool with a time of 3 hours and a pressure of 5 bars and is worth (5.16±0.45). The smallest %RSD value of water impregnation solution is achieved under the parameter conditions of type 4 tools at 3 hours and pressure 1 bar and is worth 3.99%. The smallest %RSD value of boron impregnation solution is 5% achieved under the parameter conditions of type 2 tools, namely within 1 hour and pressure of 3 bars and is worth 5.36%.

Key Words: impregnation, wood quality, performance test, modification, weight percent gain

Abstrak

Impregnasi merupakan salah satu metode untuk meningkatkan kualitas kayu. Proses impregnasi dilakukan untuk meningkatkan ketahanan kayu, sifat fisis, mekanis kayu dengan menempatkan kayu dalam tabung vakum dan kemudian menempatkan larutan impregnasi ke dalamnya. Terbatasnya kemampuan tabung impregnasi yang dimiliki menjadi kendala dalam melaksanakan kegiatan penelitian maupun praktikum, maka dari itu perlu adanya modifikasi pada tabung impregnasi agar proses impregnasi dapat memberikan hasil yang lebih baik dengan indikasi meningkatnya jumlah larutan impregnasi yang masuk ke dalam kayu dalam waktu yang lebih singkat. Verifikasi dari hasil impregnasi dilakukan dengan cara menghitung nilai weight percent gain (WPG) dan standar deviasi relatif (%RSD) untuk uji tingkat kepresisian. Berdasarkan hasil percobaan nilai %WPG tertinggi pada larutan impregnasi air didapatkan dari kondisi parameter alat vakum tekan tipe 3 yaitu dengan waktu 1 jam dan tekanan 5 bar serta bernilai (178.29±10.97) %. Nilai %WPG tertinggi pada larutan boron 5% didapatkan dari kondisi alat vakum tekan tipe 6 yaitu dengan waktu 3 jam dan tekanan 5 bar serta bernilai (5.16±0.45) %. Nilai %RSD terkecil larutan impregnasi air dicapai pada kondisi parameter alat tipe 4 yaitu pada waktu 3 jam dan tekanan 1 bar serta bernilai 3.99%. Nilai %RSD terkecil larutan impregnasi boron 5% dicapai pada kondisi parameter alat tipe 2 yaitu pada waktu 1 jam dan tekanan 3 bar serta bernilai 5.36 %.

Kata Kunci : impregnasi, kualitas kayu, uji performa, , modifikasi, weight percent gain

PENDAHULUAN

Peningkatan mutu pada kayu menjadi hal yang penting untuk dilakukan dengan pertimbangan adanya perbedaan kualitas pada masing-masing jenis kayu. Salah satu proses peningkatan mutu kayu yaitu dengan modifikasi kayu. Modifikasi kayu merupakan proses yang digunakan untuk meningkatkan sifat fisik, mekanik, atau estetika dari kayu (Sanberg, 2017). Modifikasi kayu bertujuan untuk meningkatkan nilai stabilitas dimensi, keawetan, dan ketahanan terhadap cuaca (Hill 2011). Salah satu modifikasi kayu adalah impregnasi yang merupakan pengisian bahan impregnan pada kayu agar sifat-sifat kayu dapat meningkat. Aplikasi metode impregnasi kayu adalah untuk pengawetan kayu dan peningkatan kualitas sifat fisis kayu (Rahayu et al., 2022a; Rahayu et al., 2022b). Pengawetan kayu bertujuan untuk memasukkan bahan pengawet ke dalam kayu dengan retensi dan penembusan yang sempurna (Barly dan Lelana, 2009). Menurut Pangestuti et al. (2016), kayu dapat dimanfaatkan secara efisien salah satunya dengan penerapan teknologi pengawetan kayu. Dengan pengawetan akan melindungi kayu dari faktor perusak, baik cuaca maupun pelapukan (Ozdemir et al. 2015). Proses impregnasi pada umumnya dimulai dengan melakukan vakum pada sampel kayu diikuti dengan memasukkan larutan impregnan dan kemudian ditekan pada tekanan yang telah ditentukan. Pengujian hasil proses impregnasi yang sesuai dengan standar perlu menjadi hal yang penting untuk diperhatikan agar mendapatkan hasil yang akurat terhadap penentuan masuknya bahan impregnan kedalam kayu. Keterbatasan alat vakum tekan yang saat ini dimiliki tidak memungkinkan untuk memasukan larutan dari luar tabung. Sehingga diduga larutan yang dapat masuk kedalam kayu menjadi tidak optimal.

Proses pengawetan vakum-tekan masih dianggap mahal dan kurang praktis untuk mengawetkan kayu, salah satunya disebabkan oleh terbatasnya kemampuan alat vakum tekan untuk melaksanakan proses impregnasi. Alat ini merupakan peralatan milik Divisi Teknologi Peningkatan Mutu Kayu, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, dimana alat ini hanya bisa digunakan untuk melakukan vakum tekan, dan dari sisi dimensi, panjangnya tidak cukup untuk sampel pengujian sifat mekanis kayu. Oleh sebab itu perlu adanya modifikasi alat vakum tekan yang ada untuk menciptakan alat yang memiliki kemampuan yang setara dengan alat yang terdapat di industri namun dengan biaya yang rendah dan tetap dapat meningkatkan masuknya larutan impregnan ke dalam kayu. Modifikasi tersebut diharapkan dapat menunjang kegiatan penelitian maupun praktikum secara berkesinambungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq.) sebagai material yang akan diuji. Adapun larutan impregnan yang akan diujikan adalah boron 5% dan air serta alat yang digunakan adalah timbangan elektrik, kaliper digital dan alat vakum tekan hasil modifikasi.

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan perancangan alat uji yang menggunakan desain dasar dari alat vakum tekan yang telah dimiliki dengan ditambahkan kapasitas dan saluran untuk memasukan bahan kimia dari luar alat. Alat ini dibuat dengan ukuran panjang tabung bagian luar 53 cm, Panjang bagian dalam 50 cm, diameter tabung bagian luar 29 cm, diameter bagian dalam 25 cm dilengkapi dengan saluran pipa untuk tekan, serta saluran pipa untuk vakum dan memasukkan cairan ke dalam tabung. Ketiga lubang ini dilengkapi dengan kran untuk membuka dan menutup sesuai dengann kebutuhan. Untuk tempat sampel dan cairan, di dalam tabung dibuat wadah yang benbentuk silinder yang terbuka bagian atasnya, tabung ini bisa dikeluarkan dan masukkan. Untuk penutup dibagian depan, penutupnya dibuat menggunakan engsel sehingga lebih mudah untuk membuka dan menutupnya. Pengujian alat dan pengambilan data dilakukan dengan pengukuran nilai *weight percent gain* (WPG). Metode impregnasi yang digunakan mengadaptasi metode Salman *et al.* (2014) dan Dong *et al.* (2015). Pengujian dilakukan pada alat vakum tekan yang lama dan yang telah dimodifikasi. Selanjutnya contoh uji ditata pada tabung impregnasi dan diberi larutan boron 5% dan air pada masing-masing konsentrasi hingga terendam. Proses selanjutnya yaitu melakukan penelitian dengan parameter alat vakum tekan sebagai berikut.

Tabel 1 Data Parameter Alat Vakum Tekan

Jumlah Ulangan	Kondisi Parameter Alat	Waktu (jam)	Tekanan (Bar)
10	1	1	1
	2	1	3
	3	1	5
	4	3	1
	5	3	3
	6	3	5

Setelah proses impregnasi, contoh uji ditiriskan dari sisa larutan impregnan dan di diamkan selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah itu sampel dikeringkan dalam oven suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai beratnya konstan. Tahap selanjutnya adalah menimbang contoh uji untuk mengetahui berat setelah perlakuan impregnasi (W_1) sehingga dapat diketahui pertambahan berat atau *weight percent gain* (WPG).

WPG yang diperoleh dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$WPG (\%) = \frac{w_1 - w_0}{w_0} \times 100\%$$

Keterangan:

WPG = Pertambahan berat setelah perlakuan impregnasi (%)

W_0 = Berat kering oven contoh uji sebelum perlakuan impregnasi (g)

W_1 = Berat kering oven contoh uji setelah perlakuan impregnasi (g)

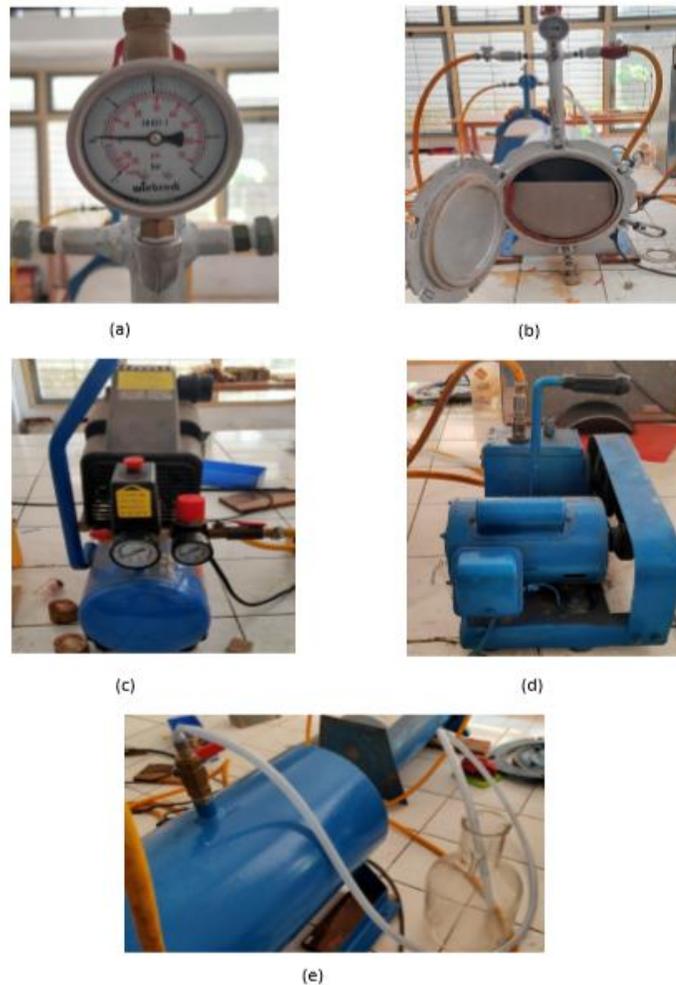
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perakitan Alat Vakum Tekan Termodifikasi

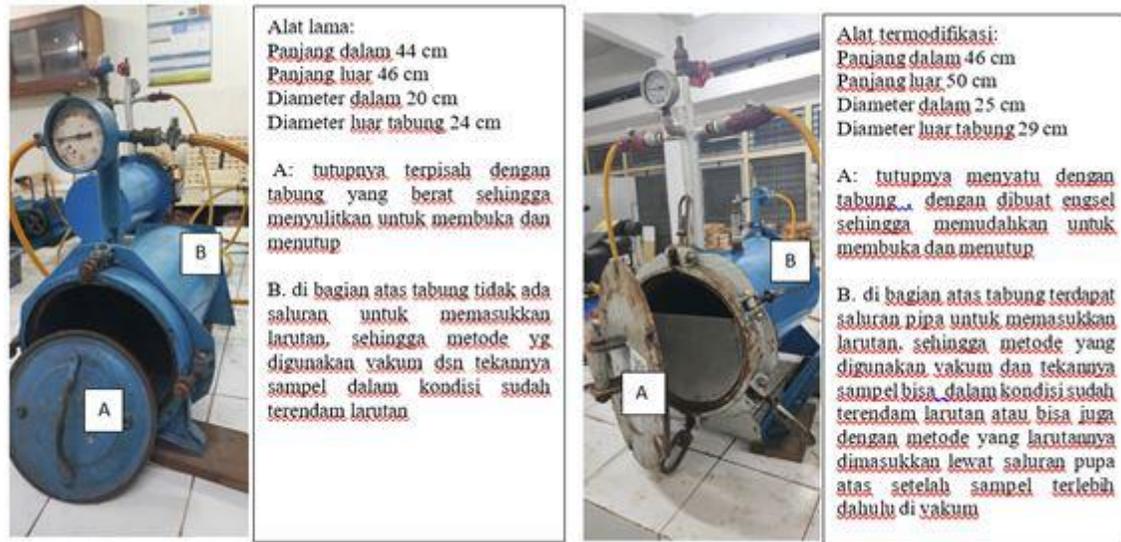
Kegiatan penelitian diawali dengan proses perakitan alat vakum tekan termodifikasi. Komponen penyusun alat vakum ini terdiri dari pengukur tekanan, tabung impregnasi, mesin kompresor, mesin vakum serta saluran dan tempat penyimpanan larutan impregnan (Gambar 1). Alat pengukur tekanan digunakan untuk mengukur tekanan dalam alat vakum tekan pada tabung impregnasi selama proses impregnasi kayu secara aktual sehingga dapat memastikan bahwa proses impregnasi menggunakan tekanan yang sesuai dengan metode yang digunakan untuk mencapai hasil yang optimum. Tabung impregnasi digunakan untuk menempatkan sample potongan kayu yang akan diimpregnasi. Mesin kompresor digunakan untuk menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan dalam tangki udara kempa untuk disuplai kepada tabung impregnasi sehingga proses impregnasi berjalan dengan baik. Mesin vakum digunakan untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam tabung impregnasi untuk mencapai tekanan vakum. Saluran dan tempat penyimpanan larutan impregnan digunakan sebagai tempat penyimpanan dan menyalurkan larutan impregnan ke dalam tabung impregnasi.

Penelitian ini berfokus pada pembuatan alat tabung untuk proses vakum tekan impregnasi kayu dengan modifikasi agar dapat digunakan dalam skala laboratorium pada kegiatan penelitian dan praktikum mahasiswa. Modifikasi yang dilakukan yaitu dengan membuat alat lebih sederhana dan memiliki kapasitas yang lebih kecil sesuai dengan tujuan penggunaannya. Alat ini digunakan untuk praktikum pengawetan kayu dengan skala kecil dan untuk penelitian mahasiswa dan dosen tidak terbatas pada pengawetan kayu, tetapi untuk peningkatan kualitas kayu dengan cara impregnasi di lingkungan IPB. Hasil penelitian yang sudah berbentuk purwa rupa ini (Gambar 2), telah memiliki tingkat kepresisian yang baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan data hasil

impregnasi air dan larutan boron 5% pada kayu jabon dengan variable parameter alat berupa waktu dan besarnya tekanan yang diberikan selama proses impregnasi berlangsung. Pemilihan larutan impregnan air dan boron 5% mengacu pada alasan bahwa air merupakan pelarut universal yang digunakan untuk pembuatan larutan impregnan dan bersifat sebagai koreksi blanko, sedangkan senyawa boron seperti asam borat, disodium tetraborat dekahidrat (borax) atau disodium oktaborat tetrahidrat, dianggap sebagai biosida yang relatif aman dan efektif untuk aplikasi dalam penggunaan interior (Salman *et al.* 2014). Pemilihan kayu jabon karena memiliki keunggulan yaitu pertumbuhan cepat dan ketersediaannya yang melimpah di Indonesia tetapi akan memicu kerapatan dan kekuatan kayu yang rendah. Menurut Darmawan *et al.* (2013), pada umur kayu 7 tahun, kerapatan kayu jabon berkisar 250–580 kg/m³ dan memiliki 100% kayu juvenil.



Gambar 1. Komponen alat vakum tekan untuk impregnasi kayu (a) Pengukur tekanan (b) Tabung impregnasi (c) Mesin kompresor (d) Mesin vakum (e) Saluran dan tempat penyimpanan larutan impregnan



(a)



(b)

Gambar 2. Dokumentasi Alat Vakum Tekan dengan (a) Detail Modifikasi dan (b) Hasil Modifikasi Untuk Proses Impregnasi Pada Kayu

Hasil Analisis dan Pengolahan Data

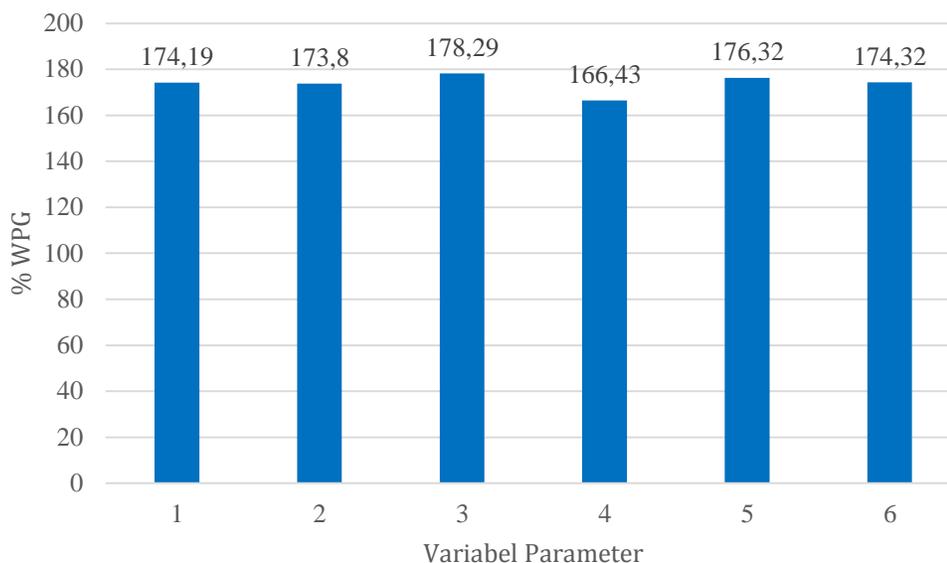
Proses impregnasi dilakukan dengan enam variasi kondisi parameter alat vakum tekan termodifikasi dengan tujuan mencari kondisi optimum untuk proses impregnasi pada kayu jabon. Variasi tersebut dilakukan dengan mengatur lamanya waktu dan besarnya tekanan yang diberikan selama proses impregnasi. Berdasarkan data hasil penelitian (Tabel 2), terdapat dua parameter yang menjadi acuan untuk mengukur tingkat keberhasilan perakitan alat vakum tekan termodifikasi ini yaitu %WPG sebagai acuan banyaknya bahan impregnan yang terimpregnasi ke dalam kayu jabon dan %RSD sebagai acuan nilai kepresisian hasil impregnasi yang dilakukan dalam 10 kali ulangan. Semakin tinggi nilai %WPG maka semakin baik performa alat sedang pada nilai %RSD semakin kecil nilainya maka semakin baik performa alatnya. Nilai % WPG pada air dan larutan boron 5% sangat berbeda jauh hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan sifat dari kedua larutan tersebut ketika terimpregnasi ke dalam struktur kayu. Air lebih mudah masuk ke dalam struktur kayu karena sifat air mudah meresap walaupun tanpa adanya tekanan vakum sedang larutan boron 5% mengandung boron dalam bentuk senyawa asam borat yang meningkatkan nilai densitas larutan sehingga sulit menembus struktur dalam kayu

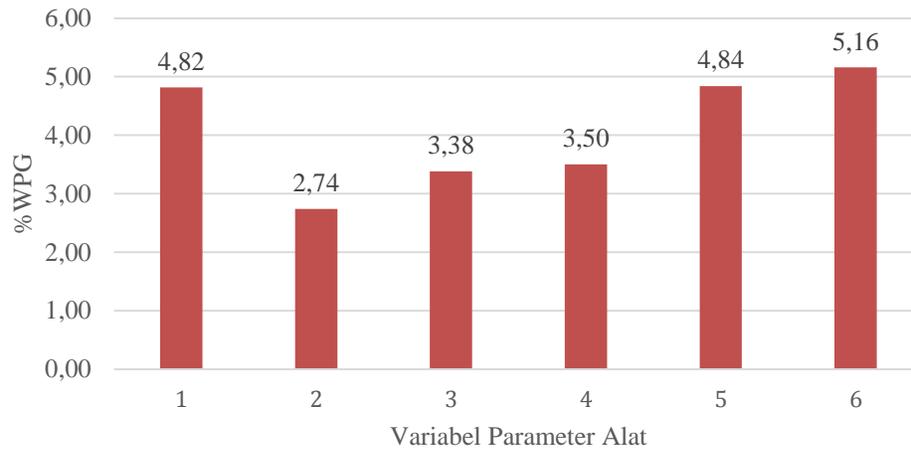
Tabel 2 Data nilai weight percent gain (WPG) dan presisi

Larutan Impregnan	Kondisi Parameter Alat	Waktu (jam)	Tekanan (Bar)	Nilai % WPG	Nilai %RSD
Boron 5%	1	1	1	174.19±9.56	5.49
	2	1	3	173.80±11.42	6.57
	3	1	5	178.29±10.97	6.15
	4	3	1	166.43±6.63	3.99
	5	3	3	176.32±13.12	7.44
	6	3	5	174.32±11.07	6.35
Air	1	1	1	4.82±0.58	12.01
	2	1	3	2.74±0.15	5.36
	3	1	5	3.38±0.38	11.27
	4	3	1	3.50±0.28	8.10
	5	3	3	4.84±0.45	9.40
	6	3	5	5.16±0.45	8.73

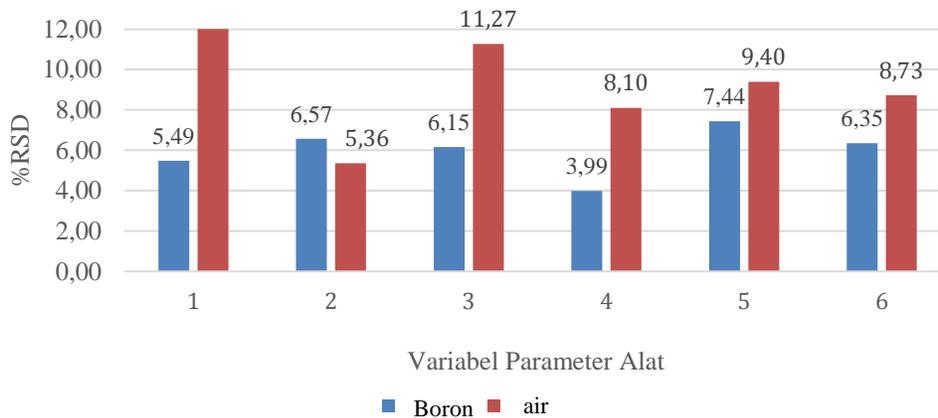
Nilai %WPG tertinggi pada larutan impregnan boron didapatkan dari kondisi parameter alat vakum tekan tipe 3 yaitu dengan waktu 1 jam dan tekanan 5 bar serta bernilai 178.29±10.97 % (Gambar 3a). Hal ini menunjukkan bahwa senyawa boron berhasil masuk pada kayu jabon sehingga waktu tidak mempengaruhi secara signifikan untuk proses impregnasinya dan dengan adanya tekanan yang besar menyebabkan boron yang terimpregnasi menjadi lebih banyak dan mencapai kapasitas optimumnya. Nilai WPG impregnasi boron lebih besar dibandingkan Orfian (2018) yang mengimpregnasi kayu sengon dengan boron yang ditambahkan MMA mendapatkan nilai WPG sebesar 79%.

Nilai %WPG tertinggi pada larutan air didapatkan dari kondisi alat vakum tekan tipe 6 yaitu dengan waktu 3 jam dan tekanan 5 bar serta bernilai 5.16±0.45 % (Gambar 3b). Hal ini menunjukkan bahwa waktu dan besarnya tekanan sangat berpengaruh terhadap proses impregnasi air pada kayu jabon. Dengan adanya tekanan yang paling besar dan waktu yang paling lama pada variable parameter alat mampu mengimpregnasikan larutan air dalam jumlah yang optimum pada kayu jabon





Gambar 3. Nilai %WPG pada larutan impregnan (a) Boron 5% (b) Air



Gambar 4. Nilai %RSD pada larutan impregnan boron 5% dan air

Nilai %RSD terkecil larutan impregnan boron 5% dicapai pada kondisi parameter alat tipe 4 yaitu pada waktu 3 jam dan tekanan 1 bar serta bernilai 3.99% . Nilai %RSD terkecil larutan impregnan air dicapai pada kondisi parameter alat tipe 2 yaitu pada waktu 1 jam dan tekanan 3 bar serta bernilai 5.36 % (Gambar 4). Data hasil pengukuran %WPG tersebut menunjukkan bahwa sistem alat vakum tekan termodifikasi yang telah berupa purwa rupa ini dapat menghasilkan data dengan tingkat kepresisian yang sangat baik terutama pada larutan impregnan boron karena menurut Eurachem (2014), spesifikasi pengukuran dengan tingkat kepresisian yang sangat baik memiliki nilai persentase standar deviasi relatif (RSD) kurang dari 5%. Pada data larutan impregnan air belum mencapai %RSD dibawah 5%

KESIMPULAN

Nilai %WPG tertinggi pada larutan impregnan Boron5% yaitu $178.29 \pm 10.97\%$ sedangkan pada larutan air yaitu $5.16 \pm 0.45\%$. Nilai %RSD terkecil pada larutan impregnan Boron 5% yaitu 3.99% sedangkan larutan impregnan air yaitu 5.36 %. Hasil ini menunjukkan bahwa alat vakum tekan termodifikasi memiliki performa yang baik untuk proses impregnasi kayu di laboratorium pada kegiatan penelitian dan praktikum

Saran

Penelitian ini harus melakukan uji profisiensi dengan melakukan proses impregnasi pada jenis kayu dan larutan impregnan yang sama menggunakan alat yang telah terverifikasi terkait kestabilan tekanan dan sistem impregnasinya sehingga menghasilkan proses impregnasi yang optimal. Selain itu perlu dilakukan pula proses impregnasi pada jenis kayu, larutan impregnan, operator yang mengerjakan dan juga lingkungan yang berbeda untuk melengkapai data parameter verifikasi dan uji stabilitas alat vakum tekan termodifikasi ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Teknologi Peningkatan Mutu Kayu, Departemen Hasil Hutan FAHUTANLING serta Direktorat Sumberdaya Manusia IPB University atas dukungannya untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Archer K, Lebow S. 2006. *Wood Preservation*. Wisconsin. hlm 297-338.
- Orfian G. 2018. Peningkatan Kualitas Kayu Jabon Merah dengan Impregnasi Senyawa Boron dan Metil Metakrilat. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Bamber RK, Burley J. 1983. *The Wood Properties of Radiate Pine*. Oxford: CAB. 84.
- Barly, Lelana, NE. 2010. Pengaruh Ketebalan Kayu, Konsentrasi Larutan dan Lama Perendaman Terhadap Hasil Pengawetan Kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 28 No. 1, 1-8.
- Darmawan, W., Nandika, D., Rahayu, I., Fourier, M., & Marchal, R. (2013). Determination of Juvenile and Mature Transition Ring for Fast Growing Sengon and Jabon Wood. *Journal of Indian Academy of Wood Science*, 39-47.
- Dirna FC. 2017. Karakteristik kayu sengon terimpregnasi monoethylene glycol dan nano-SiO₂ [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dong Y, Yan Y, Zhang S, Li J. 2014. Wood/Polymer nanocomposites prepared by impregnation with furfuryl alcohol and nano SiO₂. *BioResources*. 9(4):6028- 6040.
- Dong Y, Yan Y, Zhang Y, Zhang S, Li J. 2015. Combined treatment for conversion of fast-growing poplar wood to magnetic wood with high dimensional stability. *Wood Sci Technol* 50 (3): 1-15. <https://doi.org/10.1007/s00226-015-0789-6>
- Eurachem. 2014. *The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0.
- Hill CAS. (2011). Wood modification: An update. . *Bioresources*, 918-919.
- Ibach RE, Ellis WD. 2005. Lumen Modification. Di dalam: Rowell RM, editor. *Wood Chemistry and Wood Composites*. Florida: CRC Press. hlm 421- 446.
- Mar'iiin. 2009. Ketahanan kayu rambutan (*Nephelium* spp. L.) dan Kayu Pinus (*Pinus Merkusii* Jungh. Et de Vr.) hasil impregnasi stirena terhadap rayap [skripsi] Bogor (ID: Institut Pertanian Bogor)
- Ozdemir T, Temiz A, Aydin I. 2015. Effect of Wood Preservatives on Surface Properties of Coated Wood Turgay . Hindawi Publishing Corporation *Advances in Materials Science and Engineering* Volume 2015, Article ID 631835, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/631835>.
- Pangestuti EK, Lashari, Hardomo A. 2016. Pengawetan Kayu Sengon Melalui Rendaman Dingin, Menggunakan Bahan Pengawet Enbor SP Ditinjau Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. Nomor 1 Volume 18 – Januari **56** , hal: 55 – 64.
- Rahayu, I., Prihatini, E., Ismail, R., Darmawan, W., Karlinasari, L., & Laksono, G. D. (2022). Fast-Growing Magnetic Wood Synthesis by an In-Situ Method. In *Polymers* (Vol. 14, Issue 11). <https://doi.org/10.3390/polym14112137>
- Rahayu, I., Darmawan, W., Nawawi, D. S., Prihatini, E., Ismail, R., & Laksono, G. D. (2022). Physical Properties of Fast-Growing Wood-Polymer Nano Composite Synthesized through TiO₂ Nanoparticle Impregnation. In *Polymers* (Vol. 14, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/polym14204463>

- Salman, S. Pé trissans A. Thé venon, MF. Dumarc ay, S. Perrin, D. Pollier, B. Gé rardin P. 2014. Development of new wood treatments combining boron impregnation and thermo modification Effect of additives on boron leachability. *European Journal of Wood and Wood Products* 72(3):355-365. DOI 10.1007/s00107-014-0787-7
- Sanberg, D. Kutnar, A. Mantanis, G. 2017. Wood modification technologies - a review. *iForest* 10: 895-908 doi: 10.3832/ifor2380-010
- Tsoumis G. 1991. *Science and technology of wood: Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.