

The Effect of Coating on the Durability of Recycled Pine Wood Pallet

Arif Delviawan^{1*}, Ithya Ayu Wulan Famitha¹, Shafa Tiranita Hazanah¹

¹Kehutanan, Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145

*corresponding email: arifdelviawan@ub.ac.id

Submitted: 2024-12-08; Accepted: 2024-12-20; Published: 2024-12-30

ABSTRACT

Recycled pine wood pallets serve as a viable alternative material for diverse construction and furnishing applications. However, its durability requires enhancement to increase resistance to termites, fungi, and other deleterious agents. Coating treatment is one method to enhance the durability of recycled pine wood pallets. Applying a coating to wood can enhance its durability and extend its service life. The application of the coating can impact the effectiveness and durability of recycled wood boards. Consequently, additional research is required to ascertain the impact of coating type on the longevity of utilized pallet pine wood. Five categories of coatings, specifically wood paint, used oil, cooking oil, thinner, and polish, were administered to the wood sample specimens. This research employed the graveyard test method by submerging wood samples (three-quarters of their length) in soil for two months at the Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang. Six replications were conducted for each treatment. Coating treatment is anticipated to provide an alternative for enhancing the longevity of utilized pallet wood, which frequently lacks enough protection against destructive agents like termites and fungi. The findings indicated that the coating treatment markedly enhanced the durability of utilized pallet pine wood against biological threats and environmental influences. The treatment of cooking oil, in comparison to alternative methods, demonstrated efficacy in mitigating weight loss in wood samples, signifying enhanced protection against termites, fungi, and environmental conditions. In contrast, uncoated wood exhibited considerable damage, signifying its vulnerability to biological and environmental assaults.

Keywords: coating, recycling, wood durability, pallets, graveyard test

PENDAHULUAN

Palet kayu memiliki peran penting dalam berbagai sektor industri. Kayu yang biasa digunakan sebagai struktur penyangga dalam pengangkutan barang menggunakan *forklift* atau *crane* ini umumnya terbuat dari beberapa jenis kayu seperti pinus (*Pine spp.*), ek (*Quercus spp.*), jati (*Tectona Grandis*), atau mahoni (*Swietenia spp.*). Penggunaan kayu palet meluas di berbagai industri, termasuk pengiriman, logistik, manufaktur, dan pertanian. Selain fungsinya sebagai alat dukung transportasi, kayu palet juga berperan sebagai media penyimpanan, bahan bangunan, bahan bakar alternatif, dan sumber material daur ulang. Keberagaman fungsi kayu palet ini

menunjukkan potensi yang besar untuk memaksimalkan pemanfaatannya, baik dari aspek ekonomi maupun ekologis. Kegunaan lain dari kayu palet tergantung pada kebutuhan dan kreativitas penggunaannya. Papan palet bekas, terutama yang terbuat dari kayu pinus, menjadi perhatian karena umur pakainya yang relatif singkat akibat penggunaan yang terus menerus. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan keawetan papan palet bekas dari kayu pinus agar dapat digunakan kembali dalam jangka waktu yang lebih lama.

Pinus, sebagai jenis kayu lunak yang populer, memiliki beragam aplikasi dalam berbagai industri. Penggunaannya meliputi produksi mebel, pulp dan kertas,

korek api, dan tripleks (Sabrina *et al.*, 2021). Kayu pinus, dengan harga yang lebih terjangkau dibandingkan kayu kelas awet sejenis lainnya, menjadi pilihan populer sebagai bahan baku palet. Kayu pinus bekas palet pun dapat diubah menjadi furnitur atau dekorasi rumah, taman vertikal, pot tanaman unik, pagar, atau dinding pembatas. Selain itu, kayu palet juga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif atau didaur ulang menjadi bahan baru. Pemanfaatan kembali bekas kayu palet menjadi berbagai produk berguna merupakan langkah penting dalam mendukung konsep ekonomi sirkular dan mengurangi limbah. Namun, penggunaan kembali kayu palet bekas ini perlu diwaspadai terjadi penurunan durabilitasnya. Hal ini bisa menyebabkan kayu tersebut menjadi rentan terhadap serangan faktor perusak seperti rayap dan jamur.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perlakuan *coating* pada kayu dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan organisme perusak (Aydin *et al.*, 2015; Imawan & Suhaendi, 2018). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa pemberian *coating* pada kayu jati dan merbau meningkatkan ketahanan terhadap serangan rayap tanah (Samsi *et al.*, 2015; Hidayati *et al.*, 2017). Namun, penelitian yang fokus pada pengaruh *coating* pada kayu pinus bekas palet terhadap ketahanan serangan rayap tanah masih terbatas. Penelitian oleh Yohanes *et al.*, (2020), Tawakkal *et al.*, (2017), dan Sari *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa pemberian cat kayu, pelitur, oli bekas, dan minyak goreng pada papan palet bekas dapat meningkatkan ketahanannya terhadap serangan rayap dan jamur.

Pilihan jenis *coating* yang diaplikasikan pada papan palet bekas kayu pinus dapat berdampak signifikan pada efektivitas dan sifat keawetannya. Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti pengaruh *coating* pada kayu, fokus penelitian pada kayu pinus bekas palet, khususnya dalam konteks ketahanan terhadap faktor perusak kayu, masih terbatas. Oleh

karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh lima jenis *coating*, yaitu cat kayu, oli bekas, minyak goreng, *thinner*, dan pelitur, terhadap sifat keawetan papan palet bekas kayu pinus melalui uji ketahanan dengan metode uji kubur. Analisis dampak masing-masing jenis *coating* terhadap keawetan kayu pinus, diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam upaya meningkatkan kualitas dan keawetan dari papan palet bekas, serta membandingkan jenis *coating* mana yang lebih efektif dan efisien dalam upaya meningkatkan kualitas dan ketahanan kayu pinus palet bekas.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga September 2024, berlokasi di lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Alat yang digunakan meliputi oven, kaliper, timbangan, *moisture* meter, kamera digital, tripod, aluminium foil, kuas, dan gelas ukur. Bahan yang digunakan meliputi kayu pinus (*Pinus* sp.) bekas palet, cat kayu, *thinner*, minyak goreng, oli bekas, dan pelitur. Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap: persiapan, pemberian *coating*, pengujian keawetan, dan analisis serta kesimpulan. Tahap persiapan berupa pemilihan jenis kayu pinus bekas palet.

Penelitian ini mengadopsi metode uji ketahanan terhadap serangan rayap tanah, mengacu pada standar ASTM D2017-81, dengan modifikasi pada dimensi sampel uji (20 cm x 2 cm x 1,8 cm). Pengujian dilakukan sebanyak enam kali untuk meningkatkan reliabilitas hasil penelitian. Sebelum dilakukan perlakuan, dimensi dan berat masing-masing sampel uji diukur menggunakan kaliper dan timbangan, serta difoto untuk mendokumentasikan kondisi awal sampel. Kerapatan kayu pinus bekas palet dihitung dengan membagi massa sampel kayu dengan volumenya. Kadar air kayu ditentukan menggunakan alat pengukur kadar air (*moisture meter*). Kombinasi pengukuran kerapatan dan kadar air

memberikan gambaran komprehensif tentang karakteristik fisik kayu pinus bekas palet, sehingga memungkinkan analisis yang lebih akurat terkait pengaruh *coating* terhadap keawetan kayu.

Selanjutnya, sampel uji dioven pada suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering tanur (BKT) awal (sebelum uji kubur). Tahap selanjutnya yakni pemberian perlakuan *coating*. Lima jenis *coating* diaplikasikan pada sampel uji, yaitu cat kayu, *thinner*, minyak goreng, oli bekas, dan pelitur. Setiap jenis *coating* dioleskan pada sampel uji menggunakan kuas dengan jumlah 5 ml per perlakuan per sampel uji. Pengujian keawetan dilakukan dengan metode uji kubur selama 2 bulan. Tiga perempat bagian panjang sampel dikubur di dalam tanah, sedangkan seperempat bagian lainnya berada di atas permukaan tanah.

Kondisi sampel yang diberi *coating* dan yang tidak diberi *coating* (kontrol) diamati untuk menilai efektivitas masing-masing perlakuan dalam meningkatkan ketahanan kayu. Setelah 2 bulan, sampel uji diambil, dibersihkan, dan dioven kembali untuk mendapatkan berat kering tanur setelah uji kubur. Data hasil pengujian keawetan dan kondisi sampel uji dianalisis untuk menentukan jenis *coating* yang paling efektif dalam meningkatkan keawetan kayu pinus bekas palet. Analisis ini dilakukan dengan pendekatan *weight loss*, yaitu persentase penurunan berat sampel kayu sebelum dan sesudah perlakuan. Sebagaimana penelitian Hadi *et al.*, (2016), *weight loss* (WL) dapat dihitung dengan rumus:

$$WL (\%) = \frac{(BKT \text{ awal} - BKT \text{ akhir})}{BKT \text{ awal}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil pengamatan terhadap sifat fisik kayu pinus bekas palet dengan berbagai jenis perlakuan *coating*.

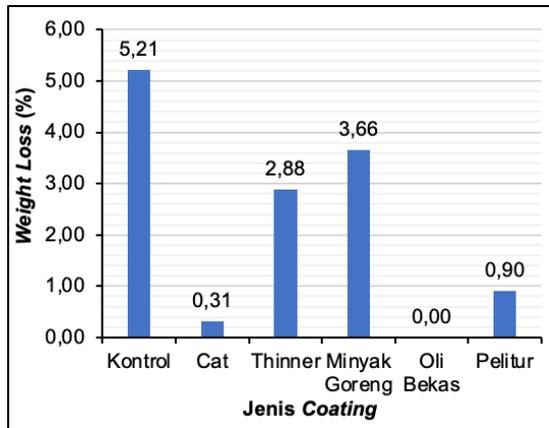
Tabel 1. Hasil data pengamatan dari setiap perlakuan

No	Jenis Perlakuan	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar Air (%)
1	Kontrol	0,44	12,42
2	Cat	0,37	14,21
3	Thinner	0,45	12,41
4	Minyak goreng	0,51	13,27
5	Oli bekas	0,38	12,68
6	Pelitur	0,42	12,83

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kerapatan dan kadar air bervariasi berdasarkan jenis perlakuan. Kerapatan kayu berkisar antara 0,37 hingga 0,51 g/cm³ dengan rata-rata 0,43 g/cm³. Rentang variasi ini mengindikasikan adanya perbedaan karakteristik fisik kayu yang diakibatkan oleh perbedaan jenis perlakuan yang diberikan. Berdasarkan data kerapatan yang didapat, kayu yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai kayu kelas awet III (sedang). Artinya, kayu tersebut memiliki daya tahan sedang terhadap serangan jamur, serangga, dan faktor perusak lainnya. Kadar air kayu secara keseluruhan berada pada kisaran rata-rata 12,07%. Rentang ini menunjukkan bahwa kayu secara umum berada dalam kategori kering. Meskipun kadar air kayu yang digunakan pada penelitian masih berada di bawah 30% sesuai standar SNI 7973:2013 (BSN, 2013) untuk material konstruksi dan berada pada kelas awet sedang, hal ini tidak menjamin kayu terhindar dari gangguan faktor perusak.

Hasil pengukuran presentase *weight loss* pada sampel yang diberikan berbagai perlakuan *coating* dapat dilihat pada Gambar 1. Data memperlihatkan bahwa perlakuan yang diberikan memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat *weight loss*. Pengurangan berat yang terjadi mengindikasikan adanya kerusakan pada kayu. Sampel kontrol, yang tidak diberi perlakuan apapun, menunjukkan presentase *weight loss* tertinggi yaitu 5,21%. Hal ini menunjukkan

bahwa sampel kontrol mengalami degradasi paling besar.



Gambar 1. Presentase weight loss setiap perlakuan

Kayu pinus, dengan kandungan selulosa yang tinggi mencapai 48,18% (Nawawi *et al.*, 2018), rentan terhadap serangan rayap yang memakan selulosa sebagai sumber makanan utama (Wibisono *et al.*, 2018). Hal ini mengakibatkan kerusakan kayu dan pengurangan berat yang terlihat pada bekas gigitan dan perubahan bentuk kayu setelah uji kubur. Kayu yang diberi perlakuan cat, *thinner*, minyak goreng, dan pelitur mengalami penurunan persentase kehilangan berat dibandingkan kayu kontrol. Penurunan kehilangan berat mengindikasikan adanya peningkatan keawetan kayu pinus bekas palet (29-93%), meskipun tidak seutuhnya terhindar dari kerusakan.

Pengaplikasian cat pada kayu, sebagai teknik *finishing*, bertujuan untuk meningkatkan daya tahan terhadap serangan mikroba dan rayap dengan membentuk lapisan pelindung guna meminimalisir kontak langsung dengan organisme perusak (Fahrussiam & Lestari, 2023). Meskipun lapisan cat dapat mencegah sebagian besar serangan, hasil uji kubur menunjukkan bahwa kayu dengan perlakuan cat masih mengalami kehilangan berat sebesar 0,31%. Hal ini mengindikasikan bahwa perlindungan tersebut tidak sepenuhnya sempurna (lihat Gambar 2). Di sisi lain, sampel yang dilapisi cat menunjukkan presentase *weight loss* terendah kedua, menandakan

bahwa pelapisan cat sangat efektif dalam mencegah degradasi dan *weight loss* pada sampel. Hasil ini konsisten dengan peranan pelapisan cat yang umumnya digunakan sebagai pelindung permukaan. Lapisan cat dapat membentuk *barrier* pelindung yang mencegah kontak langsung dengan lingkungan eksternal, sehingga meminimalisir kehilangan berat akibat serangan rayap, jamur, dan atau faktor perusak lainnya.



Gambar 2. Kerusakan sampel kayu setelah uji kubur

Kayu yang diberi perlakuan oli bekas menunjukkan hasil yang lebih baik dengan tidak mengalami kehilangan berat sama sekali. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan oli bekas lebih efektif dalam menjaga integritas kayu dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Senyawa-senyawa dalam oli bekas seperti isoalkana dan mono sikloalkana (Utomo *et al.*, 2017), diduga menciptakan lingkungan yang tidak disukai oleh rayap. Pengolesan oli dapat mencegah keluar - masuknya air karena pori - pori kayu tertutup oleh oli, sehingga dapat menahan serangan rayap (Arifin *et al.*, 2022) dan justru memberikan perlindungan optimal terhadap kayu pinus bekas palet yang digunakan.

Hal ini menjadikan oli bekas sebagai alternatif yang potensial untuk memperpanjang umur pakai kayu pinus bekas palet. Meskipun perlakuan dengan oli bekas menunjukkan peningkatan keawetan kayu pinus bekas palet yang signifikan, perlu diingat bahwa oli bekas merupakan limbah B3 (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021) dengan potensi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Penggunaannya dapat efektif dalam aplikasi tertentu, seperti bantalan rel kereta api dan aplikasi lainnya, yang minim interaksi dengan makhluk hidup. Sedangkan penggunaan oli bekas sebagai bahan pengawet untuk konstruksi bangunan atau furnitur sebaiknya dihindari.

Thinner, yang merupakan campuran alkohol dan benzene (Khasib, 2017), memiliki sifat encer yang memungkinkan dapat dengan mudah melapisi kayu. Akan tetapi, sifatnya yang mudah menguap menghadirkan tantangan dalam memastikan penetrasi zat pengawet ke dalam serat kayu. Hal ini berpotensi mengakibatkan hilangnya zat pengawet dan meninggalkan kayu rentan terhadap serangan organisme dalam jangka panjang. Sejalan dengan itu, hasil penelitian menunjukkan perlakuan *thinner* mampu menurunkan resiko *weight loss* yang signifikan sebesar 2,88%. Hal ini mengindikasikan bahwa walaupun kayu pinus bekas palet belum seutuhnya terlindungi, namun *thinner* berperan dalam meningkatkan kekompakan struktur permukaan dan mengurangi kerentanan terhadap degradasi.

Pengaplikasian *coating* minyak goreng pada kayu pinus bekas palet menunjukkan adanya *weight loss* sebesar 3,66%. Pelapisan ini memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol, namun kurang efektif dibandingkan dengan kayu yang dilapisi *coating* lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa minyak goreng dapat memberikan proteksi terbatas terhadap degradasi, namun tidak seefektif perlakuan cat, pelitur, dan atau *thinner*. Selanjutnya, pelitur yang mengandung serpihan kayu yang dicairkan menggunakan alkohol denat (Tanubrata, 2015), merupakan insektisida yang dapat mengendalikan rayap (Rilatupa *et al.*, 2020). Hasil uji kayu dengan perlakuan pelitur menunjukkan *weight loss* sebesar 0,90%, yang lebih baik dibandingkan dengan kayu tanpa perlakuan, namun masih kalah efektif dibandingkan dengan perlakuan cat dan oli bekas.

Tabel 2. Klasifikasi ketahanan kayu terhadap *weight loss*

Kelas	<i>Weight loss</i> (%)	Ketahanan
I	< 3,5	Sangat tahan
II	3,5 - 7,4	Tahan
III	7,5 - 10,8	Sedang
IV	10,9 - 18,9	Tidak tahan
V	> 18,9	Sangat tidak tahan

Sumber: SNI 01-7207-2014

Tabel 2 menyajikan klasifikasi ketahanan kayu terhadap serangan rayap berdasarkan persentase penurunan berat pada uji kubur. Berdasarkan SNI 01-7207-2014 (BSN, 2014), kayu pinus bekas palet yang diuji menunjukkan variasi signifikan dalam tingkat keawetan terhadap serangan rayap, tergantung pada jenis perlakuan yang diberikan. Empat perlakuan, yaitu *coating* dengan penambahan cat, oli bekas, *thinner*, dan pelitur, menunjukkan tingkat keawetan yang sangat tahan (*very resistant*) dengan kehilangan berat kurang dari 3,5%. Sedangkan, kayu kontrol dan kayu yang diberi perlakuan minyak goreng bekas menunjukkan tingkat keawetan yang tahan (*resistant*) dengan kehilangan berat cukup signifikan, masing - masingnya sebesar 3,66% dan 5,21%. Hal ini semakin memperkuat bahwa kayu pinus bekas palet tanpa perlakuan sangat rentan terhadap serangan organisme perusak. Kehilangan berat yang lebih rendah pada kayu yang diberi perlakuan mengindikasikan bahwa lapisan *coating* tersebut mampu memberikan perlindungan dengan menciptakan penghalang fisik terhadap serangan organisme perusak. Hal ini menjadikan perlakuan *coating* merupakan solusi yang efektif untuk meningkatkan daya tahan kayu pinus bekas palet dan memperpanjang masa pakainya.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *coating* pada kayu pinus

Delviawan,A., Famitha, I.A.W., & Hazanah, S.T.(2024) "The Effect of Coating on the Durability of Recycled Pine Wood Pallet", Jurnal Agriment, 9(2).

bekas palet memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat keawetannya. Pengujian kubur membuktikan bahwa semua perlakuan *coating* kecuali minyak goreng, mampu meminimalisir *weight loss* dan meningkatkan keawetann kayu dari tahan menjadi sangat tahan. Hasil ini menegaskan bahwa perlakuan *coating* dengan cat, oli bekas, *thinner*, dan pelitur merupakan metode efektif dan bisa menjadi alternatif dalam meningkatkan keawetan kayu pinus bekas palet. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dan bahaya terhadap kesehatan yang mungkin muncul dari masing - masing jenis *coating* yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., Budiarmo, E., & Winata, B. (2022). Pengawetan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) nielsen) Menggunakan Oli Bekas dengan Metode Perendaman Dingin. *Jurnal Hutan Trop*, Vol. 6(1).
- ASTM International. (2017). ASTM D2017-81 (Reapproved 2017): Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Aydin, I., Colak, M., & Erisir, E. (2015). The effects of surface roughness and application methods of *coating* materials on the surface quality of coated wood. *BioResources*, 10(1), 907-918.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu. SNI 7973:2013. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). Uji ketahanan kayu terhadap organisme perusak kayu. SNI 01-7207-2014. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- Fahrussiam, F., & Lestari, A. T. (2023). Evaluasi Pengaruh Pemberian Bahan Pengawet Terhadap Lapisan Finishing Eksterior Kayu Pinus Dan Jati Rakyat. *AGROTEKSOS*, 33(1), 148-156.
- Hadi, Y. S., Massijaya, M. Y., & Arinana, A. (2016). Subterranean Termite Resistance of Polystyrene-Treated Wood from Three Tropical Wood Species. *Insects* 7(3): 37. <https://doi.org/10.3390/insects7030037>
- Hidayati, N., Susilowati, A., & Febrianti, F. (2017). Pengaruh perlakuan coating terhadap ketahanan kayu merbau (*Intsia bijuga*) terhadap serangan rayap tanah. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(1), 63-70.
- Imawan, C., & Suhaendi, H. (2018). Pengaruh lapisan kaca gel pada kayu jati terhadap ketahanan terhadap serangan rayap tanah (*Cryptotermes* sp.). *Jurnal Hutan Tropis*, 6(1), 1-7.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Khasib, A. (2017). Pengaruh variasi penggunaan thinner pada campuran cat terhadap kualitas hasil pengecatan. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 6(01).
- Nawawi, D. S., Carolina, A., Saskia, T., Darmawan, D., & Gusvina, S. L. (2018). Karakteristik Kimia Biomassa untuk Energi (Chemical Characteristics of Biomass for Energy). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 16(1), 44-51.
- Rilatupa, J., Siahaan, U., & Sudarwani, M., M. (2020). Pengembangan Daerah Pariwisata melalui Pemanfaatan Upacara Adat Rambu Solo Kabupaten Toraja Utara. *Jurnal Comunita Servizio*, Vol. 2(1).
- Sabrina, P. A., Hadi Y.S., Nawawi D. S., Abdillah I. B., & Pari D. (2021). Color Changes and Resistance Against Subterranean Termites Attack of Furfuryl Alcohol Impregnated Pine

- and Sengon Woods Through Graveyard Test. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 891 : 012014. doi: 10.1088/1755-1315/891/1/012014
- Samsi, H. W., Yusuf, S., Purwanto, Y. A., & Purwadaria, H. K. (2015). Pengujian ketahanan kayu jati (*Tectona grandis*) terhadap serangan rayap tanah dengan variasi waktu dan ukuran sampel uji. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 8(2), 103-111.
- Sari, R. M., Rosyid, T. H., & Susanto, A. (2019). Pengaruh pemberian minyak goreng terhadap ketahanan papan palet bekas terhadap serangan rayap. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 7(2), 55-59.
- Tanubrata, M. (2015). Bahan-bahan Konstruksi dalam Konteks Teknik Sipil. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 11(2).
- Tawakkal, I. S., Syafii, W., & Hafiz, M. (2017). Pengaruh pemberian oli bekas terhadap ketahanan kayu pinus terhadap serangan jamur pelapuk putih. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(3), 207-213.
- Utomo, A., P., Nindyapuspa, A., & Primaningtyas, W., E. (2017). Analisis Logam Berat dalam Oli Bekas, Limbah Serbuk Marmer, dan Semen Portland sebagai Bahan Pembuatan Batako. *Jurnal Teknologi Maritim: Surabaya*.
- Wibisono, H. S., Jasni, J., & Arsyad, W. O. M. (2018). Komposisi kimia dan keawetan alami delapan jenis kayu di bawah naungan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(1), 59-65.
- Yohanes, A., Simanjuntak, J., & Suwandhi, I. (2020). Pengaruh pemberian pelitur terhadap ketahanan serangan rayap pada papan palet bekas. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 4(2), 61-67.