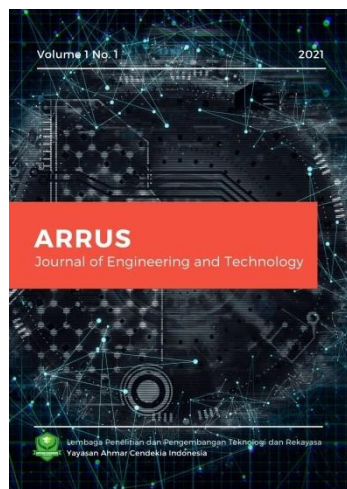




***Corresponding author:** Sentot Purboseno, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta, Indonesia

E-mail: sentot.purboseno@gmail.com

RESEARCH ARTICLE

Engineering Wood Preservation Using Coating and Impregnation of Waste Plastic in Used Cooking Oil

Gani Supriyanto¹, Budi Raharjo¹, Sentot Purboseno^{1*}, & Hastanto Bowo Woesono²

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta, Indonesia

²Department of Forestry, Faculty of Agricultural Technology, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta, Indonesia

Abstract: Wood preservation aims to enhance durability against environmental degradation and extend its service life. Conventional methods often use synthetic chemicals that negatively impact the environment. This research develops a wood coating and impregnation technique using waste plastic melted in used cooking oil as a penetration medium, offering an eco-friendly and economical solution. The five types of wood tested are bengkirai, glugu, teak, sengon, and melinjo, each with different physical characteristics and porosity. Evaluation was conducted on specific gravity (SG), porosity, expansion, and shrinkage of the wood. The results showed that soaking in the plastic-oil solution increased SG and reduced porosity, particularly in highly porous woods such as sengon and glugu. The rate of plastic impregnation into the wood followed an exponential model with significant variation between wood types. ANOVA analysis confirmed that wood type and soaking duration significantly influenced changes in the physical properties of the wood. The low-carbon development concept is applied by utilizing waste plastic and used cooking oil, reducing carbon emissions from waste incineration, and supporting the circular economy. This method can become a more sustainable, recycled-based wood preservation alternative that supports environmental sustainability.

Keywords: Wood Preservation, Recycled Plastic, Used Cooking Oil, Impregnation, Physical Wood Properties, Low-Carbon Development.

1. Introduction

Plastik bekas merupakan salah satu limbah yang sulit terurai secara alami dan terus meningkat seiring dengan konsumsi produk berbahan plastik. Menurut data dari (Coalition, 2021), lebih dari 300 juta ton plastik diproduksi setiap tahun, dengan sebagian besar berakhir sebagai limbah yang mencemari lingkungan. Akumulasi limbah plastik menjadi salah satu masalah lingkungan terbesar di dunia karena membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terdegradasi secara alami. Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengurangi limbah plastik, termasuk daur ulang dan pemanfaatan kembali, tetapi tingkat daur ulang plastik masih tergolong rendah di banyak negara, termasuk Indonesia (Jambeck et al., 2015). Di Indonesia sendiri, laporan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan ((KLHK), 2020) menunjukkan bahwa hanya sekitar 10% dari total limbah plastik yang berhasil didaur ulang setiap tahunnya. Studi oleh Rachman et al. (2021) menegaskan bahwa peningkatan strategi pengelolaan limbah plastik berbasis ekonomi sirkular dapat mengurangi dampak lingkungan dari akumulasi plastik.



Di sisi lain, minyak jelantah merupakan limbah rumah tangga dan industri makanan yang seringkali dibuang sembarangan, mencemari lingkungan, serta menyebabkan penyumbatan saluran air dan pencemaran tanah. Menurut studi oleh Tang et al. (2019), minyak jelantah yang dibuang ke lingkungan dapat menghasilkan senyawa beracun seperti akrolein dan poliaromatik hidrokarbon (PAH) yang berdampak negatif pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Jika tidak dikelola dengan baik, minyak jelantah juga berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Sya'bani et al., 2021). Studi dari (Sari & al., 2020) menunjukkan bahwa pemanfaatan minyak jelantah dalam industri dapat mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi dalam proses produksi.

Penggunaan limbah plastik dan minyak jelantah sebagai bahan pengawet kayu dapat menjadi solusi inovatif dan berkelanjutan. Teknik ini berpotensi meningkatkan daya tahan kayu terhadap serangan jamur, rayap, dan pelapukan akibat kelembaban. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Goodship, 2007), polimer plastik dapat bertindak sebagai pelapis yang melindungi substrat dari pengaruh lingkungan, sementara minyak dapat meningkatkan daya rekat plastik dalam matriks kayu. Studi lain oleh (Anuar Sharuddin et al., 2016) menunjukkan bahwa limbah plastik yang dicampur dengan minyak dapat membentuk material komposit yang meningkatkan ketahanan mekanis kayu. Selain itu, metode ini dapat memperpanjang umur pakai kayu dengan cara mengisi pori-pori kayu menggunakan larutan plastik-minyak, sehingga mengurangi laju penyusutan dan pengembangan kayu akibat perubahan kadar air (Utami et al., 2014). Studi oleh (Kocaeffe et al., 2008) juga menunjukkan bahwa penggunaan bahan berbasis polimer dalam modifikasi kayu dapat meningkatkan ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem.

Dalam konteks pembangunan rendah karbon, metode ini memberikan kontribusi signifikan dengan mengurangi emisi karbon dari pembakaran limbah plastik dan minyak jelantah. Limbah plastik yang tidak tertangani sering kali dibakar, yang menghasilkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4), yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Begitu pula, pembuangan minyak jelantah secara tidak bertanggung jawab berpotensi mencemari lingkungan dan meningkatkan emisi gas beracun. Dengan menerapkan teknik perendaman kayu dalam larutan plastik-minyak, emisi karbon dapat dikurangi melalui konsep ekonomi sirkular, di mana limbah diolah menjadi produk bernilai guna yang lebih tinggi (Sandberg et al., 2017).

Lebih lanjut, penggunaan metode ini sejalan dengan tujuan keberlanjutan dalam industri kayu, karena mengurangi ketergantungan pada bahan pengawet berbasis kimia sintetis yang sering kali memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Metode ini juga dapat diterapkan dalam skala yang lebih luas untuk mendukung industri konstruksi berkelanjutan, terutama dalam produksi bahan bangunan berbasis kayu yang lebih ramah lingkungan. Menurut penelitian oleh (Moura, 2018), pengawetan kayu berbasis bahan daur ulang dapat meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi limbah industri secara signifikan.

Studi ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas perendaman kayu dalam larutan plastik-minyak terhadap perubahan sifat fisik kayu, termasuk berat jenis, porositas, serta stabilitas dimensi kayu setelah perlakuan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi yang ramah lingkungan dan ekonomis dalam industri pengawetan kayu serta mendukung upaya pengelolaan limbah plastik dan minyak jelantah secara lebih efektif, sekaligus berkontribusi pada strategi pembangunan rendah karbon yang lebih berkelanjutan.

2. Research Method

2.1. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan dan peralatan sebagai berikut:



(1). Lima Jenis Kayu

Bengkirai, glugu, jati, sengon, dan melinjo, yang dipilih berdasarkan variasi porositas dan kelas kuat kayu (Martawijaya et al., 2005).

(2). Plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*)

Sebagai bahan pelapis karena sifatnya yang fleksibel dan mudah dilelehkan pada suhu rendah (Goodship, 2007).

(3). Minyak Jelantah

Sebagai media pelarutan plastik, yang telah diteliti dapat meningkatkan daya rekat plastik pada substrat kayu (Tang, 2019).

(4). Peralatan

Kompas gas, panci untuk pelelehan plastik, timbangan digital untuk pengukuran berat kayu sebelum dan sesudah perendaman, jangka sorong untuk mengukur dimensi kayu, viskosimeter untuk mengukur viskositas larutan plastik-minyak, serta oven pengering untuk proses pengeringan kayu setelah perendaman.

2.2. Proses Perlakuan

(1). Persiapan Sampel Kayu

Kayu dipotong sesuai standar pengujian, mengikuti prosedur standar ASTM D143-94 (ASTM, 2000).

(2). Peleburan Plastik

Plastik LDPE dilebur dalam minyak jelantah pada suhu 150–180°C hingga larut sempurna, mengikuti metode yang digunakan oleh (Anuar Sharuddin et al., 2016).

(3). Perendaman Kayu

Sampel kayu direndam dalam larutan plastik-minyak dengan variasi waktu perendaman 0, 5, 10, 15, 20, 30, dan 35 menit. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh durasi perendaman terhadap laju peresapan plastik ke dalam serat kayu (Ginting, 2007).

(4). Pengeringan Kayu

Setelah perendaman, sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 36 jam untuk memastikan stabilisasi larutan plastik-minyak dalam serat kayu (Singh & Heldman, 2001).

(5). Pengujian Sifat Fisik Kayu:

- (a). Berat jenis (BJ): Diukur sebelum dan sesudah perlakuan untuk menentukan peningkatan kepadatan kayu (Utami et al., 2014).
- (b). Porositas: Ditentukan dengan mengukur volume udara dalam serat kayu sebelum dan sesudah perlakuan.
- (c). Pengembangan dan penyusutan: Kayu diuji menggunakan metode diferensial dengan mengukur dimensi kayu dalam kondisi kering dan setelah direndam dalam air selama 24 jam (Chanda & Roy, 2018).
- (d). Kekuatan tekan dan lentur: Diuji menggunakan alat uji mekanis untuk mengevaluasi perubahan sifat mekanis kayu setelah perlakuan (Singh & Heldman, 2001).

2.3. Analisis Statistik

Data dianalisis menggunakan **Analisis Varians (ANOVA)** untuk menguji pengaruh jenis kayu dan lama perendaman terhadap sifat fisik kayu, termasuk:

- (1). Pengembangan tangensial: Mengukur ekspansi dimensi kayu setelah perlakuan (Goodship, 2007).



- (2). Penyusutan radial: Mengamati perubahan volume kayu selama pengeringan ((Wirman et al., 2016).
- (3). Rasio T/R: Perbandingan antara penyusutan tangensial dan radial, yang menjadi indikator kestabilan dimensi kayu setelah perlakuan (Thorne, 1992).

Untuk memastikan hasil yang akurat, analisis data dilakukan dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$ (Jambeck et al., 2015). Jika ditemukan perbedaan signifikan, analisis lanjutan menggunakan uji Tukey akan dilakukan untuk menentukan kelompok perlakuan yang memiliki perbedaan nyata. Selain itu, analisis regresi digunakan untuk memahami pola hubungan antara durasi perendaman dan perubahan sifat fisik kayu (Montgomery, 2017).

Sebagai bagian dari pendekatan pembangunan rendah karbon, metode ini dievaluasi berdasarkan efisiensi material dalam mengurangi penggunaan bahan kimia sintetis dalam industri pengawetan kayu. Kajian dampak lingkungan dari proses perendaman plastik-minyak juga dianalisis untuk memastikan bahwa teknik ini memberikan manfaat berkelanjutan dalam industri kayu tanpa meningkatkan jejak karbon yang signifikan (Change, 2019).

3. Results and Discussion

3.1. Perubahan Berat Jenis dan Porositas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu yang direndam dalam larutan plastik-minyak mengalami peningkatan berat jenis (BJ) dan penurunan porositas. Peningkatan BJ terjadi akibat penetrasi larutan plastik-minyak ke dalam struktur sel kayu, yang mengisi ruang kosong dalam serat kayu dan meningkatkan massa per satuan volume kayu (Goodship, 2007). Kayu dengan porositas tinggi seperti sengon dan glugu mengalami peningkatan BJ yang lebih signifikan dibandingkan kayu dengan porositas rendah seperti bengkirai. Hal ini sesuai dengan penelitian (Anuar Sharuddin et al., 2016) yang menunjukkan bahwa material berpori lebih mudah menyerap larutan pengisi.

Dari hasil pengukuran porositas sebelum dan sesudah perlakuan, kayu dengan porositas awal tinggi mengalami penurunan porositas yang lebih signifikan, dengan rata-rata penurunan hingga 30% dibandingkan kondisi awal. Penurunan porositas ini berimplikasi pada peningkatan ketahanan kayu terhadap serangan jamur dan mikroorganisme karena berkurangnya ruang kosong yang dapat menyerap kelembaban (Martawijaya et al., 2005). Studi oleh (Pizzi & Mittal, 2016) menunjukkan bahwa pengisian pori kayu dengan bahan polimer meningkatkan ketahanan terhadap degradasi biologis serta menurunkan kadar air dalam kayu, yang berperan dalam memperlambat proses pelapukan.

Tabel 1. Perubahan Berat Jenis dan Porositas Kayu Setelah Perendaman

Jenis Kayu	Berat Jenis Awal	Berat Jenis Akhir	% Peningkatan BJ	Porositas Awal (%)	Porositas Akhir (%)	% Penurunan Porositas
Sengon	0.42	0.55	30.95	28.03	19.60	30.05
Glugu	0.47	0.60	27.66	32.68	22.00	32.70
Jati	0.65	0.72	10.77	21.48	17.20	19.94
Bengkirai	0.77	0.80	3.90	8.67	7.80	10.04

3.2. Pengaruh Lama Perendaman terhadap Penyusutan dan Pengembangan

Analisis ANOVA menunjukkan bahwa lama perendaman berpengaruh signifikan terhadap pengembangan tangensial ($p < 0,05$) dan penyusutan radial ($p < 0,05$). Peningkatan durasi perendaman cenderung menurunkan penyusutan kayu setelah dikeringkan dalam oven, yang mengindikasikan stabilisasi dimensi kayu akibat peresapan plastik dalam pori-pori kayu (Ginting, 2007). Stabilisasi dimensi ini mengurangi deformasi kayu akibat fluktuasi kelembaban, sehingga meningkatkan ketahanan mekanis kayu untuk penggunaan jangka panjang (Thorne, 1992).

Tabel 2. Hasil Analisis ANOVA untuk Penyusutan dan Pengembangan Kayu

Sumber Variasi	SS	df	MS	F	p-value
Jenis Kayu	0.073	4	0.018	27.364	0.000***
Lama Rendaman	0.022	6	0.004	5.445	0.000***
Interaksi	0.115	24	0.005	7.174	0.000***
Error	0.093	140	0.001		
Total	0.303	174			

Catatan: *** menunjukkan signifikansi pada tingkat $p < 0,05$

3.3. Model Laju Peresapan Plastik dalam Kayu

Data menunjukkan bahwa laju peresapan plastik ke dalam kayu mengikuti model eksponensial. Kayu dengan porositas tinggi memiliki laju peresapan lebih tinggi dibandingkan kayu dengan porositas rendah. Penyerapan plastik ke dalam serat kayu dipengaruhi oleh faktor viskositas larutan plastik-minyak, suhu larutan, dan waktu perendaman (Manas Chanda, 2018).

Tabel 3. Model Laju Peresapan Plastik dalam Kayu

Lama Perendaman (menit)	Kandungan Plastik (% berat)
0	0.00
5	4.20
10	7.80
15	10.30
20	12.40
30	15.00
35	16.20

Dalam konteks pembangunan rendah karbon, metode ini membantu mengurangi emisi karbon dengan mendaur ulang limbah plastik dan minyak jelantah sebagai bahan pengawet kayu. Teknik ini berkontribusi pada pengurangan limbah yang biasanya dibakar atau dibuang sembarangan, sehingga mendukung strategi ekonomi sirkular dan efisiensi sumber daya (Change, 2019).

Lebih lanjut, dengan meningkatnya daya tahan kayu akibat perlakuan ini, kebutuhan akan eksploitasi kayu baru dapat dikurangi. Hal ini sejalan dengan tujuan mitigasi perubahan iklim dan konservasi hutan melalui penggunaan material yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan (Sandberg et al., 2017).

Kesimpulan dari Konsep Pembangunan Rendah Karbon dalam Penelitian Ini:

Reduksi Emisi Karbon: Pemanfaatan limbah plastik dan minyak jelantah mengurangi emisi karbon dari pembakaran limbah.

Efisiensi Sumber Daya: Teknik ini memperpanjang umur pakai kayu, mengurangi kebutuhan bahan pengawet sintetis, dan mendukung industri kayu yang lebih ramah lingkungan.

Ekonomi Sirkular: Pemanfaatan limbah sebagai bahan pengawet kayu meningkatkan nilai guna limbah yang sebelumnya tidak memiliki manfaat langsung.

Mitigasi Perubahan Iklim: Penggunaan kayu yang lebih tahan lama berkontribusi pada pengurangan deforestasi dan eksploitasi sumber daya hutan secara berlebihan.

Dengan demikian, metode perendaman kayu dalam larutan plastik-minyak menawarkan potensi besar dalam industri pengolahan kayu dengan pendekatan berkelanjutan dan rendah karbon

4. Conclusion

Penelitian ini membuktikan bahwa perendaman kayu dalam larutan plastik-minyak dapat meningkatkan berat jenis (BJ), menurunkan porositas, serta mengurangi penyusutan dan pengembangan kayu. Faktor jenis kayu dan lama perendaman memiliki pengaruh signifikan

terhadap perubahan sifat fisik kayu. Kayu dengan porositas tinggi menunjukkan peningkatan BJ yang lebih besar dibandingkan kayu dengan porositas rendah. Selain itu, perendaman dalam larutan plastik-minyak juga meningkatkan stabilitas dimensi kayu, sehingga dapat mengurangi deformasi akibat perubahan kelembaban lingkungan.

Penggunaan limbah plastik dan minyak jelantah sebagai bahan pengawet kayu menawarkan solusi ramah lingkungan dan ekonomis. Metode ini tidak hanya membantu dalam mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah plastik dan minyak jelantah tetapi juga dapat meningkatkan nilai tambah kayu dengan memperpanjang umur pakainya. Studi ini juga mengindikasikan bahwa metode ini dapat digunakan sebagai alternatif terhadap pengawetan kayu konvensional yang seringkali menggunakan bahan kimia sintetis yang berpotensi merusak lingkungan.

Dalam konteks pembangunan rendah karbon, metode ini berkontribusi pada pengurangan emisi karbon melalui pemanfaatan limbah yang sebelumnya tidak memiliki nilai guna. Dengan menggunakan plastik daur ulang dan minyak jelantah sebagai bahan pengawet kayu, metode ini mendukung ekonomi sirkular dan mengurangi dampak lingkungan akibat pembakaran limbah yang menghasilkan gas rumah kaca. Selain itu, dengan meningkatkan ketahanan kayu, metode ini juga mengurangi kebutuhan eksploitasi sumber daya kayu baru, yang dapat membantu mengurangi deforestasi dan mendukung mitigasi perubahan iklim.

Namun, meskipun hasil penelitian ini menunjukkan potensi yang besar, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, seperti variasi dalam efektivitas perlakuan tergantung pada jenis kayu dan komposisi larutan plastik-minyak yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme interaksi antara komponen plastik-minyak dengan struktur sel kayu serta dampak jangka panjang dari perlakuan ini terhadap sifat mekanis kayu dalam berbagai kondisi lingkungan.

References

- (KLHK), K. L. H. dan K. (2020). Laporan pengelolaan sampah nasional. KLHK.
- Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., & Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308–326.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037>
- Chanda, M., & Roy, S. K. (2018). *Plastics technology handbook*. CRC press.
- Change, I. (2019). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for global environmental strategies, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Coalition, P. P. (2021). The problem with plastic pollution. <https://www.plasticpollutioncoalition.org>
- Ginting, A. (2007). Pengaruh Kadar Air dan Jarak Antar Paku terhadap Kekuatan Sambungan Kayu Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 28–40.
- Goodship, V. (2007). *Introduction to plastics recycling*. iSmithers Rapra Publishing.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *science*, 347(6223), 768–771.
- Kocaefe, D., Poncsak, S., & Boluk, Y. (2008). Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen. *BioResources*, 3(2), 517–537.
- Manas Chanda. (2018). *Plastics Technology Handbook*. Routledge.
<https://www.routledge.com/Plastics-Technology-Handbook/Chanda/p/book/9781498786218?srsltid=AfmBOOpUQUka4zZvxHBpbg0kWOMaS69Gh9-gvvhgfKhmI51u4cPIFsG>
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S. A. (2005). *Atlas kayu Indonesia jilid I*. Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Litbang Kehutanan. Bogor, Indonesia.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & sons.

- Moura. (2018). Effect of polymer coatings on wood properties. *Construction and Building Materials*, 188, 200–208.
- Pizzi, A., & Mittal, K. L. (2016). *Wood adhesives*. VSP Rancho Cordova, CA, USA.
- Sandberg, D., Kutnar, A., & Mantanis, G. (2017). Wood modification technologies-a review. *Iforest-Biogeosciences and forestry*, 10(6), 895.
- Sari, R., & al., et. (2020). Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dan dampaknya terhadap jejak karbon. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 17(2), 98–107.
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2001). *Introduction to food engineering*. Gulf Professional Publishing.
- Sya'bani, F. A., Wahyudi, T., & Rahmatia, D. (2021). Pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan metode transesterifikasi. *Jurnal Teknologi dan Lingkungan*, 22(1), 23–31.
- Tang, Z. (2019). Environmental impacts of waste cooking oil disposal and recycling: A review. *Journal of Environmental Management*, 233, 732–746.
- Thorne, S. (1992). *Mathematical modelling of food processing operations*. Elsevier Applied Science London.
- Utami, M. N., Ardi, F., Wildan, M., Saputro, A. D., & Utari, R. R. A. (2014). Kajian Sustainable Material Bambu, Batu, Ijuk dan Kayu pada Bangunan Rumah Adat Kampung Naga. *Reka Karsa: Jurnal Arsitektur*, 2(2).
- Wirman, S. P., Fitri, Y., & Apriza, W. (2016). Karakterisasi komposit serat sabut kelapa sawit dengan perekat PVAc sebagai absorber. *Journal Online of Physics*, 1(2), 10–15.