

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian uji eksplorasi eksperimental, tabulasi data 80 spesimen sampel, dan validasi melalui *expert panel review*, penelitian mengenai pemanfaatan ekstrak tumbuhan sebagai pewarna alami produk *tableware* kayu ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Potensi Zat Warna dan Pengaruh Metode Ekstraksi

Ekstrak tumbuhan Secang, Kunyit, Telang, Tingi, dan Suji terbukti valid dapat dimanfaatkan sebagai pewarna serat kayu (*wood stain*) organik. Metode *decoction* (perebusan panas) menghasilkan densitas endapan pigmen paling pekat dan efektif untuk material Secang, Kunyit, Telang, dan Tingi. Sebaliknya, metode *maceration* (perendaman dingin) merupakan standar mutlak untuk material Daun Suji guna mencegah anomali degradasi termal klorofil menjadi zat feofitin yang kusam. Adapun performa karakteristik visual, intensitas, dan stabilitas spesifik dari masing-masing sampel pewarna hulu pada substrat kayu diuraikan sebagai berikut:

- a. Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sappan*): Pigmen dari kayu secang (brazilin) yang diekstraksi melalui *decoction* menghasilkan visualisasi warna merah pekat yang solid dengan tingkat kestabilan tinggi serta dapat diaplikasikan pada kayu jati maupun sungkai
- b. Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma longa*): Mengandung senyawa kurkumin yang menghasilkan warna kuning cerah dengan intensitas pekat dan kontras, ekstrak ini memiliki ketahanan yang rendah sehingga tidak dapat disimpan terlalu lama.
- c. Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea*): Menghasilkan warna biru dongker yang pekat dan unik, ekstrak ini memiliki tingkat stabilitas organik paling rendah karena pigmen antosianin di dalamnya sangat sensitif terhadap perubahan pH

- d. Ekstrak Kulit Kayu Tingi (*Ceriops tagal*): Menghasilkan karakteristik warna coklat tanin yang sangat solid dan konsisten, material ini memiliki daya rekat alami tertinggi di antara seluruh sampel sehingga menunjukkan stabilitas visual jangka panjang terbaik.
- e. Ekstrak Daun Suji (*Pleomele angustifolia*): Pigmen klorofil yang terkandung dalam daun suji sangat rentan terhadap energi termal, sehingga strukturnya dapat rusak ketika terpapar panas yang terlalu ekstrem.

2. Karakteristik Ketahanan Filtrat Alami

Bahan baku berstruktur lunak (Kunyit, Telang, Suji) memiliki stabilitas filtrat yang rendah dan hanya bertahan kurang dari dua hari sebelum mengalami pembusukan. Sementara itu, bahan baku berstruktur keras (kayu Secang dan kulit kayu Tingi) memiliki ketahanan simpan filtrat yang jauh lebih baik, dengan catatan fasa cair Secang rentan mengalami oksidasi udara yang mengubah rona merah menjadi coklat seiring waktu

3. Kompatibilitas Substrat Kayu

Karakteristik anatomi kayu memengaruhi saturasi visual secara signifikan. Pada kayu Jati, penetrasi warna terhambat oleh kerapatan serat yang tinggi serta adanya kandungan minyak alami kayu yang bersifat hidrofobik. Sebaliknya, kayu Sungkai terbukti sebagai substrat paling ideal karena memiliki kerapatan serat yang lebih renggang serta rona dasar putih kekuningan yang cerah, sehingga mampu mengekspos kecerahan pigmen alami secara optimal tanpa distorsi warna.

4. Karakteristik dan Performa *Binder Organik*

Gom arab 1% memiliki keunggulan fungsional pada fase formulasi suhu ruang, tidak meninggalkan residu visual, dan membantu pigmen terserap ke dalam pori kayu. Sementara itu, Tepung Pati garut 4% memerlukan proses gelatinisasi termal sekunder dan cenderung

membentuk lapisan film eksternal (*film forming*) dengan tekstur permukaan yang sedikit kasar setelah mengering.

5. Risiko Aplikatif *Tableware* dan Pelapisan *Top-Coat*

Berdasarkan data lapangan terkait daya tahan dan kekuatan binder alami, hasil evaluasi fungsional melalui uji retensi cairan dalam larutan air sabun selama 10 menit menunjukkan adanya batasan material berupa peluruhan warna (*leaching effect*). Temuan kegagalan mekanis ini mengindikasikan bahwa formulasi pewarna berbasis air organik yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak dapat berdiri sendiri sebagai lapisan pelindung tunggal (*single-layer coating*) apabila diimplementasikan secara komersial pada lini produk *tableware*. Hal ini dikarenakan produk tersebut kerap menghadapi intensitas paparan cairan yang tinggi serta aktivitas pencucian secara berkala.

Merespons keterbatasan fungsional tersebut, langkah solutif dari sudut pandang desain produk adalah menetapkan posisi formulasi pewarna organik ini murni sebagai lapisan pewarna dasar serat kayu (*stain layer*). Guna mencapai standardisasi kelayakan fungsional wadah pangan (*food-grade*), permukaan substrat kayu yang telah diwarnai mutlak memerlukan aplikasi lapisan pelindung akhir sekunder (*top-coat*) yang bersifat hidrofobik sekaligus aman bagi kesehatan.

6. Aksesibilitas Alat dan Teknik Aplikasi

Formulasi Gom arab 1% dan Pati garut 4% kompatibel untuk teknik manual kuas dan celup. Teknik kuas menghasilkan saturasi pekat namun meninggalkan cacat visual jejak sapuan alat (*brush marks*), sedangkan teknik celup (*dipping*) menghasilkan kerataan visual (homogenitas) tertinggi. Namun, kedua *binder* mengalami malfungsi total (penyumbatan nosel/*nozzle clogging*) pada teknik semprot (*spray*) karena viskositas cairan yang terlalu kental melewati batas minimum kapasitas kerja *pneumatik spray gun*.

7. Prospek Pasar dan Implementasi Industri

Berdasarkan evaluasi tim ahli, pewarna alami ini memiliki keterbatasan dalam kontinuitas suplai bahan baku dan standarisasi stabilitas warna untuk skala produksi massal (*mass production*). Prospek komersial terbaik dari inovasi material ini adalah diposisikan pada lini produk seri terbatas (*limited-edition/premium series*) untuk meningkatkan nilai keunikan (*uniqueness*) eksklusif dan nilai ekonomi produk.

8. Rekomendasi Pengaplikasian

Berdasarkan matriks eksperimen 80 sampel dan hasil evaluasi fungsional, formulasi pewarna air organik ini direkomendasikan murni sebagai lapisan pewarna dasar serat kayu (*stain layer*) pada substrat Kayu Sungkai dengan menggunakan teknik celup (*dipping*). Sebelum proses pewarnaan, permukaan kayu wajib melewati tahapan pengamplasan (*sanding*) guna membuka pori kapiler secara seragam dan memastikan penyerapan pigmen yang optimal. Aplikasi teknik semprot (*spraying*) harus dihindari secara mutlak karena viskositas binder Gom Arab 1% dan Pati Garut 4% yang tinggi terbukti menyebabkan penyumbatan instan pada nosel alat (*nozzle clogging*).

Mengingat binder Pati Garut bersifat hidrofilik yang rentan melunak dan mengelupas (*peeling off*) serta pigmen tanaman rentan meluruh (*leaching effect*) saat terpapar air sabun, permukaan kayu yang telah diwarnai wajib disegel menggunakan pelapis akhir sekunder (*top-coat*) hidrofobik yang aman bagi pangan (*food-grade*) seperti *beeswax* murni atau tung oil. Dikarenakan adanya keterbatasan stabilitas masa simpan filtrat basah serta inkonsistensi suplai bahan baku musiman, inovasi material ramah lingkungan ini tidak direkomendasikan untuk skala produksi massal (*mass production*). Formulasi pewarna alami ini sangat ideal diimplementasikan secara komersial khusus untuk lini produk edisi terbatas (*limited-edition series*).

B. Saran Penelitian

Berdasarkan keterbatasan dan temuan teknis yang dihadapi sepanjang pelaksanaan penelitian eksplorasi pewarna alami ini, beberapa rekomendasi yang dapat diajukan untuk agenda penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Lapisan Pelindung

Pada penelitian ini didapati bahwa *binder* organik saja tidak cukup jika diaplikasikan pada produk kayu seperti *tableware* yang memiliki intensitas penggunaan yang tinggi serta interaksi langsung dengan manusia dan makanan. Diperlukan tambahan pelindung organik (*top coat*) yang memiliki sifat hidrofobik sehingga pewarna organik tidak mengalami peluruhan warna (*leaching*).

2. Rekayasa Viskositas *Binder*

Data lapangan menunjukkan bahwa formulasi *binder* Gom arab 1% dan Pati garut 4% tidak kompatibel dengan teknik aplikasi semprot menggunakan *spray gun*. Oleh karena itu, perlu dilakukan riset lanjutan terkait rekayasa ulang formulasi agar dapat digunakan pada teknik semprot. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji variasi rasio pelarut air yang lebih tinggi, atau penggunaan *spray gun* dengan diameter nosel (*nozzle*) yang lebih besar.

3. Fiksasi Warna

Tingginya tingkat peluruhan pigmen alami pada beberapa material (khususnya bunga Telang) mengisyaratkan perlunya integrasi zat fiksator (*mordant*) alami ke dalam fasa formulasi. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan mordan ramah lingkungan untuk memperkuat ikatan afinitas antara gugus warna pigmen tanaman dengan struktur pori kapiler serat kayu.

4. Standarisasi Pengawetan

Rendahnya stabilitas masa simpan filtrat dari bahan berstruktur lunak (Kunyit, Telang, Suji) yang membusuk dalam waktu kurang dari dua hari memerlukan solusi fiksasi masa simpan. Perlu dicobakan penambahan agen anti mikroba alami berbasis pangan (*food-grade preservative*), agar fasa cair pewarna memiliki ketahanan simpan jangka panjang sebelum memasuki proses pelapisan



DAFTAR PUSTAKA

- Adamov, Tereza, and P. Miloš. 2020. "Volatile Organic Compounds (VOCs) from Wood and Wood-Based Panels : Methods for Evaluation , Potential Health Risks , and Mitigation."
- Bechtold, Thomas., and Rita. Mussak. 2009. *Handbook of Natural Colorants*. Wiley.
- Creswell, John W. 2016. *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- European Parliament and Council of the European Union. 2004. *Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food and Repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC*.
- Fitrianto, Taufik Ramadhan, and Wahyu Widiyanto. 2025. "Pengaruh Proses Bleaching Terhadap Finishing Kayu Pinus Dan Kayu Karet Terserang Blue Stain." 9(1):25–31.
- Forest Products Laboratory. 1999. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Hardani, Andriani, Helmina, Sukmana, Roushandy Asri, Fardani, Jumari, Istiqomah, Nur Aeni;, Utami, Evi Fatmi, Sukoco, Dhika Juliana, Ria, and Komala. 2020. *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu.
- Kalsy, Manpreet, and Preeti Singh. 2025. "Unlocking the Potential of Natural Dyes : A Sustainable Approach." *International Journal of Environmental Sciences* 11(14).
- Kawulich, and B. Barbara. 2005. "Participant Observation as a Data Collection Method." *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* 6(2). <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/466>.
- Kucharczyk, Nikola, and Jan Szadkowski. 2025. "The Effect of Natural Colourants in Woad (*Isatis Tinctorum* L .) on the Dyeing Properties of Oak and Poplar Wood." 1–12.
- Kurniawidi, Dian W., Teguh Ardianto, Siti Alaa', Kasnawi Alhadi, Diah L. Dewi, RR. Delima S., and Susi Rahayu. 2024. "PEMANFAATAN DAUN JATI DAN DAUN MANGGA SEBAGAI SUMBER PEWARNA ALAMI UNTUK KAIN PADA PENGRAJIN TENUN LOMBOK BERBASIS GREEN TEKNOLOGI." *Jurnal Abdi Insani* 11(1):490–97. doi:10.29303/abdiinsani.v11i1.1372.
- Kusmana, Cecep, and Agus Hikmat. 2015. "The Biodiversity of Flora in Indonesia." *Journal of Natural Resources and Environmental Management* 5(2):187–98. doi:10.19081/jpsl.5.2.187.
- Ladangku, Abiyaya. 2021. "Potensi Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Alternatif Material Produk Fungsional." Institut Seni Indonesia Yogyakarta.
- Lezoul, Noureddine El Habib, Mahieddine Belkadi, Fernando Habibi, and Fernando Guillén. 2020. "Extraction Processes with Several Solvents on Total Bioactive Compounds in Different Organs of Three Medicinal Plants."

- Molecules* 25(20):4672. doi:10.3390/molecules25204672.
- Moleong, and Lexy J. 2017. *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Nasution, S. 1988. *Metode Penelitian Naturalistik Kualitatif*. Bandung: Tarsito.
- Raco, and Jozef Richard. 2010. *Metode Penelitian Kualitatif: Jenis, Karakteristik, Dan Keunggulannya*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia (Grasindo).
- Republik Indonesia. 2019. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor P.1/MENLHK/SETJEN/KUM.1/1/2019 Tentang Izin Usaha Industri Primer Hasil Hutan*.
- Sansom, Clare. 2018. "Solvents and Sustainability." <https://www.chemistryworld.com/features/solvents-and-sustainability/3008751.article>.
- Siyoto, Sandu, Sodik, and M. Ali. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- Sugiyono. 2010. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sun, Jing, Bo Liu, Himmah Rustiarni, Huiyun Xiao, Xiaoli Shen, and Keping Ma. 2024. "Mapping Asia Plants: Plant Diversity and a Checklist of Vascular Plants in Indonesia." *Plants* 13(16). doi:10.3390/plants13162281.
- Tang, Qian, Zhibo Li, Ningxin Chen, and Xiaozhou Luo. 2025. "Natural Pigments Derived from Plants and Microorganisms : Classification , Biosynthesis , and Applications." 592–614. doi:10.1111/pbi.14522.
- Tong, Ruipeng, Lei Zhang, Xiaoyi Yang, Jiefeng Liu, Peining Zhou, and Jianfeng Li. 2019. "Emission Characteristics and Probabilistic Health Risk of Volatile Organic Compounds from Solvents in Wooden Furniture Manufacturing." *Journal of Cleaner Production* 208. doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.195.
- Vespignani, Laura, Marco Bonanni, Marco Marradi, Benedetto Pizzo, Roberto Bianchini, and Giacomo Goli. 2023. "Naturalized Dyes : A New Opportunity for the Wood Coloring." *Polymers* 15(17):3632.
- Vithushika, K., S. Selvakanthan, and P. Kirija. 2024. "Extraction of Natural Dye from Flowers and Dyeing Cotton."
- Wood, Dyed, Holocellulose Exposed, Hui Shi, Yongqing Ni, Hongwu Guo, and Yi Liu. 2023. "Chemical Structure and Microscopic Morphology Changes Of."
- World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Yupa, Eka Saputra, Three April Agym, Very Eka, and Fernando Yuanita. 2024. "Analisis Penggunaan Kayu Sebagai Bahan Konstruksi Dalam Pembangunan : Studi Kasus Dan Observasi Lapangan." xx:1–6.
- Zhu, Tao, Jiale Sheng, Jiabao Chen, Kai Ren, Zhenzeng Wu, Hui Wu, Jian Li, and Jinguo Lin. 2020. "Staining of Wood Veneers with Anti-UV Property Using the Natural Dye Extracted from *Dalbergia Cohinchinensis*." *Journal of Cleaner Production* (xxxx):124770. doi:10.1016/j.jclepro.2020.124770.