

Utilization Of Natural Product In The Conservation And Analysis Of Tin-Based Inscriptions

Pemanfaatan Bahan Alam Dalam Konservasi Dan Analisis Prasasti Timah

Nurchahyo Iman Prakoso^{a,*}, Alifia Tia Aulia^a, Ria Diar Styra Primastiti^b

^aProgram Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang KM.14,5, Yogyakarta 55584, Indonesia

^bBalai Konservasi Borobudur, Unit Warisan Dunia Borobudur Museum dan Cagar Budaya
Jl. Badrawati, Borobudur, Magelang, Jawa Tengah 56553

*Corresponding author: nurchahyo.ip@uii.ac.id

Diterima: 18 Juli 2025, Direvisi: 25 Juli 2025, Diterbitkan: 31 Juli 2025

ABSTRACT

Artifact preservation efforts require conservation approaches that are environmentally friendly and compatible with the original materials of the object. This study examines the use of natural materials in artifact conservation, focusing on three main materials: rabbit skin glue as an adhesive, beeswax as a protective layer, and compositional analysis on tin inscriptions. FTIR testing showed the presence of protein content in rabbit skin that can produce gelatin to be used as an adhesive. Rabbit skin glue adhesion testing was conducted on ceramic and wood media with various glue concentrations (5%, 10%, 15%, 20%, and 37.5%) under humid conditions (90% humidity and 26°C temperature) for three consecutive days. The test results showed that on the third day, only the 37.5% concentration was able to survive. In the colorimetric test, the average value of ΔE was still below 4, thus, rabbit skin glue is still safe to be used in conservation. In the case of beeswax, the mixture of beeswax with olive oil proved to be superior to the mixture of beeswax with turpentine, as it produced a more even, glossy coating, and provided better protection against moisture and prevented mold growth more effectively. XRF analysis of the tin inscriptions revealed that the main composition of the inscriptions was tin (Sn) with the highest content of 93,145% in inscription D, while lead (Pb) was found with the highest content of 21,755% in inscription A. Overall, this study shows that natural materials such as rabbit skin glue and beeswax have good potential in artifact conservation applications, providing a safer and more effective alternative compared to synthetic materials, especially in maintaining the authenticity and durability of artifacts against damaging environmental influences.

Keywords: conservation, rabbit skin glue, beeswax, tin inscription

ABSTRAK

Upaya pelestarian artefak memerlukan pendekatan konservasi yang ramah lingkungan dan kompatibel dengan bahan asli objek. Penelitian ini mengkaji pemanfaatan bahan alami dalam konservasi artefak, dengan fokus pada tiga bahan utama: lem kulit kelinci sebagai perekat, beeswax sebagai lapisan pelindung, dan analisis komposisi pada prasasti timah. Pengujian menggunakan FTIR menunjukkan adanya kandungan protein pada kulit kelinci yang dapat menghasilkan gelatin untuk dijadikan perekat. Pengujian daya rekat lem kulit kelinci dilakukan pada media keramik dan kayu dengan berbagai konsentrasi lem (5%, 10%, 15%, 20%, dan 37,5%) dalam kondisi lembap (kelembapan 90% dan suhu 26°C) selama tiga hari berturut-turut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada hari ketiga, hanya konsentrasi 37,5% yang mampu bertahan. Pada uji *colorimetri* nilai rata-rata ΔE masih dibawah 4 sehingga, lem kulit kelinci masih aman untuk digunakan di konservasi. Pada beeswax, campuran beeswax dengan olive oil terbukti lebih unggul dibandingkan campuran beeswax dengan terpentin,

karena menghasilkan lapisan yang lebih merata, mengkilap, dan memberikan perlindungan lebih baik terhadap kelembapan serta mencegah pertumbuhan jamur dengan lebih efektif. Analisis XRF pada prasasti timah mengungkapkan bahwa komposisi utama prasasti adalah timah (Sn) dengan kadar tertinggi 93,145% pada prasasti D, sedangkan timbal (Pb) ditemukan dengan kadar tertinggi 21,755% pada prasasti A. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa bahan alami seperti lem kulit kelinci dan beeswax memiliki potensi yang baik dalam aplikasi konservasi artefak, memberikan alternatif yang lebih aman dan lebih efektif dibandingkan dengan bahan sintetis, terutama dalam menjaga keaslian dan ketahanan artefak terhadap pengaruh lingkungan yang merusak.

Kata kunci: Konservasi, lem kulit kelinci, beeswax, prasasti timah

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang mempunyai banyak kekayaan budaya yang tersebar di berbagai wilayah seperti, Candi Borobudur, prasasti kuno, artefak kayu, serta naskah-naskah bersejarah. Warisan budaya tersebut dikategorikan sebagai benda cagar budaya yang wajib dilindungi dan dilestarikan, sesuai dengan Undang-Undang No. 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya. Konsep awal pelestarian adalah konservasi yaitu kegiatan melestarikan dengan perawatan menggunakan cara pengawetan yang dilakukan terhadap benda cagar budaya seperti bangunan atau situs yang telah mengalami kerusakan atau pelapukan dan melindungi sekaligus memanfaatkan sumber daya suatu tempat dengan adaptasi terhadap fungsi baru, tanpa menghilangkan makna kehidupan budaya (Pontoh, 1992).

Dalam praktik konservasi, tidak jarang ditemukan benda bersejarah yang mengalami kerusakan struktural seperti retak, pecah atau bahkan terbelah akibat

usia, tekanan lingkungan, maupun penanganan yang tidak tepat. Misalnya, pada konservasi artefak arkeologi berbahan keramik, kayu atau bahkan kulit, diperlukan teknik penyambung yang mampu mempertahankan keaslian material. Selama ini perekat yang umum digunakan adalah perekat sintetis urea atau *fenol formaldehida* yang berasal dari hasil pengolahan minyak bumi dan merupakan sumber daya alam tidak dapat terbaharukan (*non-renewable resources*). Kelemahan utama dari urea atau *fenol formaldehida* adalah tidak tahan terhadap cuaca dan air, dan menghasilkan sejumlah besar emisi *formaldehida*. Salah satu upaya alternatif mengatasi hal tersebut adalah menggantikannya dengan perekat alami (Rachmawati *et al.*, 2018).

Bahan alami menjadi alternatif dan sudah mulai banyak digunakan oleh konservasi. Salah satu alternatif yang potensial adalah gelatin yang dihasilkan dari kulit kelinci. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Peternakan dan Kesehatan Hewan 2022, populasi kelinci di Indonesia

tahun 2022 tercatat sebanyak 2.068.327 ekor, menghasilkan limbah kulit yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan. Kulit hewan terdiri atas sebagian besar protein, yang bila dihidrolisis dapat menghasilkan gelatin yang sangat baik untuk bahan dasar lem sehingga, dapat digunakan sebagai perekat alami dalam konservasi artefak yang retak atau pecah. Lem kulit kelinci juga menunjukkan kapasitas adhesi yang baik, kompatibilitas dengan substrat tradisional, dan kemudahan dalam proses pembalikan (reversibility), sehingga cocok digunakan untuk keperluan restorasi (Tesser *et al.*, 2018). Selain itu, kulit kelinci sudah lama dikenal dalam praktik pembuatan seni, khususnya sebagai pelapis kanvas untuk lukisan (Mills & White, 1987).

Selain perekat alami, bahan pelapis berbasis alam juga mulai banyak digunakan dalam konservasi benda bersejarah karena dinilai lebih aman bagi artefak dan lingkungan. Salah satu bahan pelapis yang cukup dikenal adalah *beeswax*, yang telah lama digunakan dalam konservasi karena kemampuannya membentuk lapisan pelindung terhadap kelembapan dan pertumbuhan mikroorganisme, serta sifatnya yang mudah dihapus tanpa merusak permukaan asli artefak (Haldoko, 2021). *Beeswax* juga sering dikombinasikan dengan bahan alami lain.

Seperti ekstrak sereh yang memiliki sifat antijamur, guna meningkatkan perlindungan terhadap objek konservasi yang rentan ditumbuhi jamur atau lumut, terutama pada artefak berbahan kayu atau organik.

Sementara itu, konservasi artefak berbahan logam seperti prasasti timah yang banyak ditemukan di wilayah Sumatra, khususnya di sepanjang aliran Sungai Musi, juga menghadapi tantangan tersendiri. Prasasti timah memiliki nilai sejarah yang tinggi karena menyimpan informasi penting masa lampau, namun sifat logamnya yang lunak, mudah tergores, dan rentan terhadap oksidasi membuatnya sangat sensitif terhadap perlakuan konservasi.

Tantangan semakin besar ketika prasasti ditemukan dalam kondisi tergulung rapat, yang tidak hanya menyulitkan proses pembacaan isi prasasti, tetapi juga berisiko merusak permukaan jika dibuka dengan metode yang kurang tepat. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan konservasi yang hati-hati dan berbasis analisis material untuk menentukan penanganan yang paling sesuai.

METODE PENELITIAN

Penelitian di Balai Konservasi Borobudur menguji lem kulit kelinci dengan konsentrasi 5–37,5% pada kayu dan

gerabah melalui uji curing time dan ketahanan terhadap kelembapan tinggi (90%RH, 26°C). Uji colorimetri dilakukan pada kanvas, sedangkan beeswax diuji sebagai pelapis dengan campuran terpentin, olive oil, dan minyak sereh. Komposisi prasasti timah dianalisis menggunakan XRF, serta diuji tiga metode pembukaan gulungan: air mendidih, ultrasonic cleaner, dan minyak panas.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah kulit kelinci, *beeswax*, terpentin, *olive oil*, ekstrak minyak sereh wangi, prasasti timah, minyak sayur, akuades (H_2O), kalsium karbonat ($CaCO_3$), *aluminium foil*, tisu.

Alat yang digunakan selama penelitian sebagai berikut, *X-ray*

fluorescence spectrometer (XRF), nix PRO 2, *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *incubator*, *oven*, gelas beker, cawan petridish, pengaduk kaca, kompor listrik, penangas air, termometer, kuas, neraca analitik, pipet ukur 10 mL kaca arloji, ball pipet, mortar dan pestle, spatula, pinset, *ultrasonic cleaner*, laptop.

Pembuatan Lem Kulit Kelinci

Lem kulit kelinci dibuat dengan beberapa variasi konsentrasi. Kulit kelinci ditimbang sesuai dengan variasi konsentrasi yang telah ditentukan, lalu direndam dalam 8 mL akuades selama 20-24 jam. Setelah itu, ditambahkan 0,5 gram $CaCO_3$ dan larutan dipanaskan pada suhu < 60 °C hingga membentuk lem yang homogen.

Tabel 1. Komposisi Kulit Kelinci

Konsentrasi (%)	Massa Kulit Kelinci (gram)	Volume Air (mL)
5%	0,4	8
10%	0,8	8
15%	1,2	8
20%	1,6	8
37,5%	3	8

Uji FTIR (*Fourir Transform Infrared Spectroscopy*) Kulit Kelinci

Kulit kelinci dikeringkan dan ditumbuk halus menggunakan mortar-pestle. Serbuk yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) pada rentang

bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} . Tujuan analisis ini adalah untuk mengidentifikasi gugus fungsi utama penyusun protein kolagen yang terkandung dalam kulit kelinci sebagai bahan dasar lem.

Uji *Curing Time* Lem Kulit Kelinci pada Media Kayu dan Gerabah

Disiapkan media uji berupa kayu dan gerabah dan lem kulit kelinci dengan lima variasi konsentrasi: 5%, 10%, 15%, 20%, 37,5%. Lem diaplikasikan dengan cara di oleskan pada permukaan potongan kayu dan gerabah yang akan direkatkan dengan ketebalan yang seragam. Rekatkan dua potongan dan tekan secara merata agar terjadi kontak sempurna. Gunakan pengikat (karet gelang atau penjepit) untuk memastikan posisi tidak berubah saat *curing* (pengeringan). Sampel dibiarkan dalam suhu ruang (26 °C) dan diamati secara berkala hingga lem tidak lagi bersifat lengket dan benar benar kering. Waktu yang dibutuhkan hingga lem mengering dicatat sebagai *curing time* untuk masing-masing media uji. Hasil *curing time* dari berbagai variasi konsentrasi lem dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kecepatan pengeringan pada kayu dan gerabah.

Uji Ketahanan Lem Kulit Kelinci terhadap Kelembaban

Lem diaplikasikan pada media kayu dan gerabah dengan ketebalan yang seragam menggunakan konsentrasi : 5%, 10%, 15%, 20%, 37,5%. Setelah mengering, sampel ditempatkan dalam inkubator dengan suhu 26 °C dengan tingkat kelembapan 90%. Sampel dibiarkan

dalam kondisi tersebut selama 3 hari, lalu diamati secara visual untuk melihat perubahan yang terjadi.

Uji *Colorimetri* Lem Kulit Kelinci pada Media Kanvas

Disiapkan alat Nix Pro 2 *Color Sensor* (dengan aplikasi Nix Pro di smartphone), yang terhubung dengan aplikasi Nix Toolkit sebagai media pencatatan data. Laptop dan smartphone untuk analisis data warna. Pengukuran awal dilakukan sebelum aplikasi lem dengan mengamati 5 titik yang telah ditentukan pada permukaan kanvas. Colorimetri Nix Pro 2 mengukur nilai warna dalam system CIE Lab, Dimana L menunjukkan tingkat kecerahan, a menunjukkan spektrum merah-hijau, dan b menunjukkan spektrum kuning-biru. Setiap titik diukur sebanyak 3 kali, dan hasil rata-ratanya dicatat melalui aplikasi yang terhubung dengan alat. Setelah pengukuran selesai, lem kulit kelinci diaplikasikan secara merata pada kanvas, lalu dibiarkan mengering dalam kondisi suhu ruang. Setelah lem benar-benar kering, pengukuran ulang dilakukan pada 5 titik yang sama menggunakan metode yang sama seperti sebelum aplikasi lem. Data warna yang diperoleh dibandingkan dengan data awal untuk melihat apakah terjadi perubahan warna pada kanvas. Analisis perubahan warna

dihitung menggunakan rumus ΔE yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta A^2 + \Delta B^2)^{1/2}$$

Nilai ΔE (Delta E) < 4 menunjukkan bahwa perubahan warna tidak signifikan secara visual, sedangkan $\Delta E > 4$ menunjukkan adanya perubahan warna yang terlihat. Amati perubahan nilai L (kecerahan), a (hijau-merah), b (biru-kuning) jika menggunakan ruang warna CIELAB.

Pembuatan Pelapis Beeswax

Beeswax di timbang sebanyak 20 gram, kemudian dilarutkan menggunakan pelarut sebanyak 60 mL, yaitu terpentin atau *olive oil*. Campuran ini kemudian dipanaskan hingga beeswax meleleh dan tercampur dengan pelarut. Selama pemanasan, campuran diaduk supaya homogen. Setelah beeswax larut, sampel dibagi menjadi berbagai variasi berdasarkan komposisi yang digunakan. Variasi yang pertama terdiri dari beeswax dengan terpentin dan beeswax dengan *olive oil* tanpa bahan tambahan. Sementara itu, variasi kedua terdiri dari beeswax dengan terpentin serta ekstrak minyak sereh wangi sebanyak 1 tetes dan beeswax dengan *olive oil* serta ekstrak minyak sereh wangi sebanyak 1 tetes. Penambahan ekstrak minyak sereh wangi setelah pemanasan selesai, kemudian campuran kembali diaduk. Larutan *coating* yang telah

homogen kemudian disimpan dalam wadah tertutup sebelum diaplikasikan pada media uji.

Uji Visual Beeswax

Dilakukan uji visual untuk mengamati perubahan yang terjadi pada permukaan sampel setelah aplikasi *coating* berbasis beeswax. Pengamatan dilakukan pada media, yaitu kayu yang berjamur yang telah dilapisi dengan masing-masing variasi *coating* yaitu beeswax dengan terpentin, beeswax dengan *olive oil*, beeswax dengan terpentin serta ekstrak sereh wangi, dan beeswax dengan *olive oil* serta ekstrak sereh wangi. Sampel diamati secara berkala selama 20 hari untuk menilai perubahan yang terjadi pada media uji. Parameter yang diamati dalam uji visual ini meliputi kilap permukaan, perubahan warna, serta adanya pertumbuhan jamur.

Analisis XRF pada Prasasti Timah

Dalam percobaan ini digunakan 4 sampel yaitu sampel prasasti timah. Dilakukan pembersihan sampel prasasti timah menggunakan kuas halus untuk menghilangkan debu tanpa merusak permukaan.

Evaluasi Metode Pembukaan Gulungan Prasasti

Tiga metode pembukaan diuji: (a) perendaman air mendidih, (b) ultrasonic

cleaner dengan suhu 80 °C, dan (c) minyak goreng panas (200 °C). Efektivitas metode diukur berdasarkan tingkat keterbukaan gulungan dan kerusakan yang ditimbulkan. Pada metode air mendidih, prasasti timah direbus dalam air bersuhu 100°C selama dua kali tiga jam dalam tiga hari berturut-turut. Tujuan metode ini adalah untuk melunakkan logam agar gulungan bisa terbuka perlahan. Namun, tidak ditemukan perubahan bentuk yang signifikan, menunjukkan metode ini kurang efektif. Pada metode ultrasonic cleaner, setelah perendaman, prasasti direndam kembali dalam alat ultrasonic cleaner pada suhu 80 °C selama dua kali 40 menit. Gelombang ultrasonik yang dihasilkan alat ini bekerja

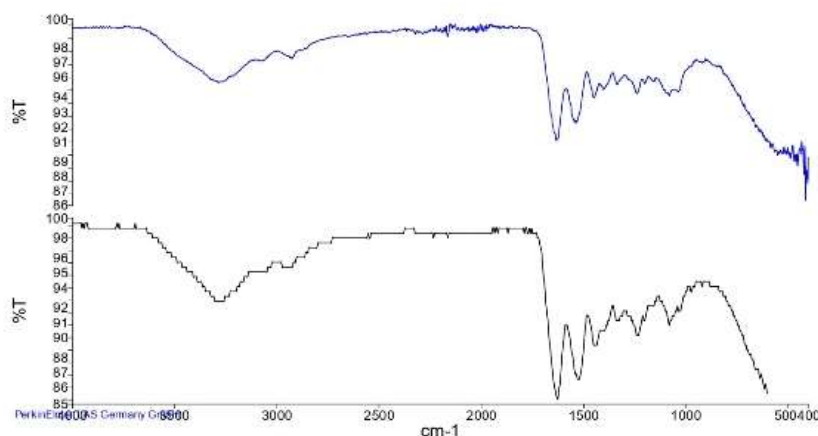
dilakukan dengan cara memanaskan minyak hingga suhu 200 °C

lalu memasukkan prasasti ke dalamnya selama 10 menit. Metode ini mempercepat pelunakan, namun juga menyebabkan permukaan prasasti menjadi rapuh dan mengelupas. Oleh karena itu, metode ini kurang direkomendasikan karena berisiko merusak struktur prasasti.

PEMBAHASAN

Analisis Kulit Kelinci menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Hasil identifikasi gugus fungsi kulit kelinci ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan spectra atas merupakan spectra hasil dan bawah merupakan



tanpa kontak langsung, membantu

memisahkan lapisan timah dan mengangkat kotoran. Hasilnya, prasasti mulai terbuka sebagian tanpa merusak permukaan. Sedangkan metode minyak goreng

referensi. Dapat disimpulkan bahwa sampel merupakan benar kulit kelinci.

Posisi bilangan gelombang puncak-puncak spektra FTIR kulit kelinci mengindikasikan bahwa bahan dasar utamanya adalah protein. Hal ini teridentifikasi dari munculnya puncak melebar

Gambar 1. Spektrum FTIR Kulit Kelinci

pada bilangan gelombang $3288,08\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan puncak khas dari vibrasi gugus fungsi dari ikatan -OH dan -NH dari amida yang merupakan ciri khas dari protein seperti gelatin. Pelebaran puncak terjadi akibat terbentuknya ikatan hidrogen baik dari gugus OH protein maupun H_2O dan NH dari protein. Protein adalah makromolekul yang dapat tersusun dari ribuan asam amino, masing-masing asam amino setidaknya memiliki satu gugus terminal asam (COOH) dan terminal amino (NH_3) (Kusumasstuti *et al.*, 2011). Konfirmasi adanya gugus asam (COOH) ditunjukkan dari puncak pada bilangan gelombang $1633,75\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan indikasi kuat dari C=O gugus karbonil dalam ikatan amida, yang merupakan bagian khas dari protein seperti gelatin. Terdapat juga puncak dengan bilangan gelombang $1538,67\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus amida II yaitu N-H bending dan C-N bending. Selain itu juga terdapat puncak dengan gelombang $1448,26\text{ cm}^{-1}$ yang diidentifikasi terdapat CH_2 dan CH_3 bending yang mengindikasikan keberadaan rantai hidrokarbon.

Uji Curing Time Lem Kulit Kelinci untuk Pengaplikasian pada Media Kayu dan Gerabah

Bahan perekat alami berbasis protein, seperti lem kulit hewan, banyak dimanfaatkan dalam proses konservasi artefak karena sifatnya yang dapat terurai secara alami dan memiliki daya rekat yang baik. Pengujian *curing time* dilakukan untuk mengetahui lama waktu pengeringan lem kulit kelinci pada dua jenis media, yaitu kayu dan gerabah. Lem diaplikasikan pada media kayu dan gerabah dengan ketebalan yang seragam. Sampel dibiarkan dalam suhu ruang dan diamati secara berkala hingga lem tidak lagi bersifat lengket dan benar benar kering. Waktu yang dibutuhkan hingga lem mengering dicatat sebagai *curing time* untuk masing-masing media uji. Hasil *curing time* dari berbagai variasi konsentrasi lem dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kecepatan pengeringan pada kayu dan gerabah sebagai berikut

Tabel 2 Hasil Uji *Curing Time* pada Media Kayu

No	Konsentrasi	Waktu (menit)
1	5 %	115
2	10 %	95
3	15 %	75
4	20 %	45
5	37,5 %	30

Tabel 3 Data Hasil Uji *Curing Time* pada Media Gerabah

No	Konsentrasi	Waktu (menit)
1	5 %	115
2	10 %	95
3	15 %	75
4	20 %	45
5	37,5 %	30

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada media gerabah, diketahui bahwa konsentrasi lem kulit kelinci sangat mempengaruhi waktu pengeringan (*curing time*). Dalam pengujian ini, digunakan lima tingkat konsentrasi lem, yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 37,5%. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi lem yang digunakan, maka semakin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Ini terjadi karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, kandungan zat perekat dalam lem juga lebih banyak,

sehingga proses pembentukan ikatan dan penguapan air menjadi lebih cepat berlangsung. sehingga proses pembentukan ikatan dan penguapan air menjadi lebih cepat. Selain itu, lem dengan konsentrasi tinggi cenderung memiliki viskositas (kekentalan) yang lebih besar, sehingga dapat menempel lebih cepat dan kuat pada permukaan media.

Uji Ketahanan Lem Kulit Kelinci terhadap perlakuan suhu dan Kelembapan

Tabel 4 . Data Hasil Uji Perlakuan Suhu dan Kelembapan pada Keramik: 5%; 10%;15%; 20%; 37,5%

No	Hari ke-	Perlakuan	Kondisi perekatan
1	Pertama	Suhu ruang 26°C dengan kelembapan 90%	Semua kondisi baik
2	Kedua	Suhu ruang 26°C dengan kelembapan 90%	Semua kondisi baik
3	Ketiga	Suhu ruang 26°C dengan kelembapan 90%	1 kondisi baik, 4 tidak merekat lagi (5%, 10%, 15%, 20%)

Berdasarkan data hasil Pengujian yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut untuk mengetahui seberapa kuat daya rekat lem kulit kelinci pada media keramik jika dibiarkan dalam kondisi suhu ruangan dan kelembapan tinggi. Suhu dijaga tetap pada 26 °C (suhu ruang), dan kelembapan udara dijaga pada 90%, yang tergolong cukup tinggi. Konsentrasi lem yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, 20%, dan 37,5%. Pada hari pertama, semua sampel dengan berbagai konsentrasi lem menunjukkan hasil yang baik. Tidak ada bagian yang lepas atau rusak. Artinya, semua konsentrasi lem masih mampu merekat dengan kuat pada awal pengujian. Memasuki hari kedua, kondisi masih tetap stabil. Semua sambungan antar potongan keramik masih merekat dengan baik dan belum menunjukkan tanda-tanda

kerusakan. Ini menunjukkan bahwa pada dua hari pertama, lem kulit kelinci tetap bekerja efektif meskipun berada dalam kondisi kelembapan tinggi.

Namun, pada hari ketiga, mulai terlihat perbedaan hasil berdasarkan konsentrasi lem yang digunakan. Dari lima sampel, hanya satu yang masih dalam kondisi perekatan yang baik, yaitu pada konsentrasi 37,5%. Sementara itu, empat lainnya dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, dan 20% mengalami kegagalan rekat, di mana sambungan antar bagian keramik tidak lagi merekat dengan kuat. Ini menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi lem, semakin rendah pula ketahanannya terhadap kelembapan tinggi dalam jangka waktu yang lebih lama.

Tabel 5 Data Hasil Uji Perlakuan Suhu dan Kelembapan pada Gerabah: 5%; 10%; 15%; 20%; 37,5%

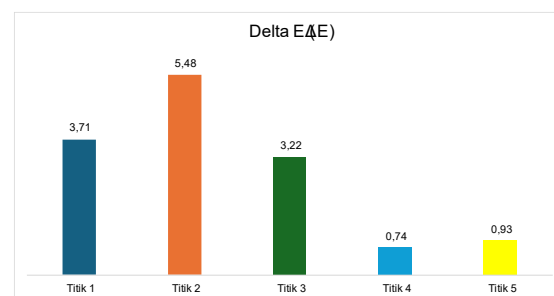
No	Hari ke-	Perlakuan	Kondisi perekatan
1	Pertama	Suhu ruang 26°C dengan kelembapan 90%	Semua kondisi baik
2	Kedua	Suhu ruang 26°C dengan kelembapan 90%	Semua kondisi baik
3	Ketiga	Suhu ruang 26°C dengan kelembapan 90%	2 kondisi baik, 3 mengelupas (5%, 10%, 15%)

Dari data hasil pengujian ini dilakukan untuk menilai daya tahan lem kulit kelinci pada sambungan gerabah terhadap kondisi lingkungan yang lembap, dengan suhu ruangan 26°C dan kelembapan udara sebesar 90%. Uji dilakukan selama tiga hari berturut-turut menggunakan lima variasi konsentrasi lem, yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 37,5%. Pada hari pertama, semua sambungan gerabah menunjukkan

hasil yang baik. Tidak ada tanda-tanda kerusakan atau kegagalan pada perekatan, baik pada konsentrasi rendah maupun tinggi. Artinya, lem kulit kelinci dalam berbagai konsentrasi mampu merekat dengan baik pada awal penggunaan meskipun berada dalam kondisi kelembapan tinggi. Masuk ke hari kedua, kondisi perekatan masih tetap stabil. Semua sambungan masih menempel dengan kuat, dan tidak ditemukan adanya bagian yang lepas atau terganggu. Ini menunjukkan bahwa selama dua hari pertama, lem kulit kelinci masih bekerja efektif dalam mempertahankan daya rekatnya. Namun, pada hari ketiga, mulai terlihat penurunan daya rekat pada beberapa konsentrasi. Tercatat bahwa hanya dua dari lima konsentrasi yang masih menunjukkan kondisi perekatan yang baik, yaitu konsentrasi 20% dan 37,5%. Sementara itu, tiga konsentrasi lainnya, yaitu 5%, 10%, dan 15%, mengalami kondisi tidak merekat, di mana sambungan antar bagian gerabah mulai lepas atau tidak menempel dengan kuat lagi. Hal ini menunjukkan bahwa lem kulit kelinci dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% tidak cukup tahan terhadap paparan kelembapan tinggi dalam jangka waktu yang lama. Sebaliknya, konsentrasi 20% dan 37,5% memiliki daya rekat yang lebih stabil dan bertahan lebih lama. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi lingkungan yang lembap dan pada

media kayu, lem kulit kelinci dengan konsentrasi 37,5% lebih disarankan karena memiliki ketahanan daya rekat yang lebih baik. Sementara itu, untuk aplikasi pada bahan seperti gerabah yang mungkin terpapar kelembapan tinggi, sebaiknya digunakan lem kulit kelinci dengan konsentrasi minimal 20% agar sambungan tetap kuat dan tidak mudah terlepas.

Uji *Colorimetri* Lem Kulit Kelinci untuk Pengaplikasian pada Kanvas



Gambar 1. Diagram Hasil Pengujian *Colorimetri* pada Kanvas

Grafik di atas menunjukkan hasil uji perubahan warna (ΔE) pada media kanvas setelah dilakukan perlakuan tertentu, seperti aplikasi bahan atau perekat. Nilai ΔE (Delta E) adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan warna yang terjadi dibandingkan warna awal. Semakin kecil nilai ΔE , maka perubahan warnanya semakin kecil pula. Dalam konteks pelestarian warisan budaya, menurut de Ferri *et al.* (2013), perlakuan yang aman adalah yang menghasilkan nilai ΔE di bawah 4, karena tidak mengubah

karakteristik warna asli dari objek. Berdasarkan grafik titik 1 ($\Delta E = 3,71$): Nilai ini masih berada di bawah batas aman ($\Delta E < 4$), sehingga perubahan warna tergolong sedikit dan masih dapat diterima. Titik 2 ($\Delta E = 5,48$): Melebihi ambang batas, yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna yang cukup nyata, sehingga tidak direkomendasikan untuk digunakan pada pelestarian kanvas atau artefak serupa. Titik 3 ($\Delta E = 3,22$): Nilainya di bawah 4, menandakan bahwa perubahan warna masih ringan dan aman untuk keperluan konservasi. Titik 4 ($\Delta E = 0,74$) dan Titik 5 ($\Delta E = 0,93$): Kedua titik ini menunjukkan perubahan warna yang sangat kecil, dengan ΔE jauh di bawah 4. Ini berarti perlakuan pada titik-titik ini sangat aman dan tidak memengaruhi tampilan visual asli kanvas. Dari lima titik pengujian, empat di antaranya (Titik 1, 3, 4, dan 5) memiliki nilai ΔE di bawah 4, sehingga dianggap aman dan tidak menyebabkan perubahan visual yang merusak. Titik 2 menjadi satu-satunya yang menunjukkan perubahan warna cukup besar dan tidak direkomendasikan untuk diterapkan dalam proses konservasi. memengaruhi tampilan visual asli kanvas. Dari lima titik pengujian, empat di antaranya (Titik 1, 3, 4, dan 5) memiliki nilai ΔE di bawah 4, sehingga dianggap aman dan tidak menyebabkan perubahan visual yang merusak. Titik 2 menjadi satu-satunya yang menunjukkan

perubahan warna cukup besar dan tidak direkomendasikan untuk diterapkan dalam proses konservasi. Oleh karena itu, bahan atau perlakuan yang diterapkan pada titik 2 sebaiknya dihindari untuk pelestarian kanvas agar keaslian warna tetap terjaga. Perbedaan hasil pada setiap titik pengukuran kemungkinan besar disebabkan oleh faktor-faktor yang berkaitan dengan penggunaan kanvas bekas, seperti ketidakrataan permukaan, sisa bahan sebelumnya, perubahan kondisi fisik atau kimia pada kanvas, serta pengaruh lingkungan terhadap kanvas.

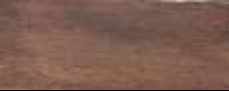
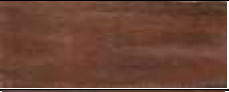
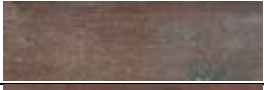
Uji Visual Pelapis Beeswax

Beeswax atau lilin lebah merupakan salah satu bahan pelapis alami yang banyak digunakan dalam konservasi artefak, khususnya berbahan kayu. *Beeswax* bersifat hidrofobik, fleksibel, dan mudah diaplikasikan, sehingga dapat membantu melindungi permukaan dari kelembapan dan pertumbuhan jamur. *Beeswax* digunakan sebagai bahan *coating* dengan beberapa variasi campuran, yaitu *beeswax* dengan terpentin, *beeswax* dengan *olive oil* serta masing-masing campuran tersebut ditambahkan dengan satu tetes ekstrak sereh wangi. Pengamatan dilakukan pada media, yaitu kayu yang berjamur yang telah dilapis dengan masing-masing variasi *coating* yaitu *beeswax* dengan terpentin, *beeswax* dengan *olive oil* *beeswax* dengan

terpentin serta ekstrak sereh wangi, dan *beeswax* dengan *olive oil* serta ekstrak sereh wangi. Sampel diamati secara berkala selama 20 hari untuk menilai perubahan

yang terjadi pada media uji. Hasil pengamatan sebelum dan sesudah aplikasi disajikan pada table berikut:

Tabel 6 Hasil Uji Visual Selama 20 Hari

No	Variasi <i>Coating</i>	Sebelum Aplikasi	Sesudah Aplikasi
1	<i>Beeswax</i> + Terpentin		
2	<i>Beeswax</i> + <i>Olive Oil</i>		
3	<i>Beeswax</i> + Terpentin + Sereh Wangi		
4	<i>Beeswax</i> + <i>Olive Oil</i> + Sereh Wangi		

Berdasarkan hasil pengamatan visual selama 20 hari, semua variasi *coating beeswax* menunjukkan perubahan visual pada permukaan kayu uji. Sebelum aplikasi, permukaan kayu tampak kusam dan berjamur. Setelah aplikasi, permukaan kayu pada semua sampel tidak ditemukan pertumbuhan jamur dan warna kayu berubah menjadi lebih gelap. Secara visual, campuran *beeswax* dan *olive oil* tampak menghasilkan permukaan yang lebih mengkilap dibandingkan dengan campuran *beeswax* dan terpentin. Hal ini disebabkan oleh sifat minyak zaitun (*olive oil*) yang mengandung asam lemak tak jenuh tunggal, seperti asam oleat yang memberikan efek mengkilap alami dan meningkatkan penetrasi bahan ke dalam pori-pori kayu. Minyak zaitun mengandung sekitar 80%

asam oleat, yang berfungsi sebagai emolien dan dapat meningkatkan kelembaban serta kilap pada permukaan yang dilapisinya (Tynek *et al.*, 2009).

Sementara itu, campuran *beeswax* dengan terpentin menghasilkan permukaan yang sama yaitu permukaan kayu pada semua sampel tidak ditemukan pertumbuhan jamur dan warna kayu berubah menjadi lebih gelap, namun dengan tingkat kilap yang lebih rendah. Hal ini dapat dikaitkan dengan sifat terpentin yang lebih cepat menguap dan berfungsi lebih sebagai pelarut dibandingkan sebagai bahan aktif pelapis. Dengan demikian, penggunaan *olive oil* dalam campuran *beeswax* sebagai *coating* pada kayu dapat memberikan efek kilap yang lebih baik

dibandingkan dengan penggunaan terpentin. Penambahan minyak sereh wangi pada campuran *beeswax* tidak memberikan perbedaan visual yang signifikan dibandingkan dengan variasi yang tidak mengandung minyak sereh wangi. Hal ini disebabkan karena minyak atsiri lebih berperan sebagai antimikroba atau antifungal, yang efeknya tidak secara langsung tampak melalui pengamatan visual, terutama jangka pendek. Kandungan utama

dalam sereh wangi seperti sitronelal dan geraniol memang dikenal memiliki sifat antijamur dan antibakteri, namun dalam kondisi lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme misalnya, kondisi kering dan tidak lembab efeknya menjadi kurang terlihat secara kasat mata.

Analisis Prasasti Timah menggunakan XRF (X-Ray Diffraction)

Tabel 7 Hasil XRF sampel Prasasti Timah

No	Jenis Timah	Komposisi (%)									
		Al	Si	S	Ca	Ti	Fe	Sn	Ir	Pb	Cu
1	Timah A	10,463	19,455	1,341	0,142	0,744	1,536	44,361	0,204	21,755	-
2	Timah B	5,846	8,885	1,113	0,282	-	2,065	73,208	-	8,491	0,111
3	Timah C	5,468	8,077	0,805	0,327	-	2,196	78,348	-	4,572	0,205
4	Timah D	0,940	-	0,183	0,426	-	0,643	93,145	-	4,529	0,133

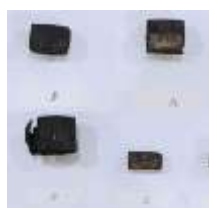
Berdasarkan hasil uji XRF terhadap empat sampel prasasti timah, dapat diketahui unsur penyusun dari material prasasti yaitu unsur Al, Si, S, Ca, Ti, Fe, Sn, Ir, Pb dan Cu dengan unsur utama dari sampel adalah timah (Sn), dengan konsentrasi yang sangat tinggi, mulai dari 44,361% pada Timah A dan 93,145% pada Timah D. Unsur ini jelas merupakan komponen utama dari prasasti timah yang diuji. Selain Sn, unsur kedua yang paling dominan secara umum di antara keempat sampel adalah timbal (Pb), yang terdeteksi

dalam jumlah cukup signifikan pada tiga dari empat sampel, yaitu 21,755% pada

Timah A, 8,491% pada Timah B, dan 4,529% pada Timah D. Meskipun pada Timah C kandungan Pb juga ada, nilainya lebih kecil (4,572%), namun tetap menempati posisi sebagai salah satu unsur terbanyak setelah Sn. Unsur-unsur lain seperti Al, Si, S, Fe, dan Ca juga terdeteksi namun dalam kadar yang jauh lebih rendah dibandingkan Sn dan Pb. Beberapa unsur seperti Cu dan Ir bahkan tidak terdeteksi

pada semua sampel. Tidak terdeteksinya data ini karena kadarnya berada di bawah LOD (*Limit of Detection*) alat XRF yang digunakan. LOD merupakan batas minimal suatu alat dapat mendeteksi keberadaan unsur tertentu dalam sampel. Jika kadar unsur berada di bawah nilai ini, maka alat tidak dapat membedakan sinyal unsur tersebut dari *noise* latar belakang, sehingga hasilnya ditampilkan sebagai "tidak terdeteksi". Misalnya, unsur Cu hanya terdeteksi pada Timah B, C, dan D dengan kadar 0,111% hingga 0,205%, namun tidak muncul pada Timah A. Ini mengindikasikan bahwa kadar Cu di Timah A kemungkinan berada di bawah batas deteksi alat, yang diperkirakan sekitar 0,1%. Hal serupa terjadi pada unsur Ir yang hanya muncul pada Timah A dengan kadar 0,204%, sedangkan pada sampel lain tidak terdeteksi. Ini menunjukkan bahwa LOD untuk Ir kemungkinan berada di kisaran 0,2% atau lebih.

Evaluasi Metode Pembukaan Gulungan Prasasti Timah



a



B



c

Gambar 3. Hasil menggunakan metode a. air mendidih, b. Ultrasonic Cleaner, dan c. Minyak

Metode pertama (a) menggunakan air mendidih, di mana prasasti direbus dalam air pada suhu 100 °C selama dua kali 3 jam dalam dua hari. Tujuan metode ini adalah untuk melunakkan logam timah agar gulungan bisa perlahan terbuka. Namun, berdasarkan hasil yang diamati dari gambar, tidak terdapat perubahan bentuk yang signifikan. Gulungan tetap dalam kondisi awal, tidak mekar atau mengendur, menandakan bahwa metode ini tidak efektif untuk membuka gulungan prasasti timah. Selain itu, air tidak mampu menembus dan melonggarkan struktur gulungan yang padat dan rapat.

Metode kedua (b) menggunakan *ultrasonic cleaner*, yang merupakan perangkat pembersih berbasis gelombang ultrasonik yang menghasilkan getaran halus. Prasasti dibersihkan selama dua kali 20 menit pada suhu 80 °C. Hasil yang diperoleh menunjukkan perkembangan yang jauh lebih baik dibanding metode pertama. Gulungan mulai terbuka sedikit demi sedikit, dan kotoran yang menempel di permukaan prasasti mulai terlepas,

meskipun belum secara menyeluruh. Keunggulan dari metode ini adalah prosesnya tidak merusak struktur fisik prasasti, karena tidak melibatkan tekanan mekanis langsung atau suhu yang terlalu tinggi. Pembersihan dengan getaran ultrasonik membantu melepaskan partikel kotoran dan memungkinkan gulungan untuk membuka secara perlahan.

Metode ketiga (c) adalah perendaman dalam minyak goreng (minyak sayur) yang dipanaskan hingga suhu 200 °C selama 10 menit. Hasil dari perlakuan ini menunjukkan bahwa gulungan memang mulai mekar lebih terlihat dibandingkan metode sebelumnya. Namun, suhu yang tinggi menyebabkan timah menjadi rapuh. Ditemukan adanya bagian permukaan prasasti yang mulai mengelupas, menandakan bahwa metode ini berisiko merusak struktur dan keutuhan artefak. Meskipun mampu membuka gulungan secara fisik, metode ini tidak direkomendasikan karena dapat menimbulkan kerusakan permanen pada prasasti.

Dari ketiga metode tersebut, metode *ultrasonic cleaner* dinilai paling efektif dan aman. Meskipun prosesnya mungkin membutuhkan waktu lebih lama dan harus dilakukan secara berulang, metode ini mampu membuka gulungan secara bertahap sambil membersihkan

permukaannya tanpa menyebabkan kerusakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa hasil penting mengenai penggunaan bahan alami dalam konservasi artefak dan analisis prasasti timah.

1. Untuk lem kulit kelinci, hasil analisis menggunakan FTIR menunjukkan bahwa kulit kelinci mengandung protein yang dapat dihidrolisis menghasilkan gelatin yang dapat digunakan untuk bahan perekat. Hasil uji waktu pengeringan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin sedikit waktu pengeringan yang dibutuhkan. Selain itu, ketahanan terhadap kelembapan Lem kulit kelinci mampu merekat baik selama dua hari dalam kondisi lembap. Pada hari ketiga, hanya konsentrasi 20% dan 37,5% yang tetap kuat. Dari lima titik uji ΔE , empat (titik 1, 3, 4, dan 5) menunjukkan perubahan warna yang aman ($\Delta E < 4$), sementara titik 2 melebihi ambang batas, menandakan perubahan warna yang tidak disarankan untuk konservasi.
2. Pada *beeswax* yang digunakan sebagai lapisan pelindung,

campuran beeswax dengan olive oil memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan campuran beeswax dan terpentin. Lapisan yang dihasilkan lebih merata dan mengkilap, memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kelembapan serta mencegah pertumbuhan jamur lebih efektif. Beeswax juga terbukti memiliki ketahanan lebih baik terhadap faktor lingkungan yang dapat merusak permukaan artefak, menjadikannya pilihan yang lebih unggul sebagai bahan pelindung.

3. Untuk prasasti timah, analisis menggunakan XRF menunjukkan bahwa komposisi utama prasasti timah adalah timah (Sn) dengan kadar sekitar 93,145% pada prasasti D yang paling tinggi dan kadar timbal (Pb) ditemukan dengan kadar 21,755% tertinggi di prasasti A. metode yang paling efektif untuk membuka gulungan yaitu menggunakan *ultrasonic cleaner* dibandingkan menggunakan air dan minyak.

DAFTAR PUSTAKA

Kusumasstuti, A., Barroroh, H., & Hakim, A. (2011). Identifikasi Pola Khas Spektra Infra Merah Protein Kulit, Kikil dan Rambak Babi dan Sapi.

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

MB, S., & Illing, I. (2017). Uji Ftir Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Jurnal Dinamika*, 8(2), 1–13.

Mills, J. A., & White, R. (1987). The Organic Chemistry of Museum Objects. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63247-5>

Pontoh, N. K. (1992). Preservasi dan Konservasi Suatu Tinjauan Teori Perancangan Kota. IV(6), 34–39.

Rachmawati, O., Sugita, P., & Santoso, A. (2018). Sintesis Perikat Tanin Resinol Formaldehida Dari Ekstrak Kulit Pohon Mangium Untuk Peningkatan Kualitas Batang Sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(1), 33–46. <https://doi.org/10.20886/jphh.2018.36.1.33-46>

Tesser, E., Lazzarini, L., & Bracci, S. (2018). Investigation on the chemical structure and ageing transformations of the cycloaliphatic epoxy resin EP2101 used as stone consolidant. *Journal of Cultural Heritage*, 31, 72–82.

<https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.002>

Tynek, M., Szukalska, E., & Bartoszek, A.
(2009). Influence of cabbage juices
on oxidative changes of rapeseed oil
and lard. *European, Journal of Lipid*

Science and Technology, 111(11),
1142–1149.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.200800021>