

Coloring of master brake cover accessories (CNC products) using the anodizing method with natural mangosteen peel dye

Faisal Arif Nurgesang^a, Arif Budi Wicaksono^{a,1}, Vicky Teno Ardianto^a,
Muhammad Rafi Geraldya^a, Santo Ajie Dhewanto^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 55584

¹arifbudiwicaksono@uii.ac.id

Abstract. This research focuses on the coloring of brake master covers (CNC products) using the anodizing method with a natural dye from mangosteen peel (*Garcinia mangostana* L.). The use of natural dyes aims to replace synthetic dyes that can negatively impact the environment. In this study, aluminum samples were used as substrates and then anodized at varying voltages and electrolysis times. Mangosteen peel extract was obtained through a simple extraction method and used as a coloring solution. Tests carried out include color characterization, corrosion resistance, and adhesion of the dye layer on the aluminum surface. The results showed that a natural dye from mangosteen peel can provide an even color on the surface of anodized aluminum, with varying color intensity depending on the process parameters. In addition, the resulting coating has good corrosion resistance and strong adhesion. Thus, this method has potential as an environmentally friendly alternative in the coloring of aluminum-based products.

Keywords: anodizing, CNC products, natural dye, mangosteen peel

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/5kpe3649>

PENDAHULUAN

Industri otomotif terus berkembang dengan berbagai inovasi dalam material dan teknologi manufaktur untuk meningkatkan performa serta estetika komponen kendaraan. Salah satu komponen penting dalam sistem pengereman adalah tutup master rem, yang umumnya terbuat dari aluminium karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, serta memiliki kekuatan mekanik yang baik. Namun, aluminium masih memerlukan perlakuan permukaan tambahan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki tampilan estetika. Salah satu metode perlakuan yang umum digunakan adalah anodizing. Anodizing merupakan proses elektrokimia yang membentuk lapisan oksida pada permukaan aluminium melalui proses oksidasi-anodik dalam larutan elektrolit. Lapisan oksida yang terbentuk dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi, memperbaiki daya lekat cat atau pewarna, serta memberikan tampilan estetika yang lebih menarik [1]. Selain itu, proses anodizing memungkinkan aluminium untuk diwarnai dengan berbagai pigmen, baik sintetis maupun alami. Pewarna sintetis umumnya digunakan karena kecerahan dan daya tahannya yang tinggi, namun memiliki potensi dampak negatif terhadap lingkungan akibat limbah kimia yang dihasilkan selama proses pewarnaan. Oleh karena itu, penggunaan pewarna alami mulai dikembangkan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan [2]. Salah satu sumber pewarna alami yang potensial adalah kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.), yang mengandung pigmen antosianin dalam jumlah tinggi. Antosianin merupakan senyawa flavonoid yang dapat menghasilkan warna merah,

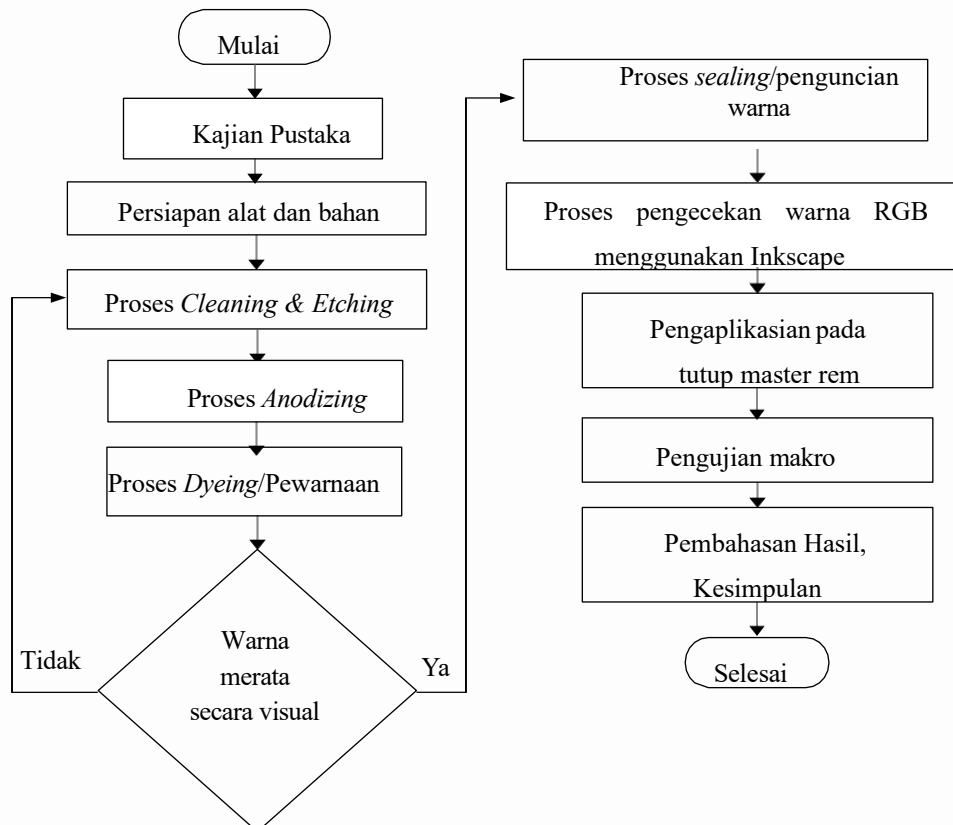
ungu, hingga biru tergantung pada tingkat keasaman (pH) larutan tempat berada [3]. Senyawa ini memiliki karakteristik stabil pada kondisi tertentu, namun juga rentan terhadap perubahan lingkungan seperti suhu, pH, dan paparan cahaya. Penggunaan ekstrak kulit manggis sebagai pewarna alami telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti tekstil dan kosmetik, tetapi masih jarang diterapkan dalam proses anodizing logam, khususnya aluminium. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pewarna alami dari kulit manggis dalam proses anodizing aluminium. Selain aspek pewarnaan, penelitian ini juga menyoroti pentingnya ketahanan korosi dan daya lekat lapisan pewarna terhadap aluminium anodized. Faktor-faktor seperti tegangan listrik, waktu anodizing, dan kondisi larutan pewarna sangat memengaruhi hasil akhir pewarnaan dan ketahanan lapisan oksida yang terbentuk [4]. Dengan memahami hubungan antara parameter anodizing dan sifat lapisan yang dihasilkan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan baru dalam pengembangan teknologi pewarnaan anodizing berbasis pewarna alami. Lebih lanjut, pemanfaatan kulit manggis sebagai sumber pewarna alami tidak hanya mendukung konsep industri ramah lingkungan, tetapi juga berkontribusi dalam pemanfaatan limbah pertanian. Selama ini, kulit manggis sering kali hanya menjadi limbah setelah buahnya dikonsumsi, padahal Magandang berbagai senyawa bioaktif yang bernilai tinggi [5]. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis anodizing, tetapi juga memiliki nilai tambah dalam aspek ekonomi dan

lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pewarna alami dari kulit manggis dalam proses anodizing tutup master rem berbahan aluminium. Pengaruh variasi parameter anodizing terhadap intensitas warna, ketahanan korosi, dan daya lekat pewarna pada permukaan aluminium dianalisis untuk mengetahui potensi aplikasi pewarna alami dalam industri otomotif. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

dalam pengembangan teknologi anodizing yang lebih ramah lingkungan, sekaligus mendorong pemanfaatan bahan alami dalam industri manufaktur.

METODOLOGI

Diagram alir penelitian dapat ditunjukkan seperti Gambar 1. berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 5052 yang dipotong dengan ukuran 40 mm x 20,5 mm x 1,15 mm. Selanjutnya, spesimen kita jepit menggunakan kaput buaya untuk menghubungkan arus positif sebagai anoda. Proses cleaning dilakukan untuk membersihkan benda kerja dari kotoran dan minyak yang menempel pada aluminium sebelum proses etching dilakukan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan cairan thinner. Selanjutnya adalah rinsing cleaning, yaitu proses membilas benda kerja untuk menghilangkan bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium. Berikutnya proses etching untuk mengikis permukaan aluminium menggunakan bahan kimia, biasanya dengan tujuan untuk menghilangkan oksida, kotoran, dan kontaminan lainnya dari permukaan aluminium.



Gambar 2. Spesimen pengujian

Proses etching dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen aluminium ke dalam larutan etsa yang mengandung natrium hidroksida (NaOH) atau soda api selama 2 menit. Langkah selanjutnya yaitu proses anodizing yang dilakukan dengan cara memasang spesimen aluminium sebagai anoda (elektroda positif) dan katoda (elektroda negatif) dihubungkan dengan

plat aluminium yang terhubung langsung dengan power supply dan dicelupkan kedalam wadah anodizing yang berisi larutan elektrolit dengan konsentrasi (3:1) atau 300 gram air dengan 100 gram asam sulfat. Setelah proses anodizing, proses dyeing dilakukan untuk menambahkan warna pada lapisan oksida atau permukaan aluminium yang telah melalui proses anodizing. Aluminium yang telah dianodisasi dicelupkan ke dalam larutan pewarna yang sudah diekstrak dengan cara memanaskan bubuk pewarna pada suhu sekitar 80 °C sambil diaduk perlahan. Pewarna ini meresap ke dalam pori-pori lapisan oksida. Setelah proses pewarnaan, aluminium biasanya melalui proses sealing untuk menutup pori-pori lapisan oksida dan mengunci pewarna di dalamnya, yang meningkatkan ketahanan terhadap pudar dan korosi. Proses sealing umumnya dilakukan dengan cara merendam aluminium ke dalam air panas/mendidih pada suhu 80 °C selama 5 menit yang menyebabkan pori-pori oksida menutup. Untuk menguji tingkat kualitas warna, digunakan sistem RGB (Red Green Blue). Dalam konteks penelitian ini, sistem RGB digunakan untuk menganalisis dan mengukur warna hasil pewarnaan anodisasi secara kuantitatif. Setiap warna dalam sistem RGB direpresentasikan oleh kombinasi tiga warna primer (merah, hijau, biru) dengan skala 0–255. Hasil pengukuran RGB membantu mengevaluasi intensitas dan konsistensi warna pada permukaan produk setelah anodisasi. Penelitian tentang pengolahan citra digital menggunakan model warna RGB telah dilakukan untuk berbagai aplikasi. Normalisasi

RGB dapat digunakan untuk mendeteksi objek berwarna tertentu, meskipun memiliki keterbatasan dalam membedakan warna hitam dan putih [6] (Kusumanto, 2011). Pengecekan warna pada percobaan ini menggunakan saya menggunakan RGB karena pengambilan data warna dilakukan secara digital menggunakan kamera. RGB merupakan sistem warna yang digunakan dalam tampilan layar dan sensor kamera digital, yang bekerja berdasarkan cahaya yang ditangkap, sehingga lebih sesuai dibanding CMYK yang digunakan untuk cetakan. Pengujian struktur makro ini dilakukan untuk mengamati ketebalan warna yang dihasilkan pada proses anodisasi yang telah dilakukan. Pengamatan struktur makro ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital kamera dengan perbesaran 50x.

Parameter

Desain perancangan penelitian anodisasi ini disusun untuk menjadi pedoman dalam melakukan proses anodisasi menggunakan bahan pewarna alami bubuk kulit manggis. Berikut desain perancangan yang disusun pada Tabel 1 dan Tabel 2. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah lama waktu anodisasi, yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi lama waktu anodisasi yang terbaik untuk menghasilkan warna yang merata pada pengaplikasian produk. Kode spesimen yang digunakan pada percobaan ini yaitu 30T10A90C, 30T merupakan lama waktu anodisasi, 10A merupakan kuat arus yang digunakan, dan 90C merupakan suhu larutan pewarna yang digunakan yaitu 90°C.

Tabel 1. Variasi waktu anodisasi

No	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Waktu Pewarnaan (Menit)	Konsentrasi Elektrolit	Suhu larutan pewarna (°C)	Massa Bubuk Manggis (Gram)
1	10T10A90C	10	30	1:2	90	15
2	20T10A90C	10	30	1:2	90	15
3	30T10A90C	10	30	1:2	90	15

Tabel 2. Variasi waktu dyeing

No	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Waktu Anodizing (Menit)	Waktu		Massa Bubuk Manggis (Gram)
				Pewarnaan (Menit)	Konsentrasi Elektrolit	
1	XT10W90C	10	Terbaik	10	1:2	15
2	XT20W90C	10	Terbaik	20	1:2	15
3	XT30W90C	10	Terbaik	30	1:2	15

Keterangan :

X = Durasi Anodisasi Terbaik (Menit)

A = Arus Listrik (Ampere)

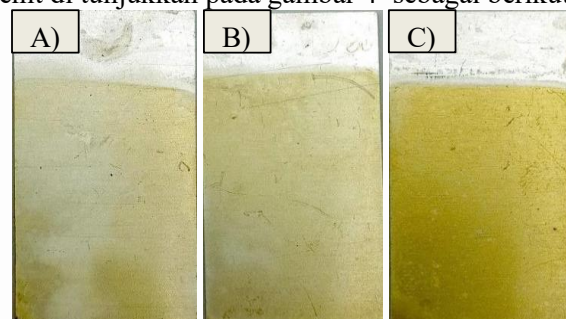
T = Durasi Anodisasi (Menit)

C = Suhu Larutan Pewarna (°C)

W = Durasi Perendaman Warna (Menit)

Variabel bebas dalam penelitian ini yang digunakan adalah lama waktu perendaman warna yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Variasi ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi lama waktu perendaman warna yang terbaik untuk menghasilkan penyebaran warna yang merata.

Hasil dari pewarnaan pada spesimen dengan variasi waktu lama pewarnaan 10 menit, 20 menit, dan 30 menit di tunjukkan pada gambar 4 sebagai berikut :

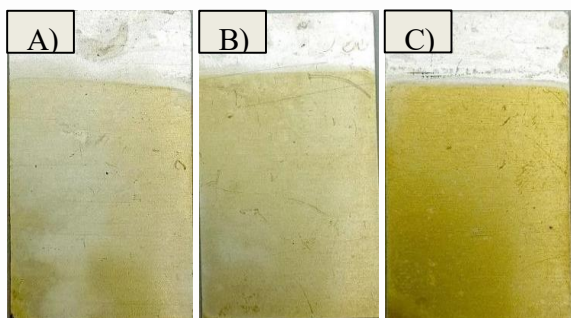


Gambar 4. Hasil Percobaan Variasi Waktu Pewarnaan
A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Anodizing Dan Pewarnaan Pada Spesimen

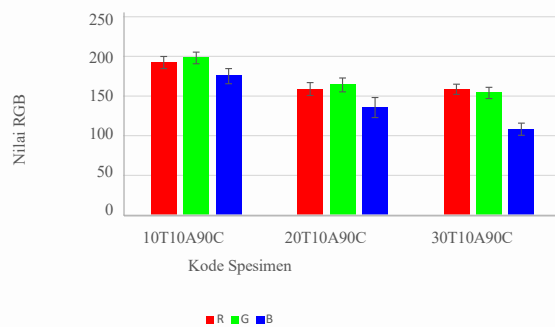
Dalam penelitian ini terdapat 18 spesimen aluminium 5052 yang dilakukan proses anodizing dengan 3 kali percobaan di setiap variasi lama anodizing dan lama pewarnaan, yaitu 10 menit anodizing, 20 menit anodizing, 30 menit anodizing, 10 menit pewarnaan, 20 menit pewarnaan, dan 30 menit pewarnaan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3. berikut:



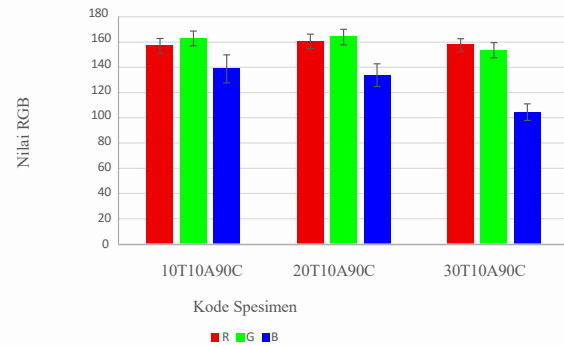
Gambar 3. Hasil percobaan variasi waktu anodisasi
A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit

Hasil Pengujian Warna RGB

Setelah melakukan proses anodisasi dengan memvariasikan lama waktu anodisasi dan lama waktu perendaman warna, pada spesimen dilakukan pengujian intensitas atau kecerahan warna (RGB) menggunakan software Inkscape, di mana akan didapatkan hasil intensitas atau kecerahan warna dari setiap variasi lama anodisasi dan lama perendaman warna. Pengujian dilakukan pada seratus titik yang berbeda. Hasil penyebaran dan standar deviasi pada proses anodisasi bisa dilihat pada Gambar 5. dan Tabel 3. Di bawah. Hasil yang didapat dari pengecekan warna RGB menggunakan software Inkscape didapatkan pada 10T10A90C atau 10 menit anodize, 10 ampere kuat arus, pewarnaan 30 menit dengan suhu air 90 °C. Hasil warna yang didapatkan adalah R 192,35, G 198,13, dan B 175,14. Untuk 20T10A90C atau 20 menit anodize, 10 ampere kuat arus, pewarnaan 30 menit dengan suhu air 90 °C, nilai yang didapatkan R 158,91, G 164,11, dan B 135,57.



Gambar 5. Grafik penyebaran warna variasi waktu anodisasi



Gambar 6. Grafik penyebaran warna variasi waktu pewarnaan

Tabel 3. Standar deviasi variasi waktu anodisasi

No	Kode Spesimen	Standar Deviasi		
		R	G	B
1	10T10A90C	7,6177	7,3300	9,5487
		23959	99615	61698
2	20T10A90C	8,1170	8,7272	12,647
		24354	84429	85946
3	30T10A90C	6,4107	7,0831	7,6468
		23203	30225	27904

Tabel 4. Standar deviasi variasi waktu pewarnaan

No	Kode Spesimen	Standar Deviasi		
		R	G	B
1	10T10A90C	5,8311	5,8531	11,120
		96441	78492	59503
2	20T10A90C	5,7076	6,2142	9,0275
		58159	42385	67652
3	30T10A90C	4,9435	5,9989	6,5759
		53065	5342	73991

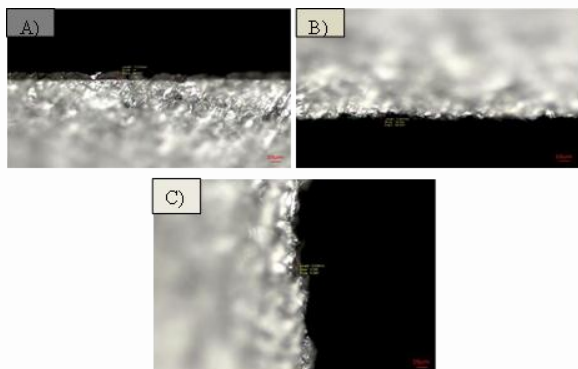
Untuk 30T10A90C atau 30 menit anodize, 10 ampere kuat arus, pewarnaan 30 menit dengan suhu air 90°C, nilai yang didapatkan R 158,60, G 154,00, dan B 108,26. Berdasarkan grafik di atas, nilai grafik di atas dapat menjadi acuan untuk menentukan lama variasi waktu anodisasi yang dapat digunakan untuk proses anodisasi produk dengan melihat nilai grafik error bar-nya yang paling pendek. Untuk menentukan nilai error bar, kita menghitung standar deviasinya terlebih dahulu menggunakan Excel. Semakin kecil error bar-nya, maka penyebaran warna semakin baik. Sehingga nilai yang digunakan yaitu 30 menit anodisasi. Hasil penyebaran dan standar deviasi pada proses pewarnaan bisa dilihat pada Gambar 6. dan Tabel 4. bawah. Hasil yang didapat dari pengecekan warna RGB menggunakan software Inkscape didapatkan. Untuk 10T10A90C atau 10 menit pewarnaan, 10 ampere kuat arus, 30 menit anodisasi dengan suhu air 90°C didapatkan nilai R 157,05, G 162,87, dan B 138,76. Untuk 20T10A90C atau 20 menit pewarnaan, 10 ampere kuat arus, 30 menit anodize dengan suhu air 90°C didapatkan nilai R 160,59, G 163,93, dan B 133,77.

Untuk 30T10A90C atau 30 menit pewarnaan, 10 ampere kuat arus, 30 menit anodisasi dengan suhu air 90°C didapatkan nilai R 157,73, G 153,54, dan B 104,45. Nilai dari grafik di atas dapat menjadi salah satu acuan untuk menentukan kombinasi waktu anodisasi dan waktu pewarnaan yang bagus dengan cara melihat titik error bar yang paling pendek, Untuk menentukan nilai error bar, kita menghitung standar deviasinya terlebih dahulu menggunakan Excel. Semakin kecil error bar/standar deviasinya, maka penyebaran warna semakin merata dengan baik. Maka dari itu, panjang error bar/nilai standar deviasi dapat dijadikan salah satu acuan untuk menentukan kombinasi waktu anodisasi dan waktu pewarnaan. Kombinasi waktu anodisasi dan waktu pewarnaan yang optimum yaitu 30 menit anodisasi dan 30 menit pewarnaan. Kombinasi optimum ini didapatkan karena pengujian yang saya lakukan maksimal berada pada waktu 30 menit. Untuk hasil optimum, proses anodizing atau pewarnaan bisa lebih dari 30 menit, dikarenakan belum ada penelitian lebih lanjut untuk titik jenuh proses anodizing atau proses pewarnaan yang dilakukan.

Hasil Pengamatan Struktur Makro

Proses pengamatan struktur makro dilakukan setelah spesimen selesai diuji warna RGB. Setelah itu, spesimen dibelah menjadi dua dan diamati ketebalan hasil anodisasinya menggunakan kamera mikroskop

digital. Contoh hasil dari pengujian struktur makro di tunjukkan sebagai berikut :



Gambar 7. Struktur makro variasi 10 menit *anodize* (10A)

Pengaplikasian pada produk Tutup Master Rem

Hasil yang didapatkan dari pengujian warna RGB menggunakan software Inkscape menghasilkan kombinasi waktu anodisasi dan waktu pewarnaan yang optimum. Kombinasi waktu anodisasi dan waktu pewarnaan yang optimum yaitu 30 menit anodisasi dan 30 menit pewarnaan. Untuk hasil warna pada produk, terdapat sedikit perbedaan dikarenakan beberapa faktor, seperti kualitas bubuk kulit manggis yang dibeli berbeda dikarenakan kehabisan stok pada toko yang digunakan sebelumnya. Upaya untuk mengatasi perbedaan warna pada kualitas bubuk yang dihasilkan bisa dilakukan dengan membeli bubuknya dalam jumlah yang banyak sehingga tidak berbeda kualitasnya. Selanjutnya diaplikasikan ke produk tutup master rem. Hasil proses anodasi pada produk tutup master rem bisa dilihat pada Gambar.8 di bawah.



Gambar 8. Hasil anodizing dan dyeing pada tutup master rem

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Simarmata, T. P. Pengaruh Waktu Holding Anodisasi Terhadap Diameter Pori dan Tebal Lapisan Aluminium Oksida Anodik Dengan Menggunakan Metode Two-Step Anodization. Surabaya: ITS. (2020).

Analisis Kegagalan

Terdapat perbedaan warna yang sangat signifikan di beberapa area spesimen yang disebabkan oleh lama waktu anodisasi dan lama waktu perendaman dan juga disebabkan oleh pewarna kulit manggis. Pewarna yang digunakan pada percobaan ini ialah pewarna alami yang berasal dari kulit manggis yang telah diolah menjadi bubuk, sehingga pada saat proses pengekstrakan warna terdapat residu atau ampas-ampas sisa dari bubuk kulit manggis yang tidak larut sehingga menyebabkan warna pada permukaan tidak konsisten dan semakin lama pewarna tersebut digunakan dan semakin lama waktu ekstrak pewarna, warna bubuk kulit manggis berubah menjadi lebih pekat, jadi penggunaan warna alami kulit manggis tidak selalu memiliki waktu pewarnaan yang konsisten, tergantung lama waktu ekstrak pewarnaan yang digunakan, sehingga idealnya pewarna diekstrak dalam waktu 30 menit dengan air mendidih dan hanya dapat digunakan sekali proses pewarnaan agar mendapatkan hasil warna aluminium yang maksimal. Dan untuk lama anodisasi dan lama perendaman warna yang baik yaitu 30 menit supaya lapisan oksidasi yang ada pada spesimen lebih tebal dan perendaman yang lebih lama supaya lebih menyerap warnanya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta pengujian dan pembahasan terkait variasi parameter yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa pada variasi lama anodizing 30 menit, penyebaran warnanya lebih merata daripada pada variasi lama anodizing 20 menit dan 10 menit, karena lapisan oksidasi yang terbentuk jauh lebih tebal dan merata. Pada variasi lama perendaman warna dengan waktu 30 menit, hasil warnanya lebih merata daripada pada variasi dengan waktu 20 menit dan 10 menit, sehingga warna lebih menyerap di dalam spesimen dengan sempurna. Proses anodisasi dengan pewarna alami bubuk manggis dapat menghasilkan lapisan anodisasi dengan kualitas yang cukup baik, namun untuk residu atau ampasnya sebaiknya disaring terlebih dahulu supaya hasilnya lebih bagus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada para kolega dosen dan mahasiswa Prodi Teknik Mesin UII yang telah membantu dalam penelitian ini.

- [2] Enrico. Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan Dan Aplikasi Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha Mengurangi Limbah. The Fashion Journal (2019)., 1-9
- [3] Kwartiningsih, E. Zat Pewarna Alami Dari Kulit Buah Manggis. Ekuilibrium, (2009) 41 - 47.
- [4] Santhiarsa, N. Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Hard Anodizing pada Aluminium terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra, (2009)164-169.
- [5] Sarungu, Y. T. Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Manggis Sebagai Pewarna Logam Aluminium. Industrial Research Workshop and National Seminar (2012).
- [6] Kusumanto, R. Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB . Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (2011).