

Potensi Penggunaan Limbah Kendaraan Bekas Melalui Teknologi Anodizing

Nani Mulyaningsih¹⁾, Sigit Mujiarto²⁾, Faiz Listyanda³⁾,
Yunita Rahayu⁴⁾, M. Faiz Salim⁵⁾

¹⁻⁵⁾Universitas Tidar, Magelang

Email : nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

Abstrak

Proses anodizing merupakan teknik yang efektif dalam meningkatkan ketahanan korosi aluminium melalui pembentukan lapisan oksida pelindung. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses anodizing pada footrest aluminium bekas untuk meningkatkan daya tahannya terhadap korosi, sehingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai produk dengan umur pakai yang lebih panjang. Menggunakan variasi waktu (7, 14, 23, 32, 42 menit), arus 2,5A dan tegangan 18 Volt. Uji ketahanan korosi dilakukan dengan metode potensiostatik untuk mengevaluasi performa footrest setelah anodizing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi proses anodizing dapat secara signifikan meningkatkan ketahanan korosi footrest bekas sebesar 0,0234491mmpy. Proses ini memungkinkan pemanfaatan kembali footrest aluminium bekas sebagai produk yang lebih tahan terhadap kerusakan lingkungan, serta mendukung pengurangan limbah logam.

Kata Kunci: limbah, potensi, anodizing, korosi

Abstract

Anodizing is an effective technique to improve the corrosion resistance of aluminum by forming a protective oxide film. The objective of this study is to optimize the anodizing of used aluminum footrests to improve their corrosion resistance and enable them to be reused as longer-lasting products. Corrosion resistance tests were performed using a potentiostatic method with time variations (7, 14, 23, 32, 42 min), a current of 2.5 A, and a voltage of 18 volts to evaluate the performance of the footrests after anodizing. The results show that by optimizing the anodizing process, the corrosion resistance of the used footrests can be significantly improved by 0.0234491 mmpy. This process allows used aluminium footrests to be recycled into a more environmentally resistant product, helping to reduce metal waste.

Keywords: waste, potential, anodizing, corrosion

Pendahuluan

Pemanfaatan kembali material bekas, terutama aluminium, merupakan bagian dari upaya global dalam mengurangi limbah industri dan memperpanjang umur pakai material. Aluminium merupakan material yang banyak diaplikasikan pada berbagai produk karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan karat. Salah satu produk yang umum dibuat dari aluminium adalah footrest, komponen penting pada kendaraan bermotor yang mendukung kenyamanan dan keamanan pengemudi (Syafa'at et al., 2016)(Safitri & dkk, 2018).

Meskipun memiliki ketahanan alami terhadap korosi, footrest berbahan aluminium bekas sering kali mengalami degradasi permukaan akibat paparan kondisi lingkungan yang ekstrem. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas dan masa pakai

produk. Inovasi dengan menerapkan metode anodizing pada footrest standar dari material bekas menawarkan solusi untuk meningkatkan ketahanan korosi sekaligus memberikan tampilan yang lebih menarik dan tahan lama.

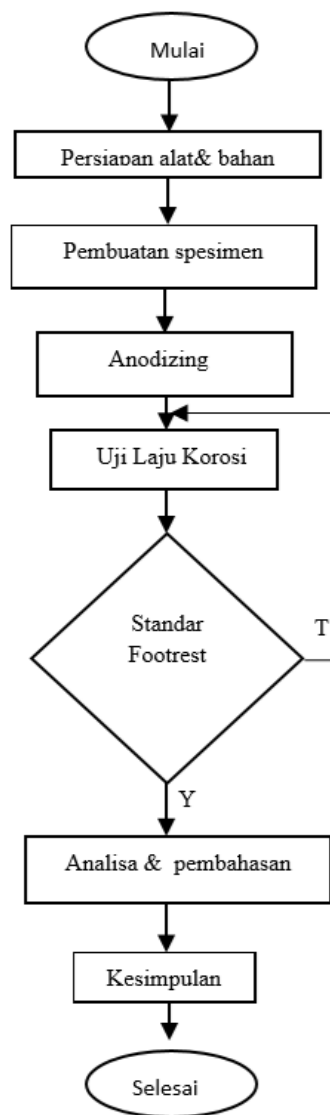
Metode anodizing bekerja dengan membentuk lapisan aluminium oksida pelindung pada permukaan logam, yang berfungsi untuk menghalangi korosi korosi dan memperkuat daya tahan mekanik (Hardiyansyah et al., 2021)(Hermawan et al., 2017)(Pamungkas et al., n.d.) Dengan penerapan proses ini, footrest yang sebelumnya tidak layak digunakan lagi dapat diubah menjadi produk yang memenuhi standar industri dan memiliki nilai tambah.

Namun, penelitian mengenai penerapan anodizing pada footrest bekas masih sangat terbatas. Selain itu studi yang mengkaji manfaat anodizing terhadap produk bekas dan dampak positifnya terhadap pengurangan limbah logam di lingkungan masih kurang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengembangkan inovasi produk footrest standar dari material footrest bekas melalui metode anodizing dan mengevaluasi ketahanan korosinya. Dengan inovasi ini, diharapkan dapat tercipta produk yang lebih efisien, tahan lama, dan ramah lingkungan.

Metode

Penelitian ini menggunakan beberapa alat berikut yaitu footrest bekas berbahan aluminium yang telah digunakan selama lebih dari dua tahun, dipilih secara acak dari berbagai merek dan kondisi, dengan kriteria bahwa footrest masih dalam kondisi utuh tetapi menunjukkan tanda-tanda awal korosi. Footrest baru yang belum mengalami proses anodizing digunakan sebagai sampel pembanding (kontrol). Selain itu asam soda api, larutan NaOH, sulfat, phosphoric acid, aluminium. Adapun alat yang digunakan yaitu alat uji korosi potensiostatik, stopwatch, timbangan, gelas ukur, thermometer, trafo, kawat tembaga, kabel penghubung dan bak plastik. Spesimen footrest bekas dilakukan proses anodizing dengan sesuai alur penelitian berikut seperti terlihat pada gambar 1a. Berikut:



Gambar 1a. Diagram Alir Penelitian

Persiapan diawali dengan membersihkan footrest menggunakan larutan alkali untuk menghilangkan minyak, kotoran, dan oksida yang sudah terbentuk di permukaan. Proses anodizing dilakukan di dalam larutan asam sulfat dengan arus 2,5 Ampere, Tegangan listrik sebesar 18 Volt dengan variasi waktu (7, 14, 23, 32,42 menit) untuk menghasilkan lapisan oksida aluminium di permukaan footrest.

Proses penyegelan (sealing) dilakukan setelah anodizing, footrest direndam dalam air panas (95°C) selama 20 menit untuk menutup pori-pori lapisan oksida, sehingga meningkatkan ketahanan korosi. Setelah itu dilakukan pengujian laju korosi pada footrest hasil anodizing tersebut. Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan standart ketahanan korosi footrest yang ada dipasaran.

Footrest umumnya terbuat dari aluminium atau paduan aluminium karena sifatnya yang ringan dan tahan terhadap oksidasi di udara. Aluminium memiliki lapisan oksida alami yang dapat melindungi logam dari serangan korosi lebih lanjut. Namun, dalam lingkungan yang ekstrem, seperti kelembapan tinggi, paparan air garam, atau kondisi abrasi mekanik, lapisan oksida ini bisa rusak, sehingga aluminium menjadi rentan terhadap korosi. Footrest yang terpapar elemen-elemen ini dalam waktu yang lama akan mengalami degradasi, yang ditandai dengan perubahan warna, munculnya karat putih (aluminium oxide), dan menurunnya kekuatan mekanis (Syafa'at et al., 2016).

Dengan menggunakan teknologi anodizing, membuktikan bahwa teknologi tersebut mampu memperpanjang umur material aluminium. Pada permukaan aluminium dapat terbentuk oksida dengan lapisan yang lebih tebal dan stabil. Lapisan ini mampu memberikan perlindungan ekstra terhadap korosi dan abrasi. Penerapan anodizing pada footrest bekas memberikan peluang untuk memperbaiki dan memperpanjang umur pakai komponen tersebut, sehingga dapat digunakan kembali dan mengurangi kebutuhan akan produksi footrest baru. Selain itu, penerapan anodizing dapat mengurangi jumlah limbah logam yang dihasilkan, sehingga memberikan dampak positif bagi lingkungan. (Eka Febriyanti, 2015)

Seiring dengan meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor, jumlah komponen kendaraan yang rusak atau tidak terpakai juga meningkat. Footrest bekas menjadi salah satu bagian yang berkontribusi terhadap timbunan limbah logam, khususnya aluminium, di tempat pembuangan akhir. Limbah logam ini tidak hanya mengisi ruang di TPA (Tempat Pembuangan Akhir), tetapi juga dapat memicu polusi lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Produksi aluminium baru dari bahan baku primer memerlukan energi yang sangat besar serta menimbulkan emisi karbon yang signifikan. Oleh karena itu, daur ulang footrest bekas menjadi solusi yang lebih berkelanjutan.

Korosi merupakan kerusakan pada logam akibat reaksi kimia dengan lingkungannya dan menyebabkan penurunan kualitas suatu material (Muzaki et al., 2022). Media korosif seperti asam dan garam, asam klorida, natrium klorida. Uji korosi adalah peristiwa kerusakan suatu material logam akibat reaksi dengan lingkungannya. Salah satu metode pengujian korosi yaitu metode elektrokimia (Mulyaningsih &

Tidarriano, 2020).

Besarnya laju korosi dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Darmawan et al., 2018) :

$$r = K \times \frac{I(EW)}{D} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

K = Konversi laju korosi (0,129 untuk mpy)

I = I_{corr} = Kerapatan arus ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

EW = Berat equivalen (gram)

D = Massa jenis logam terkorosi (gr/cm^3)

r = Laju Korosi (mpy).

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan laju korosi masing-masing variasi waktu dilakukan dengan menggunakan persamaan 1. kemudian dibuat tabel dan grafik, dapat dilihat pada tabel 1. Dan gambar 2.

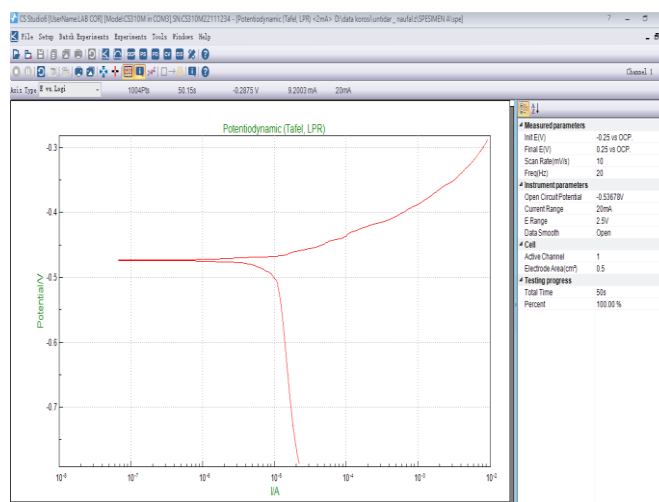
Berikut contoh perhitungan laju korosi :

Diketahui:

EW = 9,201 gram

D = 2,7 g/cm^3

K = 0,0327 mmpy



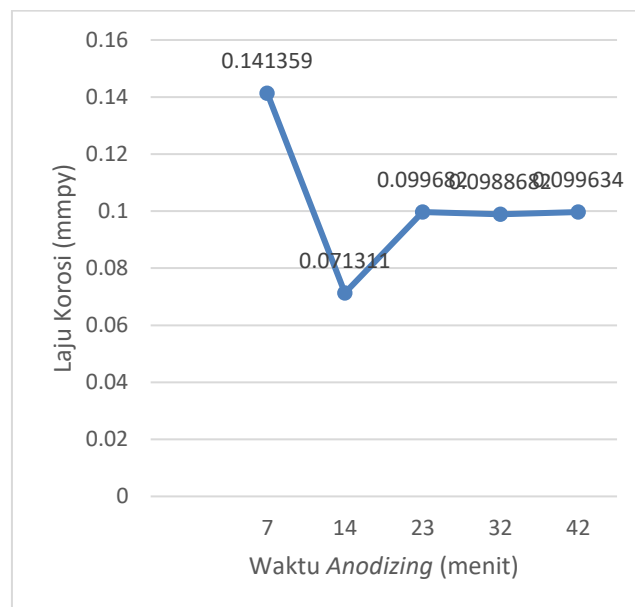
Gambar 1b. Diagram Tafel

$$Cr = (0,00327) \times \frac{(2,1043 \frac{\mu A}{cm^2})(9,201 \text{ gram})}{(2,7 \frac{g}{cm^3})}$$

$$Cr = 0,0234491 \text{ mmpy}$$

Tabel 1. Hubungan Antara Waktu Anodizing Dan Laju Korosi

Waktu Anodizing (menit)	Laju korosi (mmpy)	Rata-rata laju korosi (mmpy)
7 menit	0,0457355 mmpy	0,141359
	0,0487910 mmpy	
	0,0468325 mmpy	
14 menit	0,0246295 mmpy	0,071311
	0,0234491 mmpy	
	0,0232325 mmpy	
23 menit	0,0886273 mmpy	0,099682
	0,0834491 mmpy	
	0,0854323 mmpy	
32 menit	0,0946275 mmpy	0,0988682
	0,093456 mmpy	
	0,0987323 mmpy	
42 menit	0,0996253 mmpy	0,099634
	0,0983449 mmpy	
	0,0985432 mmpy	



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu Anodizing dan Laju Korosi

Dari hasil perhitungan laju korosi (*corrosion rate*) menggunakan persamaan Faraday dan nilai arus korosi (*I_{corr}*) yang diperoleh dari kurva polarisasi, terlihat bahwa laju korosi berkurang seiring dengan meningkatnya waktu anodizing, nilai optimal terjadi pada anodizing selama 14 menit. Pada waktu tersebut, laju korosi mencapai titik terendah, menandakan bahwa lapisan oksida yang terbentuk memiliki ketebalan yang ideal untuk memberikan perlindungan yang maksimal. Pada waktu tersebut lapisan oksida yang terbentuk pada footrest memiliki ketebalan yang ideal, memberikan perlindungan maksimal terhadap korosi dengan laju korosi terendah.

Waktu anodizing yang lebih pendek, seperti 7 atau 32 menit, menghasilkan lapisan oksida yang terlalu tipis dan kurang efektif, sementara anodizing yang terlalu lama (42 menit) menghasilkan lapisan yang terlalu tebal, yang cenderung rentan terhadap keretakan dan porositas. Hal ini menunjukkan bahwa ada batas optimal untuk waktu anodizing, di mana ketebalan lapisan oksida cukup untuk memberikan perlindungan maksimal tanpa menimbulkan kerusakan mikro. Dalam hal ini, anodizing selama 14 menit memberikan ketebalan lapisan oksida yang optimal dan mampu menahan lingkungan korosi dalam uji potensiodinamik. Peneliti sebelumnya juga telah memberikan analisis yang sama tentang hal tersebut. (Pamungkas et al., n.d.).

Penelitian ini membuktikan bahwa material footrest aluminium bekas, khususnya footrest yang telah rusak atau terdegradasi, dapat dipulihkan menjadi produk baru dengan kualitas yang memenuhi standar industri melalui metode anodizing. Hal ini menunjukkan potensi besar untuk memanfaatkan limbah material dalam upaya mengurangi penggunaan bahan baku baru serta mendukung prinsip ekonomi sirkular.

Simpulan dan Saran

Hasil pengujian laju korosi dengan variasi waktu anodizing menggunakan metode potensiodinamik menunjukkan bahwa ada waktu optimal untuk anodizing dalam hal ketahanan korosi. Anodizing selama 14 menit memberikan ketahanan korosi terbaik, ditandai dengan nilai *I_{corr}* terendah dan *E_{corr}* yang paling positif. Meningkatkan waktu anodizing lebih dari 14 menit justru dapat menyebabkan ketebalan lapisan yang berlebihan, yang berpotensi menurunkan ketahanan korosi karena munculnya retak mikro atau pori-pori pada lapisan oksida.

Dengan demikian, untuk meningkatkan ketahanan korosi footrest aluminium bekas, anodizing dengan waktu 14 menit merupakan pilihan optimal yang menghasilkan lapisan oksida dengan ketebalan dan struktur yang paling efektif dalam melindungi material dari serangan korosif.

Ucapan terimakasih

Kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada DIPA Universitas Tidar tahun 2024, atas pendanaan dan fasilitas yang disediakan. Kami berharap hasil penelitian ini dapat menginspirasi penelitian lebih lanjut di masa depan.

Daftar Pustaka

- Darmawan, A. S., Riyadi, T. W. B., Hamid, A., Febriantoko, B. W., & Putra, B. S. (2018). Corrosion resistance improvement of aluminum under anodizing process. *AIP Conference Proceedings*, 1977(June 2018). <https://doi.org/10.1063/1.5042862>
- Eka Febriyanti, E. (2015). Optimasi Proses Pelapisan Anodisasi Keras Pada Paduan Aluminium. *Metalurgi*, 26(2), 109. <https://doi.org/10.14203/metalurgi.v26i2.15>
- Hardiyansyah, M., Syafa'at, I., & Dzulfikar. (2021). Analisis Tegangan, Defleksi, Dan Faktor Keamanan Pada Pemodelan Footrest Sepeda Motor Y Dengan Aplikasi Autodesk Inventor Berbasis Simulasi Elemen Hingga. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 2, 7–14.
- Hermawan, H., Mulyaningsih, N., & Pramono, C. (2017). Pengaruh Kuat Arus Pada Proses Anodizing Terhadap Karakteristik Velg Mobil Merk Bsa. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), 34–40. <https://doi.org/10.31002/jom.v1i1.372>
- Mulyaningsih, N., & Tidarriano, B. B. (2020). Estimated corrosion resistance of nickel-plated fuel tanks on RON 92 and RON 90 fuels. *Journal of Physics: Conference Series*, 1517(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1517/1/012014>
- Muzaki, M., Mashudi, I., Fakhruddin, M., Anwar, A. M., Paranata, R. A. N., & Wiganata, G. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Beda Potensial dan Waktu Proses Anodizing terhadap Karakteristik Lapisan Oksida Aluminium 6061. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 59. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i1.3020>
- Pamungkas, R. S., Salahudin, X., Mulyaningsih, N., Mesin, J. T., Teknik, F., Tidar, U., Mesin, J. T., Teknik, F., Tidar, U., Mesin, J. T., Teknik, F., & Tidar, U. (n.d.). *Pengaruh Variasi Waktu Anodizing Terhadap Karakteristik Velg Racing Merk Sprint*. 2(x), 41–47.
- Pratama, A. A. (2016). *Studi pengerasan regangan (strain hardening) pada foot step sepeda motor produk asli dan produk imitasi (lokal)*.
- Safitri, P. M., & dkk. (2018). Perancangan Footrest Stairs dan Scissor Lift Table di Area Mesin CNC Bor Melalui Pendekatan Ergonomi dengan Metode Posture Evaluation

Index (PEI) di PT Pindad (Persero) Bandung. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 16(2), 122–129.

Setyaningsih, L., Anna, B., & Purbasari, A. (2016). Perancangan Footrest Untuk Mengurangi Kelelahan Operator Pada Bagian Kaki Di Cell S/a Coil Xs156 Di Pt.Abc. *Jurnal PASTI*, 10(2), 126–137.
<http://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/>

Syafa'at, I., Darmanto, & Priyanto, E. (2016). Studi optimasi faktor keamanan footrest sepeda motor x berbasis simulasi elemen hingga. *Momentum*, 12(2), 53–57.