

Pemanfaatan Limbah *Footstep* Bekas Sebagai Material Alternatif Untuk Produk *Footstep* di Pasaran

Nofal Zuhaeri¹⁾, Nani Mulyaningsih²⁾, Nurhadi³⁾

¹⁻³⁾Universitas Tidar, Magelang
zhrinfl@gmail.com

Abstrak

Pentingnya prinsip ekonomi sirkular dan berkelanjutan mendorong pencarian solusi inovatif untuk memanfaatkan limbah industri. Salah satu solusi yang dapat diambil adalah mendaur ulang *footstep* bekas untuk dijadikan bahan alternatif pembuatan *footstep* baru yang siap bersaing di pasaran. Dengan teknologi *anodizing*, limbah *footstep* dapat diproduksi kembali tanpa mengurangi kualitas fungsionalnya sebagai *footstep* sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pemanfaatan limbah *footstep* bekas sebagai material alternatif yang ekonomis untuk memenuhi kebutuhan pasar. Penelitian ini menggunakan variasi kuat arus 1 *Ampere*, 1.5 *Ampere*, 2 *Ampere*, 2.5 *Ampere* dan 3 *Ampere*. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa material *footstep* termasuk aluminium seri 5XXX dengan kandungan unsur (Mg) yang dominan yaitu sebesar 5,55% dan unsur (Al) sebesar 91,67%. Nilai kekasaran rata-rata dengan nilai kekasaran terendah pada variasi kuat arus 2 *Ampere* sebesar 0,946 μm dan kekasaran tertinggi pada variasi 1 *Ampere* sebesar 1,246 μm . Hasil SEM menunjukkan permukaan sampel tertutupi dengan lapisan berwarna abu-abu cerah dan terbentuk porositas yang menunjukkan bahwa permukaan aluminium yang telah terlapisi katoda.

Kata Kunci: *footstep*, *anodizing*, kekasaran, struktur mikro.

Abstract

The importance of circular economy and sustainability principles encourages the search for innovative solutions to utilize industrial waste. One solution that can be taken is to recycle used footsteps to be used as an alternative material for making new footsteps that are ready to compete in the market. With anodizing technology, footstep waste can be remanufactured without reducing its functional quality as a motorcycle footstep. This research aims to examine the potential utilization of used footstep waste as an economical alternative material to meet market needs. This research uses variations in current strength of 1 Ampere, 1.5 Ampere, 2 Ampere, 2.5 Ampere and 3 Ampere. The results of the research conducted show that the footstep material includes 5XXX series aluminum with a dominant element (Mg) content of 5.55% and element (Al) of 91.67%. The average roughness value with the lowest roughness value in the 2 Ampere current strength variation of 0.946 μm and the highest roughness in the 1 Ampere variation of 1.246 μm . SEM results show that the surface of the sample is covered with a layer of bright gray color and porosity is formed which indicates that the aluminum surface has been coated with a cathode.

Keywords: *footstep*, *anodizing*, roughness, microstructure.

Pendahuluan

Pada industri otomotif, proses manufaktur *footstep* sepeda motor menggunakan bahan aluminium karena sifatnya yang ringan dan mudah dibentuk. Sehingga sesuai untuk pembuatan komponen kendaraan bermotor. *Footstep* sepeda motor menjadi komponen yang perlu diperhatikan, hal ini dikarenakan pada proses kerjanya akan menerima tekanan dan gesekan. *Footstep* menjadi salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor yang mengalami permasalahan tersebut (Delvitasari & Maryanti, 2020).

Footstep merupakan komponen yang berfungsi sebagai pijakan kaki pengendara saat berkendara. Kerusakan yang terjadi *footstep* adalah abrasi pada permukaannya. Kerusakan ini menjadi salah satu permasalahan yang sering ditemukan, karena permukaan *footstep* setiap saat terkena gesekan dengan alas kaki penggunanya. Hal ini tentunya sangat membahayakan apabila terjadi slip dan melukai kaki pengendara ketika digunakan. Penting untuk mengevaluasi permukaan benda kerja yaitu kekasaran permukaan untuk meningkatkan ketahanan abrasi permukaan. Kekasaran permukaan ini berkaitan dengan variasi kecil antara puncak dan lembah dalam mikro-geometri, serta ketidakrataan yang terdapat di permukaan. Tingkat kekasaran ini dapat mempengaruhi sifat seperti kekuatan kelelahan, kekakuan kontak, dan ketahanan terhadap korosi dari benda kerja, serta dapat secara signifikan meningkatkan kekuatan permukaan. (Mulyaningsih et al., 2024).

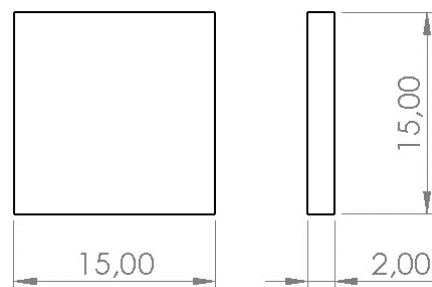
Dari permasalahan ini akan menimbulkan beberapa dampak negatif bagi pengguna yaitu dampak finansial dan non finansial. Dampak finansial berupa biaya tambahan karena komponen sepeda motor rusak sebelum mencapai umur pakai. Sedangkan non finansialnya adalah terjadinya kecelakaan dan bahaya jiwa ketika komponen sepeda motor mengalami kegagalan saat digunakan. Salah satu solusi untuk meningkatkan ketahanan terhadap *footstep* adalah *anodizing*. Dimana proses *anodizing* ini belum pernah dilakukan pada *footstep*.

Proses *anodizing* merupakan teknik pelapisan logam pada material aluminium dengan proses elektrolit, prinsip dasar pembentukan lapisan oksida yang terkontrol sehingga terbentuk lapisan berpori. *Anodizing* sendiri digunakan untuk proses perawatan logam atau paduan, untuk membentuk lapisan oksida stabil (El-Said Shehata et al., 2022). Proses *anodizing* ini memicu reaksi atau korosi pada logam, terutama

aluminium, dengan memanfaatkan oksigen (O_2) yang diambil dari larutan elektrolit yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4) sebagai penghantar. Akibatnya, lapisan oksida terbentuk di permukaan logam. Dalam sel elektrolisis, substrat yang akan dilapisi berperan sebagai anoda. Sementara pada *elektroplating*, substrat yang akan dilapisi sebagai katoda (Sakti, 2020). Proses *anodizing* dapat mengubah tampilan serta memperbaiki tampilan dari aluminium menjadi lebih baik. (Nurendra & Rahmanto, 2018).

Metode

Dalam penelitian kekasaran dan struktur mikro komponen sepeda motor pada proses *anodizing* dengan variasi kuat arus menggunakan metode eksperimen. Proses *anodizing* dan pengujian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tidar. Bahan yang digunakan pada penelitian adalah aluminium *footstep* sepeda motor bekas yang masuk ke dalam material aluminium seri 5XXX. Kemudian bahan dari *footstep* sepeda motor bekas sepeda motor *type matic* keluaran tahun 2019 yang dipotong untuk dijadikan spesimen dengan dimensi 15 mm x 15 mm x 2 mm. Setelah dipotong, spesimen dilakukan preparasi sampel dengan dilakukan pengamplasan dengan menggunakan amplas P120, P320, P600, P1000, dan P2000 untuk selanjutnya dipoles sampai permukaan mengkilat.

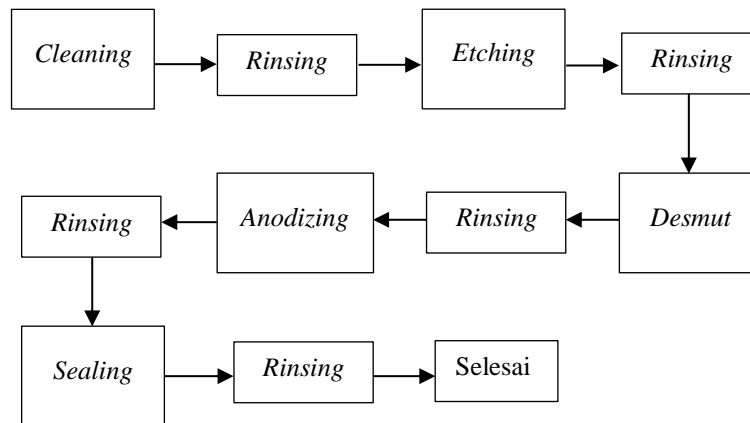


Gambar 1. Bentuk dan ukuran spesimen uji

Proses *pre-treatment anodizing* dilakukan dengan beberapa langkah, setelah sebelumnya telah melalui proses pemotongan, pengamplasan, dan pemolesan. Tahapan proses *pre-treatment* ini terdiri dari proses *cleaning*, *etching*, *desmut*, *anodizing*, dan *sealing* (Untung, 2016). Bagan proses *anodizing* seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Proses *cleaning* pembersihan permukaan secara menyeluruh dilakukan dengan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi larutan 10 gram per liter air

aquades. Proses pembersihan dilakukan selama 5 menit. Tujuannya adalah untuk menghilangkan sisa kotoran dari pengamplasan dan pemolesan, serta menghapus residu dan lemak/minyak dari pori-pori tangan telanjang yang menempel di permukaan sampel. Setelah proses pembersihan, spesimen dibilas menggunakan air aquades..



Gambar 2. Tahapan *anodizing*

Spesimen yang sebelumnya telah dibersihkan, dilanjutkan dengan proses *etching* guna meminimalisir lapisan oksida yang mengikat pada spesimen yang sebelumnya tidak hilang pada tahap *cleaning*. Pada proses etsa ini, digunakan larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 100 gram per liter air aquades. Setelah sebelumnya telah melewati proses *cleaning* dan *rinsing*. Lalu dicelupkan ke dalam cairan *etching* dengan waktu 5 menit. Setelah proses etsa, spesimen dibilas kembali dengan menggunakan aquades.

Selanjutnya, dilakukan proses desmut untuk menghilangkan lapisan berwarna abu-abu atau biasa yang disebut smut. Lapisan ini terbentuk dari paduan yang terdiri dari aluminium dan logam lainnya yang tidak larut dalam larutan etsa. Proses ini dilakukan dengan mencelupkan benda kerja dalam larutan yang terdiri dari 75% asam fosfat (H_3PO_4), 15% asam sulfat (H_2SO_4), dan 10% asam asetat (CHO_2H) selama 5 menit. Setelah proses desmut, spesimen dibilas menggunakan air aquades.

Proses *anodizing* dilakukan dengan memasukkan spesimen komponen sepeda motor ke bak plastik yang berisi larutan elektrolit dengan konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) 16% dan aquades (H_2O) sebanyak 2 liter. Aluminium spesimen pada proses ini bertindak sebagai elektroda anoda. Menggunakan platina sebagai elektroda katoda. Anoda dan katoa ini terhubung ke *rectifier*, dengan variasi kuat arus 1 Ampere, 1,5 Ampere, 2

Ampere, 2,5 Ampere, dan 3 Ampere. Tegangan yang diberikan sebesar 18 volt (Karjadi, 2024). Suhu awal larutan pada temperature kamar $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$. Temperature *anodizing* sebesar 35°C . Proses pencelupan spesimen pada proses *anodizing* dilakukan selama 20 menit (Salahudin et al., 2019) setelah itu spesimen dibilas menggunakan aquades.

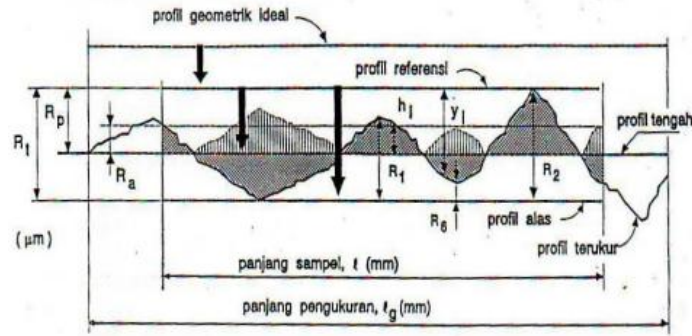
Setelah proses pembentukan lapisan oksida selama proses *anodizing*. Proses yang dilakukan berikutnya adalah *sealing*. *Sealing* berperan untuk menutup kembali pori-pori pada lapisan oksida yang terbentuk. Dalam proses ini, digunakan larutan asam fosfat (H_2PO_3) dan asam nitrat (HNO_3) selama 15 menit. Setelah itu spesimen kembali dibilas dengan menggunakan air aquades.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh kuat arus terhadap tingkat kekasaran permukaan merupakan tujuan dari penelitian ini. Pada proses *anodizing*, penggunaan media asam sulfat sebagai larutan elektrolit banyak diterapkan dengan penggunaan berbagai intensitas kuat arus yang berbeda, melalui pengaturan pada tegangan dan kuat arus yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih dalam pengaruh variasi kuat arus listrik terhadap sifat fisik dan mekanik lapisan oksida yang terbentuk dengan fokus utama pada pengujian kekasaran permukaan. Dengan mempelajari pengaruh kuat arus listrik pada proses *anodix oxidation*. Hal ini akan mengungkapkan hubungan yang jelas antara parameter yang diterapkan dalam proses *anodizing* dan sifat fisik lapisan oksida yang dihasilkan. Setelah dilakukan berbagai tahapan pengujian, data yang dihasilkan selanjutnya dikumpulkan untuk dianalisis lebih lanjut. Pengambilan data dilakukan secara teliti dan uraikan secara sistematis guna menghasilkan data yang jelas dan mudah dipahami.

1. Uji Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan mengukur permukaan pada titik-titik tertentu pada spesimen, baik sebelum maupun setelah proses *anodizing*. Pengujian kekasaran ini menggunakan *Surface Roughnes Tester* MahrSurf M 300C. Prinsip kerja dari alat ini dengan menggunakan *tranduser* dan diolah dengan menggunakan *microprocessor* (Johan, 2014). Pengujian ini dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata kekasaran aritmatik (Ra). Dimana nilai kekasaran ini diukur dari rata-rata profil permukaan. Untuk pembacaan nilai kekasaran seperti yang tertera pada Gambar 3.

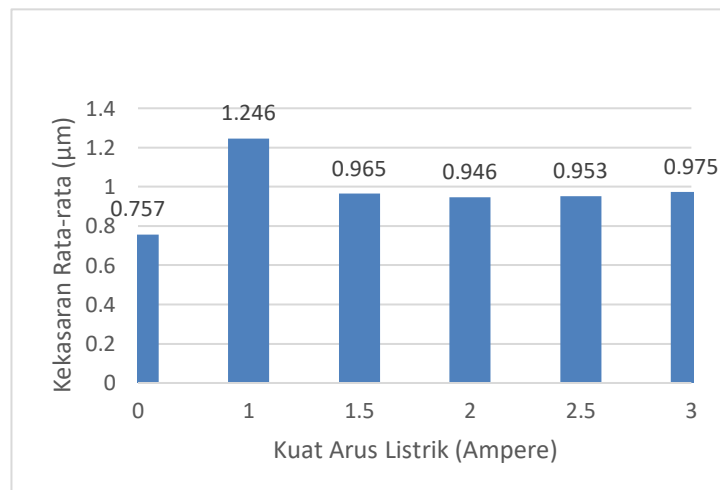


Gambar 3. Parameter profil permukaan

Berikut ini adalah hasil pengukuran kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 1. dan Gambar 4.

Tabel 1. Hasil pengujian kekasaran permukaan.

Variasi Kuat Arus (Ampere)	Spesimen ke-	Kekasaran Permukaan Rata-rata (μm)	Rata-rata Kekasaran Permukaan Rata-rata (μm)
Raw Material	1	0,895	0,757
	2	0,656	
	3	0,720	
1	1	0,987	1,246
	2	1,371	
	3	1,382	
1,5	1	0,935	0,965
	2	0,848	
	3	1,113	
2	1	0,747	0,946
	2	1,179	
	3	0,878	
2,5	1	1,023	0,953
	2	0,747	
	3	1,089	
3	1	0,961	0,975
	2	1,115	
	3	0,811	



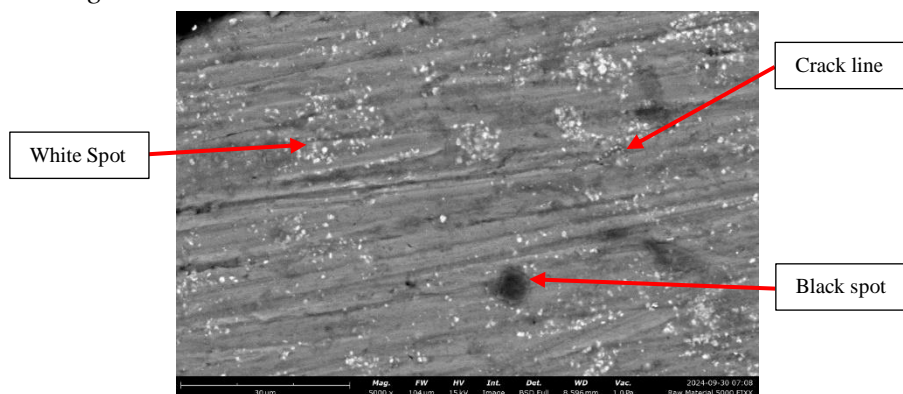
Gambar 4. Hubungan nilai kekasaran permukaan dengan variasi kuat arus

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1 dan Gambar 4, menunjukkan hasil yang cukup fluktuatif, hal ini menunjukkan bahwa seiring penambahan kuat arus yang diberikan maka arus yang dipakai untuk menggerakkan ion dari katoda menuju spesimen atau anoda semakin besar, hal ini didorong reaktifitas elektron yang menyebabkan pembentukan lapisan oksida yang semakin cepat. Lapisan oksida yang terbentuk menjadi tidak beraturan, serta kekasaran yang terbentuk dari hasil lapisan oksida ini akan meningkat. Nilai kekasaran yang mengalami penurunan tertinggi terjadi pada kuat arus 2 Ampere dengan nilai kekasaran sebesar $0,946 \mu\text{m}$. Penurunan ini disebabkan karena pembentukan lapisan oksida pada variasi 2 Ampere paling optimal diantara variasi lainnya. Pembentukan lapisan pada permukaan aluminium yang optimal ini menghasilkan lapisan yang lebih homogen dan halus, dibuktikan dengan pembentukan pori-pori dan rongga yang terbentuk pada permukaan aluminium. Penelitian ini selaras dengan yang dilakukan oleh (Mulyaningsih et al., 2024).

Kekasaran yang dihasilkan tidak jauh berbeda dibandingkan dengan *footstep* sepeda motor original yang ada di pasaran. Dari hasil penelitian kekasaran permukaan pada penelitian ini menghasilkan kekasaran sebesar $0,946 \mu\text{m}$. Sedangkan kekasaran permukaan dari *footstep* original yang ada dipasaran sebesar $0,893 \mu\text{m}$. Apabila dipresentasikan, nilai kekasarannya hanya berbeda sebesar 5,93%.

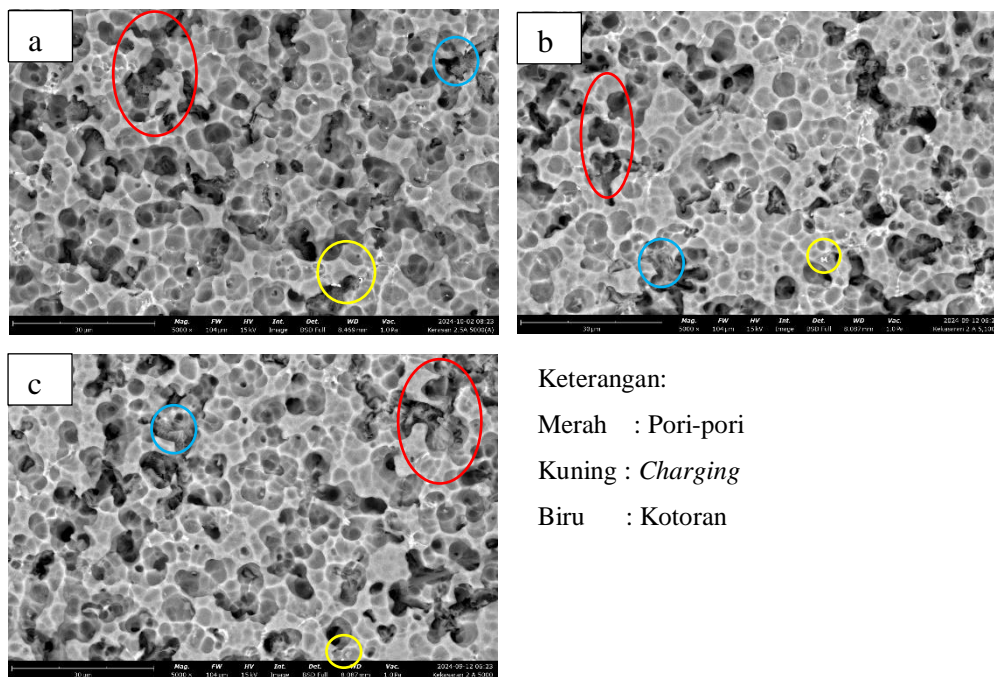
2. Pengujian Mikro Struktur

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui pembesaran morfologi permukaan yang terbentuk dari hasil proses *anodizing* yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan 5000 kali. Berikut ini adalah hasil pengujian SEM pada *raw material* dan spesimen setelah proses *anodizing*.



Gambar 5. Visualisasi SEM *raw material*

Gambar 5. menunjukkan visualisasi dari permukaan *raw material* atau aluminium *footstep* sepeda motor yang tidak di *anodizing*. Pada hasil visualisasi terlihat permukaan dari *raw material* berkontur dan tidak rata, pori-pori terlihat kecil pada beberapa titik tetapi terakumulasi jumlah yang besar. Noda hitam (kontaminan) dan putih pada permukaan juga terlihat pada beberapa titik. Hal ini disebabkan karena permukaan teroksidasi dan terkontaminasi dari kondisi lingkungan saat pemakaian dalam waktu yang cukup lama. Titik putih yang terbentuk juga mengindikasikan terbentuknya *white rust* pada *raw material*.



Gambar 6. Visualisasi SEM variasi 2 Ampere (a) Spesimen A, (b) Spesimen B, (c) Spesimen C.

Pada Gambar 4. menampilkan visual dari variasi 2 Ampere dengan magnifikasi 5000 kali. Hasil pengujian SEM pada gambar (a), (b), dan (c) menunjukkan pada permukaan spesimen terbentuk lapisan oksida yang menumpuk pada beberapa titik dan porositas. Warna abu-abu cerah yang dihasilkan menunjukkan bahwa permukaan aluminium telah terlapsi katoda. Apabila dibandingkan dengan visualisasi aluminium yang tidak di *anodizing* (*raw material*) tidak terlapsi apapun pada permukaannya. Visualisasi kekasaran pada variasi 2 Ampere menunjukkan bahwa penggunaan arus yang semakin tinggi, porositas yang dihasilkan akan semakin banyak dan besar. Pembentukan pori ini dipengaruhi oleh kuat arus listrik yang digunakan. Lapisan aluminium oksida

yang terbentuk memiliki permukaan yang tidak halus, hal ini mengindikasikan adanya pembentukan lapisan yang tidak merata dan ketebalan yang tidak teratur selama proses *anodizing*. Kondisi ini disebabkan oleh proses perpindahan ion-ion elektrolit kurang optimal. Dalam kondisi lain dapat menyebabkan lapisan aluminium oksida mengalami peluruhan ke dalam larutan elektrolit dalam jumlah besar, yang membuat pori-porinya tergerus seiring peningkatan kuat arus yang digunakan. Sehingga pada tampilan visualnya terlihat tidak teratur. Hasil ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho, 2015).

Simpulan dan Saran

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengaruh kuat arus dalam proses *anodizing* dapat disimpulkan bahwa, nilai kekasaran permukaan dengan rata-rata terbesar didapatkan pada variasi 1 Ampere sebesar 1,246 μm , sedangkan kekasaran permukaan terkecil didapatkan pada variasi 2 Ampere sebesar 0,946 μm . Hasil pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada *footstep* sepeda motor setelah melalui proses *anodizing* dengan kuat arus 2 Ampere menunjukkan permukaan sampel tertutupi dengan lapisan berwarna abu-abu cerah dan terbentuk porositas yang menunjukkan bahwa permukaan aluminium yang telah terlapsi katoda. Dengan hasil pengujian yang telah dilakukan data paling optimal didapatkan variasi 2 Ampere dengan hasil yang tidak jauh berbeda dengan standar kekasaran permukaan *footstep* baru original yang ada di pasaran. Berdasarkan hasil ini, variasi 2 Ampere direkomendasikan sebagai parameter dalam proses *anodizing footstep* sepeda motor bekas dalam peningkatan karakteristik materialnya.

Daftar Pustaka

- Delvitasari, F., & Maryanti, M. (2020). Pengaruh Suhu dan Waktu Vulkanisasi Terhadap Sifat Kekerasan dan Visual Produk Footstep Sepeda Motor. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 7(2), 81–90.
- El-Said Shehata, O., Abdel-karim, A. M., & Abdel Fatah, A. H. (2022). New Trends in Anodizing and Electrolytic Coloring of Metals. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(9), 229–241.
- Johan, S. (2014). *LEVELING MESIN PERKAKAS DAN KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA (Studi Kasus Pada Mesin Freis di PT. Sinar Harapan Teknik)*, Skripsi, Universitas Bengkulu.

- Karjadi, M. (2024). Pengaruh Intensitas Arus Listrik Terhadap Tingkat Kekerasan Lapisan Oksida. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(2), 5118–5127.
- Mulyaningsih, N., Zakiy, M. N. F., & Taufik, I. (2024). Analisis Metode Anodizing Aluminium dengan Variasi Kuat Arus sebagai Material Velg Kendaraan. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 5(2), 55–58.
- Nugroho, F. (2015). Pengaruh Rapat Arus Anodizing Terhadap Nilai Kekerasan Pada Plat Aluminium Paduan Aa Seri 2024-T3. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 7(2), 39–48.
- Nurendra, R., & Rahmanto, R. H. (2018). Analisis Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Anodizing pada Outer Tube Front Fork Model XY Terhadap Ketebalan Lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(1), 36–40.
- Sakti, M. A. (2020). *Pengaruh Variasi Beda Potensial Dan Waktu Oksidasi Terhadap Struktur, Morfologi Dan Ketahanan Oksidasi Temperatur Tinggi Dari Paduan Ti-6al-4v Dengan Metode Plasma Electrolytic Oxidation Untuk Aplikasi Fan Blade Mesin Pesawat* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Salahudin, X., Setiawan, H., & Suharno, K. (2019). Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Anodizing Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Permukaan Aluminium. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(2), 1–6.
- Untung, A. Y. (2016). *Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Anodizing Terhadap Kekerasan Permukaan Logam Aluminium Seri 2xxx*. Jurusan Teknik Mesin AKPRIND Yogyakarta.