

PENENTUAN PARAMETER LAJU KOROSI LAPISAN NIKEL-KROM PADA RODA GIGI KENDARAAN BERMOTOR

Iqbal Satria Nugraha¹, Nani Mulyaningsih², Xander Salahudin³

Universitas Tidar

E-mail: iqbalsa1612@gmail.com, nani_mulyaningsih@untidar.ac.id, xander@untidar.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

20 November 2021

Diterbitkan:

20 Desember 2021

Abstract: *The sprocket gear is the part of the machine that rotates and is used to transmit power (rotation power from the engine to the rear wheels) so that the motor can work optimally. In general, sprocket gears are one of the low carbon steel groups where this steel has a good combination of mechanical properties such as: good hardness, ductility, and toughness. However, this type of metal has limitations in terms of corrosion and wear resistance. Therefore, one of the efforts to improve the working performance of sprocket gears to increase corrosion and wear resistance is nickel-hardchrome electroplating. The purpose of this study was to determine the corrosion rate parameters of the electroplating nickel hardchrome of sprocket gears with variations in immersion time and anode-cathode distance to the corrosion and wear rate of gears made of ST41 steel. The nickel-electroplating process hardchrome uses variations in immersion time of 25, 35, and 45 minutes with anode-cathode distances of 2 and 5 cm. The corrosion rate test used the potentiodynamic polarization method with the ASTM G102 test standard and the wear test using the ASTM G99 test standard with the Ogoshi engine. The test results show that the immersion time and the anode-cathode distance significantly affect the corrosion rate and wear value. The highest corrosion rate value was obtained on the raw material of 4.587925 mpy and the wear value was 3.97568 x10-07 mm²/kg. The lowest value of corrosion rate occurs in variations of immersion time for 35 minutes with an anode-cathode distance of 2 cm which is 0.003576 mpy and the wear value is 2.269212 x10-07 mm²/kg. This is because the longer the immersion time and the closer the anode-cathode distance used can reduce the corrosion and wear rate of the metal. However, at the immersion time of 45 minutes the ions were saturated and damaged the bond which resulted in the corrosion rate increasing again.*

Keyword: *Keywords: electroplating, electrode distance, corrosion rater*

Abstrak: Roda gigi sproket adalah bagian dari mesin yang berputar dan digunakan untuk menyalurkan tenaga (daya putaran dari mesin ke roda belakang) agar motor dapat bekerja dengan optimal. Namun, jenis logam ini memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan korosi dan keausan. Oleh karena itu, salah satu upaya untuk memperbaiki performa kerja dari roda gigi sproket untuk meningkatkan ketahanan korosi dan keausan yaitu dengan elektroplating nikel-hardchrome. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter laju korosi lapisan nikel-hardchrome roda gigi sproket dengan variasi waktu pencelupan dan jarak anoda-katoda terhadap nilai laju korosi dan keausan pada material roda gigi yang berbahan baja ST41. Proses elektroplating nikel-hardchrome menggunakan variasi waktu pencelupan selama 25, 35, dan 45 menit dengan jarak anoda-katoda sejauh 2 dan 5 cm. Pengujian laju korosi menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dengan standar uji ASTM G102 dan uji keausan menggunakan standar uji ASTM G99 dengan mesin Ogoshi. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa waktu pencelupan dan jarak anoda-katoda berpengaruh secara nyata terhadap laju korosi dan nilai keausan. Nilai laju korosi tertinggi didapat pada raw material sebesar 4,587925 mpy dan nilai keausannya yaitu $3,97568 \times 10^{-7}$ mm²/kg. Nilai laju korosi terendah terjadi pada variasi waktu pencelupan selama 35 menit dengan jarak anoda-katoda sejauh 2 cm yaitu sebesar 0,003576 mpy dan besar nilai keausannya yaitu $2,269212 \times 10^{-7}$ mm²/kg. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencelupan dan semakin dekat jarak Anoda-katoda yang digunakan dapat menurunkan nilai laju korosi dan keausan pada logam. Akan tetapi, pada waktu pencelupan 45 menit terjadi kejenuhan ion-ion yang menempel dan merusak ikatan yang mengakibatkan laju korosi meningkat kembali.

Kata Kunci: elektroplating, jarak elektroda, laju korosi

PENDAHULUAN

Di era globalisasi yang modern ini, perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang material telah menjadi profesi yang berkembang pesat. Melimpahnya ketersediaan bahan baku material membuat logam sangat potensial untuk dikembangkan untuk pemenuh kebutuhan sehari-hari.

Sprocket gear sepeda motor adalah salah satu komponen dari penggerak roda. Komponen ini ialah salah satu komponen yang sangat penting. Peran roda gigi sproket adalah untuk menyalurkan tenaga (daya putaran dari mesin ke roda belakang) agar motor dapat melaju dengan optimal. Jenis material yang digunakan pada komponen ini termasuk dalam tipe mild steel ST 41. Menurut Nofri (2017), baja ST 41 merupakan logam paduan dan termasuk bagian dari golongan baja karbon rendah dimana baja ini memiliki kombinasi sifat mekanik seperti: kekerasan, keuletan, dan ketangguhan yang baik. Baja ST41 sering dipakai sebagai bahan baku pembuatan komponen kendaraan seperti: roda gigi, chain, screw, poros, footstep, spion, behel motor, dan lain-lain. Namun, material berjenis ST41 ini mempunyai kelemahan mengenai ketahanan korosi.

Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk meningkatkan performa kerja dari roda gigi sproket dalam menghadapi masalah korosi dan mengoptimalkan pengaplikasiannya agar lebih maksimal. Salah satu metode untuk memperbaiki ketahanan korosi roda gigi sproket adalah

dengan memberi lapisan pelindung pada permukaan logam dasar atau yang biasa disebut dengan elektroplating.

Dari sekian banyak pelapisan logam, elektroplating nikel-hardchrome mempunyai keuntungan yang besar dibidang engineer karena berhasil membuat logam mempunyai sifat fisik seperti tahan aus dan ketahanan korosi yang baik. Elektroplating nikel-hardchrome dinilai lebih efektif untuk melapisi bahan baku roda gigi yaitu material baja ST 41 karena dapat mengoptimalkan penggunaan sproket roda gigi kendaraan bermotor yang tidak hanya membutuhkan ketahanan korosi, tetapi juga meningkatkan kekuatan material dan memberikan penampilan yang berkesan mengkilap.

TINJUAN PUSTAKA

Elektroplating

Elektroplating adalah metode yang digunakan untuk melapisi substrat dengan mengendapkan ion logam pelapis (anoda) yang diinginkan pada logam lain (katoda) dengan elektrolisis, sehingga dapat memberikan sifat tertentu pada substrat. Selama proses deposisi, reaksi kimia terjadi di elektroda (anoda-katoda), dan elektrolit bergerak secara permanen ke arah tertentu. Hal ini membutuhkan arus searah (DC) dan tegangan konstan (Darmawi, 2018). Benda pelapisan harus berupa konduktor atau konduktor listrik. Larutan atau konsentrasi komposisi larutan yang dipakai, suhu elektrolit, durasi waktu proses pelapisan, penggunaan tegangan dan kuat arus pada proses elektroplating

merupakan parameter penentu yang mempengaruhi hasil elektroplating.

Nikel

Nikel merupakan logam penting untuk menanggulangi korosi. Keunggulan lain dari nikel antara lain kekerasan dan kekuatan sedang, keuletan yang baik, konduktivitas listrik dan termal yang baik (Sally, 2014). Nikel dapat menahan berbagai zat korosif. Masalah dan solusi korosi yang paling mudah dapat diatasi oleh nikel. Faktanya, pengaruh paduan nikel (Ni) berbanding lurus terhadap ketahanan korosi paduan besi (Fe).

Chrome dan Hardchrome

Kromium adalah 0,035% dari litosfer. Senyawa kromium digunakan dalam tiga aplikasi dalam industri metalurgi, refraktori dan kimia (Darmawi, 2018). Di dunia material, mengungkapkan bahwa dengan menambahkan logam kromium untuk membentuk baja tahan karat, baja dapat memiliki tingkat korosi dan ketahanan aus yang tinggi. Pelapisan baja tahan karat dan krom ataupun hardchrome bisa disebut dengan pelapisan kromium umumnya digunakan sebagai lapisan pelapisan kedua setelah proses pelapisan nikel karena proses pelapisan krom digunakan untuk mempercantik tampilan logam yang sebelumnya berlapis nikel, hanya saja pada pelapisan hardchrome material menjadi memiliki kekuatan yang lebih kuat dibanding dengan pelapisan krom biasa.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

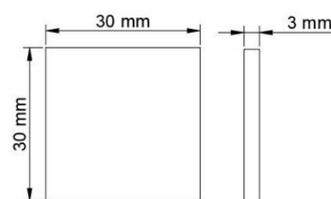
Untuk mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini, maka peralatan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut: Jangka sorong, Neraca digital, Stopwatch, Bak plating, DC power suplay, Gerinda potong, Bak air, Kikir, Amplas, Thermometer, Alat pengujian laju korosi, dan alat pengujian keausan.

Adapun bahan-bahan yang akan penulis pakai dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu sebagai berikut: Material Baja ST 41, Nikel Sulfat (NiSO₄), Nikel Klorida (NiCl₂), Boric Acid (H₃BO₃), Kromium Trioksida

(CrO₃), Asam kromat (H₂CrO₄), Larutan elektrolit, Asam Sulfat (H₂SO₄), Asam Nitrat (HNO₃), Asam Klorida (HCl), dan Air bersih (H₂O)

Preparasi Spesimen

Persiapan spesimen yang dilakukan yaitu memotong-motong material baja ST 41 yang akan dilakukan untuk elektroplating, uji komposisi kimia, dan uji laju korosi. Kemudian membersihkan material dengan cara memberikan cairan penghilang cat (aseton) dan mengamplas permukaan benda uji. Bentuk spesimen uji berbentuk kotak persegi dengan ukuran 30 mm x 30 mm dan tebal 3 mm. Dimensi spesimen uji ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Dimensi Spesimen

Proses elektroplating

Proses elektroplating dilakukan dengan dua tahap yaitu pertama proses elektroplating nikel dan kedua yaitu proses elektroplating *hardchrome*. Elektroplating nikel dilakukan secara konstan dan variasi elektroplating *hardchrome* yang digunakan yaitu dengan jarak anoda-katoda sejauh 2 dan 5 cm dengan waktu pencelupan selama 25, 35, 45 menit.

Komposisi Kimia Bahan

Komposisi kimia berguna untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia pada spesimen baja ST41 yang akan digunakan sebagai bahan penelitian.

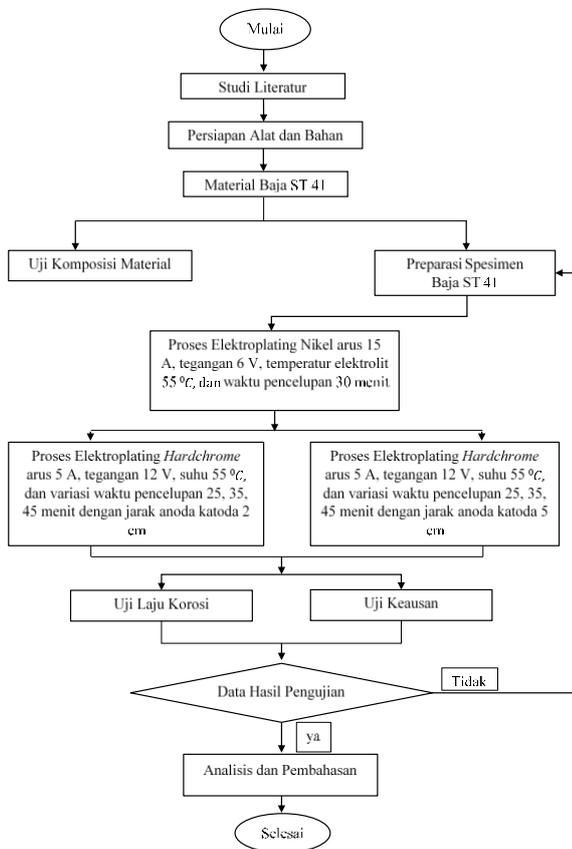
Pengujian Laju Korosi

Metode yang dipakai untuk uji laju korosi yaitu dengan metode polarisasi potensiodinamik yang mengacu pada standar pengujian ASTM G102 dengan tujuan untuk menganalisis laju korosi pada spesimen.

Pengujian Keausan

Pengujian keausan menggunakan standar uji ASTM G99 dengan mesin *Ogoshi high speed universal wear testing machine (Type OAT-U)*.

Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia baja ST 41

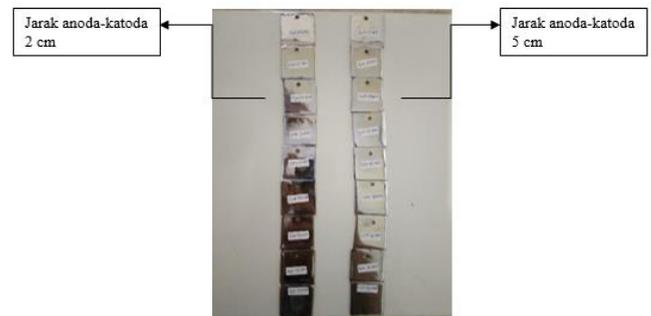
Komposisi kimia pada spesimen juga berfungsi untuk menentukan apakah material awal bahan uji benar-benar sudah dapat dimasukkan ke dalam golongan baja karbon rendah ST41.

Tabel 1. Komposisi Kimia baja ST41 (Mill Certificate)

Unsur	Baja ST 41	
	Material Awal (%)	Standar ST 41 (%)
C	0,163	0,13-0,18
Si	0,013	0,15-0,35
Mn	0,624	0,5-0,7
P	0,008	0,05 Max
S	0,017	0,05 Max
Al	0,057	-
Fe	99,118	98,81-99,26

Berdasarkan data hasil pemeriksaan komposisi kimia tersebut, diketahui bahwa material bahan uji telah memenuhi spesifikasi material baja karbon ST 41 dan setara dengan standar DIN ST41.

Hasil Proses Elektroplating Nikel-Hardchrome



Gambar 3. Hasil elektroplating nikel-hardchrome

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa secara kasat mata waktu pencelupan dan jarak anoda-katoda mempengaruhi hasil pelapisan elektroplating nikel-hardchrome dan membuat tampilan permukaan menjadi lebih halus.

Hasil Pengujian Laju Korosi

Berdasarkan pengujian dan perhitungan laju korosi menggunakan metode trethwey, hasil perhitungan laju korosi akan ditampilkan ke dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Laju Korosi

No mor Sam pel	Wak tu Pen celupan (men it)	Jarak Anoda - Kato da (cm)	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi (mpy)	Ra ta-rata Laju Ko rosi (mp y)
1.	RAW		38,48 6	4,587 925	4,58 792 5
2.	25	2	0,364 76	0,043 4831	0,05 242 6
3.			0,435 74	0,051 944	
4.			0,518 85	0,061 8522	
5.			0,028 783	0,003 4312	
	35				0,00 357

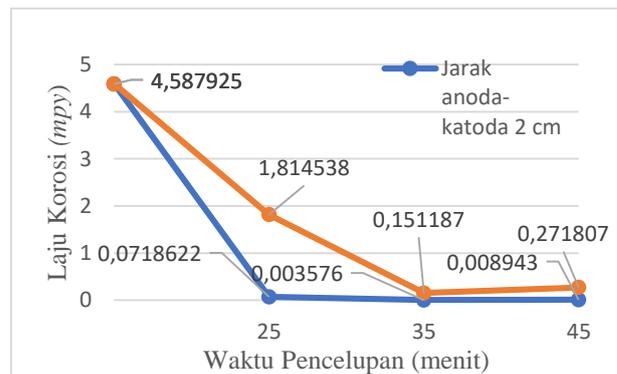
No mor Sam pel	Wak tu Pen celu pan (men it)	Jarak Anoda - Kato da (cm)	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi (mpy)	6 Ra ta rata Laju Ko rosi (mp y)
6.			0,031 689	0,003 7776	
7.			0,029 521	0,003 5192	
8.	45	5	0,061 889	0,007 377	0,00 894 3
9.			0,070 05	0,008 350	
10.			0,093 14	0,011 103	
11.	25	5	13,05 6	1,556 4089	1,81 453 8
12.			15,61 9	1,861 9447	
13.			16,98 9	2,025 2628	
14.	35	5	1,818 4	0,216 771	0,17 062 3
15.			1,550 6	0,184 847	
16.			0,924 85	0,110 2515	
17.	45	5	2,168 1	0,258 4597	0,27 180 7
18.			2,409 3	0,287 2132	
19.			2,262 8	0,269 7489	

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pencelupan proses elektroplating pada jarak anoda-katoda sebesar 2 dan 5 cm akan menurunkan nilai laju korosi pada baja ST41 sehingga dapat dinyatakan bahwa hasil rata-rata laju korosi mengalami penurunan pada jarak anoda-katoda yang lebih dekat dan waktu pencelupan yang lebih lama. Sesuai dengan penelitian dari Goa (2020) yang mengungkapkan bahwa semakin dekat jarak anoda dan katoda maka ketebalan lapisan cenderung semakin tebal. Dan semakin lama waktu pelapisan, ketebalan meningkat dan laju korosi juga menurun. Hal ini juga sesuai dengan teori dan penelitian dari Sutrisno (2012) yang

menyatakan bahwa laju korosi akan mengalami penurunan dengan adanya peningkatan waktu proses hardchrome plating. Akan tetapi pada waktu pencelupan 45 menit, nilai laju korosi kembali meningkat dikarenakan ion-ion krom yang menempel pada permukaan spesimen mempunyai sifat jenuh, sehingga dapat merusak ikatan pelapisan spesimen yang mengakibatkan lapisan tidak merata dan dapat menurunkan tingkat ketahanan korosi pada spesimen uji.

Grafik Pengujian Laju Korosi

Data hasil laju korosi variasi jarak anoda-katoda 2 dan 5 cm dengan waktu pencelupan selama 25, 35, dan 45 menit kemudian dikonversi dan ditunjukkan pada grafik dibawah ini.



Grafik 1. Grafik Pengaruh waktu Elektroplating terhadap Laju Korosi Baja ST41 dengan jarak anoda-katoda 2 dan 5 cm

Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui wearability dari komponen material uji baja ST41 yang telah di elektroplating nikel-hardchrome berdasarkan dari hasil yang terbaik pada elektroplating. Hasil terbaik diperoleh berdasarkan pengujian nilai ketahanan korosi tertinggi, sebab semakin kecil laju korosi pada spesimen maka semakin tebal pula pelapisan yang terjadi dan semakin tebal lapisan nikel-harchrome maka keausan yang terjadi juga semakin kecil pula.

Pada penelitian ini, parameter spesimen yang diuji keausan berasal dari data pengujian hasil laju korosi terendah yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pada

spesimen dengan variasi waktu pencelupan selama 35 menit dan jarak anoda-katoda 2 cm kemudian dibandingkan dengan tingkat keausan raw material sebelum plating dan material roda gigi sproket pada sepeda motor berdasarkan jurnal terkait.

Tabel 3. Hasil Pengujian Keausan

Kode Spesimen	Nilai b_0 (mm)	Nilai Keausan (Ws) (mm^2/Kg)	Keausan rata-rata (Ws) (mm^2/Kg)	Persentase penurunan (%)
Raw	1,258	$3,97568 \times 10^{-07}$	$3,97568 \times 10^{-07}$	0 %
2 cm 35 menit (A)	1,058	$2,36497 \times 10^{-07}$	$2,269212 \times 10^{-07}$	43 %
2 cm 35 menit (B)	1,055	$2,34491 \times 10^{-07}$		
2 cm 35 menit (C)	1,033	$2,20126 \times 10^{-07}$		
2 cm 35 menit (D)	1,041	$2,25279 \times 10^{-07}$		
2 cm 35 menit (E)	1,030	$2,18213 \times 10^{-07}$		

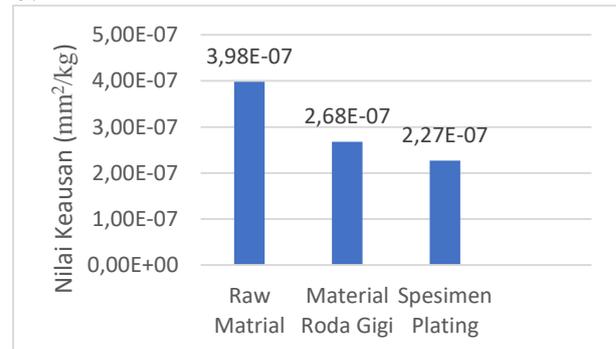
Data nilai keausan pada tabel 3 spesimen uji baja ST41 yang telah diplating dengan waktu 35 menit dan jarak anoda-katoda 2 cm mendapatkan nilai keausan rata-rata sebesar $2,269212 \times 10^{-07} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan nilai keausan raw material sebesar $3,97568 \times 10^{-07} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dengan persentase penurunan sebesar 43%.

Bagan Pengujian Keausan

Berdasarkan hasil pengujian keausan kemudian dari data tersebut kita bandingkan dengan nilai keausan pada material dasar roda gigi sproket sebelum perlakuan berdasarkan sumber penelitian dari Alam, (2020) mengenai pengaruh

variasi waktu penahanan panas (hoding time) pada proses heat treatment dengan menggunakan baja karbon rendah pada pembuatan gear sepeda motor.

Bagan perbandingan nilai keausan antara raw material ST41, material dasar roda gigi, dan material ST41 setelah plating ditunjukkan seperti pada gambar 5.



Grafik 2. Perbandingan nilai keausan antara raw material ST41, material dasar roda gigi, dan material ST41 setelah plating

Berdasarkan hasil penelitian, spesimen yang telah di elektroplating nikel-hardchrome memiliki nilai keausan yang lebih kecil dibandingkan dengan raw material tanpa plating dan material dasar roda gigi, hal ini sesuai dengan penelitian dari Rizal (2020) yang menyimpulkan bahwa sprocket gear depan sepeda motor yang telah dilakukan proses hardchrome mengalami penurunan nilai keausan daripada spesimen dasar tanpa perlakuan plating.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian serta analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut.

1. Uji komposisi kimia yang tertera di dalam sertifikat dengan spesifikasi baja ST41/SS400/JIS G 3101, disimpulkan bahwa material bahan uji telah memenuhi spesifikasi material baja karbon rendah ST41 dan setara dengan standar DIN ST41.
2. Semakin dekat jarak anoda-katoda pada saat proses elektroplating membuat laju korosi menurun, begitu semakin lama waktu pencelupan

maka laju korosi yang terjadi juga semakin kecil. Akan tetapi, pada waktu pencelupan 45 menit, terjadi kejenuhan ion-ion krom yang mengakibatkan nilai laju korosi kembali menjadi meningkat. Laju korosi paling tinggi terjadi pada raw material yaitu sebesar 53,13677 mpy dan laju korosi terkecil terjadi pada spesimen baja ST41 yang dielektroplating dengan variasi waktu pencelupan 35 menit dan jarak anoda-katoda 2 cm yaitu sebesar 0,003576 mpy.

3. Spesimen yang telah di elektroplating, spesimen uji dengan variasi waktu pencelupan 35 menit dan jarak anoda-katoda 2 cm yang nilai ketahanan korosinya tertinggi memiliki memiliki nilai keausan (W_s) lebih rendah yaitu $2,269212 \times 10^{-07}$ mm²/kg turun 43%, dibandingkan dengan raw material ST41 yang memiliki nilai keausan sebesar $3,97568 \times 10^{-07}$ mm²/kg. Material dasar roda gigi memiliki nilai keausan sebesar 2,67749 x10-07 mm²/kg lebih kecil 33% dibanding dengan raw material ST41.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dan selalu mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alphanoda, A.F. (2017). Pengaruh Temperatur Larutan Electrolit dan Jarak Elektroda terhadap Laju Korosi pada Hasil Pelapisan Electroplating Hard Chrome. *JTERA*, vol.1, No. 1, 286-290.

Alphanoda, A.F. (2016). Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan terhadap Laju Korosi pada Hasil Elektroplating Hard Chrome. *JTERA*, vol.1, No. 1, 1-6.

Asroni, Rajabiah, N. Fahlevi, D. (2020). Pengaruh Waktu Celup Dan Tegangan Listrik terhadap Hasil Elektroplatingbahan Baja Karbon Rendah. *TURBO*, Vol. 9 No. 2. 2020.

Darmawi. (2018). *Pelapisan Logam. Universitas Sriwijawa*, Malang, PP 49-76.

Jamaludin. (2019). Pengaruh Ketebalan Elektroplating Menggunakan Nikel dan Krom pada Aluminium Alloy 2024 terhadap Laju Korosi. *Jurnal Penelitian Juni 2019 POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA*, Vol. 4 No. 2.

Mustofa, A., Jokosisworo S., S. Budi, A.W. (2018). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching. *Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro*.

Nofri, M., Acang, T. (2017). *Analisis Sifat Mekanik Baja Skd 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur*. BINA TEKNIKA, Volume 13 Nomor 2.

Permadi, B., Asroni, Budiyanto, E. (2019). Proses Elektroplating Nikel dengan Variasi Jarak Anoda Katoda dan Tegangan Listrik pada Baja ST 41. *TURBO*, vol. 8, No. 2.

P.M. Jauhari, Sakti, A.M. (2017). Pengaruh Variasi Tegangan Dan Waktu Pada Proses Pelapisan Nikel Terhadap Kekuatan Bending Baja ST 41. *JTM*, Volume 05, No. 01, 77 -82.

Pratama, D.S., Sakti, A.M. (2018). Analisis Pelapisan Nikel-Krom Terhadap Laju Korosi Pada Knalpot Sepeda Motor. *JPTM*, Volume 06 No.03, 207-214.

Putra, R.H.S. (2018). Karakteristik pada Logam Baja Paduan dengan menggunakan Metoda X-Ray Fluoresence (XRF) dan Optical Emission Spectroscopy (OES). *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta*.

R. Mohammad, A., Noerochiem, L., Nurdiansah, H. (2018). Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan terhadap Ketebalan, Kekerasan dan Ketahanan Korosi Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada Baja AISI 4340. *JURNAL TEKNIK ITS*, Vol. 7, No. 2, 2337-3539.

- Rozak, A., Sakti, A.M. (2017). Analisis Kepadatan pada Proses Pelapisan Nikel dengan Variasi Tegangan dan Lama Pencelupan Baja ST 41. *JTM*, Vol. 05, No. 01. 53-60.
- Saefuloh, I., Haryadi, Winisuda, M.G. (2017). Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating dengan Pelapis Nikel Cobalt terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Penambahan Tebal Baja Karbon Rendah ST41. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, Vol. III, No. 2, 42-47.
- Santoso, M. (2020). Laju Korosi Pelapisan Krom dan Nikel dengan Proses Elektroplating pada Baja Karbon Rendah terhadap Variasi Waktu. *Skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal*.
- Susanto, A. (2016). *Analisis Kepadatan pada Proses Pelapisan Nikel Krom Dengan Variasi Kuat Arus dan Lama Pencelupan Baja St 42*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.