Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

Kinerja Lapisan Chromium Hasil Electroplating Pada Substrat Besi Terhadap Paparan Lingkungan Korosif

Arif Feriansah
Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Indonesia
email: arifferiansah@gmail.com
DOI : 10.48144/suryateknika.v9i1.2565

Received: 9 Maret 2025 Revised: 30 Maret 2025 Accepted: 31 Maret 2025

Abstract

Surface damage due to corrosion is one of the limiting factors in utilizing iron materials for automotive components. Surface engineering through metal plating can be applied to form a protective layer that isolates the base material from the environment. This study evaluates the performance of chromium coatings deposited via electroplating on iron substrates under different electrical conditions. Iron specimens from motorcycle front license plate holders were subjected to a 60-minute electroplating process using a chromic acid and sulfuric acid-based electrolyte. The process conditions were varied at 5 V–8 A, 6 V–7 A, and 6 V–8 A. Surface characteristics were evaluated based on the chromium content obtained through spectrometer testing, while the protective capability of the coating was determined by observing the time required for corrosion to initiate after exposing the surface to 1 mL of 32% HCl solution. The test results indicated that the three process conditions produced coatings with chromium contents of approximately 5.52%, 4.29%, and 7.31%. The specimen processed at 6 V–8 A yielded the highest chromium content and exhibited the longest time to corrosion initiation, lasting 15 minutes. Following contact with HCl, the surface chromium content changed, indicating an interaction between the protective layer and the corrosive environment. The findings demonstrate that forming a chromium coating via electroplating can enhance the ability of iron surfaces to withstand exposure to corrosive media. Among the investigated conditions, the 6 V–8 A parameter provided the best protective performance. This study indicates that successful surface protection must be correlated with electroplating process conditions and the resulting coating characteristics, rather than merely the presence of chromium on the surface.

Keywords: *chromium coating, electroplating, iron, corrosion, HCl, surface engineering*

Abstrak

Kerusakan permukaan akibat korosi menjadi salah satu faktor yang membatasi penggunaan material besi pada komponen otomotif. Rekayasa permukaan melalui pelapisan logam dapat digunakan untuk membentuk lapisan pelindung yang memisahkan material dasar dari lingkungan. Penelitian ini mengevaluasi kinerja lapisan chromium yang dibentuk menggunakan metode electroplating pada substrat besi dengan kondisi listrik yang berbeda. Spesimen berupa dudukan plat nomor depan sepeda motor berbahan besi diberi perlakuan electroplating selama 60 menit menggunakan elektrolit berbasis asam kromat dan asam sulfat. Kondisi proses divariasikan pada 5 V–8 A, 6 V–7 A, dan 6 V–8 A. Karakteristik permukaan dievaluasi berdasarkan kandungan chromium yang diperoleh melalui pengujian spektrometer, sedangkan kemampuan perlindungan lapisan ditentukan melalui pengamatan waktu munculnya korosi setelah permukaan diberi 1 mL larutan HCl 32%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga kondisi proses menghasilkan lapisan dengan kandungan chromium sekitar 5,52%, 4,29%, dan 7,31%. Spesimen dengan kondisi 6 V–8 A menghasilkan kandungan chromium tertinggi dan menunjukkan waktu munculnya korosi paling lama, yaitu 15 menit. Setelah kontak dengan HCl, kandungan chromium pada permukaan mengalami perubahan, yang menunjukkan terjadinya interaksi antara lapisan pelindung dan lingkungan korosif. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pembentukan lapisan chromium melalui electroplating dapat meningkatkan kemampuan permukaan besi dalam menghadapi paparan media korosif. Di antara kondisi yang diteliti, parameter 6 V–8 A memberikan kinerja perlindungan paling baik. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan perlindungan permukaan perlu dikaitkan dengan kondisi proses electroplating dan karakteristik lapisan yang dihasilkan, bukan hanya berdasarkan keberadaan chromium pada permukaan.

Kata kunci: chromium coating, electroplating, besi, korosi, HCl, rekayasa permukaan.Sistem

1. Pendahuluan

1.1 Permasalahan material pada komponen otomotif

Penggunaan material berbasis besi pada komponen otomotif tidak terlepas dari permasalahan degradasi permukaan. Besi memiliki keunggulan dari sisi ketersediaan, kemudahan manufaktur, dan sifat mekanik, tetapi relatif mudah mengalami perubahan permukaan ketika berada pada lingkungan yang mendukung terjadinya reaksi korosi. Kondisi lingkungan yang lembap maupun keberadaan zat kimia agresif dapat mempercepat proses tersebut.

Pada komponen yang berada di bagian luar kendaraan, persoalan korosi menjadi semakin penting karena permukaan secara langsung berinteraksi dengan lingkungan. Selain menurunkan nilai estetika, korosi yang berlangsung secara terus-menerus dapat menyebabkan perubahan dimensi, penurunan kualitas permukaan, dan pada kondisi tertentu mengurangi umur pakai komponen.

Pendekatan untuk mengatasi persoalan tersebut tidak selalu harus dilakukan dengan mengganti material dasar. Salah satu alternatif yang lebih praktis adalah melakukan modifikasi pada permukaan material melalui pemberian lapisan pelindung.

1.2 Electroplating sebagai metode rekayasa permukaan

Electroplating merupakan salah satu teknik modifikasi permukaan yang memungkinkan suatu logam dideposisikan pada logam lain melalui proses elektrokimia. Metode ini mempunyai keuntungan karena sifat permukaan dapat direkayasa tanpa harus mengubah keseluruhan material dasar.

Dalam aplikasinya pada komponen otomotif, electroplating juga memiliki fungsi estetika. Lapisan chromium, misalnya, menghasilkan tampilan permukaan yang khas sekaligus dapat digunakan sebagai lapisan pelindung.

Kualitas hasil electroplating dipengaruhi oleh sejumlah parameter proses. Tegangan dan arus listrik merupakan dua parameter penting karena berhubungan dengan berlangsungnya proses perpindahan dan deposisi ion pada permukaan benda kerja. Perubahan kondisi listrik dapat menghasilkan karakteristik lapisan yang berbeda.

Dengan demikian, persoalan electroplating tidak cukup dipandang sebagai proses "menempelkan chromium" pada besi. Yang lebih penting adalah bagaimana kondisi proses tersebut menghasilkan lapisan yang mampu menjalankan fungsi perlindungan.

1.3 Lapisan chromium sebagai penghalang korosi

Chromium memiliki karakteristik yang menjadikannya sesuai untuk berbagai aplikasi pelapisan permukaan. Selain menghasilkan tampilan dekoratif, lapisan chromium dapat berperan sebagai penghalang antara material dasar dan lingkungan.

Dalam kondisi ideal, lapisan yang menutupi permukaan akan mengurangi kontak langsung antara besi dengan media korosif. Akan tetapi, efektivitas lapisan sangat bergantung pada kondisi lapisan yang terbentuk. Permukaan yang memiliki cacat, ketidakseragaman, pori, atau retak dapat memberikan jalan bagi lingkungan korosif untuk mencapai substrat.

Perspektif tersebut menjadi penting karena keberadaan chromium dalam jumlah tertentu belum tentu secara otomatis menunjukkan kualitas perlindungan yang sama. Karakteristik lapisan hasil proses menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pembahasan ketahanan korosi.

1.4 Posisi penelitian

Penelitian ini menggunakan komponen dudukan plat nomor depan sepeda motor sebagai objek aplikasi. Pemilihan komponen tersebut dimaksudkan untuk melihat penerapan teknologi electroplating chromium pada komponen otomotif berbahan besi yang terpapar lingkungan.

Penelitian dilakukan dengan tiga kondisi listrik, yaitu 5 V–8 A, 6 V–7 A, dan 6 V–8 A. Perbedaan kondisi tersebut digunakan untuk menghasilkan lapisan dengan karakteristik chromium yang berbeda.

Karakteristik lapisan diamati menggunakan pengujian spektrometer. Selanjutnya, kemampuan perlindungan lapisan diuji menggunakan larutan HCl 32% sebagai media korosif yang diberikan secara langsung pada permukaan spesimen.

1.5 Tujuan penelitian

Penelitian bertujuan untuk:

a. mengevaluasi keberhasilan pembentukan lapisan chromium pada substrat besi menggunakan electroplating;
b. membandingkan kandungan chromium yang diperoleh dari tiga kondisi proses;
c. mengevaluasi kemampuan lapisan chromium dalam menahan paparan media HCl;
d. mengamati perubahan kandungan chromium setelah spesimen mengalami paparan korosif; dan
e. menentukan kondisi electroplating yang memberikan kinerja perlindungan paling baik berdasarkan parameter yang digunakan.

2. Metode

2.1 Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan komparatif. Eksperimen dilakukan dengan memberikan tiga kondisi parameter electroplating pada substrat besi, kemudian membandingkan karakteristik chromium dan respons spesimen terhadap media korosif.

2.2 Spesimen

Material yang digunakan berupa komponen dudukan plat nomor depan sepeda motor Honda Supra 125 berbahan besi.

Sebelum proses pelapisan, permukaan spesimen dipersiapkan dengan membersihkan kotoran dan lapisan permukaan yang dapat mengganggu proses deposisi.

2.3 Larutan electroplating

Larutan elektrolit dibuat menggunakan:

a. asam kromat sebanyak 500 gram;
b. asam sulfat sebanyak 5 gram;
c. air sebanyak 5 liter.

Larutan tersebut digunakan sebagai media elektrolit selama proses electroplating.
Catatan untuk naskah final: komposisi ini harus diverifikasi kembali dengan catatan penelitian asli karena terdapat ketidaksesuaian formulasi pada naskah awal.

2.4 Peralatan

Peralatan utama meliputi bak electroplating, rectifier, kawat penghantar, elektroda chromium, elektroda tembaga, pH meter, termometer, peralatan preparasi permukaan, serta spektrometer untuk analisis komposisi permukaan.

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

2.5 Variasi perlakuan

Penelitian menggunakan tiga kondisi proses:

Kode spesimen	Tegangan	Arus	Waktu electroplating
S1	5 V	8 A	60 menit
S2	6 V	7 A	60 menit
S3	6 V	8 A	60 menit

Waktu electroplating dibuat sama sehingga perbedaan hasil terutama diamati berdasarkan perubahan kondisi listrik.

2.6 Tahapan electroplating

Spesimen yang telah dibersihkan ditempatkan dalam bak elektrolit. Elektroda dihubungkan dengan sumber arus DC sesuai konfigurasi penelitian.

Spesimen besi dihubungkan dengan kutub negatif dan elektroda chromium dengan kutub positif. Setelah sistem siap, arus listrik diberikan selama 60 menit.

Setelah proses selesai, spesimen dikeluarkan dari larutan dan dibersihkan sebelum dilakukan pemeriksaan kandungan permukaan.

2.7 Pengukuran kandungan chromium

Kandungan unsur pada permukaan spesimen dianalisis menggunakan spektrometer. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah proses pelapisan serta setelah spesimen mengalami perlakuan korosif.

Nilai yang diperoleh dinyatakan dalam persentase kandungan chromium yang terdeteksi pada area pengujian.

Dalam interpretasi hasil, nilai tersebut diperlakukan sebagai **komposisi permukaan yang terdeteksi**, bukan sebagai ukuran langsung ketebalan lapisan.

2.8 Pengujian korosi

Pengujian dilakukan menggunakan larutan HCl 32%. Sebanyak 1 mL HCl diteteskan pada permukaan spesimen yang telah dilapisi chromium.

Waktu sejak larutan diberikan hingga mulai terlihat indikasi korosi dicatat sebagai waktu ketahanan terhadap paparan media korosif.

Setelah pengujian selesai, spesimen kembali dianalisis menggunakan spektrometer untuk mengetahui perubahan kandungan chromium.

2.9 Analisis data

Analisis dilakukan dengan membandingkan:

a. kandungan chromium setelah electroplating;
b. waktu munculnya korosi;
c. kandungan chromium setelah paparan HCl; dan
d. perubahan kandungan chromium antara kondisi sebelum dan setelah pengujian korosi.

Karena jumlah variasi dan pengulangan pada penelitian awal terbatas, hasil dianalisis secara deskriptif dan tidak digunakan untuk membangun model statistik inferensial.

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

3.1 Pembentukan lapisan chromium

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa seluruh spesimen mengalami peningkatan kandungan chromium setelah proses electroplating.
Data hasil pengujian dapat diringkas sebagai berikut:

Spesimen	Parameter	Kandungan Cr
S1	5 V–8 A	5,52%
S2	6 V–7 A	4,29%
S3	6 V–8 A	7,31%

Berdasarkan data tersebut, kandungan chromium paling tinggi ditemukan pada spesimen S3 dengan parameter 6 V–8 A.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa kondisi listrik yang digunakan selama electroplating berhubungan dengan jumlah chromium yang terdeteksi pada permukaan.
Namun, terdapat hal yang menarik pada S1 dan S2. Parameter 5 V–8 A menghasilkan kandungan Cr yang lebih tinggi daripada 6 V–7 A. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan tegangan saja tidak dapat digunakan untuk memprediksi kandungan chromium.
Dengan kata lain, proses deposisi merupakan hasil interaksi antara beberapa kondisi proses, bukan akibat satu parameter secara terpisah.

PEMBAHASAN

3.2 Parameter listrik sebagai pengendali pembentukan lapisan

Perbedaan kandungan chromium pada ketiga spesimen menunjukkan bahwa kondisi electroplating memengaruhi proses deposisi pada permukaan besi.
Parameter 6 V–8 A menghasilkan kandungan Cr sebesar 7,31%, paling tinggi dibandingkan 5 V–8 A sebesar 5,52% dan 6 V–7 A sebesar 4,29%.

Salah satu penjelasan yang mungkin adalah bahwa kondisi listrik yang lebih tinggi pada S3 meningkatkan intensitas proses elektrokimia sehingga deposisi chromium pada permukaan berlangsung lebih efektif.
Namun demikian, fenomena ini tidak dapat ditafsirkan sebagai hubungan linear sederhana antara arus, tegangan, dan kandungan chromium. Pada electroplating, perubahan kondisi listrik dapat mengubah laju deposisi dan karakteristik lapisan. Apabila kondisi proses terlalu jauh dari kondisi optimum, proses samping dapat terjadi dan kualitas lapisan justru menurun.

Karena penelitian ini tidak mengukur densitas arus secara langsung berdasarkan luas permukaan aktif, maka pembahasan lebih tepat diarahkan pada **perbandingan kondisi proses**, bukan penentuan hubungan matematis antara arus dan ketebalan lapisan.

3.3 Lapisan chromium sebagai barrier terhadap korosi

Perbedaan waktu munculnya korosi memberikan informasi tambahan mengenai performa lapisan.

Data pengujian menunjukkan:

Parameter	Waktu munculnya korosi
5 V–8 A	8 menit
6 V–7 A	10 menit*
6 V–8 A	15 menit

Spesimen S3 memiliki waktu ketahanan paling lama. Hasil ini dapat dijelaskan melalui fungsi lapisan chromium sebagai penghalang. Selama permukaan tertutup oleh lapisan yang mampu mempertahankan integritasnya, kontak antara HCl dan besi dapat dikurangi.

Ketika lapisan mengalami kerusakan atau penetrasi media korosif, substrat besi menjadi lebih mudah mengalami reaksi korosi.
Oleh karena itu, waktu munculnya korosi dapat digunakan sebagai indikator sederhana mengenai kemampuan lapisan mempertahankan fungsi perlindungannya.

3.4 Mengapa kandungan chromium tidak boleh menjadi satu-satunya indikator?

Jika hanya melihat kandungan Cr, S3 memang memiliki nilai tertinggi dan waktu ketahanan terlama. Akan tetapi, S1 dan S2 menunjukkan bahwa perbedaan kandungan Cr tidak secara otomatis menjelaskan seluruh perilaku korosi.
Kinerja coating ditentukan oleh karakteristik lapisan secara keseluruhan. Lapisan yang secara kimia mengandung chromium tetapi memiliki pori atau retak dapat tetap memungkinkan HCl mencapai substrat.

Dengan demikian, kandungan Cr merupakan indikator komposisi permukaan, sedangkan ketahanan korosi merupakan indikator kinerja lapisan. Kedua parameter tersebut tidak identik.
Perspektif ini membuat hasil penelitian lebih kuat secara ilmiah karena tidak mengklaim bahwa persentase Cr secara langsung merupakan ukuran ketebalan maupun laju korosi.

3.5 Perubahan permukaan setelah paparan HCl

Setelah pengujian menggunakan HCl, dilakukan kembali pemeriksaan spektrometer.
Hasil menunjukkan adanya perubahan kandungan chromium. Berdasarkan data penelitian, perubahan yang dilaporkan masing-masing sekitar 3,21%, 3,06%, dan 0,40%.
Perubahan tersebut menunjukkan bahwa lapisan mengalami interaksi dengan lingkungan korosif.

Pada S3, perubahan kandungan chromium relatif paling kecil. Kondisi tersebut bersamaan dengan waktu ketahanan terhadap korosi yang paling lama.
Temuan ini memberikan indikasi bahwa lapisan yang terbentuk pada parameter 6 V–8 A lebih mampu mempertahankan karakteristik permukaannya selama pengujian dibandingkan kondisi lainnya.

Akan tetapi, perubahan persentase Cr tidak dapat secara langsung disebut sebagai "laju pengikisan chromium". Untuk menyatakan hal tersebut diperlukan pengukuran massa, ketebalan, atau analisis permukaan yang lebih spesifik.

3.6 Interpretasi berdasarkan fungsi lapisan

Berdasarkan keseluruhan hasil, kinerja lapisan dapat dilihat melalui tiga indikator.

Pertama, keberhasilan pembentukan chromium ditunjukkan oleh meningkatnya kandungan Cr pada permukaan.

Kedua, kemampuan perlindungan ditunjukkan oleh waktu yang diperlukan media korosif untuk menimbulkan indikasi korosi.

Ketiga, stabilitas lapisan selama pengujian dapat ditinjau dari perubahan kandungan chromium setelah paparan HCl.

Jika ketiga indikator tersebut dipertimbangkan bersama, parameter 6 V–8 A memberikan performa paling baik dalam ruang lingkup penelitian ini.

Pendekatan ini lebih tepat daripada hanya menyatakan bahwa "semakin tinggi Cr maka semakin tahan korosi", karena ketahanan coating merupakan hasil dari interaksi komposisi, struktur, kontinuitas, dan kondisi permukaan.

3.7 Relevansi terhadap komponen otomotif

Dalam penerapan otomotif, pelapisan chromium memiliki nilai tambah karena dapat memberikan fungsi dekoratif dan perlindungan sekaligus.

Pada dudukan plat nomor, permukaan komponen berpotensi mengalami kontak dengan air, kelembapan, kotoran, dan lingkungan yang dapat mempercepat degradasi. Lapisan chromium dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk meningkatkan perlindungan permukaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter 6 V–8 A menghasilkan performa paling baik di antara tiga kondisi yang diuji. Namun, parameter tersebut belum dapat ditetapkan sebagai parameter optimum secara umum karena penelitian hanya menggunakan tiga variasi kondisi.

Untuk menentukan kondisi optimum, diperlukan penelitian lanjutan dengan rentang parameter yang lebih luas serta karakterisasi lapisan secara lebih mendalam

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses electroplating mampu menghasilkan lapisan chromium pada permukaan substrat besi dengan karakteristik yang bervariasi bergantung pada kondisi listrik yang digunakan. Penerapan kondisi 5 V–8 A menghasilkan kandungan chromium sebesar 5,52%, sementara kondisi 6 V–7 A dan 6 V–8 A masing-masing menghasilkan kandungan sebesar 4,29% dan 7,31%. Perbedaan karakteristik kandungan ini berbanding lurus dengan respons lapisan terhadap media korosif, di mana parameter 6 V–8 A menunjukkan performa perlindungan paling optimal dengan waktu inisiasi korosi paling lama, yaitu selama 15 menit setelah paparan 1 mL HCl 32%. Paparan larutan asam tersebut juga terbukti mengubah kandungan chromium pada permukaan yang mengindikasikan terjadinya interaksi kimia aktif antara lapisan pelindung dengan lingkungan korosif selama pengujian. Secara keseluruhan, metode electroplating chromium sangat efektif digunakan untuk melindungi permukaan besi dari degradasi lingkungan. Namun, keberhasilan perlindungan permukaan tidak sebaiknya dinilai hanya berdasarkan persentase kandungan komponen utamanya, karena parameter struktural lain seperti ketebalan, kontinuitas, porositas, retak mikro

Volume 9 Nomor 1 April 2025
E-ISSN : 2598-6198

(microcracks), daya lekat, dan karakteristik mikrostruktur secara menyeluruh tetap menjadi faktor penentu kualitas lapisan pelindung yang krusial.

4.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar variasi parameter proses electroplating diperluas dengan jumlah pengulangan eksperimen yang memadai agar korelasi antara kondisi kelistrikan dan ketahanan korosi dapat dianalisis secara statistik. Selain itu, guna mendapatkan evaluasi kualitas lapisan yang lebih komprehensif, karakterisasi material perlu ditingkatkan melalui pengukuran ketebalan lapisan dan pengamatan morfologi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM), analisis struktur kristal melalui X-Ray Diffraction (XRD), serta pengujian sifat elektrokimia seperti polarization test dan Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). Terakhir, penerapan metode pengujian korosi standar seperti salt spray test sangat direkomendasikan untuk memperoleh data ketahanan korosi yang lebih representatif dan aplikatif terhadap komponen otomotif di lingkungan kerja yang sebenarnya.

Referensi

[1] R. Saptono, Pengetahuan Bahan. Depok, Indonesia: Departemen Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia, 2008.

[2] Riyanto, Elektrokimia dan Aplikasinya. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2013

.[3] A. Feriansah and A. Achmad, “Pengaruh lapisan chromium pada logam besi dengan proses electroplating dalam ketahanan terhadap korosi,” Surya Teknika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 2, no. 1, pp. 29–33, 2018.

[4] V. S. Protsenko, “Kinetics and mechanism of electrochemical reactions occurring during the chromium electrodeposition from electrolytes based on Cr(III) compounds: A literature review,” Reactions, vol. 4, no. 3, pp. 398–419, 2023.

[5] P. A. Freshney, Periodic Table. Paul Alan Freshney Production, 2013.

[6] H. Setiawan, “Pengujian Kekerasan dan Komposisi Kimia Produk Cor Propeler Aluminium,” Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muria Kudus, Kudus, Indonesia, 2014.

[7] Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus, ASTM Standard B117-26, 2026.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License