

# ANALISIS KETEBALAN, KETAHANAN KOROSI, DAN DAYA LEKAT LAPISAN HASIL PROSES *HARDCHROME PLATING* PADA BAJA KARBON RENDAH SEBELUM DAN SESUDAH *CASE HARDENING*

Fauzan Rayendra Sakti<sup>1</sup>, Umen Rumendi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin dan Manufaktur Polman Bandung

<sup>2</sup> Dosen Teknik Material Polman Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

Email: <sup>1</sup>[fauzanrayendra.sakti@gmail.com](mailto:fauzanrayendra.sakti@gmail.com), <sup>2</sup>[umen\\_rumendi2012@yahoo.com](mailto:umen_rumendi2012@yahoo.com)

## Abstrak

Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang rekayasa, banyak kebutuhan-kebutuhan khusus yang diperlukan oleh suatu komponen, contohnya adalah umur pakai. Salah satu cara untuk meningkatkan umur pakai suatu komponen adalah melalui perlakuan khusus terhadap permukaan menggunakan metode *hardchrome plating*. Contoh aplikasi *hardchrome plating* di industri adalah pelapisan komponen piston pada silinder hidrolis. Piston terdiri dari 2 jenis, yaitu *chrome plated rod* dan *induction hardened chrome plated rod*. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan krom, daya tahan korosi pada sampel yang dilapis, serta pengaruh proses *case hardening* terhadap daya lekat unsur krom pada sampel uji. Sampel uji yang digunakan, yaitu baja St. 37 yang tidak diproses dan yang diproses *case hardening*. Proses *hardchrome plating* pada sampel uji menggunakan arus 15 A dengan waktu yang bervariasi, yaitu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil pengujian untuk rata-rata ketebalan lapisan pada sampel uji yang tidak diproses *case hardening* dengan waktu 60 menit adalah 5,74  $\mu\text{m}$ , 90 menit adalah 9,09  $\mu\text{m}$ , dan 120 menit adalah 11,67  $\mu\text{m}$ . Rata-rata ketebalan lapisan pada sampel uji yang diproses *case hardening* dengan waktu 60 menit adalah 4,15  $\mu\text{m}$ , 90 menit adalah 11,25  $\mu\text{m}$ , dan 120 menit adalah 11,96  $\mu\text{m}$ . Hasil pengujian untuk rata-rata kekerasan lapisan sampel uji yang tidak diproses *case hardening* dengan waktu 60 menit adalah 873,1 HV, 90 menit adalah 974,3 HV, dan 120 menit adalah 1090,5 HV. Rata-rata kekerasan lapisan pada sampel uji yang diproses *case hardening* dengan waktu 60 menit adalah 927,5 HV, 90 menit adalah 1133,3 HV, dan 120 menit adalah 1011,2 HV. Daya tahan korosi meningkat hingga 24 jam di dalam larutan 5% NaCl. Pengujian daya lekat menggunakan *file test* menunjukkan daya lekat lapisan pada sampel uji yang tidak diproses *case hardening* lebih baik daripada sampel uji yang diproses *case hardening*.

**Kata kunci :** *hardchrome plating, case hardening, ketebalan, korosi, dan daya lekat*

## 1 Pendahuluan

Kemajuan di bidang teknologi rekayasa menyebabkan banyak permintaan terhadap kebutuhan material yang mempunyai sifat khusus, baik pada industri skala besar maupun skala kecil. Salah satu sifat yang dibutuhkan adalah umur pakai material. Pada umumnya, kerusakan komponen berawal dari bagian permukaan yang disebabkan oleh faktor-faktor eksternal seperti beban, temperatur tinggi, gesekan, korosifitas, dan oksidasi. Untuk mencegah timbulnya kerugian tersebut diperlukan suatu perlakuan terhadap permukaan material (*surface treatment*), salah satunya adalah pelapisan logam dengan metode *electroplating*.

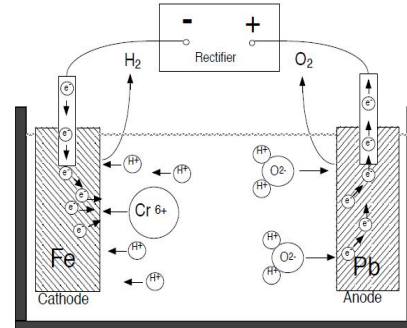
*Electroplating* adalah teknologi dalam penerapan *electrodeposition* pada benda yang pada umumnya adalah logam. *Electrodeposition* adalah aplikasi elektrokimia yang mana terjadi proses deposisi atau pengendapan unsur pelapis pada benda kerja melalui proses elektrolisis (Lowenheim, 1979). Metode *electroplating* berfungsi untuk memperbaiki penampilan, melindungi permukaan logam, meningkatkan ketahanan produk terhadap gesekan, memperbaiki kehalusan / bentuk permukaan, dan *electroforming*, yaitu membentuk suatu benda yang dihasilkan dari endapan (Tasukron, 2015).

Salah satu jenis *electroplating* yang banyak dipakai di industri manufaktur adalah *hardchrome plating*. Metode ini melibatkan unsur krom yang memiliki sifat sebagai reduktor (mudah teroksidasi dengan udara) dan membentuk lapisan kromium oksida pada permukaan dan berfungsi untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan aus serta untuk melindungi permukaan benda kerja dari korosi. Metode ini diaplikasikan komponen-komponen yang difungsikan untuk mampu menerima beban besar, ketahanan temperatur tinggi, dan gesekan secara berkelanjutan, contohnya adalah piston pada silinder hidrolis, komponen untuk peredam di pada konstruksi roda pesawat, komponen dari *mould* dan *dies* (Tarwijayanto, 2013). Pada penggunaannya di industri, piston pada silinder hidrolis terdiri dari dua jenis, yaitu *chrome plated rod* (hanya dilapisi krom) dan *induction hardened chrome plated rod* (dikeraskan dan dilapisi krom).

Pada penelitian ini akan dibahas proses pelapisan dan analisa hasil proses *hardchrome plating*. Penelitian ini menganalisa pengaruh variasi waktu terhadap ketebalan pelapisan, daya tahan permukaan terhadap korosi, serta

pengaruh proses *case hardening* terhadap daya lekat bahan pelapis pada permukaan sampel uji. Penelitian dilakukan dengan mereaksikan *anode* krom pada dua jenis sampel yang berbeda, yaitu material baja karbon rendah St. 37 berbentuk silinder yang belum dan yang sudah diproses

Reaction Schema:



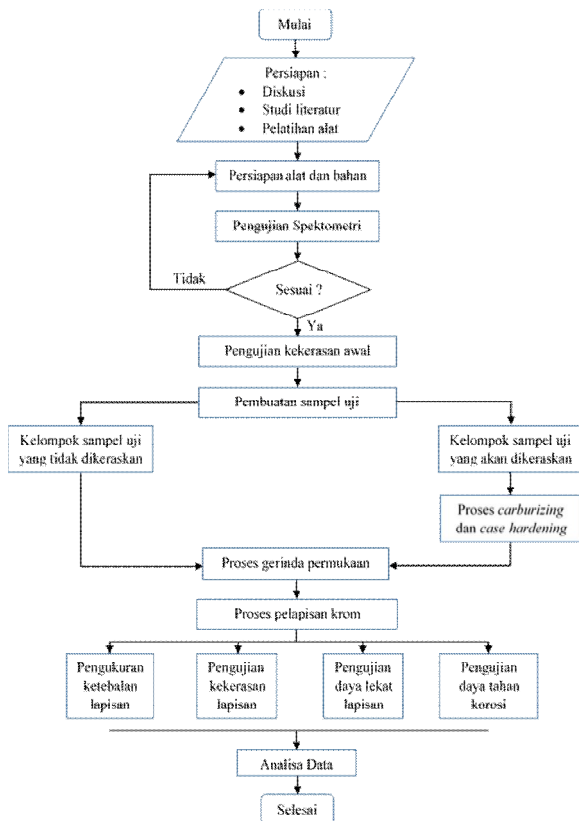
**Gambar 1.** Reaksi pada proses *electroplating*

*case hardening*. Hasil yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah variasi ketebalan pelapisan yang diharapkan meningkat secara linear sesuai dengan besar arus dan lama proses pelapisan, peningkatan daya tahan korosi, daya lekat bahan pelapis terhadap sampel uji yang memiliki struktur mikro *ferrite* dan *martensite*, serta sifat mekanik yang dihasilkan oleh proses *hardchrome plating*.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk Menganalisa hasil proses *hardchrome plating* yang terdiri dari analisa ketebalan pelapisan, kekerasan lapisan, daya tahan korosi, dan daya lekat bahan pelapis.

## 2 Metodologi Penelitian

Berikut adalah bagan penelitian yang menunjukkan tahapan-tahapan pelaksanaan.



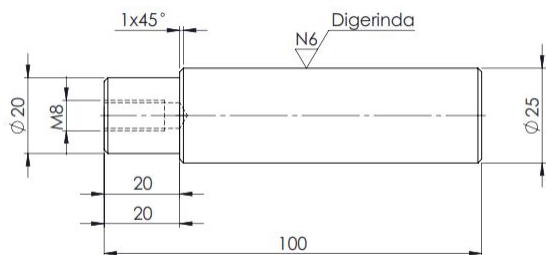
**Gambar 2.** Diagram alir

Dalam penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah waktu pelapisan selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Sedangkan variabel tetapnya adalah :

1. Sampel uji adalah baja St. 37 yang dibagi ke dalam 2 kelompok, yaitu yang tidak diproses dan yang diproses *case hardening*.
2. Arus listrik yang digunakan untuk proses *hardchrome plating* adalah 15 A.
3. Suhu larutan cairan elektrolit yang digunakan adalah 50 °C.
4. Jarak antara anoda – katoda adalah 10 cm.

### 2.1 Spesifikasi sampe dan alat *hardchrome plating*

Spesifikasi sampel uji yang digunakan adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.** Spesifikasi sampel uji

Alat-alat utama yang digunakan untuk proses pelapisan adalah sebagai berikut :

1. *Rectifier*

2. Bak *degreasing*
3. Bak pembilasan (*water rinse*)
4. Bak *acid etching*
5. Bak *hardchrome plating*.



**Gambar 4.** Alat *hardchrome plating*

### 2.2 Prosedur penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian.
2. Melakukan pengujian spektrometri untuk mendapatkan data komposisi sampel uji sebelum penelitian.
3. Melakukan pengujian kekerasan awal sampel uji.
4. Melakukan proses bubut sesuai spesifikasi sampel uji yang sudah dibuat.
5. Melakukan pengelompokkan sampel uji yang tidak diproses dan yang diproses *case hardening*.
6. Melakukan proses *carburizing* dan *case hardening* secara berurutan pada kelompok sampel uji yang diproses *case hardening*. Proses *carburizing* dilakukan pada suhu 925 °C dan *holding time* selama 4 jam, dilanjutkan proses *case hardening* pada suhu 870 °C dan *holding time* selama 0,5 jam.
7. Proses *quenching* sampel uji di air.
8. Melakukan pengujian kekerasan setelah proses *case hardening*.
9. Proses gerinda seluruh sampel uji sampai permukaan menjadi halus.
10. Persiapan alat dan bahan untuk proses *hardchrome plating*.
11. Pencekaman sampel uji pada *jig* dan mengaktifkan pemanas / *heater* kaca sampai suhu cairan *degreasing* dan *hardchrome plating* 50 °C.
12. Agitasi atau pengadukan cairan kimia selama pemanasan dan pelapisan.
13. *Rectifier* diaktifkan dan melakukan proses *degreasing* selama 3 menit dengan rapat arus 8 Asd, *anodic*.

14. Pembilasan sampel uji di cairan aquades selama 1 menit.
15. Melakukan proses *acid etching* selama 3 menit dengan rapat arus 5 Asd, *cathodic*.
16. Pembilasan sampel uji di cairan aquades selama 1 menit.
17. Melakukan proses *hardchrome plating* sesuai dengan variasi waktu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.
18. Pembilasan sampel uji di cairan aquades selama 1 menit.
19. Pembersihan sampel uji dengan *air gun*.
20. Pengujian lapisan sampel hasil proses *hardchrome plating*.

### 2.3 Pengujian

Proses pengujian lapisan hasil proses *hardchrome plating* meliputi :

- Uji visual

Pengujian visual dilakukan dengan membandingkan sampel uji yang telah diproses *hardchrome plating* satu sama lain. Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Membersihkan tiap sampel uji yang telah diproses *hardchrome plating*
2. Mendokumentasikan hasil pelapisan pada tiap sampel uji dan membandingkannya satu sama lain.

- Uji ketebalan lapisan

Pengujian ketebalan lapisan krom bertujuan untuk mengetahui ketebalan lapisan yang dihasilkan oleh proses *hardchrome plating* pada tiap sampel uji. Ketebalan lapisan krom yang dihasilkan akan diuji menggunakan metode pengukuran secara mikroskopis (berdasarkan ASTM B 487). Prosedurnya adalah :

1. Pemotongan sampel uji.
2. Pemolesan bidang datar (*cross section*).
3. Pengkorosian bidang datar.
4. Pengujian ketebalan lapisan pada bidang datar.
5. pengujian dilakukan pada 5 titik

- Uji kekerasan lapisan

Pengujian kekerasan pada lapisan krom bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat mekanik yang ditinjau dari perubahan nilai kekerasannya. Pengujian kekerasan menggunakan *micro hardness tester* (berdasarkan ASTM E 92). Prosedurnya adalah :

1. Pemotongan sampel uji
  2. Pemolesan bidang datar (*cross section*)
  3. Pencekaman benda pada ragam alat uji
  4. Pengujian kekerasan lapisan pada bagian silinder.
  5. Pengujian dilakukan pada 10 titik
- Uji daya lekat lapisan

Pengujian daya lekat pada lapisan krom bertujuan untuk mengetahui daya lekat unsur krom pada tiap jenis baja setelah dilakukan pelapisan. Daya lekat pelapis akan diuji menggunakan metode *file test* (berdasarkan ASTM B 571-97) dengan alat bantu kikir. Prosedurnya adalah :

1. Membersihkan sampel uji.
2. Memotong sampel uji menggunakan mesin *cutting specimen*.
3. Menggesekkan kikir secara diagonal dari arah bawah ke atas dengan sudut sebesar 45° pada lapisan sampel uji selama 1 menit.
4. Mendokumentasikan hasil pengujian tiap sampel uji dan membandingkannya satu sama lain.

- Uji daya tahan korosi lapisan

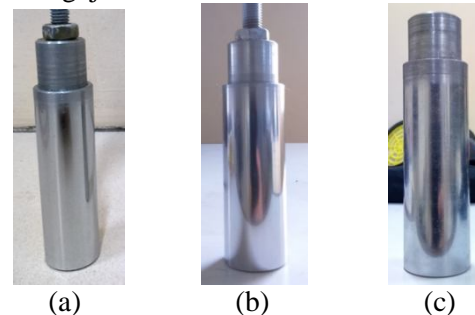
Pengujian korosi pada lapisan krom bertujuan untuk mengetahui daya tahan korosi dari tiap sampel uji yang telah dilapisi unsur krom. Daya tahan korosi sampel akan diuji menggunakan metode *immersions test* (berdasarkan ASTM B 895). Prosedurnya adalah:

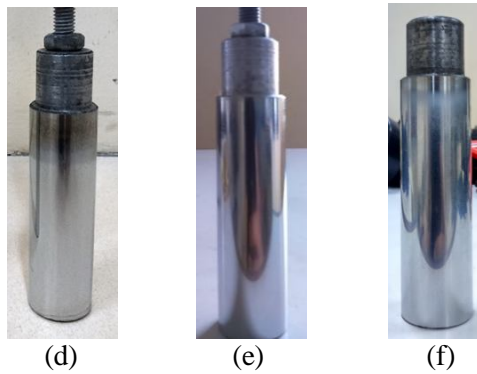
1. Membersihkan sampel uji sebelum pencelupan.
2. Mencelupkan sampel uji pada larutan.
3. Melakukan pemeriksaan setelah ½ jam, 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam, dan 24 jam. Apabila setelah 24 jam belum menghasilkan karat, interval waktu pemeriksaan bisa dilanjutkan hingga timbul karat untuk pertama kalinya.
4. Membersihkan sampel setelah pencelupan.
5. Mendokumentasikan hasil pencelupan pada tiap sampel uji dan membandingkannya satu sama lain.

## 3 Hasil dan Pembahasan

Setelah proses pelapisan selesai, selanjutnya dilakukan pengujian hasil pelapisan. Berikut adalah hasil dan pembahasan lapisan sampel hasil proses *hardchrome plating*.

### 3.1 Pengujian visual





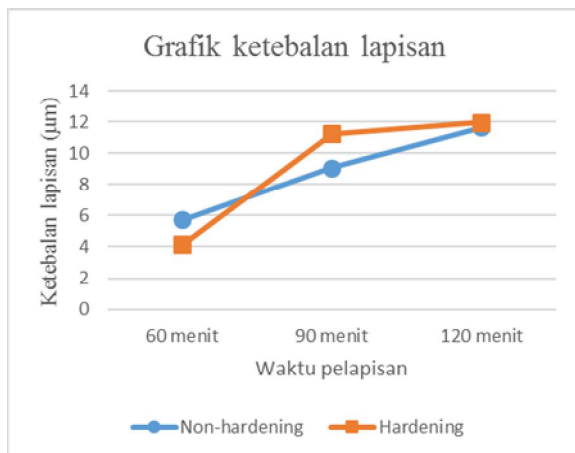
**Gambar 5.** Hasil pelapisan pada sampel *non-case hardened* (a) selama 60 menit, (b) selama 90 menit, (c) selama 120 menit, dan pada sampel *case hardened* (a) selama 60 menit, (e) selama 90 menit, dan (f) selama 120 menit.

Pengamatan secara visual menunjukkan bahwa bagian permukaan yang diproses gerinda terlebih dahulu akan menghasilkan lapisan yang mengkilap dan merata.

Selain faktor kehalusan permukaan, faktor bentuk akan mempengaruhi daya lekat unsur pelapis pada tiap sampel uji. Berdasarkan hasil uji visual terlihat bahwa beberapa sampel uji mengalami perbedaan hasil lapisan, mulai dari warna kusam hingga terjadi fenomena seperti terbakar pada bagian tepian tersebut. Hal ini disebabkan adanya bagian yang berbentuk sudut tajam, sehingga menimbulkan konsentrasi arus listrik pada saat proses elektrolisis yang menimbulkan panas berlebih di satu titik dan menyebabkan fenomena terbakar (*over current*).

### 3.2 Pengujian ketebalan lapisan

Berikut adalah data rata-rata ketebalan lapisan krom dengan lama waktu pelapisan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.



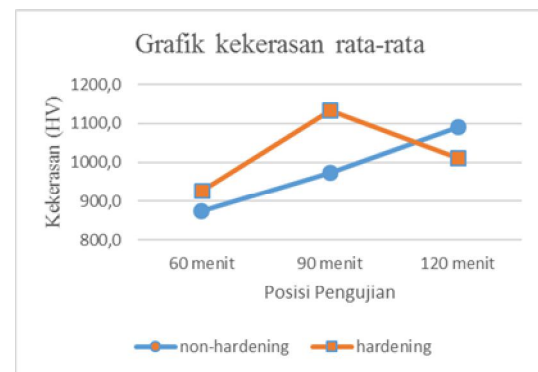
**Gambar 6.** Grafik ketebalan lapisan

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan ketebalan lapisan krom seiring dengan bertambah lamanya waktu

pelapisan sampel uji. Namun, hasil peningkatan ketebalan berbeda. Baja *non-case hardened* memiliki peningkatan ketebalan yang relatif stabil dari tiap variasi waktu yang digunakan apabila dibandingkan dengan baja *case hardened*. Peningkatan ketebalan pada baja *case hardened* secara signifikan terjadi antara antara pelapisan krom dengan waktu 60 menit dan 90 menit, kemudian peningkatan menjadi relatif kecil antara waktu pelapisan selama 90 menit dan 120 menit. Baja jenis *case hardened* menghasilkan ketebalan lapisan lebih tebal dibandingkan dengan baja jenis *non-case hardened*. Lapisan tertebal yang diperoleh pada sampel *case hardened* adalah sampel yang dilapis selama 120 menit, yaitu sebesar 11,96 µm, sedangkan yang diperoleh pada sampel *non-case hardened* adalah sampel yang dilapis selama 120 menit, yaitu sebesar 11,67 µm.

### 3.3 Pengujian kekerasan lapisan

Berikut adalah data rata-rata kekerasan lapisan krom dengan lama waktu pelapisan 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.



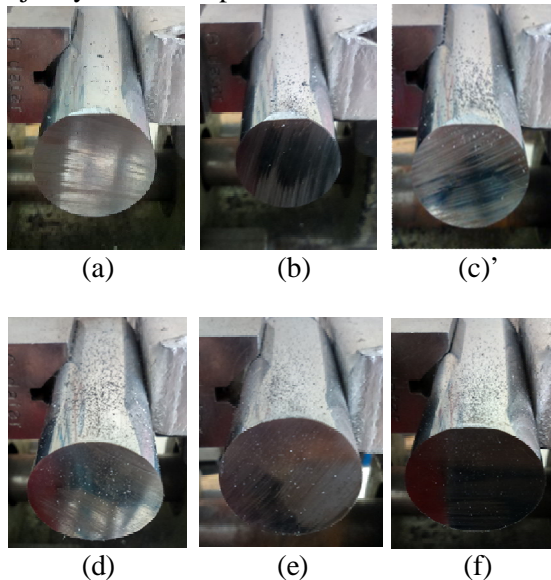
**Gambar 7.** Grafik kekerasan lapisan

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kekerasan lapisan krom seiring dengan bertambah lamanya waktu pelapisan sampel uji. Namun, peningkatan kekerasan berbeda antara jenis baja *non-case hardened* dan baja *case hardened*. Pelapisan baja jenis *non-case hardened* memiliki peningkatan kekerasan yang relatif stabil dari tiap variasi waktu yang digunakan. Sedangkan pada baja jenis *case hardened* terjadi peningkatan kekerasan antara pelapisan krom selama 60 menit dan 90 menit dan terjadi penurunan antara waktu pelapisan krom selama 90 menit dan 120 menit. Rata-rata kekerasan yang dihasilkan pada baja jenis *case hardened* lebih tinggi dibandingkan dengan baja jenis *non-case hardened*. Kekerasan tertinggi yang diperoleh pada sampel *case hardened* adalah

sampel yang dilapis selama 90 menit, yaitu sebesar 1133,3 HV, sedangkan yang diperoleh pada sampel *non-case hardened* adalah sampel yang dilapis selama 120 menit, yaitu sebesar 1090,5 HV.

### 3.4 Pengujian daya lekat lapisan

Pengujian daya lekat dilakukan dengan metode *file test*, yaitu menggesekkan kikir yang dimiringkan 45° pada tepian sampel uji dengan tujuan untuk melepaskan lapisan krom dari sampel yang dilapis (substrat). Pengujian daya lekat ini merupakan pengujian kualitatif. Penilaian daya lekat yang baik adalah apabila hasil dari penggesekkan kikir menunjukkan substrat dan lapisan krom terabrasi secara bersamaan (Kanani,2004). Berikut adalah hasil uji daya lekat sampel.



**Gambar 8.** Hasil pengujian daya lekat pada sampel uji *non-case hardened* yang dilapisi selama (a) 60 menit, (b) 90 menit, (c) 120 menit dan pada sampel uji *case hardened* yang dilapisi selama (d) 60 menit, (e) 90 menit, dan (f) 120 menit.

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa pada sampel uji *non-case hardened*, lapisan krom dan substrat terabrasi secara bersamaan oleh kikir. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan krom melekat dengan baik dengan substrat. Sedangkan pada sampel uji *case hardened*, hasil pengujian menunjukkan bahwa serpihan (bram) yang dihasilkan adalah hanya lapisan krom saja. Substrat hampir tidak mengalami abrasi yang diakibatkan oleh gerakan kikir. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan krom pada sampel *case hardened* tidak melekat dengan baik terhadap substrat. Dapat disimpulkan bahwa elemen krom lebih mudah

melekat atau berikatan dengan kuat pada sampel uji yang normal (baja yang memiliki fase  $\alpha$  / *ferritic*) dan sulit melekat dengan kuat pada sampel uji yang sudah dikeraskan (baja yang memiliki fase *martensite*).

### 3.5 Pengujian daya tahan korosi

Pengujian daya lekat dilakukan dengan percobaan skala laboratorium menggunakan metode *immersion test* (pencelupan) pada larutan 5% NaCl selama interval waktu yang telah ditentukan. Untuk membantu analisa, dilakukan pula pengujian pada sampel yang tidak diproses *hardchrome plating* dengan tujuan sebagai pembandingan. Adapun hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 1. Data waktu kemunculan karat

Sampel uji	Interval waktu pengujian (jam)						
	0,5	1	2	4	8	24	32
<i>Non-case hardened</i>	60'	√	√	√	√	√	o
	90'	√	√	√	√	√	o
	120'	√	√	√	√	√	o
<i>Case hardened</i>	60'	√	√	o	o	o	o
	90'	√	√	√	√	√	o
	120'	√	√	o	o	o	o
<i>Non-plated</i>	-	o	o	o	o	o	o

Keterangan : √ = kondisi belum berkarat  
o = kondisi berkarat

Penilaian *corrosion life* dari suatu sampel adalah waktu pemeriksaan sebelumnya, yaitu waktu yang pemeriksaan terakhir yang dilakukan sebelum munculnya noda atau karat (berdasarkan ASTM B 895).

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat data waktu kemunculan karat pada tiap sampel uji. 4 dari 6 (66,66%) sampel uji yang telah melalui proses pelapisan memiliki *corrosion life* selama 24 jam di dalam larutan 5% NaCl. Sedangkan 2 sampel uji, yaitu sampe *case hardened* dengan waktu pelapisan 60 menit dan 120 menit memiliki *corrosion life* selama 1 jam di dalam larutan 5% NaCl. Hal ini terjadi karena sampel uji mengalami kegagalan atau cacat pada hasil proses pelapisannya, sehingga mengalami waktu korosi lebih cepat bila dibandingkan dengan sampel yang terlapis dengan baik. Secara keseluruhan, proses pelapisan krom meningkatkan daya tahan korosi pada tiap sampel uji.

## 4 Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Kehalusan permukaan benda kerja mempengaruhi hasil pelapisan krom.

Semakin halus dan bersih permukaan, maka akan semakin mengkilap dan merata lapisan krom yang dihasilkan. Sisi tajam benda kerja yang dilapis akan mempengaruhi hasil pelapisan. Bagian sisi yang tajam akan menghasilkan permukaan yang kusam hingga terbakar.

- 2 Semakin lama waktu pelapisan krom pada benda kerja, maka akan semakin tebal lapisan krom yang dihasilkan
- 3 Semakin lama waktu pelapisan dan peningkatan tebal lapisan, maka akan kekerasan lapisan cenderung meningkat.
- 4 Daya lekat lapisan krom dipengaruhi oleh sifat dan fasa baja yang dilapis. Baja *non-case hardened* memiliki daya lekat lapisan cenderung lebih baik dibandingkan dengan baja *case hardened*.
- 5 Ketahanan korosi pada lapisan sampel hasil proses *hardchrome plating* lebih baik daripada sampel awal. Apabila tiap sampel diamati keadaannya secara menyeluruh, 4 dari 6 sampel (66,66 %) memiliki *corrosion life* selama 24 jam di dalam larutan 5% NaCl.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] Lowenheim, F.A., "Electroplating", (1978) McGraw-Hill, New York.
- [2] Tasukron, M., "Pembuatan dan Proses Pada Alat Hardchrome Plating Untuk Meningkatkan Kekerasan Permukaan Baja", (2015) Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung.
- [3] Tarwijayanto, D., Raharjo, W. P., Raharjo, dan Triyono, T., "Pengaruh Arus dan Waktu Pelapisan *Hard Chrome* Terhadap Ketebalan Lapisan dan Tingkat Kekerasan Mikro Pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1026 dengan Menggunakan CrO<sub>3</sub> 250 gr/lt dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5 gr/lt Pada Proses Elektroplating", *Jurnal Mekanika*, Volume 11, No. 2, Maret 2013, (2013), pp. 109-115.
- [4] Widodo, B. dan Asmoro, W. P., "Analisa *Chrome Deposit* dan *Hardness* Pada Proses *Hard Chrome* dengan Variasi Arus Untuk Roda Gigi Sepeda Motor", *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol. 4, No. 2, Februari 2012, (2012), pp. 120-127.
- [5] Mustopo, Y. D., "Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga, dan Tembaga-Nikel", (2011) Perpustakaan Online, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [6] Suger, T., "Analisa Uji Ketahanan Aus Material St. 37 Hasil *Carburizing* dan *Hardening* dengan Menggunakan Mesin Uji Keausan Horizontal", (2014) Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung.
- [7] Callister, W. D., "Material Science and Engineering : An Introduction", (2007) John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [8] Kanani, N., "Electroplating : Basic Principles, Processes, and Practice", (2004) Elsevier Ltd., Kidlington Oxford.
- [9] ASTM B 487 : *Standard Test Method for Measurement of Metal and Oxide Coating Thickness by Microscopical Examination of a Cross Section*.
- [10] ASTM E 92 : *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*
- [11] ASTM B 571-97 : *Standard Practice for Qualitative Adhesion Testing of Metallic Coatings*.
- [12] ASTM B 895 : *Standard Test Methods for Evaluating the Corrosion Resistance of Powder Metallurgy (P/M) Stainless Steel Parts/Specimens by Immersion in a Sodium Chloride Solution*.