

Pengaruh *Hard Chrome Plating* pada Peningkatan Kekerasan Baja Komponen Kincir

Budi Setyahandana¹, Yohanes Eko Christianto²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
Jl. Affandi, Mrican, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia (+62)-274-513301

¹Email: budisetya@usd.ac.id

Abstract

High carbon steel generally has a high hardness but lower ductility. To obtain a hard and ductile material, surface hardening can be done on a low carbon steel. Surface hardening can be achieved by hard chrome plating. The objectives of this research were: (1) Conducting the process of hard chrome plating on low carbon steel, (2) Knowing the increasing of surface hardness of low-carbon steel after the plating process in time variations, (3) Knowing the increasing of surface hardness of the low carbon steel after the coating process in anode-cathode distance variations. The specimens was made of low carbon steel. The size of the specimen were 40 mm in length, 35 mm in width and 6.8 mm in thickness. The variables measured were: (1) Coating time (t), (2) The distance between the cathode and anode in the coating process (l). After the coating process completed, the specimen surface hardness was measured by Vickers Hardness Tester. The results showed that up to 532 HV, low carbon steel hardness increased linearly at increasing time plating. At 120 minutes plating, the hardness also increased linearly at current densities up to 1.05 amperes/dm². While at the current density of 1.1 amperes/dm², the hardness increased significantly higher.

Keywords: surface hardening, hard chrome plating, anode-cathode distance

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia yang cukup luas memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar. Salah satu potensi yang dimiliki adalah energi angin. Meski demikian, energi ini belum digarap secara maksimal. Energi angin dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk keperluan orang banyak. Salah satu kegunaannya adalah menghasilkan energi listrik dengan menggunakan kincir angin sebagai penghasil daya.

Kincir angin banyak ditempatkan di daerah pantai. Di daerah ini kecepatan angin cukup tinggi. Di sisi lain, jika kincir angin dibuat dari bahan yang mengandung *ferro* atau besi, akan mudah berkarat karena terkena uap air laut yang mengandung garam yang terbawa oleh angin. Komponen yang terbuat dari besi/baja tersebut memang kita perlukan karena beberapa bagian kincir memerlukan kekerasan yang tinggi. Secara perlahan korosi akan membuat rapuh bagian-bagian kincir angin dan mengakibatkan terhambatnya fungsi kincir angin. Melihat kondisi tersebut, diperlukan perancangan dan komponen kincir angin yang memiliki ketahanan yang lebih baik, utamanya dari kekerasan dan ketahanan korosi.

Untuk meningkatkan kekerasan permukaan komponen, salah satu caranya dengan metode *hard chrome plating*. Proses ini dapat meningkatkan kekerasan pada permukaan bahan, tahan terhadap serangan korosi, penampilan yang lebih menarik, dan lebih tahan terhadap gesekan (keausan).

Tujuan penelitian ini adalah :

- Melakukan *hard chrome plating* pada baja karbon rendah.
- Mengetahui efek variasi waktu terhadap peningkatan kekerasan lapisan pada permukaan lapisan baja karbon rendah.

- c. Mengetahui efek variasi jarak terhadap peningkatan kekerasan lapisan pada permukaan baja karbon rendah.

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah :

- a. Meningkatnya kekerasan permukaan baja karbon rendah untuk pengembangan kincir angin.
- b. Bertambahnya khasanah ilmu pengetahuan untuk civitas akademika dan masyarakat luas.
- c. Bertambahnya referensi/pustaka tentang *hard chrome plating* bagi para peneliti lain.

Elektroplating

Elektroplating merupakan salah satu proses pelapisan logam terhadap benda padat dengan menggunakan bantuan arus listrik melalui media larutan elektrolit. Benda yang dilapisi harus konduktor atau dapat menghantarkan arus listrik. Elektroplating dapat digunakan untuk perlindungan terhadap karat seperti pada pelapisan seng pada besi baja. Pelapisan nikel dan krom umumnya ditujukan untuk menjadikan benda mempunyai permukaan lebih keras dan mengkilap selain juga sebagai perlindungan terhadap korosi.

Pada proses elektroplating terjadi perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui larutan elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Ion logam diperoleh dari elektrolit maupun berasal dari pelarutan anoda logam ke dalam elektrolit. Pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Lapisan logam yang mengendap disebut juga sebagai deposit.

Proses Pelapisan Elektroplating

Sumber arus listrik searah dihubungkan dengan dua buah elektroda yaitu elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut sebagai katoda dan elektroda positif disebut anoda. Arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda melalui elektrolit. Benda yang akan dilapisi harus memiliki sifat konduktif atau dapat menghantarkan arus listrik yang berfungsi sebagai katoda, disebut benda kerja. Semua rangkaian tersebut disusun membentuk suatu sistem. Anoda dihubungkan dengan kutub positif dan katoda dengan kutub negatif. Keduanya dimasukkan ke dalam larutan elektrolit dan diberikan arus listrik, sehingga terjadi proses pelapisan pada katoda. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam elektroplating adalah:

1. Sumber arus searah

Sumber arus listrik yang digunakan pada proses pelapisan adalah arus searah (DC) yang didapatkan dari *rectifier*. Tegangan yang dihasilkan berkisar 6-12 Volt. Keunggulan dari *rectifier* adalah arus yang dihasilkan arus searah (DC), tegangan rendah dan menghasilkan arus yang stabil.

2. Larutan elektrolit

Penggunaan larutan elektrolit pada proses elektroplating mempunyai komposisi larutan yang berbeda-beda tergantung jenis pelapisan.

3. Anoda

Anoda merupakan terminal positif dalam larutan elektrolit dan terbagi dalam dua golongan, yaitu:

1. Anoda larut (*soluble anode*)

Anoda yang larut berfungsi untuk penghantar arus listrik dan juga sebagai bahan baku pelapisan. Contohnya anoda nikel dan anoda seng.

2. Anoda tak larut (*unsoluble anode*)

Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja. Contohnya anoda Pb pada proses pelapisan kromium.

4. Katoda

Pada proses elektroplating, katoda bisa diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi.

Pelapisan krom dibedakan menjadi 2 macam yaitu :**1. Krom dekoratif**

Pada pelapisan krom dekoratif (*Decoratif Chrome Plating*), benda yang akan dilapisi terlebih dahulu dilapisi oleh tembaga dan nikel, sedangkan untuk pengerjaan akhir dilapisi dengan krom tipis. Tebal lapisan berkisar 0,25-0,5 mikron. Lapisan ini menghasilkan penampilan yang cemerlang dan berkilau. Lapisan krom dekoratif tahan terhadap abrasi dan banyak digunakan untuk pelapisan perabot rumah tangga, *spare part* kendaraan bermotor, alat-alat medis, dan lain-lain.

2. Krom keras

Pelapisan krom keras (*Hard Chrome Plating*) untuk mendapatkan hasil material yang tahan panas, tahan gores, dan tahan korosi. Pelapisan krom keras dilakukan dengan langsung melapisi benda dengan krom tanpa ada pelapisan perantara. Lapisan pada krom keras lebih tebal daripada krom dekoratif dengan ketebalan berkisar 0,1-0,3 mm. Manfaat yang didapat dari krom keras antara logam tersebut:

- a. Lebih tahan terhadap karat
- b. Dihasilkan lapisan yang lebih keras menjadikan tahan terhadap gesekan
- c. Permukaan logam juga lebih licin
- d. Material terlindungi terhadap karat, gesekan, suhu, dan goresan

Kondisi yang perlu diperhatikan pada saat proses elektroplating:

1. Karat dan minyak yang melekat pada spesimen menyebabkan hasil pelapisan kurang baik.
2. Uap larutan elektrolit dan minyak yang melekat pada batang tembaga untuk menggantung kawat tembaga sebagai pengantar arus listrik dari *rectifier* terhambat menjadikan hasil pelapisan kurang baik.
3. Klem kabel dari *rectifier* dipasang dengan baik dan kencang agar proses pengaliran arus listrik dapat bekerja dengan baik.
4. Kotoran, debu, dan minyak yang bercampur pada larutan elektrolit menyebabkan hasil pelapisan kurang baik.
5. Arus listrik yang terputus-putus menuju katoda menyebabkan hasil pelapisan kurang baik.

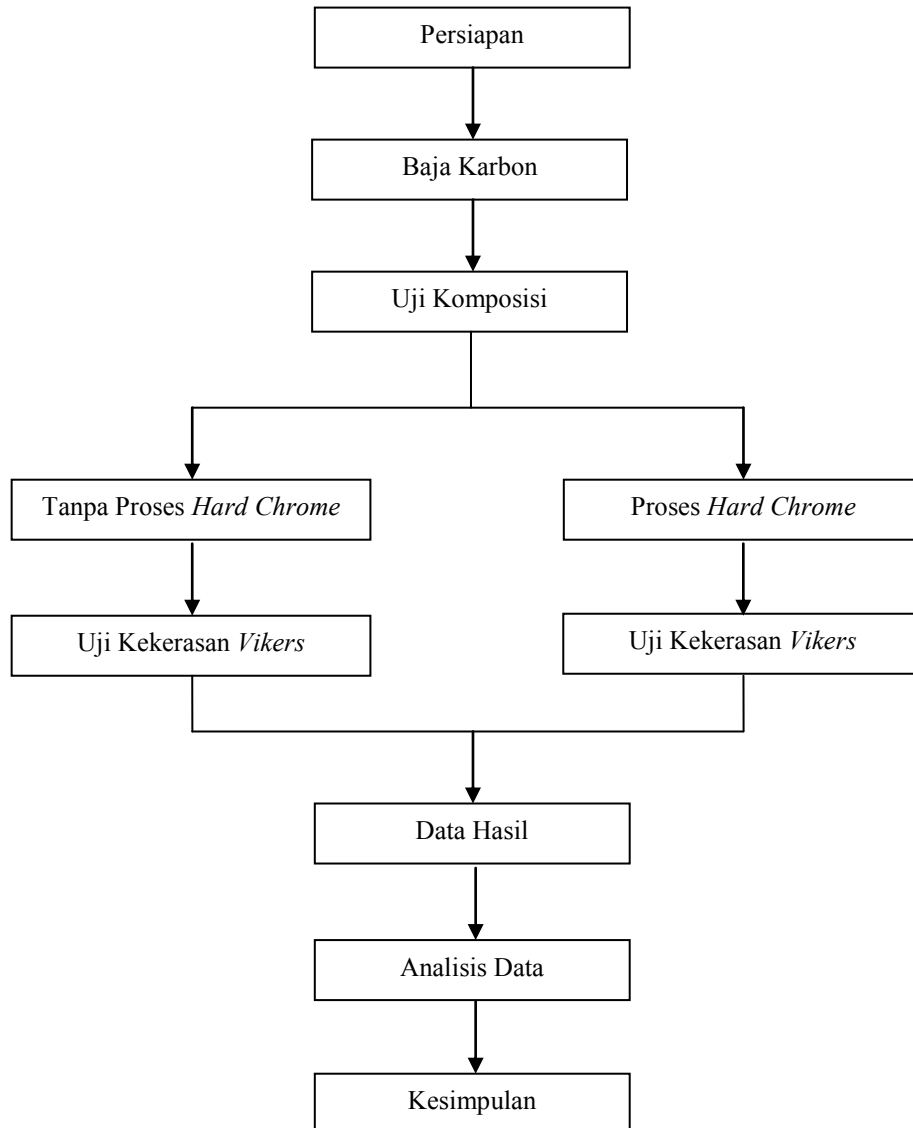
Tinjauan Pustaka

Pelapisan krom keras mempunyai ketebalan yang dapat mencapai 150 μm dengan kekerasan lebih dari 600 HV, yang umumnya diaplikasikan untuk alat-alat industri yang bergerak dan memerlukan ketahanan goresan dan abrasi yang tinggi (Purwanto, 2005). Proses pengerasan permukaan pada baja karbon banyak digunakan pada bidang industri khususnya digunakan pada komponen kendaraan bermotor yang membutuhkan pengerasan permukaan adalah *shock absorber*. Pada dasarnya proses pengerasan pada baja karbon ada yang bersifat untuk mengeraskan permukaannya saja tanpa mengubah struktur atau komponen-komponen yang ada pada logam induknya. Proses ini diantaranya adalah proses pelapisan logam. Dewasa ini metode pengerasan permukaan dengan menggunakan pelapisan listrik banyak digunakan, karena proses tidak terlalu rumit dan juga banyak keuntungannya. Proses pelapisan logam dengan bantuan listrik ini bertujuan untuk melindungi bahan yang dilapisi dengan memperbaiki mutu dari sifat permukaannya benda kerja/spesimen dengan melapiskan logam lain pada logam yang dimaksud sebagai benda kerjanya. Logam yang digunakan untuk melapisi harus mempunyai sifat yang lebih baik dari pada logam yang terlapisi (Sandi, 2002). Menurut Adhi (2011), material yang dikerjakan dengan permesinan menghasilkan lapisan *hard chrome* yang bagus. Sumber arus listrik menggunakan *rectifier* menghasilkan lapisan yang baik karena arus listrik lebih stabil. Jika menggunakan arus listrik menggunakan aki, arus listrik yang

dihasilkan tidak stabil karena arus listrik cenderung menurun selama proses pelapisan. Jarak antar anoda dan katoda 10 cm akan membuat proses elektroplating jauh lebih cepat.

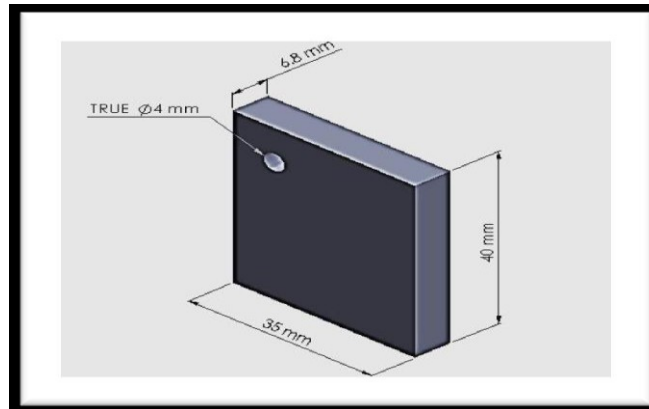
2. Metode Penelitian

Langkah kerja penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian pada Gambar 1.



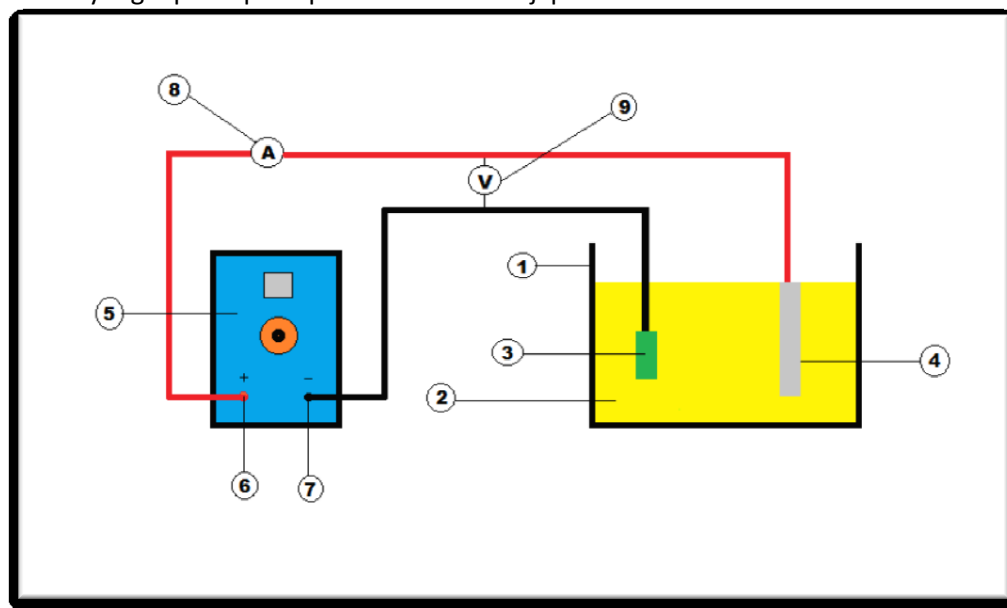
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Spesimen dibuat dengan ukuran panjang 40 mm, lebar 35 mm, dan tebal 6,8 mm. Bentuk spesimen tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk dan ukuran specimen

Skema alat yang dipakai pada penelitian ini tersaji pada Gambar 3



Gambar 3. Skema alat

Keterangan:

1. Bak larutan elektrolit
2. Larutan Elektrolit
3. Katoda (Spesimen)
4. Anoda (Batang Krom)
5. *Rectifier*
6. Terminal positif *rectifier*
7. Terminal negatif *rectifier*
8. Ampere meter
9. Volt meter

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Bak larutan elektrolit: sebagai tempat atau wadah larutan elektrolit.
2. *Rectifier*: sebagai sumber arus listrik DC.
3. Kawat tembaga: digunakan untuk mengaitkan benda kerja dengan pipa tembaga.
4. Anoda: sebagai terminal positif dalam larutan elektrolit.
5. Pipa tembaga: sebagai tempat untuk mengaitkan kawat tembaga (penggantung) sekaligus sebagai perantara arus dari *rectifier*.

6. Katoda/benda kerja/specimen: sebagai terminal negatif dalam larutan elektrolit (benda kerja yang akan dilapisi).
7. Rak: digunakan untuk menempatkan pipa tembaga di atas bak plastik.
8. Ampere meter: digunakan untuk mengukur kuat arus yang mengalir selama proses *elektroplating*.
9. Outside micrometer: sebagai alat untuk mengukur ketebalan benda kerja sebelum dan setelah dilapisi.
10. *Vernier caliper*: sebagai alat untuk mengukur dimensi dari benda kerja.
11. Penggaris mika: digunakan untuk mengatur jarak antara anoda dan katoda.
12. *Metal polish*: digunakan untuk menghaluskan permukaan benda kerja saat proses *polishing*.
13. Mesin polish: digunakan untuk memoles benda kerja dengan kehalusan tertentu.
14. *Heater*: digunakan untuk memanaskan air sabun.
15. Mesin uji kekerasan: digunakan untuk menguji kekerasan hasil elektroplating.

Larutan elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas bahan-bahan kimia yaitu:

1. Asam Kromat (*Chrome Acid*)

Asam kromat merupakan satu-satunya sumber ion krom yang akan melapisi benda kerja. Karena anoda yang digunakan tidak larut, maka konsentrasi ion krom lama kelamaan akan berkurang. Hal ini perlu diantisipasi dengan penambahan asam kromat untuk menjaga kadar krom dalam larutan. Takaran asam kromat yang digunakan untuk membuat larutan elektrolit sebesar 150 gr/l.

2. Asam Sulfat

Asam sulfat adalah salah satu katalis yang berperan untuk mempercepat terjadinya reaksi pengendapan ion logam. Takaran asam sulfat yang digunakan untuk membuat larutan elektrolit sebesar 0,87gr/l.

3. Aquades

Aquades adalah cairan pelarut untuk pembuatan larutan elektrolit. Air destilasi digunakan sebagai pelarut karena tidak mengandung mineral yang dapat mengganggu proses elektroplating.

4. Katalis

Katalis memiliki peran sebagai pengendap ion *chrome*. Takaran katalis yang digunakan untuk pembuatan larutan elektrolit sebesar 15 ml/l.

Proses pembuatan larutan elektrolit dilakukan dengan mencampur bahan-bahan di atas dengan komposisi seperti tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi larutan *Hard Chrome*

Komponen dan kondisi operasi	
Asam Kromat	150 gr/l
Asam Sulfat	0,87 gr/l
Katalis	15 ml/l
Temperatur	46-57 °C
Rapat Arus	33 A/dm ²

Sumber: Syamsul Huda, Purwanto (2005)

Variabel yang tetap adalah penggunaan tegangan listrik DC 12 volt. Sedangkan variabel yang divariasikan:

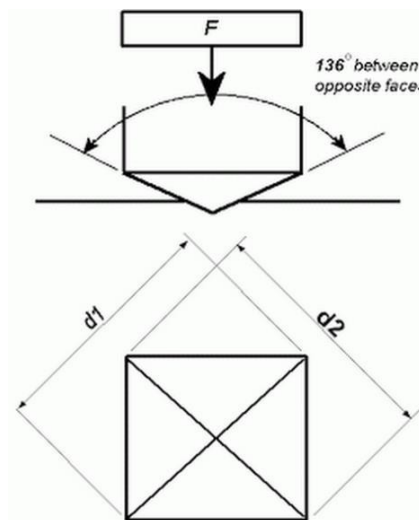
1. Jarak 150 mm dengan variasi waktu 150 menit, 180 menit, 210 menit, dan 240 menit
2. Waktu 120 menit dengan variasi jarak 80 mm, 120 mm, 160 mm, dan 200 mm

Variabel yang diukur pada penelitian ini :

1. Kuat arus pada proses plating (ampere)
2. Kekerasan pada hasil plating (HV)

Pengujian Kekerasan

Dalam penelitian ini pengujian kekerasan yang dilakukan adalah pengujian *Vickers*. Pengujian dengan metode *Vickers* bertujuan untuk mengetahui kekerasan permukaan material dengan cara penekanan menggunakan indenter intan yang cukup kecil yang mempunyai bentuk geometri piramida dengan sudut puncak 136° . Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dibagi luas permukaan bekas penekanan dengan lama waktu penekanan 15 detik.



Gambar 4. Bentuk dan sudut indenter Vickers

Untuk menghitung angka kekerasan permukaan material baja dengan metode *Vickers* dapat digunakan persamaan (1), (2) dan (3).

$$im = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \quad (1)$$

$$S = \frac{d^2}{im} \quad (2)$$

$$HV = \frac{0,102 \times F}{S} \quad (3)$$

dengan:

im = *impression surface*

α = sudut ujung indenter

S = luas permukaan bekas injakan indenter

HV = angka kekerasan *Vickers*

F = beban penekanan (kg)

d^2 = diagonal rata-rata (mm^2)

3. Hasil dan Pembahasan

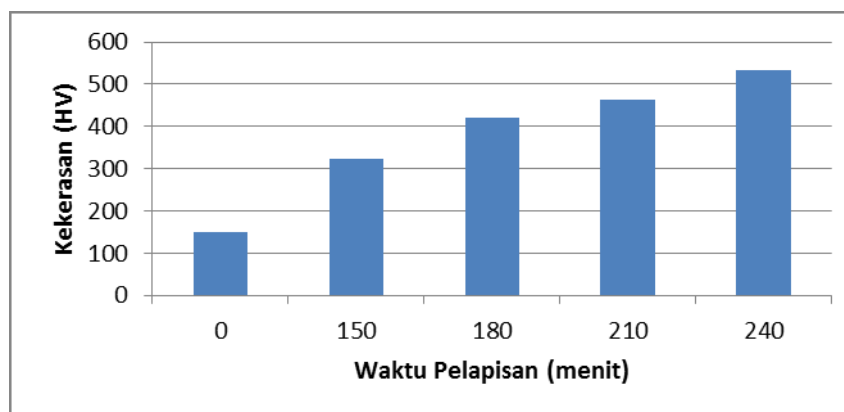
Variasi yang digunakan dalam penelitian “Karakteristik Pelapisan Krom Keras Baja Karbon Rendah” ini adalah waktu pelapisan (150 menit, 180 menit, 210 menit, dan 240 menit) dan jarak katoda-anoda (80 mm, 120 mm, 160 mm, dan 200 mm). Hasil dari pelapisan tiap variasi kemudian diuji kekerasan dengan diberi tiga kali penekanan. Diperoleh tiga data diagonal hasil penekanan yang kemudian dicari reratanya. Hasil rerata ini dihitung dengan menggunakan rumus *Vickers*.

Untuk mengetahui seberapa peningkatan kekerasannya, sebelumnya dilakukan pengujian kekerasan pada base material. Dari pengukuran dan perhitungan, diperoleh harga kekerasan base material sebesar 151 HV. Selanjutnya, hasil pengujian kekerasan dengan variasi waktu dan jarak tersaji pada Tabel 2 dan Tabel 3. Tabel 2 menunjukkan hasil kekerasan pada variasi tegangan 12 volt dengan jarak anoda-katoda 150 mm.

Tabel 2. Nilai kekerasan dengan variasi waktu pelapisan (12 volt, 150 mm)

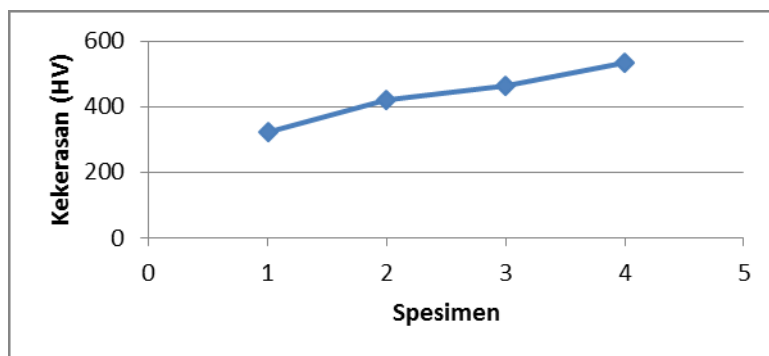
No.	Waktu (menit)	Tegangan (volt)	Jarak (mm)	Kuat arus (ampere)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	Kekerasan (HV)
1.	150	12	150	10,5	0,024 0,024 0,024	0,024 0,024	322
2.	180	12	150	10,5	0,022 0,022 0,021	0,020 0,022 0,021	420
3.	210	12	150	11	0,0195 0,0195 0,0205	0,020 0,020 0,0205	463
4.	240	12	150	10	0,018 0,018 0,019	0,018 0,019 0,019	532

Dari Tabel 2 kita memperoleh gambaran tentang kekerasan seperti tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kekerasan spesimen sebelum dan sesudah pelapisan pada 12 volt, jarak anoda-katoda 150 mm

Secara visual, nampak bahwa semakin lama waktu pelapisan maka kekerasannya semakin tinggi. Hal seperti ini dimungkinkan terjadi pada daerah yang nilai kekerasannya belum mencapai titik jenuh. Bila diperhatikan lebih detil, sebenarnya ada variabel tetap yang tidak terjaga dengan baik, yaitu rapat arus. Dengan luas penampang 14 dm^2 , secara berturut-turut data rapat arus menunjukkan 0,75; 0,75; 0,79; dan 0,71 ampere/ dm^2 . Secara lebih detil, kita dapat memperhatikan kekerasan spesimen 3 dan spesimen 4 dalam Gambar 6. Spesimen 1 dilapisi selama 150 menit, spesimen 2 dilapisi selama 180 menit, spesimen 3 dilapisi selama 210 menit, dan spesimen 4 dilapisi selama 240 menit.



Gambar 6. Kekerasan spesimen uji setelah pelapisan

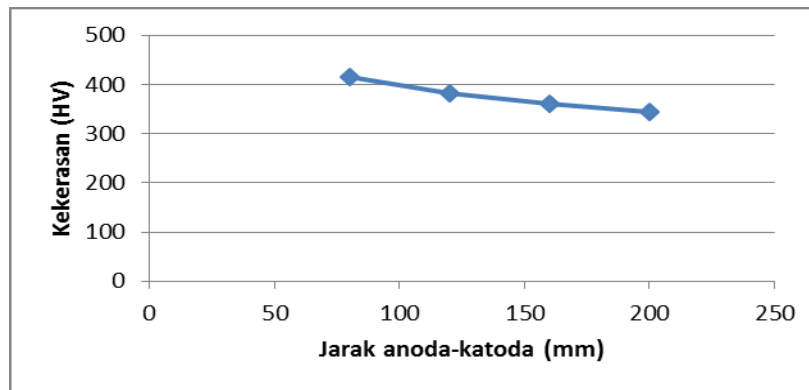
Dari Gambar 6, nampak terjadi ketidaklinearan hasil di spesimen 3. Kekerasan yang terjadi di spesimen 3 lebih rendah dari yang semestinya jika kita menarik garis linear dari titik 1 dan 2. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi konsentrasi asam kromat yang mulai berkurang pada pengujian di spesimen 3, sehingga menyebabkan jumlah partikel krom yang terdeposisi pada anoda menjadi kurang dibanding pada pengujian di spesimen sebelumnya. Dari Gambar 5 dan Gambar 6, secara umum dapat dikatakan bahwa peningkatan kekerasan akibat pelapisan krom keras masih terlihat naik linear sampai di bawah kekerasan 550 HV.

Tabel 3 menunjukkan nilai kekerasan baja karbon rendah yang telah mengalami proses pelapisan dengan variasi jarak. Tegangan yang digunakan dalam proses pelapisan ini adalah 12 volt dan lama waktu proses pelapisan 120 menit. Variasi jarak antara anoda dan katoda yang digunakan adalah 80 mm, 120 mm, 160 mm, dan 200 mm.

Tabel 3. Nilai kekerasan dengan variasi jarak anoda-katoda

No.	Jarak (mm)	Tegangan (volt)	Waktu (menit)	Kuat arus (ampere)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	Kekerasan (HV)
1.	80	12	120	15,4	0,021	0,021	414
					0,0215	0,0215	
					0,021	0,021	
2.	120	12	120	14,7	0,022	0,022	383
					0,022	0,022	
					0,022	0,022	
3.	160	12	120	11,16	0,0225	0,0225	361
					0,0225	0,0225	
					0,023	0,023	
4.	200	12	120	9,78	0,023	0,023	343
					0,0235	0,0235	
					0,0235	0,023	

Dari Tabel 3 kita dapat membuat grafik yang menyatakan hubungan jarak antara anoda-katoda dan kekerasan seperti disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan jarak anoda-katoda dan kekerasan (pada pelapisan selama 120 menit)

Dari Gambar 7 nampak bahwa seiring jauhnya jarak anoda-katoda, kekerasan yang terjadi semakin menurun dengan kurva yang cenderung mendekati datar (stabil). Hal ini dapat dipahami makin jauh jarak anoda-katoda, arus yang mengalir juga semakin kecil, sehingga partikel krom yang terdeposisi pada spesimen makin sedikit. Dengan memberi perhatian pada rapat arus, data pada Tabel 3 ditampilkan kembali pada Tabel 4 setelah melewati perhitungan dengan pembagian oleh luas penampang 14 dm^2 .

Tabel 4. Nilai kekerasan dengan variasi kuat arus

No.	Jarak (mm)	Luas Penampang (dm^2)	Kuat arus (ampere)	Rapat arus (ampere/ dm^2)	Kekerasan (HV)
1.	80	14	15,4	1,1	414
2.	120	14	14,7	1,05	383
3.	160	14	11,16	0,8	361
4.	200	14	9,78	0,7	343

4. Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian dan perhitungan yang dilaksanakan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sampai dengan kekerasan 532 HV, peningkatan kekerasan akibat pelapisan krom keras (*hard chrome plating*) naik linear sebanding dengan waktu pelapisan. Peningkatan kekerasan naik linear untuk penggunaan rapat arus dari 0,7 - 1,05 ampere/ dm^2 . Terjadi peningkatan kekerasan yang cukup signifikan pada rapat arus 1,1 ampere/ dm^2 .

Daftar Pustaka

- [1] Adhi HS. *Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah 0,07225 C dengan Metode Pelapisan Hard Chrome*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta. 2011.
- [2] Eric Svenson. *DuraChrome Hard Chromium Plating*. Plating Resources, Inc. Cocoa. Florida. 2006.
- [3] Purwanto, Syamsul H. *Teknologi Industri Elektroplating*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang. 2005.
- [4] Sandi. *Pengaruh Temperatur, Rapat arus dan Waktu Proses pada Proses Hard Chrome Elektroplating Terhadap Kekerasan Permukaan Baja ST-42*. Master Thesis, ITB. Bandung. 2002.