

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian sebelumnya

Prasetyo (2006) meneliti pengaruh temperatur dan waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan plat baja pada proses pelapisan *hard chrome*. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Temperatur larutan elektrolit yang diteliti sebesar 45°C, 50°C, 55°C dan 60°C. Waktu pelapisan yang diteliti sebesar 45 menit, 50 menit, dan 60 menit. Dari pengujian serta analisis data dapat disimpulkan bahwa temperatur larutan elektrolit, waktu pelapisan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap perubahan kekerasan plat baja hasil pelapisan *hard chrome*. Rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 220,333 HV didapatkan pada temperatur 60°C dan waktu pelapisan 60 menit, sedangkan rata-rata kekerasan terendah sebesar 178,667 HV didapatkan pada temperatur 45°C dan waktu pelapisan 45 menit.

Dwi (2010) meneliti pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekerasan pada proses pelapisan *hard chrome*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental sejati. Variasi temperatur elektrolit 40°C, 45°C, 50°C, 55°C dan 60°C. Jarak elektroda yang digunakan 3 cm dan 9 cm. Dari penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur larutan elektrolit yang digunakan akan meningkatkan kekerasan lapisan *hard chrome*, sedangkan penggunaan jarak elektroda yang semakin besar akan menurunkan kekerasan lapisan *hard chrome*, sehingga untuk mendapatkan hasil yang maksimal harus diperhatikan variasi temperatur dan jarak elektroda yang digunakan.

2.2 Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi dan karbon serta unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur yang penting karena dapat

meningkatkan kekerasan dan keuletan baja. Pada industri baja merupakan logam yang banyak digunakan baik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya. Secara garis besar baja dikelompokkan menjadi:

1. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbonnya sangat menentukan sifatnya, sedang unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalam baja karena proses pembuatannya.

2. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang mengandung unsur-unsur tertentu didalamnya agar didapatkan kualitas yang bagus dan unsur-unsur tersebut kadarnya lebih rendah. Biasanya ditambahkan unsur karbon sehingga dikenal istilah baja karbon. Unsur yang terdapat pada baja rendah unsur paduannya dibawah 10 % dan baja paduan tinggi atau baja khusus unsur paduannya diatas 10 %. Baja paduan rendah mengandung unsur-unsur paduan sebagai elemen tambahan pada besi dan karbon. Unsur-unsur paduan tersebut dapat berupa: mangan (Mn), nikel (Ni), kromium (Cr), molibden (Mo), silikon (Si) dan lain-lain.

Sifat baja karbon tergantung pada kadar karbon yang dikandungnya. Secara umum baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga golongan yaitu (Salman, 2000:47):

1. Baja karbon rendah ($\leq 0,3\% C$), tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk martensit. Penggunaannya sebagai bahan konstruksi kapal, konstruksi kendaraan bermotor dan sebagainya.
2. Baja karbon menengah ($0,3-0,7\%C$), lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah.
3. Baja karbon tinggi ($>0,7\%C$), memiliki kekerasan tinggi dan keuletannya lebih rendah. Penggunaannya untuk per, perkakas potong dan sebagainya.

Pada penelitian ini benda kerja yang yaitu digunakan baja AISI 1025. Baja AISI 1025 merupakan baja dengan kandungan karbon $\leq 0,255$ %, dengan tambahan unsur paduan seperti, mangan (Mn), pospor (P), sulfur (S), dan copper (Cu), Baja ini banyak digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga.

2.3 Perlakuan Panas

Perlakuan panas proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol sehingga baja dapat diubah sifat mekaniknya. Proses perlakuannya ada tiga tahapan yaitu:

1. *Heating*

Proses perlakuan panas pada suhu tertentu dan dalam waktu tertentu untuk mencapai struktur tertentu.

2. *Holding*

Proses perlakuan panas dengan suhu yang telah ditetapkan dan dalam waktu tertentu untuk memperoleh struktur atom seragam.

3. *Cooling*

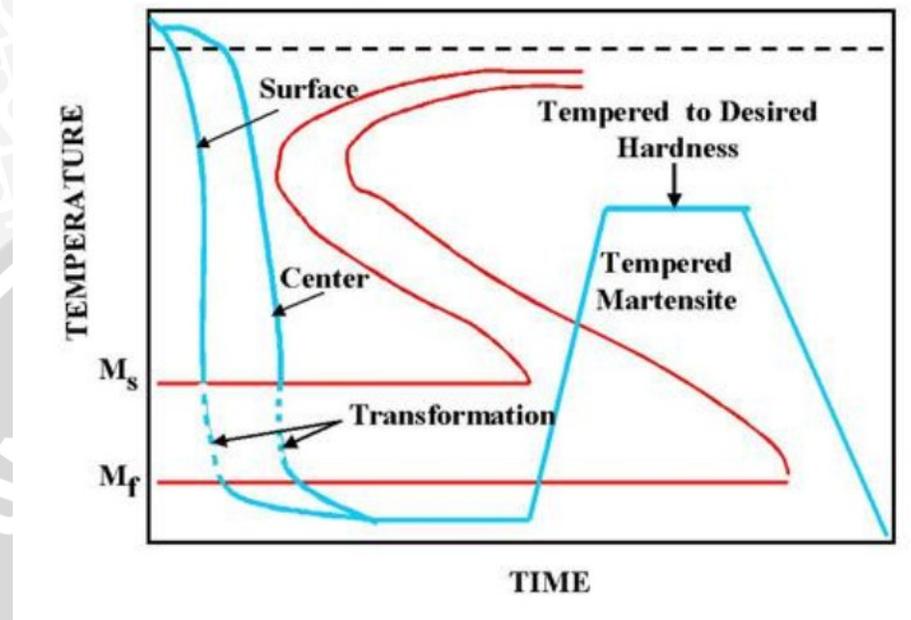
Proses pendinginan yang dilakukan agar struktur atom yang diinginkan tetap. Pada pendinginan (*cooling*) ada tiga macam yaitu udara, dapur dan *quenching*.

2.3.1 Hardening

Untuk memenuhi tuntutan fungsi material seperti harus keras, tahan gesekan atau beban kerja yang berat, maka baja harus dikeraskan melalui proses pengerasan. Prinsip dari proses hardening adalah memanaskan baja sampai titik temperatur austenit kemudian didinginkan secara mendadak (*quenching*) dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan yang tinggi (gambar 2.1). Setelah proses *quenching* biasanya baja akan sangat keras dan bersifat rapuh,

selain itu akan menimbulkan tegangan sisa selama pembentukan martensit, untuk itu perlu proses lanjutan yaitu proses tempering.

CONVENTIONAL QUENCHING AND TEMPERING

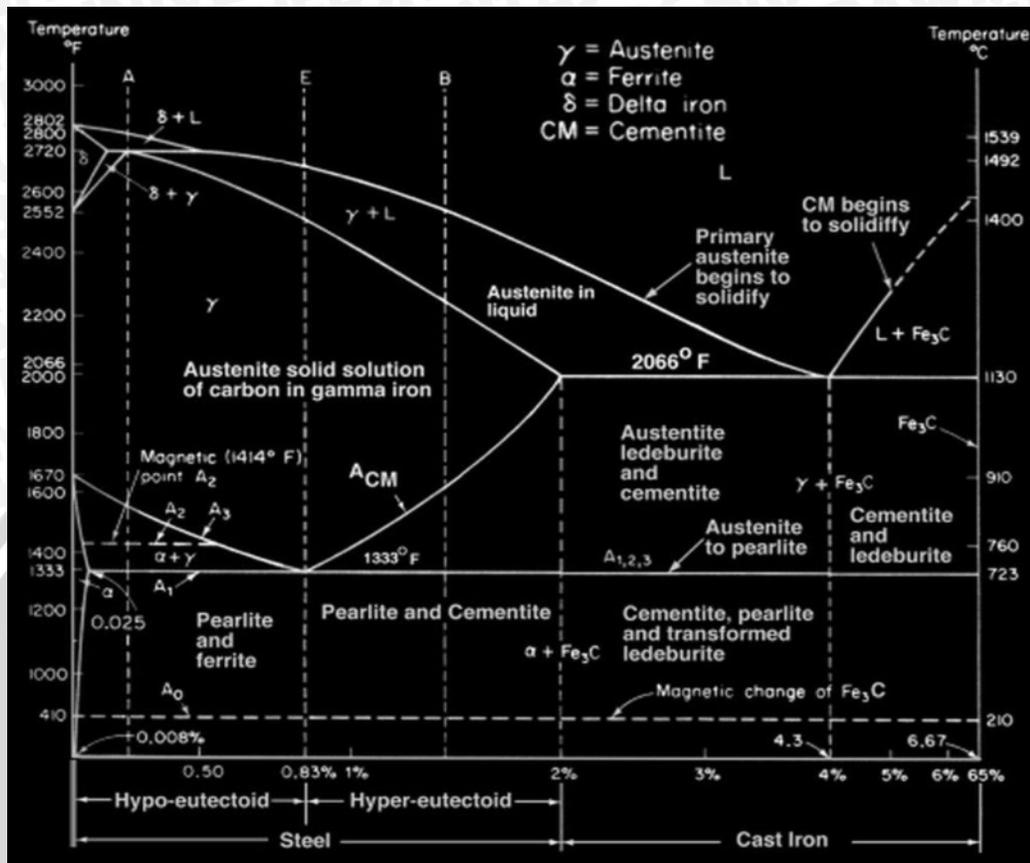


Gambar 2.1 Diagram pendinginan *quenching*

Sumber: Avner, 1974 : 271

2.3.2 *Tempering*

Prinsip dari *tempering* adalah baja dikeraskan sampai temperatur dibawah A_1 diagram $FeFe_3C$ (gambar 2.2) ditahan selama 1 jam/25 mm tebal baja, lalu didinginkan di udara dan pada suhu 300-400°C dapat di *quenching* dengan media oli atau dapat juga didinginkan di udara. Dengan penemperan, tegangan dan kegetasan diperlunak dan kekerasan sesuai dengan penggunaan. Ketinggian suhu penemperan dan waktu penghentian benda kerja tergantung pada jenis baja dan kekerasan yang dikehendaki. Sebagaimana pedoman yang berlaku, bahwa benda kerja ditemper sejauh tercapainya keuletan setinggi-tingginya pada kekerasan yang memadai (Gunawan, 2005:94).



Gambar 2.2 Diagram FeFe₃C

Sumber: Pollack, 1988 : 140

2.4 Pelapisan Logam

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan benda kerja, dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro maupun ketahanannya dan tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir atau setelah proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja yang dihaluskan. Dengan demikian proses pelapisan termasuk dalam kategori pekerjaan *finishing* atau sering juga disebut tahap penyelesaian dari suatu produksi benda kerja.

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat permukaan logam adalah dengan menggunakan logam sebagai bahan pelapis. Lapisan logam merupakan penghalang antara permukaan logam dan lingkungan disekelilingnya (Chamberlain, 1991:269). Sifat-sifat ideal bahan pelapis dari logam ini dapat diringkas sebagai berikut:

- a) Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.
- b) Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
- c) Sifat-sifat fisik, seperti kekerasan harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
- d) Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori.

Namun demikian, tahapan yang paling penting sebelum suatu logam menjalani pelapisan adalah tahapan persiapan, yaitu untuk:

- a) Membuang semua kotoran pada permukaan seperti gemuk, minyak, debu dan serpihan dari poses produksi.
- b) Membuang produk-produk korosi yang sudah terbentuk pada permukaan.

2.5 Electroplating

Electroplating adalah suatu proses pengendapan logam yang dikehendaki di atas logam lain dengan cara elektrolisis. Dalam metode ini, komponen bersama dengan batangan atau lempengan yang akan dilapisi direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis (Chamberlain, 1991:270).

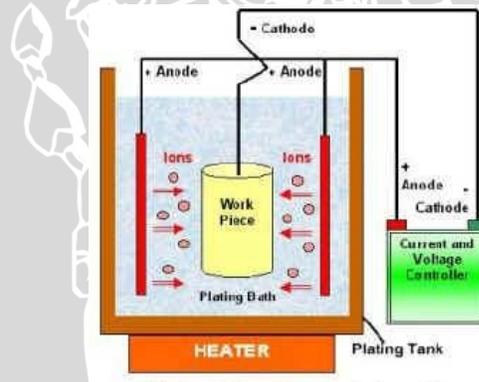
Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda atau elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber listrik maka elektron “dipompa” melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dengan adanya ion-

ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi.

Proses pelapisan listrik memiliki empat komponen penting yaitu:

1. Katoda, merupakan kutub negatif dalam larutan elektrolit dimana logam yang akan dilapisi diletakkan pada posisi ini.
2. Anoda, merupakan kutub positif dalam larutan elektrolit pada umumnya merupakan sumber ion logam yang melapisi.
3. Larutan elektrolit, merupakan media penghantar yang dapat berupa asam, basa, atau garam. Pada *hard chromium plating* larutan elektrolit ini dapat berfungsi sebagai penyedia logam, yang akan menempel pada logam yang akan dilapisi yang larut dalam larutan.
4. Arus listrik, arus listrik ini mengalir dari anoda ke katoda, arus yang digunakan yaitu arus DC (*Direct current*)

Skema proses *electroplating* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses *electroplating*

Sumber : Whittington C & Rose, 2002 : 6

2.6 Elemen Sel Elektrolitik

2.6.1 Elektrolit

Jika arus listrik dihubungkan pada larutan *sodium chloride* maka larutan tersebut akan dapat menghantarkan arus listrik dan kemudian larutan akan terurai menghasilkan endapan katoda. Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut larutan elektrolit, sedangkan proses penguraian ion-ion dari larutan disebut

ionisasi. Proses ionisasi yang diakibatkan oleh adanya arus listrik tersebut dinamakan elektrolisis.

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Berdasarkan daya hantar listriknya larutan elektrolit dapat dibagi menjadi dua yaitu:

a. Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang mempunyai daya hantar arus listrik yang besar, yang tergolong elektrolit kuat:

1. Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang mempunyai daya hantar arus listrik yang besar, yang tergolong elektrolit kuat adalah
2. Asam kuat antara lain: HCl , HClO_3 , HClO_4 , HNO_3 , dan lain-lain
3. Basa kuat, yaitu basa golongan alkali dan alkali tanah, antara lain: NaOH , KOH , Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 , Ba(OH)_2 , dan lain-lain.
4. Garam-garam yang mempunyai kelarutan tinggi, antara lain: NaCl , KCl , KI dan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

b. Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang memiliki daya hantar arus yang kecil, yang tergolong elektrolit lemah:

1. Asam lemah, antara lain: CH_3COOH , HCN , H_2CO_3 , H_2S dan lain-lain.
2. Basa lemah, antara lain: NH_4OH , Ni(OH)_2 dan lain-lain.
3. Garam-garam yang sukar larut, antara lain: AgCl , CaCrO_4 , PbI_2 dan lain-lain.

Contoh ionisasi dari larutan elektrolit adalah sebagai berikut:

Dimana ion-ion H^+ , Na^+ , Cu^+ merupakan ion positif atau disebut kation, sedangkan Cl^- , $(\text{SO}_4)^{2-}$, merupakan ion negatif atau disebut anion.

2.6.2 Sumber Arus

Besar arus yang akan digunakan selama proses *electroplating* dan kestabilannya harus diperhatikan karena hal itu berhubungan dengan hasil pelapisan yang akan terbentuk. Semakin besar arus yang diberikan maka semakin

banyak ion-ion yang terdistribusi secara terus menerus sehingga endapan yang terjadi semakin banyak akan menyebabkan lapisan semakin tebal. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan, maka sumber arus yang paling baik adalah DC *power supply* (satu daya searah). Sumber arus yang lain dapat digunakan antara lain baterai kering dan *accumulator*.

2.6.3 Elektroda

Pada proses *electroplating* terdapat dua buah elektroda dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda. Sedangkan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut dengan katoda yang dalam hal ini adalah logam yang akan dilapisi. Ciri-ciri dari elektroda tersebut adalah sebagai berikut (Hartomo, 1992:2):

a) Anoda :

- Merupakan kutub positif
- Terjadi reaksi oksidasi
- Terjadi pelepasan elektron

b) Katoda :

- Merupakan kutub negatif
- Tempat terjadinya reaksi reduksi
- Merupakan benda kerja yang akan dilapisi

Anoda yang sering digunakan dalam proses *electroplating* ada dua macam yaitu anoda yang dapat larut dan anoda yang tidak dapat larut. Maksud dari anoda yang dapat larut adalah anoda yang selama proses pelapisan memberikan ion-ion logamnya kepada katoda sehingga anoda jenis ini makin lama makin habis terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), perak (Ag), dan lain sebagainya. Penggunaan anoda jenis ini memiliki keuntungan yaitu membantu pengoperasian dalam menjaga konsentrasi larutan agar tetap dalam batas yang diinginkan secara otomatis. Akan tetapi anoda jenis ini memiliki kelemahan yaitu dalam jangka waktu yang relatif panjang akan menghasilkan kotoran dan memerlukan pengontrolan kondisi

apakah anoda masih berfungsi dengan baik untuk pengoperasian (Parthasarady, 1998 :48).

Sedangkan anoda yang tidak dapat larut adalah anoda yang selama proses tidak terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah karbon (C), platina (Pt), timah hitam (Pb), dan lain sebagainya. Penggunaan anoda jenis ini tidak membutuhkan pengontrolan kondisi anoda secara khusus.

2.7 Potensial Elektroda

Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi secara serentak dalam suatu sel elektrokimia. Reaksi oksidasi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepaskan elektron. Pada sel elektrokimia oksidasi terjadi di anoda. Reaksi reduksi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat menangkap elektron. Pada sel elektrokimia, reduksi terjadi di katoda. Pada reaksi redoks, zat yang mengoksidasi disebut oksidator. Sedangkan zat yang mereduksi zat lain disebut reduktor.

Suatu reaksi redoks dapat menimbulkan potensial listrik tertentu yang disebut potensial elektroda (E). Potensial elektroda berguna untuk mengetahui dan mengukur kekuatan sifat reduktor logam-logam. Potensial elektroda didefinisikan sebagai potensial listrik yang ditimbulkan apabila suatu ion logam menangkap elektron (mengalami reduksi) menjadi logamnya. Makin mudah suatu ion logam mengalami reduksi, makin besar potensial elektroda yang ditimbulkan. Dengan demikian unsur-unsur dalam Deret Volta dari kiri ke kanan memiliki harga potensial reduksi yang makin besar.

Logam-logam dapat disusun dalam suatu deret menurut kenaikan potensial elektrodanya yang disebut Deret Volta yaitu:

K Ba Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Ni Sn Pb H Cu Hg Ag Pt Au

Semakin ke kiri posisi logam dalam deret volta potensial elektrodanya semakin kecil. Semakin kecil potensial elektroda suatu logam makin mudah logam itu mengalami oksidasi, sebaliknya makin besar potensial elektroda suatu logam makin mudah logam itu mengalami reduksi. Akan tetapi harga potensial

elektroda dari suatu reaksi reduksi tidak dapat diukur secara langsung, karena tidak mungkin reaksi reduksi tersebut berlangsung sendiri tanpa ditemani reaksi oksidasi. Oleh karena itu harga potensial elektroda yang dipakai adalah E relatif (E) yang dibandingkan terhadap suatu standar adalah hidrogen, dan bagi reaksi reduksi ion H^+ menjadi H_2 diberikan harga potensial reduksi (E) = 0,00 volt.



Dengan demikian, dapat ditetapkan harga E dari logam-logam, yaitu harga E relatif yang dibandingkan terhadap E hidrogen. Logam-logam di sebelah kiri H dalam deret volta memiliki E negatif, dan logam-logam di sebelah kanan H dalam deret volta memiliki E positif.

2.8 Chrome

Chrome adalah unsur yang bersifat keras, memiliki daya tahan tinggi terhadap zat-zat kimia dan memiliki kilat tinggi sehingga dipakai sebagai pelapis pada besi. Dengan sifat ini, *chromium* (krom) banyak digunakan sebagai pelapis pada ornamen-ornamen bangunan, komponen otomotif, alat-alat berat, maupun sebagai hiasan.

Chrome sebagai bahan pelapis mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sifat fisik *chrome*

Lambang	Cr
Nomor Atom	24
Massa atom	52 gr/cm ³
Rapat massa	7,19 gr/cm ³
Suhu lebur	1863 ^o C

Sumber: Surdia (1992:53)

2.8.1 Pelapisan *Hard Chrome*

Proses pelapisan krom keras pada dasarnya sama dengan proses pelapisan dengan listrik yang lain, yaitu dilakukan dalam suatu rangkaian yang sekurangnya memiliki satu anoda, katoda dan elektrolit.

Aplikasi pelapisan krom cukup luas, baik untuk tujuan dekoratif maupun dipergunakan bagi keperluan aplikasi teknologi. Dari dua macam kepentingan serta keunggulan pelapisan krom, maka dapat dibagi menjadi dua yaitu; *decorative chrome* dan *hard chrome* (Suarsana, 2008: 51).

1. *Decorative chrome*

Khrom dekoratif mempunyai ciri lapisan yang tipis, dengan menitikberatkan pada segi tampak rupa yang menarik dan indah, permukaannya halus tanpa noda, tidak mudah pudar, dan menambah daya tahan terhadap korosi.

2. *Hard Chrome*

Khrom keras mempunyai ciri lapisan yang lebih tebal, dan banyak digunakan untuk benda-benda yang penggunaannya memerlukan sifat mekanik tertentu. Sifat yang paling penting dalam lapis krom keras adalah kekerasan, daya lekat, daya tahan korosi dan memiliki koefisien gesek yang rendah.

2.7.2 Penggunaan dari Pelapisan *Hard Chrome*

Berbagai macam alat-alat perkakas dilapisi dengan *chrome* untuk meminimalkan aus, mengurangi gesekan, dan untuk meminimalisir proses terjadi korosi. Aplikasi dari proses pelapisan *hard chrome* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Aplikasi pelapisan *Hard Chrome*

Komponen	Material	Ketebalan (μm)	Waktu Pelapisan
<i>Plastic molds</i>	<i>Tool steel</i>	5-13	30 min
<i>Piston ring</i>	Baja atau besi tuang	150-225	8 jam
<i>Aircraft engine parts</i>	<i>Nikel-based alloys, high strength steel</i>	75-180	10 jam
<i>Micrometers</i>	Baja	7,5-13	20 min
<i>Cutting tools</i>	<i>Tool steel</i>	1,3	5 min
<i>Crankshaft</i>	Baja	255-3800	12 jam
<i>Hydraulics cylinder</i>	Baja 1045	13	40 min

Sumber: ASM Handbook Vol 5 (1994:685)

2.9 Larutan *Plating*

Krom tidak dapat diendapkan langsung dari larutan yang hanya mengandung CrCO_3 dan air saja. Dalam larutan tersebut harus ditambahkan larutan asam yang berfungsi sebagai katalis. Tanpa adanya katalis dalam larutan tersebut pelapisan *hard chrome* tidak akan berhasil sempurna, yang terjadi hanya selaput berwarna pada permukaan benda kerja yang dilapisi. Katalis adalah substansi yang dapat meningkatkan laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan tanpa ikut secara permanen dalam reaksi tersebut (Nasikin, 2010:3). Dari pengertian diatas, setidaknya terdapat 2 fungsi dari katalis yaitu:

- Mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas.
- Meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas.

Komposisi dan kondisi operasi untuk larutan *schromic acid/sulfat* (larutan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi) untuk *electroplating hard chrome* diberikan pada tabel 2.3.

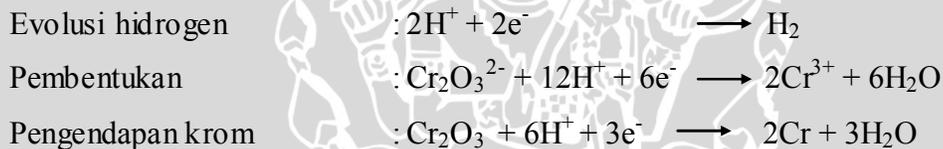
Tabel 2.3 *Sulfate bath* untuk larutan *hard chrome*

<i>Sulfate bath</i>	Larutan konsentrasi rendah	Larutan konsentrasi tinggi
<i>Chromic acid</i> (g/l)	250	400
<i>Sulfat</i> (g/l)	2,5	4
Rapat arus (A/dm ²)	31-62	16-54
Temperatur (°C)	52-63	43-63

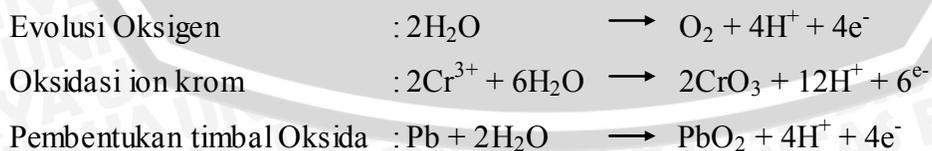
Sumber: ASM Handbook Vol 5 (1994:688)

2.10 Mekanisme Reaksi *Hard Chrome*

Dalam bak *plating* ketika proses berlangsung terjadi berbagai reaksi yang akan mempengaruhi kualitas hasil lapisan. Asam kromat dalam larutan asam bak *plating* berada, kebanyakan sebagai ion dikromat. Pada katoda terjadi tiga reaksi yang berlangsung serentak (Hartomo, 1992:56) yaitu deposisi krom, pengeluaran hidrogen dan pembentukan Cr (III), reaksinya sebagai berikut:



Pengeluaran hidrogen menyedot 80% sampai 90% daya yang diberikan pada sistem. Hanya 10% saja dipergunakan untuk deposisi krom sesungguhnya. Anoda krom terlarut tidak efisien pada kondisi elektrolisis, apalagi logam krom jauh lebih mahal daripada bentuk Cr_2O_3 maka digunakan anoda tidak terlarut yakni timbal (Pb). Pada anoda terjadi tiga reaksi serentak (Hartomo, 1992:57) yaitu: pengeluaran oksigen, oksidasi ion kromat dan produksi timbal oksida pada anoda, reaksinya sebagai berikut:



Kebanyakan daya diserap untuk pengeluaran oksigen. Akan tetapi, dua reaksi lain amat penting, oksidasi hilang Cr^{3+} pada anoda membantu menyeimbangkan produksinya pada katoda dan menjaga tingkat Cr^{3+} . Semua

reaksi diatas berlangsung secara bersamaan dan kondisi temperatur sangat mempengaruhi proses berjalannya reaksi.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H_2) akibat adanya reaksi pelepasan hidrogen pada katoda. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hasil ini sering disebut *pitting* yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan tampak buruk, juga menyebabkan kerapuhan pada hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan Nampak bila benda kerja dibengkokkan, maka logam pelapis menjadi patah atau retak. *Pitting* yang berupa lubang-lubang kecil tersebut menjadi jalan bagi berlangsungnya reaksi secara makro.

2.11 Konduktivitas Listrik Elektrolit

Konduktivitas listrik larutan adalah kemampuan larutan untuk menyalurkan arus listrik. Besar arus listrik yang mengalir pada elektrolit dipengaruhi oleh beda potensial yang diberikan kepada elektroda dan tahanan dari larutan. Konduktivitas listrik berbanding terbalik dengan resistansi atau hambatan listrik dari larutan. Besarnya hambatan pada elektrolit dipengaruhi oleh tahanan jenis (*spesific resistance*), jarak elektroda, dan luas permukaan elektroda yang dirumuskan sebagai berikut (Parthasarady, 1998:17):

$$R = \frac{ql}{\alpha} \quad (\text{ASM Handbook Vol 5}) \quad (2-1)$$

dengan:

R = Resistansi (Ohm)

q = Tahanan Jenis (Ohm.cm)

l = Jarak Elektroda (cm)

A = Luas Permukaan (cm^2)

Dibawah ini dapat dilihat berbagai macam jenis larutan elektrolit beserta besarnya hambatan listrik pada tiap-tiap jenis larutan.

Tabel 2.4 Tahanan Jenis Larutan Elektrolit (Parthasarady, 1988 : 18)

Plating bath	Resistivity (Ohm.cm)
<i>Acid copper</i>	5,6
<i>Rochelle copper</i>	14,3
<i>High efficiency nacr-copper</i>	6,8
<i>High efficiency kcr-copper</i>	5,9
<i>Watts nickel</i>	19,5
<i>Chromium (standar surface type)</i>	2,0
<i>Cyanide zinc</i>	7,7
<i>Acid zinc</i>	21,0
<i>Cyanide cadmium</i>	7,3
<i>Alkaline tin</i>	16,2
<i>Brass (cyanide type)</i>	12,4
<i>Alkaline cleaner</i>	19,0

Sumber: Parthasarady (1988:18)

Sedangkan konduktansi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{K \cdot \alpha}{l} \quad (\text{ASM Handbook Vol 5}) \quad (2-2)$$

dengan:

C = Konduktansi listrik (Siemens)

K = Konduktansi spesifik (Siemens/cm)

α = luasan elektroda (cm²)

l = Jarak anoda dan katoda (cm)

Untuk meningkatkan konduktivitas elektrolit dapat ditempuh beberapa cara sebagai berikut:

1. Meningkatkan konduktivitas spesifik elektrolit dengan penambahan garam atau asam.

2. Meningkatkan luasan area kontak elektroda, misalnya dengan penambahan anoda.
3. Mengurangi jarak anoda dan katoda dengan mendekatkannya sedekat mungkin.
4. Meningkatkan temperatur elektrolit.
5. Konduktivitas larutan dibentuk oleh jumlah ion (dimana jumlah ion tergantung pada konsentrasi elektrolit yang dipakai) dan kecepatan ion berpindah atau bermigrasi karena pengaruh tegangan listrik yang dipakai. Makin cepat ion bergerak, konduktivitas larutan juga semakin besar. Elektrolit menunjukkan peningkatan konduktivitas larutan dengan peningkatan temperatur, suatu sifat yang menunjukkan pergerakan ion yang besar. Peningkatan 20°C pada bak *plating* dapat meningkatkan konduktivitas sekitar 1 % (Parthasarady, 1989:17).

2.12 Definisi Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan bahan atau material untuk menerima penetrasi, indentasi, pengikisan, penggoresan, dengan kata lain kemampuan suatu bahan untuk menahan deformasi plastis.

2.12.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah salah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilakukan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi.

Pengujian yang paling banyak dipakai adalah dengan menekan penekan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan dengan penekanaan atau indentasi.

2.12.2 Jenis-Jenis Pengujian Kekerasan

Secara garis besar pengukuran kekerasan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. *Resistance to Cutting or Abrasion* yaitu dengan cara Moh's

Metode pengujian kekerasan yang dilakukan dengan cara penggunaan suatu material dengan mineral standar yang telah diketahui kekerasannya. Dikenal dengan cara moh's. Urutan kekerasan mineral berdasarkan cara Moh's adalah:

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. Talk | 6. Kwarsa |
| 2. Gips | 7. Topas |
| 3. Kalsit | 8. Feldspar |
| 4. Fluorite | 9. Titanium |
| 5. Apatik | 10. Intan |

2. *Resistance to Indentation*

Untuk metode ini ada beberapa cara, antara lain :

a. Cara Brinell

Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan bola baja yang diperkeras (sebagai Indentor) yang sudah diketahui diameternya pada permukaan benda uji. Bekas yang ditimbulkan diukur dan kekerasannya dihitung dengan rumus :

$$\text{BHN} = \frac{\text{Gaya tekan}}{\text{Luas tapak tekan}} = \frac{2P}{\pi \cdot D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \quad (\text{ASM Handbook Vol 5}) \quad (2-3)$$

dengan:

BHN = angka kekerasan brinell (kg/mm²)

P = beban yang dikenakan (kg)

D = diameter bola baja (mm)

d = diameter bekas tusukan (mm)

Pengujian dengan cara brinell biasanya menggunakan alat yang disebut *Electrical Brinell hardness Tester*. Pengujian ini harus dilakukan pada permukaan yang halus dan datar, terak dan kotoran pada permukaan benda uji dapat mengakibatkan pengujian gagal.

b. Cara Vickers

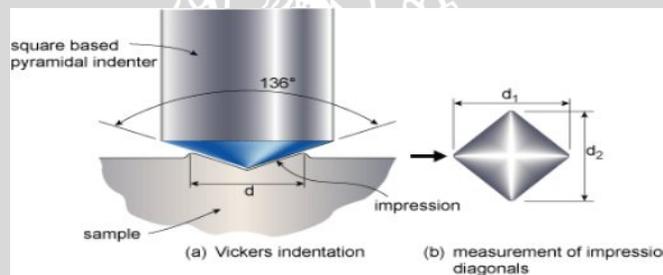
Prinsipnya sama dengan pengujian Brinell, hanya saja menggunakan indenter intan yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi berhadapan 136° , tapak tekan berbentuk bujur sangkar. Beban yang diberikan antara lain 5, 10, 20, 30, 50, 100 atau 120 kg. Angka kekerasan dinyatakan dengan:

$$\text{VHN} = \frac{1,8544.P}{d^2} \quad (\text{ASM Handbook Vol 5}) \quad (2-4)$$

dengan:

P = beban yang ditetapkan (kg)

d = panjang diagonal jarak berlian (mm)



Gambar 2.4 Vickers Test
Sumber: Norman, 2010 : 5

Metode ini merupakan cara pengujian kekerasan yang paling sensitif. Cara ini memiliki satu skala kontinu untuk semua material dan angka kekerasan Vickers tergantung dari beban yang diberikan. Sangat memungkinkan sekali penggunaan beban yang ringan pada pengujian cara Vickers oleh karena itu cara ini bisa digunakan untuk pengujian kekerasan pada material yang tipis sampai 0,005 inch.

Kelebihan cara vickers

- 1) Tingkat ketelitian tinggi.
- 2) Specimen yang digunakan tidak mengalami kerusakan yang berarti dibanding dengan metode lain.

- 3) Memberikan hasil berupa skala yang kontinu untuk suatu bahan tertentu.

Kekurangan cara vickers

- 1) Waktu operasi relatif lama.
- 2) Proses pengerjaannya sedikit rumit.
- 3) Tidak dapat digunakan untuk pengujian fisik, karena pengujian permukaan lambat memerlukan persiapan permukaan benda uji yang sangat hati-hati dan terdapat pengaruh kesalahan manusia terhadap penentuan panjang diagonalnya.
- 4) Alat yang digunakan harganya mahal.

c. Cara Rockwell

Cara ini menggunakan prinsip yang hampir sama juga dengan Brinell, hanya saja indenter yang dipakai ada 2 jenis dan berukuran lebih kecil daripada indenter pada Brinell. Indenter yang digunakan yaitu :

- 1) Menggunakan kerucut intan, dengan sudut puncak 120° , ujung agak bulat, berjari-jari 0,2 mm.
- 2) Menggunakan bola baja berdiameter $\frac{1}{16}$ in, $\frac{1}{8}$ in, $\frac{1}{4}$ in, dan $\frac{1}{2}$ in. Rumus yang digunakan adalah:

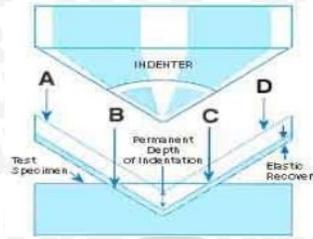
$$\text{HRC} = \frac{K - (h_1 - h_2)}{C} \quad (\text{ASM Handbook Vol 5}) \quad (2-5)$$

dengan:

k = konstanta beban (intan = 0,2 ; bola baja = 0,6) (mm)

h_1 = kedalaman akibat beban mayor (mm)

h_2 = kedalaman akibat beban minor (mm)



Gambar 2.5 Rockwell Test

Sumber: Norman, 2010 : 6

Dalam cara Rockwell terdapat beberapa skala yaitu A sampai V. Masing-masing skala memiliki beban serta indenter tersendiri dan digunakan untuk kebutuhan tertentu. Skala A digunakan untuk material yang sangat keras, skala B untuk material dengan kekerasan menengah, skala C untuk material dengan kekerasan rendah, dan seterusnya sampai skala V untuk plastik dan *soft metal* seperti timbal. Terdapat juga *superficial Rockwell* untuk menguji spesimen yang tipis sampai 0,006 in dan juga untuk *powdered metal*.

2.12 Temperatur Elektrolit Pada *Hard Chrome*

Pelapisan secara electroplating pada suatu jenis elektrolit terutama pada *hard chrome* dapat dilakukan pada suhu antara 42° C - 65° C (ASM Handbook, 1994). Hal ini dapat berpengaruh terhadap kualitas pelapisan *hard chrome* dari kekerasan dan ukuran butir.

Pada umumnya jika kita menggunakan arus listrik yang lebih besar maka hal ini harus diimbangi dengan pemakaian temperatur elektrolit yang lebih tinggi pula. Adapun keuntungan yang kita peroleh jika menaikkan temperatur adalah:

1. Suplai ion ke katoda akan dipercepat, jadi efek negative dari kekurangan ion dapat dicegah.
2. Batas rapat arus dapat dinaikkan sehingga kemungkinan terjadinya hydrogen *overvoltage* dapat dihindari.

Sedangkan kelemahannya adalah jika menaikkan temperatur terlalu tinggi maka akan menaikkan laju pertumbuhan nuclei. Jika laju pertumbuhan nuclei tinggi maka akan menghasilkan butiran deposit yang lebih kasar.

Temperatur larutan akan berpengaruh pada laju difusi ion-ion ke katoda. Apabila temperatur meningkat maka akan meningkatkan laju difusi ion ke katoda sehingga dapat mencegah pembentukan deposit dengan struktur yang kasar. Struktur deposit yang kasar akan berpengaruh pada sifat-sifat dari lapisan hasil *electroplating* terutama ketahanan terhadap gesekan dan kekasaran permukaan. Maka daripada itu temperature pada proses *electroplating* harus dijaga tetap konstan dengan menggunakan *termocontrol*.

2.13 Hipotesis

Semakin tinggi temperatur yang diberikan maka semakin banyak ion-ion Cr (*Chrome*) yang terdistribusi secara terus menerus dan mengendap di katoda (logam yang dilapisi), dengan semakin banyaknya ion Cr yang mengendap akan menyebabkan hasil pelapisan semakin tebal. Sehingga dapat diduga dengan semakin tebal lapisan krom maka kekerasan benda kerja yaitu baja AISI 1025 hasil proses *tempering* akan semakin meningkat.

