

**PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS *HARD CHROME*
TERHADAP KEKERASAN PADA BAJA AISI 1025 HASIL
PROSES *TEMPERING***

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

CLIEF ASHAAD ARIFANDY

NIM. 0810620047 - 62

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2012

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS *HARD CHROME*
TERHADAP KEKERASAN PADA BAJA AISI 1025 HASIL
PROSES *TEMPERING***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**CLIEF ASHAAD ARIFANDY
NIM. 0810620047- 62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.
NIP. 19591128 198710 1 001**

**Putu Hadi Setyarini, ST., MT.
NIP. 19770806 2003122 001**

**PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS *HARD CHROME*
TERHADAP KEKERASAN PADA BAJA AISI 1025 HASIL
PROSES *TEMPERING***

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

CLIEF ASHAAD ARIFANDY

NIM. 0810620047 – 62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 6 Agustus 2012

Skripsi I

Skripsi II

Purnami, ST., MT.
NIP. 197707 200812 1 005

Ir. Suharto, MT.
NIP. 19531030 198212 1 001

Komprehensif

Sugiarto, ST., MT.
NIP. 19690417 199512 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Pengaruh Rapat Arus *Hard Chrome* Terhadap Kekerasan Pada Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering*”**, yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini Penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

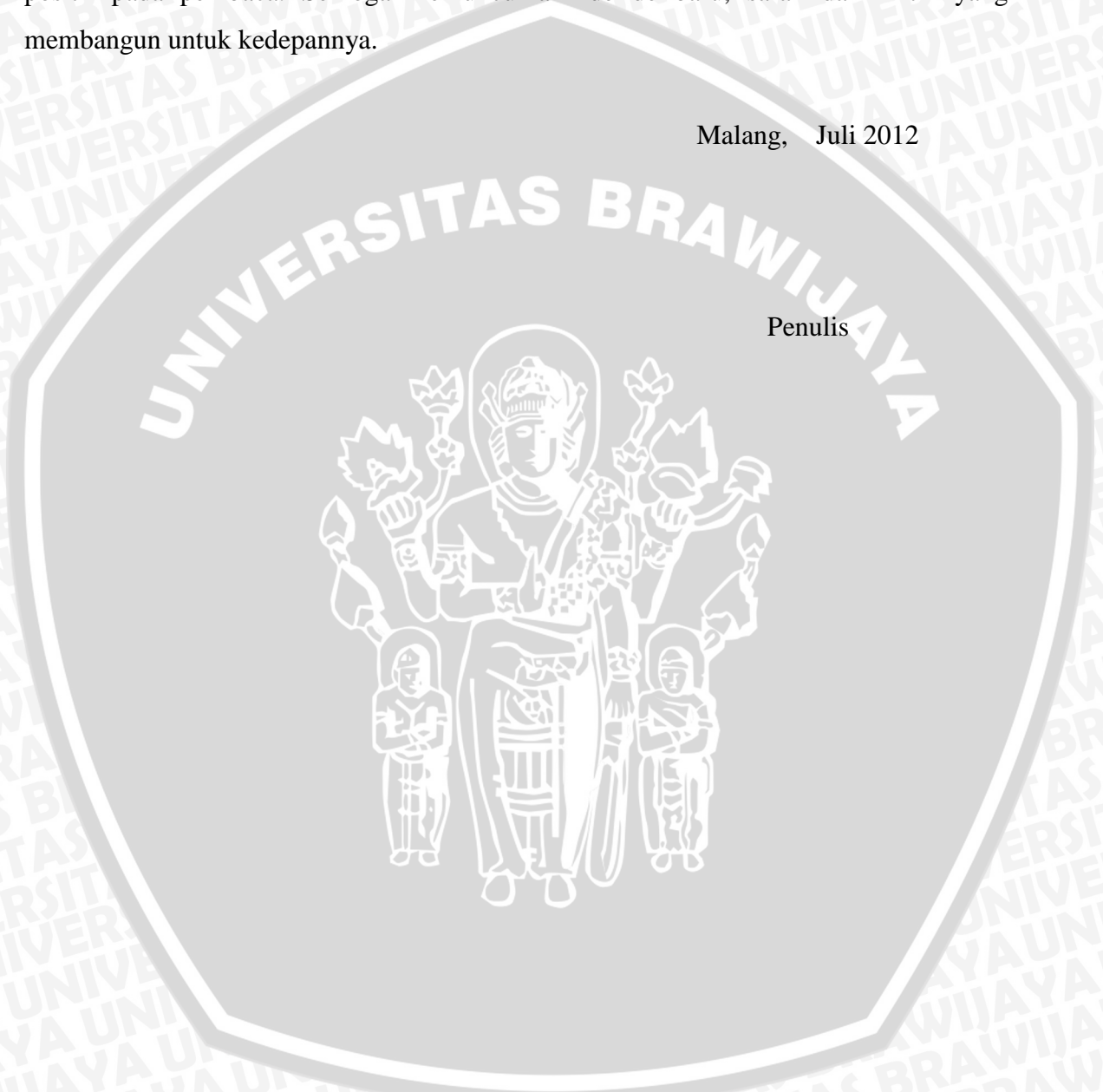
1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr., Ir., Achmad As'ad Sonief MT. selaku Pembimbing I, yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang konstruktif sehingga sangat penting dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Putu Hadi Setyarini, ST.,MT. selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran yang sangat membantu dalam penulisan skripsi ini.
5. Keluarga Besar Laboratorium Pengujian Bahan, ibu Putu Hadi Setyarini, ST., MT. (Kalab), bapak Suhastomo (Laboran), serta rekan-rekan asisten Mas Indrawan, Mas Yunan, Mbak Ika, Heny, Iqbal, Andi, Reza, Fitri, Adyatma, Zanuarsah, Sulis, Ivan, serta Jhenta atas segala bantuan, dukungan dan semangat yang diberikan.
6. Seluruh Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Mesin
7. Kedua orang tua tercinta yaitu bapak Noerbuadi dan ibu Aniek Mulyaningtyas yang telah memberi segalanya yang terbaik untuk penulis.
8. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2008 yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh keluargaku yaitu mbak Iis, mbak Icha, Keponakanku Thoriq, Edy, Kholis, dan Andik yang telah banyak membantu dan memberi dorongan dalam segala hal.

10. Teman-teman seperjuanganku yaitu Iqbal, Usman, Isabima, Osye, Very, dan tidak lupa Riri yang selalu hadir untuk memberi dorongan dalam segala hal..
11. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis mengharapkan skripsi ini dapat memberikan manfaat yang positif pada pembaca. Semoga memunculkan ide-ide baru, saran dan kritik yang membangun untuk kedepannya.

Malang, Juli 2012

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Baja.....	5
2.3 Perlakuan Panas.....	7
2.3.1 <i>Hardening</i>	7
2.3.2 <i>Tempering</i>	7
2.4 Pelapisan Logam.....	7
2.5 <i>Elektroplating</i>	8
2.6 Elemen Sel Elektrolitik.....	10
2.6.1 Elektrolit.....	10
2.6.2 Sumber Arus.....	11
2.6.3 Elektroda.....	11
2.7 Potensial Elektroda.....	12
2.8 <i>Chrome</i>	14
2.8.1 Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	14
2.8.2 Penggunaan Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	15
2.9 Larutan <i>Plating</i>	15



2.10	Mekanisme Reaksi.....	16
2.11	Konduktivitas Listrik Elektrolit.....	17
2.12	Ketebalan Lapisan.....	19
2.13	Definisi Kekerasan.....	20
	2.13.1 Pengujian Kekerasan.....	20
	2.13.2 Jenis – jenis Pengujian Kekerasan.....	20
2.14	Hubungan Rapat Arus Terhadap Kekerasan Permukaan.....	24
2.15	Hipotesis.....	24

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metodologi Penelitian.....	25
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3	Variabel Penelitian.....	25
3.4	Bahan yang Digunakan.....	26
3.5	Alat Penelitian.....	27
3.6	Prosedur Penelitian.....	32
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	34

BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Pengujian.....	35
	4.1.1 Pengukuran Kekerasan Setelah Proses Tempering.....	36
	4.1.2 Pengukuran Ketebalan Lapisan.....	36
	4.1.3 Pengukuran Kekerasan Setelah Proses <i>Hard Chrome</i>	36
4.2	Analisis Varian Satu Arah (<i>Single factor ANOVA</i>).....	37
4.3	Pembahasan.....	38

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

NO	JUDUL	HALAMAN
Tabel 2.1	Sifat Fisik <i>Chrome</i>	13
Tabel 2.2	Penggunaan Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	14
Tabel 2.3	<i>Sulfate Bath</i> Untuk Larutan <i>Hard Chrome</i>	15
Tabel 2.4	Tahanan Jenis Larutan Elektrolit	17
Tabel 3.1	Prosesntase Kandungan Baja	25
Tabel 4.1.1	Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Perlakuan Panas <i>Tempering</i>	35
Tabel 4.1.2	Tabel Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Baja AISI 1025 Hasil Proses <i>Tempering</i> Setelah Pelapisan <i>Hard chrome</i>	36
Tabel 4.1.3	Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses <i>Tempering</i> Setelah Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	36
Tabel 4.2.1	Tabel Analisa Varian Satu Arah	38
Tabel 4.3.1	Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Baja AISI 1025 Hasil Pelapisan <i>Hard Chrome</i>	42



DAFTAR GAMBAR

NO	JUDUL	HALAMAN
Gambar 2.1	Proses <i>Electroplating</i>	10
Gambar 2.2	<i>Vickers Test</i>	22
Gambar 2.3	<i>Rockwell Test</i>	23
Gambar 3.1	<i>Centrifugal Sand Paper Machine</i>	27
Gambar 3.2	Dapur Listrik	27
Gambar 3.3	Gelas Ukur	28
Gambar 3.4	Alat Uji Ketebalan Lapisan	28
Gambar 3.5	Mikro Viker <i>Hardness Tester</i>	29
Gambar 3.6	Mikroskop Logam	30
Gambar 3.7	Termokontrol.....	30
Gambar 3.8	Jangka Sorong	31
Gambar 3.9	Bak <i>Electrolisis</i>	31
Gambar 3.10	Timbal (Pb)	31
Gambar 3.11	Sumber Arus.....	32
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Variasi Rapat Arus <i>Hard Chrome</i> Terhadap Ketebalan lapisan Baja AISI 1025 Hasil Proses <i>Tempering</i>	38
Gambar 4.2	Foto Mikro Spesimen Sebelum dan Sesudah Pelapisan	39
Gambar 4.3	Foto Mikro Spesimen Hasil Pelapisan dengan Arus 60 A/dm ²	39
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Variasi Rapat Arus <i>Hard Chrome</i> Terhadap Kekerasan Pada Baja AISI 1025 Hasil Proses <i>Tempering</i>	40
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses <i>Tempering</i> Sebelum dan Sesudah Pelapisan.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

NO	JUDUL
Lampiran 1	Surat Keterangan dan Hasil Penelitian
Lampiran 1	Surat Keterangan Hasil Pengujian Komposisi Baja AISI 1025



RINGKASAN

Clief Asha'ad Arifandy, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2012, *Pengaruh Rapat Arus Hard Chrome Terhadap Kekerasan Pada Baja Aisi 1025 Hasil Proses Tempering*, Dosen Pembimbing: Achmad As'ad Sonief dan Putu Hadi Setyarini

Baja khususnya baja karbon, banyak digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, dan komponen-komponen otomotif yang menerima gaya tekan dan gaya gesek pada kinerjanya, sehingga membutuhkan suatu material yang tidak mudah terdeformasi dan diperlukan permukaan yang tahan terhadap gesekan dan penetrasi tetapi memiliki sifat yang tidak rapuh. Salah satu usaha untuk menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan memberikan perlakuan panas pada baja. Proses perlakuan panas tempering bertujuan untuk meningkatkan ketangguhan dan keuletan baja yang telah mengalami pengerasan. Untuk melapisi permukaan logam agar lebih tahan terhadap kontak dari luar dilakukan proses *hard chrome* yang merupakan salah satu proses electroplating dimana logam yang akan di-electroplating diposisikan sebagai katoda untuk mendapatkan lapisan yang tebal dan keras pada permukaan baja. Lapisan ini akan memberikan sifat protektif dan dekoratif pada logam baja tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh rapat arus hard chrome terhadap kekerasan pada baja AISI 1025 hasil proses tempering. Bahan yang digunakan sebagai spesimen dalam penelitian ini adalah baja AISI 1025 dengan larutan elektrolit larutan chromium trioksida (Cr_2O_3) dan asam sulfat (H_2SO_4). Variabel-variabel yang dipakai dalam penelitian ini antara lain: untuk variabel bebasnya adalah variasi rapat arus serta variabel terikatnya adalah kekerasan baja AISI 1025. Sedangkan variabel terkontrol pada penelitian ini adalah jarak antara anoda dan katoda yaitu 8 cm, temperatur pelapisan 70°C , dan proses tempering dengan temperatur 400°C , holding 30 menit. Hasil penelitian didapatkan bahwa variasi rapat arus berpengaruh terhadap kekerasan baja AISI 1025. Dengan semakin besar rapat arus hard chrome akan menghasilkan lapisan yang lebih tebal sehingga kekerasannya meningkat. Ketebalan dan kekerasan maksimum didapatkan pada rapat arus hard chrome 60 A/dm^2 yaitu $61 \mu\text{m}$ dan $912,77 \text{ HV}$.

Kata kunci : Proses tempering, Rapat arus, Kekerasan, Baja AISI 1025, Hard Chrome

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baja merupakan salah satu logam yang banyak dipakai pada pekerjaan-pekerjaan di bidang teknik mesin. Salah satu aplikasinya adalah pada lingkungan dengan kondisi dan temperatur yang berubah-ubah sehingga diperlukan peralatan dari material yang mempunyai ketahanan yang baik terhadap kontak yang terjadi pada logam tersebut. Logam khususnya baja seperti juga benda-benda non logam lainnya dapat mengalami kerusakan yang berujung pada penurunan kualitas dan berkurangnya fungsi dari benda tersebut, sehingga material ini sebaiknya diberikan perlakuan tertentu sehingga memiliki nilai manfaat maupun umur pakai yang lebih baik (Setiadji, 2006).

Baja khususnya baja karbon, banyak digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga. Produk cincin torak (*piston ring*) adalah contoh produk manufaktur yang menerima gaya tekan dan gaya gesek pada kinerjanya (Sukrawan, 2001), sehingga membutuhkan suatu material yang tidak mudah terdeformasi dan juga yang mempunyai kekerasan yang tinggi dan diperlukan permukaan yang tahan terhadap gesekan dan penetrasi tetapi memiliki sifat yang tidak rapuh.. Salah satu usaha untuk menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan memberikan perlakuan panas pada baja karena hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan sifat mekanik baja yang sesuai kebutuhan (Wibowo, 2006).

Salah satu proses perlakuan panas yang umumnya dilakukan adalah perlakuan panas *tempering* yang merupakan kelanjutan dari proses *hardening*. Pada pendinginan cepat (*quenching*) akan menimbulkan tegangan sisa yang terbentuk selama pembentukan martensit, oleh karena itu perlu dilakukan proses *penemperan*. Perlakuan panas *tempering* bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa, meningkatkan ketangguhan dan keuletan baja. Selama proses *tempering*

baja akan mengalami penurunan kekerasan dan kekuatan, namun sifat keuletan akan naik yang diikuti dengan penurunan kerapuhan.

Selanjutnya untuk mencegah keausan pada permukaan logam, maka logam perlu mendapatkan proses lanjutan sehingga kekerasan pada bagian permukaan meningkat sedangkan bagian inti tetap ulet. Cara yang dapat dilakukan untuk memperkeras permukaan adalah dengan proses pengerasan permukaan (*surface treatment*). Jadi dalam hal ini pengerasan dapat dilakukan pada bagian-bagian tertentu saja sesuai kebutuhan dan fungsi alat tersebut. Ada berbagai cara proses pengerasan permukaan. Salah satu yang banyak diaplikasikan adalah proses *electroplating* yang merupakan salah satu proses pelapisan pada permukaan logam.

Banyak keunggulan dari proses ini, yaitu dapat memperbaiki sifat mekanik bahan tanpa merubah sifat fisik dan mekanik asli dari bahan yang dilapisi serta dapat dikontrol tingkat ketebalan lapisannya dengan beberapa variasi. Bila dibandingkan dengan proses pelapisan logam dengan cara lain, proses *electroplating* mempunyai beberapa keuntungan dan kelemahan. Keuntungannya antara lain: suhu temperaturnya pelapisan rendah, ketebalan lapisan mudah dikendalikan, permukaan halus dan mengkilap, hemat dalam pemakaian logam pelapis. Sedangkan kerugian dari *electroplating* antara lain: adanya keterbatasan dalam unsur lapisan dan desain benda kerja yang akan dilapisi, hanya bisa dilakukan dibengkel (harus ada listrik), tidak bisa dilakukan di lapangan, terbatas dengan bahan yang bersifat konduktor (Abrianto, 2009:3).

Pada proses *electroplating*, salah satu jenis logam yang banyak digunakan sebagai logam pelapis adalah krom. Krom dipilih sebagai pelapis untuk proses *electroplating* karena mempunyai kelebihan yaitu tahan korosi, tahan suhu tinggi, koefisien gesek yang rendah, tahan aus dan kekerasan yang tinggi. *Chromeplating* atau pelapisan dengan krom sebenarnya ada dua macam yaitu *hard chrome* dan *decorative chrome*. *Hard chrome* dilakukan untuk memperbaiki kekuatan mekanik, sedangkan *decorative chrome* lebih bertujuan untuk memperbaiki penampilan logam agar tampak lebih mengkilap. *Hard chrome*

dapat langsung dilapiskan langsung tanpa pelapis dasar. Dalam pelapisan ini rapat arus dan waktu pelapisan merupakan variabel utama yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan lapisan. Rapat arus semakin tinggi dan waktu pelapisan semakin lama akan menghasilkan peningkatan ketebalan lapisan sehingga kekerasan meningkat (Al hasa, 2007).

Berdasarkan keuntungan dan kekurangan yang ada diatas dalam proses pelapisan dan perlakuan panas *tempering* pada material logam, maka perlu dilakukan penelitian menggabungkan dua perlakuan yang berkelanjutan sehingga bisa mendapatkan hasil yang baik. Pada saat proses *tempering* akan mendapatkan material keras dan ulet dilanjutkan lagi proses pelapisan dengan pelapisan *hard chrome* sehingga didapatkan material yang mempunyai ketangguhan dan juga keras di bagian permukaannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada maka dapat disusun suatu rumusan masalah sebagai berikut bagaimana pengaruh variasi rapat arus *hard chrome* terhadap kekerasan pada baja AISI 1025 hasil proses *tempering*.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan pada penelitian ini meliputi :

1. Benda kerja uji adalah baja AISI 1025 dengan kadar karbon 0.255%.
2. Ukuran benda kerja 70 x 40 x 5 mm.
3. Tempering dengan temperatur pemanasan 400⁰C dan waktu *holding* 30 menit.
4. Temperatur pelapisan yang digunakan 70⁰C.(Rifky, 2012)
5. Variasi rapat arus yang digunakan 45 A/dm², 50 A/dm², 55 A/dm², 60 A/dm².
6. Larutan elektrolit yang digunakan pada proses *pickling* adalah 10% H₂SO₄ selama 10 menit.
7. Lama pencelupan selama 45 menit.

8. Komposisi larutan *Chromium trioksida* (Cr_2O_3) = 250 gr/l, *Asam sulfat* (H_2SO_4) = 2,5gr/l.

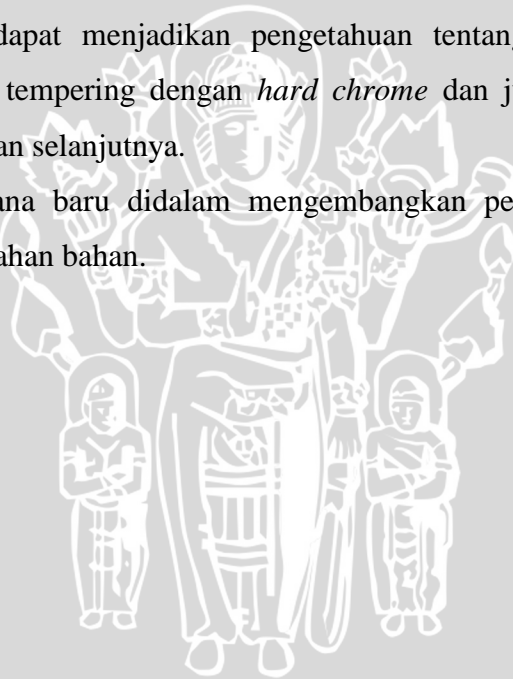
1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi rapat arus *hardchrome* terhadap kekerasan BAJA AISI 1020 hasil proses *tempering*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1 Memberikan masukan pada industri produk lapisan *hard chrome* untuk meningkatkan kualitas produknya.
- 2 Bagi pembaca dapat menjadikan pengetahuan tentang proses hubungan perlakuan panas *tempering* dengan *hard chrome* dan juga dapat dijadikan referensi penelitian selanjutnya.
- 3 Menambah wacana baru didalam mengembangkan pengetahuan dibidang teknologi pengolahan bahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian sebelumnya

Nova (2006) dalam penelitiannya tentang pengaruh jarak anoda-katoda pada proses *electroplating terhadap laju korosi*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian semu (*quasi experimental research*), dengan mengkondisikan lingkungan agar spesimen yang diuji dapat terkorosi. Dalam percobaan ini diteliti pengaruh dari perubahan jarak anoda-katoda pada proses *Chromeplating* (3, 5, 7, 9, 11 cm) terhadap laju korosi baja. Spesimen uji yang digunakan adalah baja JIS S45C (ASSAB 760) dengan ukuran 5,5 cm x 4 cm, tebal 0,5 cm. Dari penelitian ini menyimpulkan bahwa kenaikan temperatur pelapisan akan meningkatkan laju korosi sedangkan semakin lama waktu pelapisan akan menurunkan laju korosi.

Yosep Sukrawan (2001) melakukan penelitian tentang kekerasan dari metode pelapisan hardchrome. Pelapisan dilakukan atas berbagai variasi rapat arus mulai dari 20 A/dm² sampai 140 A/dm² sedangkan parameter lain dibuat konstan. Cairan elektrolit yang digunakan adalah larutan asam khromat, dan sebagai katalisnya digunakan asam sulfat. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini yaitu besi cor kelabu dengan ukuran 10 x 10 x 6 mm (katoda), dan timbal (Pb) sebagai anoda. Pengujian kekerasan spesimen menggunakan alat *mikrovickers hardnes tester*. Dari hasil adata, pelapisan yang mempunyai kekerasan tertinggi adalah proses pelapisan dengan rapat arus 50 A/dm², 55 A/dm².

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. Proses pembuatan baja dapat dilakukan melalui proses

Bessemer, Thomas, Siemens Martin, Dapur Listrik. 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 (Smallman, 2000) :

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

Pada penelitian ini 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 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 memdadak / *quenching* dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan yang tinggi. 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.

2.3.2 Tempering

Prinsip dari tempering adalah baja dikeraskan sampai temperature dibawah A1(diagram Fe₃C) 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 (Hariyadi Gunawan D., 2005).

2.4 Pelapisan Logam

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat permukaan logam adalah dengan menggunakan logam sebagai bahan pelapis. Lapisan logam merupakan penghalang antara permukaan logam dan lingkungan di sekelilingnya (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 (Persyaratan ini hampir tidak mungkin dipenuhi.

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

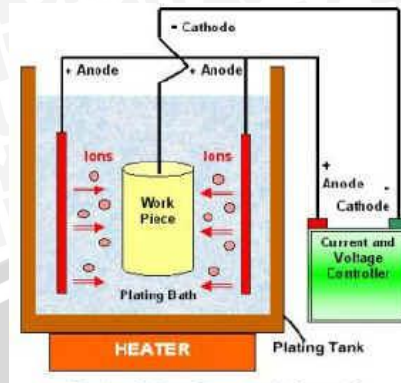
Electroplating adalah suatu proses pengendapan logam yang dikehendaki di atas logam lain dengan cara elektrolisis (Lowenheim, 1974:60). Dalam metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan yang akan dilapisi, direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis (Chamberlain, 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 elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana logam yang akan dilapisi diletakkan pada posisi ini.
2. Anoda, merupakan elektroda 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 2.1:



Gambar 2.1 Proses *electroplating*

Sumber : www.sfsa.org

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, HClO₃, HClO₄, HNO₃, 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, $Al_2(SO_4)_3$
- 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^- , $(SO_4)^{2-}$, 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* (catu 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 elektroda 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* (Surdia, 1992:53)

Lambang	Cr
Nomor Atom	24
Massa atom	52 gr/cm ³
Rapat massa	7,19 gr/cm ³
Suhu lebur	1863°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 sekurang-kurangnya 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 karena 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.

2.8.2 Penggunaan 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 *chromic 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

2.10 Mekanisme Reaksi

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 (*specific resistance*), jarak elektroda, dan luas permukaan elektroda yang dirumuskan sebagai berikut (Parthasarady. 1998 :17) :

$$R = \frac{\rho l}{\alpha}$$

Dimana :

R = Resistansi (Ohm)

q = Tahanan Jenis (Ohm.cm)

- l = Jarak Elektroda (cm)
 A = Luas Permukaan (cm²)

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 kcn-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

Sedangkan konduktansi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{K \cdot \alpha}{l} \quad (\text{Sanders, 1950})(2-7)$$

Keterangan:

- 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 berimigrasi 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 Ketebalan Lapisan

Rapat arus dan waktu pelapisan merupakan variabel utama yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan lapisan. Rapat arus semakin tinggi dan waktu pelapisan semakin lama akan menghasilkan peningkatan ketebalan lapisan dan menyebabkan kekerasan meningkat. Ketebalan dan kualitas lapisan dapat diketahui dengan tiga metoda. Pertama menggunakan metoda pengukuran berat yang hasilnya dapat digunakan untuk menghitung ketebalan lapisan rata-rata. Kedua dengan metoda pengukuran ketebalan lapisan menggunakan mikrometer yang dihitung secara rata-rata. Ketiga dengan metoda pengamatan mikrostruktur secara metalografik menggunakan peralatan mikroskop optik. Pada pengamatan ini, pengukuran Ketebalan lapisan foil dilakukan dengan dua cara, yaitu: metoda pengukuran alat uji ketebalan dan menggunakan alat uji mikrostruktur.

2.13 Definisi Kekerasan

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

2.13.1 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 menekankan 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.

2.13.2 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 Mo's adalah :

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

$$BHN = \frac{\text{Gaya tekan}}{\text{Luas tapak tekan}} = \frac{2p}{\pi \cdot D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

Dengan :

BHN = angka kekerasan brinell (kg/mm^2)

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

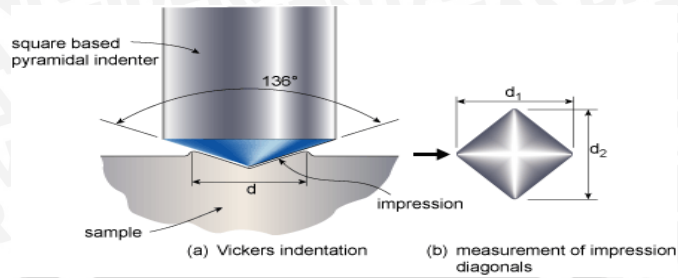
Prinsipnya sama dengan pengujian Brinell, hanya saja menggunakan indenter intan yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi berhadapan 136° , tapak tekan berbentuk bujur sangkar. Beban yang diberikan antara lain 5, 10, 20, 30, 50, 100 atau 120 kg. Angka kekerasan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

$$\text{VHN} = \frac{1.8544.P}{d^2}$$

Dengan :

P = beban yang ditetapkan (kg)

d = panjang diagonal jarak berlian (mm)



Gambar 2.3 Vickers Test

Sumber : <http://www.twi.co.uk/content/jk74.html>

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 0,005inch.

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 1/16 in, 1/8 in, ¼ in, dan 1/2in.

Rumus yang digunakan adalah:

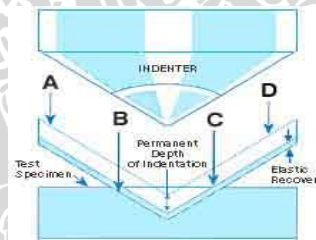
$$HRC = \frac{K - (h_1 - h_2)}{c}$$

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 2.4 Rockwell Test

Sumber : <http://www.elec-intro.com/rockwell-test.htm>

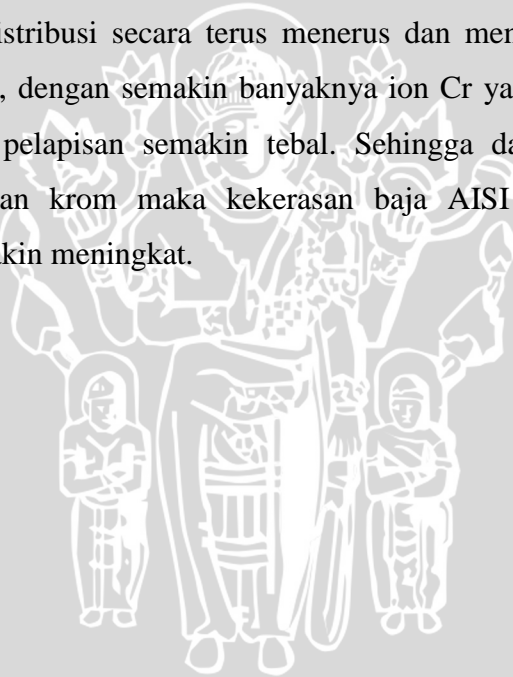
Dalam cara Rockwell terdapat beberapa skala yaitu A sampai V. Masing – masing skala memiliki beban serta indenter tersendiri dan digunakan untuk kebutuhan tertentu. Skala A digunakan untuk material yang sangat keras, skala B untuk material dengan kekerasan medium , skala C untuk material dengan kekerasan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

2.14 Hubungan Rapat Arus Terhadap Kekerasan Permukaan

Rapat arus dan waktu pelapisan merupakan variabel utama yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan lapisan. Semakin besar arus yang diberikan maka semakin banyak ion – ion Cr (*Chrome*) yang terdistribusi secara terus menerus dan mengendap di katoda (logam yang dilapisi). *Chrome* adalah unsur yang bersifat keras, memiliki daya tahan tinggi terhadap zat-zat kimia dan memiliki kilat tinggi sehingga dipakai sebagai pelapis pada besi untuk meningkatkan kekerasan.

2.15 Hipotesis

Semakin besar rapat arus 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 baja AISI 1025 hasil proses *tempering* akan semakin meningkat.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh rapat arus *hard chrome* terhadap kekerasan permukaan baja AISI 1025 hasil proses tempering. Dengan asumsi variabel lain konstan. Kajian literatur dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal yang ada di perpustakaan maupun dari internet juga dilakukan untuk menambah informasi yang diperlukan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian yang dilakukan pada tanggal 27 Maret s/d 9 Juni 2012 adalah:

- Laboratorium Perlakuan Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang
- Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah rapat arus pada *hard chrome*, dimana rapat arus tersebut antara lain : 45 A/dm^2 , 50 A/m^2 , 55 A/dm^2 , 60 A/dm^2 .

2. Variabel terikat

Variabel yang nilainya tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Dengan adanya variabel bebas dan variabel terikat akan menghasilkan perubahan nilai dari variabel terikat tersebut. Sehingga

dalam penelitian ini variabel terikat yang bisa diamati adalah : Kekerasan benda kerja setelah proses *hard chrome*.

3. Variabel Kontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dikonstantakan. Dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah :

- Material yang akan dilapisi adalah Baja karbon rendah AISI 1025.
- Jarak elektroda yang digunakan yaitu 8 cm.
- Temperatur larutan yang digunakan 70°C .
- Kekerasan benda kerja setelah perlakuan panas *tempering*.
- Proses *tempering* dengan temperatur 400°C , *holding* 30 menit

3.4 Bahan yang Digunakan

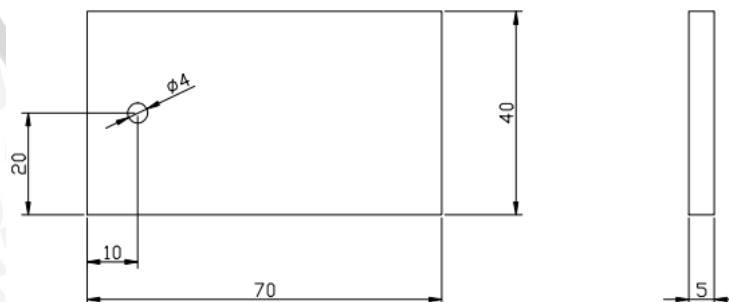
1. Spesimen

Bahan spesimen yang digunakan adalah baja karbon rendah baja komposisi kimianya adalah :

Tabel 3.1 prosentase kandungan unsur baja

No.	Unsur	Prosentase %
1	Besi (Fe)	98,56%
2	Karbon (C)	0,255 %
3	Mangan (Mn)	0,40%
4	Pospor (P)	0,017%
5	Sulfur (S)	0,02 %
6	Copper (Cu)	0.144 %

Bentuk spesimen yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :



Skala 1 : 1 mm

2. Larutan H_2SO_4 10 %
3. Larutan watts untuk poses *hardchrome* yang terdiri dari :
 - a) larutan *Chromium trioksida* (Cr_2O_3) = 250 gr/l, *Asam sulfat* (H_2SO_4) = 2,5gr/l.
 - b) Aquades

3.5 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Centrifugal Sand Paper Machine

Alat ini digunakan untuk membersihkan permukaan material logam dari karat dan kotoran lain yang tidak diperlukan serta dapat digunakan untuk menghaluskan permukaan



Gambar 3.1 Centrifugal Sand Paper Machine

2. Dapur Listrik

Alat ini digunakan untuk proses pemanasan (*heating*), penahanan (*holding*), atau pendinginan (*cooling*) dalam dapur pada benda kerja.



Gambar 3.2 Dapur listrik

3. Gelas Ukur

Gelas ukur ini nantinya akan digunakan pengukuran larutan



Gambar 3.3 gelas ukur

4. Alat Ukur Ketebalan Lapisan

Digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan spesimen



Gambar 3.4 alat uji ketebalan lapisan

Spesifikasi :

- | | | |
|------------------------|---|--------------------|
| 1. Processor | : | 1 |
| 2. Box for processor | : | 1 |
| 3. Standard Spesimen | : | 1 |
| 4. Standard Base | : | 1 |
| 5. Battery Charger | : | 1 |
| 6. Operating Manual | : | 1 |
| 7. Quality Certificate | : | 1 |
| 8. Quarantee Card | : | 1 |
| 9. Type | : | TIME TT230 DIGITAL |
| 10. Buatan | : | China |

5. Mikro Vicker Tester

Digunakan untuk mengetahui kekerasan spesimen.



Gambar 3.5 *Micro vickers hardness tester*

Spesifikasi :

Test Forces

:(0,098;0,246;0,49;0,98;1,96;2,94;4,90;9,80)N

(10,20,50,100,200,300,500,1000)gf

Carriage Control

: loading /dwell / unloading (automatic)

Amplification of the Microscope

: 100X, 400X

Dwell Time of the Test Force

: (5 – 60)s

Min. Graduation Value of the

Testing Drum Wheel

: 0.0625

Testing Field

: 1HV - 2967HV

Dimension of the XY Table

: 100 X 100 mm

Movement Field of the XY Table

: 25 X 25 mm

Max. height of the specimen

: 70 mm

Max. width of the specimen

: 95 mm

Light source cold

: light source

Power supply

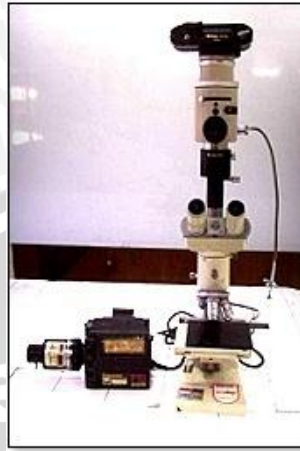
: 110V/220V , 60/50 Hz

Dimensions

: 425X245X490 mm

6. Mikroskop Logam

Digunakan untuk melihat struktur mikro pada logam.



Gambar 3.6 Mikroskop Logam

Spesifikasi :

Merk : NIXON

Buatan : JEPANG

Pembesaran : 450 X

7. Termokontrol

Digunakan untuk mengontrol dan mengukur suhu larutan selama proses pelapisan.



Gambar 3.7 termokontrol

8. Jangka Sorong

Digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja



Gambar 3.8 jangka sorong

9. Bak *Electrolisis*

Digunakan untuk proses pencampuran larutan *watts* dan tempat berlangsungnya plating.



Gambar 3.9 bak elektrolisis

10. Timbal (*Pb*)

Digunakan untuk anoda tak terlarut dalam rangkaian *hard chrome*.



Gambar 3.10 Anoda

11. Sumber Arus

Digunakan sebagai sumber arus listrik



Gambar 3.11 Sumber arus

12. Stopwatch

Untuk menghitung lama waktu proses pelapisan

13. Mesin Bor

Digunakan untuk membuat lubang

14. *Power Hacksaw*

Digunakan pemotongan benda kerja

15. Alat-alat keselamatan kerja

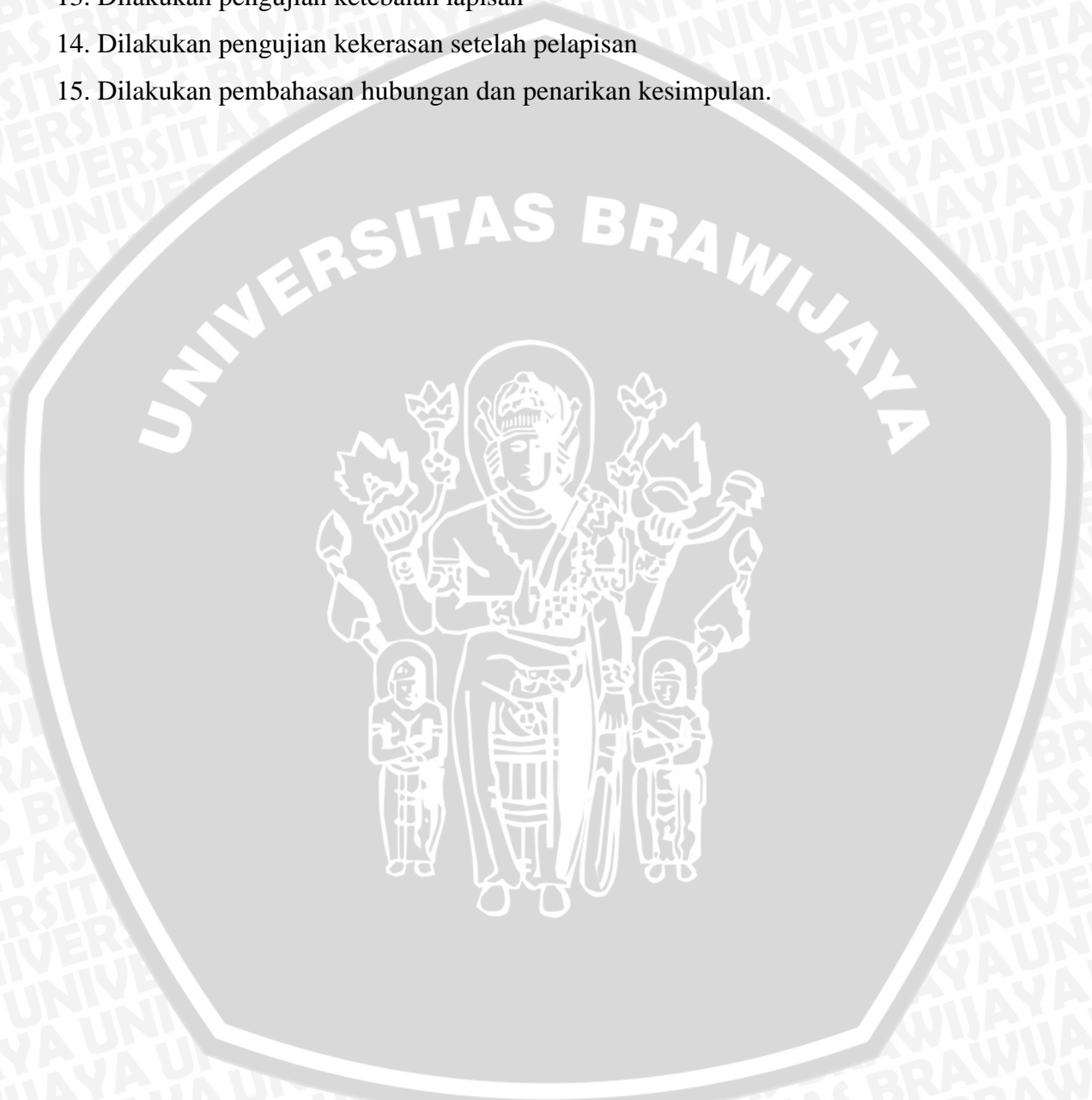
Sarung tangan, masker, dan kaca mata

3.6 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :

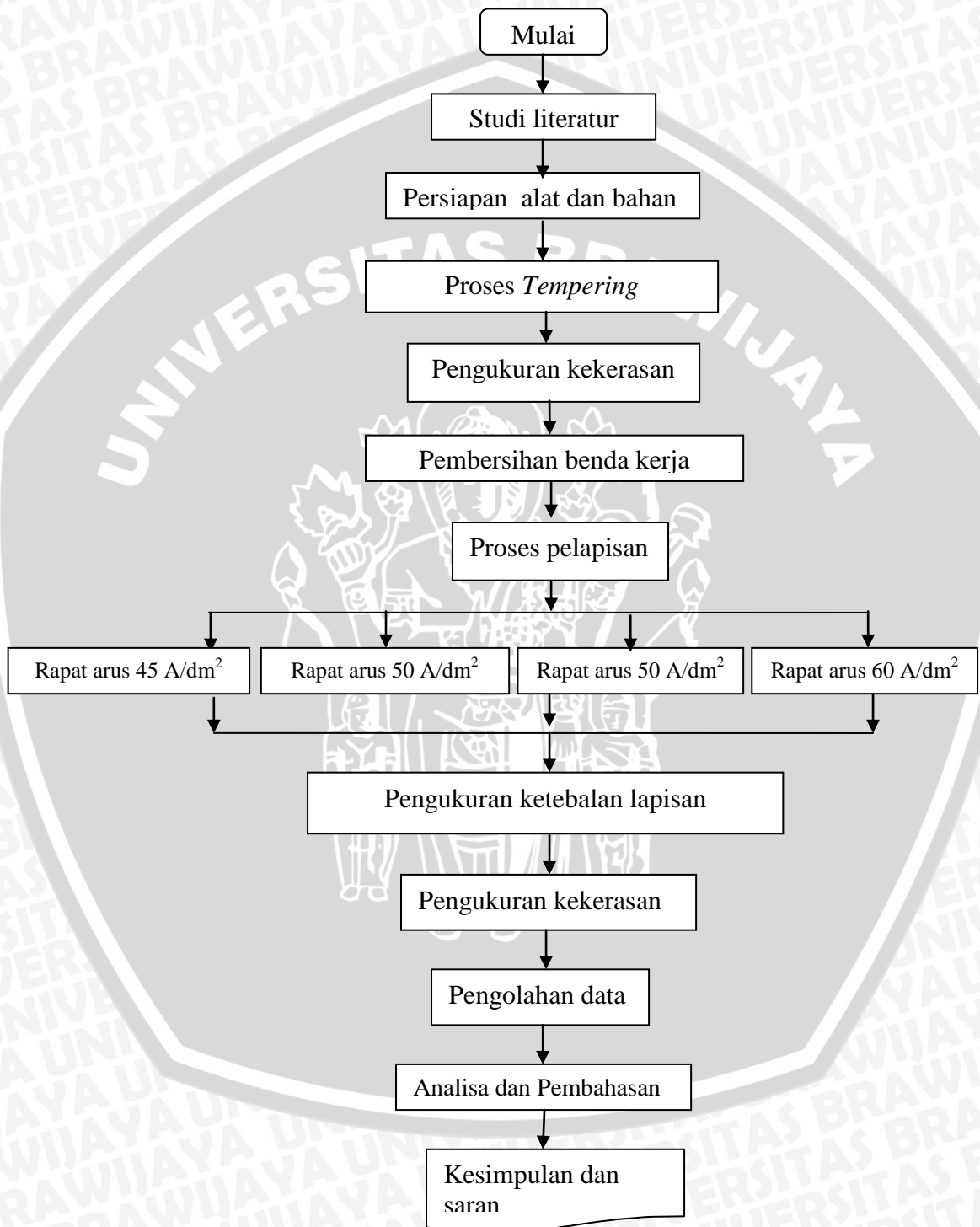
1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian
2. Dilakukan proses pembersihan benda kerja menggunakan *centrifugal sand paper machine*
3. Melakukan perlakuan panas hardening dan pendinginannya disesuaikan dengan variabel bebasnya.
4. Dilakukan proses pembersihan benda kerja menggunakan *centrifugal sand paper machine*
5. Mengukur kekerasan benda uji setelah perlakuan panas
6. Disiapkan larutan elektrolit dan peralatan untuk proses *hard chrome*
7. Siapkan instalasi *electroplating*
8. Ukur berat awal benda kerja
9. Dilakukan proses *pickling* selama 5 menit menggunakan H_2SO_4

10. Setelah dilakukan *picking* benda kerja dibersihkan dengan air dengan temperatur ruangan dikeringkan
11. Dilakukan proses pelapisan *hard chrome*
12. Benda kerja dikeluarkan dan dilakukan pembilasan dan pengeringan
13. Dilakukan pengujian ketebalan lapisan
14. Dilakukan pengujian kekerasan setelah pelapisan
15. Dilakukan pembahasan hubungan dan penarikan kesimpulan.



3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dalam penelitian bertujuan memudahkan kita untuk melaksanakan penelitian dan memperjelas tahap-tahap penelitian.



BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

4.1.1 Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025 Setelah Proses Tempering

Spesimen	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata – rata (VHN)
1	296,7	297,73
	303	
	293,5	
2	298,2	310,63
	323	
	310,7	
3	309	307,87
	288,8	
	325,8	
4	258,7	292,33
	311,2	
	307,1	

4.1.2 Tabel Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering* Setelah Pelapisan *Hardchrome*

Rapat Arus (A/dm ²)	Ketebalan lapisan (μm)	Ketebalan lapisan Rata – rata (μm)
45	44,2	44,03333
	44,1	
	43,8	
50	57,2	56,83333
	56,5	
	56,8	
55	57,04	56,98
	56,9	
	57	
60	60,77	61,42333
	61,3	
	62,2	

4.1.3 Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering* Setelah Pelapisan *Hardchrome*

Spesimen	Rapat arus (A/dm ²)			
	45	50	55	60
1	513,7	672,5	805,5	581
	312,3	513,7	769,8	862,9
	564,5	505,9	809,6	835,8
2	449,5	747,6	609,7	882,5
	576,4	774,5	690,7	696,9
	584,5	778,1	889,3	831,1
3	601,2	845,2	798,3	1274,5
	423,0	707,7	969,8	1027
	601,2	753,5	996,6	1223,2
Kekerasan rata – rata (VHN)	533,81	699,86	822,83	912,77

4.2 Analisis Varian Satu Arah (*Single factor ANOVA*)

Dari data pengujian dapat dianalisa apakah faktor-faktor dalam pengujian ini seperti variasi rapat arus *hard chrome* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering* air atau tidak. Pada setiap pengambilan data kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering*, faktor variasi rapat arus di atas tercakup di dalamnya. Oleh karena itu, analisa statistik yang dilakukan adalah analisis varian satu arah (*single factor ANOVA*).

Untuk mengetahui berpengaruh atau tidaknya variasi rapat arus *hard chrome* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering* perlu dilakukan analisis varian satu arah. Apabila nilai F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} maka faktor yang diuji berpengaruh secara nyata. Namun, bila nilai F_{hitung} lebih kecil atau sama dengan F_{tabel} maka faktor yang diuji tidak berpengaruh secara nyata.

1. Formulasi Hipotesis :

$$1) H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_b = 0$$

(Tidak ada pengaruh variasi variasi rapat arus *hard chrome* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering*)

H_1 : sekurang-kurangnya satu ukuran variasi rapat arus *hard chrome* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering*

2. Taraf Nyata dan Nilai F_{tabel}

$$\alpha = 0,05$$

$$\text{Untuk baris } F_{tabel} = 2,86$$

$$\text{Untuk kolom } F_{tabel} = 2,86$$

3. Menentukan kriteria pengujian

a. Untuk baris :

$$H_0 \text{ diterima jika } F_{hitung} \leq 2,86$$

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > 2,86$$

4. Membuat analisis varians dalam bentuk tabel Anova

Tabel 4.2.1 Analisa varian satu arah

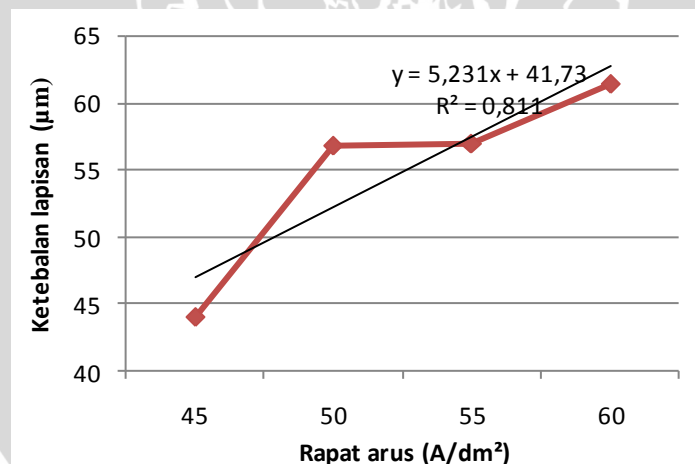
Sumber Varian	Jumlah kuadrat	derajat bebas	derajat tengah	Fhitung	F tabel
Rapat arus	713989,3648	3	237996,4549	3,402201	2,866266
Galat	2518332,195	36	69953,67208		
Total	3232321,56	39			

5. Kesimpulan

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $34,02 > 2,86$, maka H_0 ditolak jadi sekurang-kurangnya satu ukuran rapat arus *hard chrome* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering*.

4.3 Pembahasan

Dari data hasil pengujian ketebalan lapisan didapatkan grafik pada gambar 4.1 dibawah ini terlihat bahwa nilai ketebalan lapisan semakin meningkat seiring bertambahnya rapat arus pada proses *hard chrome*.

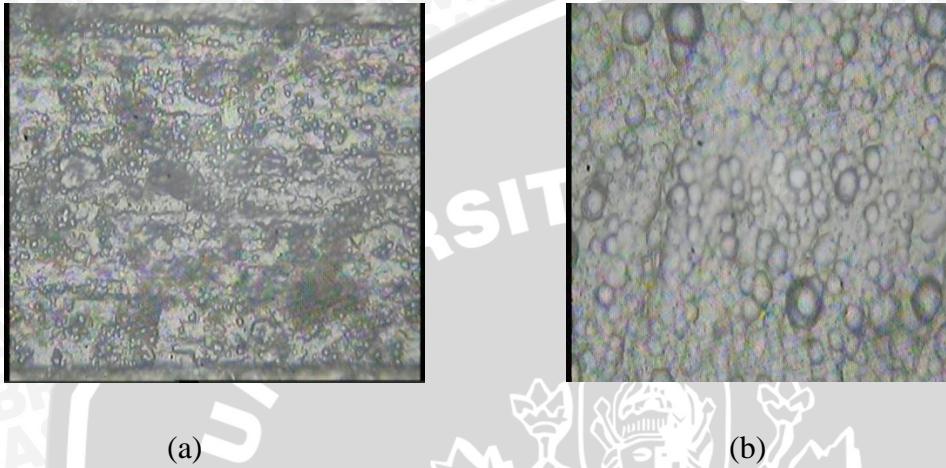


Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Variasi Rapat Arus *Hard chrome* Terhadap Ketebalan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering*

Pada Pada rapat arus 45 A/dm^2 nilai ketebalan lapisanya yaitu $44 \mu\text{m}$, kemudian meningkat pada rapat arus 50 A/dm^2 menjadi $57 \mu\text{m}$, $57 \mu\text{m}$ pada rapat arus 55 A/dm^2 dan $61 \mu\text{m}$ pada rapat arus 60 A/dm^2 . Dari grafik menunjukkan kecenderungan kenaikan nilai ketebalan lapisan, hal ini dikarenakan semakin besar rapat arus maka akan mempercepat pelepasan ion

krom yang menuju dan mengendap pada katoda dan akhirnya membentuk lapisan krom yang semakin tebal.

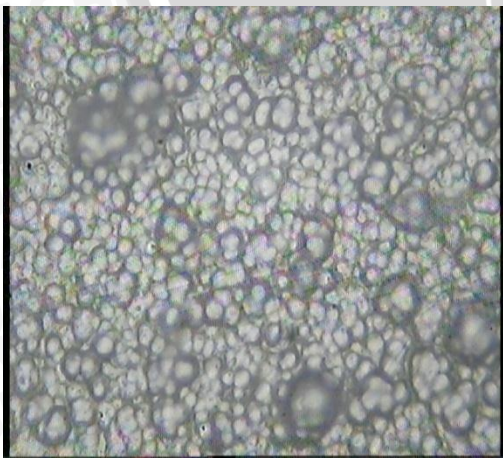
Dari hasil pengujian foto mikro dapat dilihat butiran – butiran dari endapan krom yang semakin rapat dan merata seiring bertambahnya kuat arus. Pada 45 A/dm^2 terlihat endapan krom masih belum terlalu banyak yang melapisi spesimen. Sebagaimana tampak pada gambar 4.2 di bawah ini :



Gambar 4.2 Foto mikro spesimen sebelum dan sesudah pelapisan :

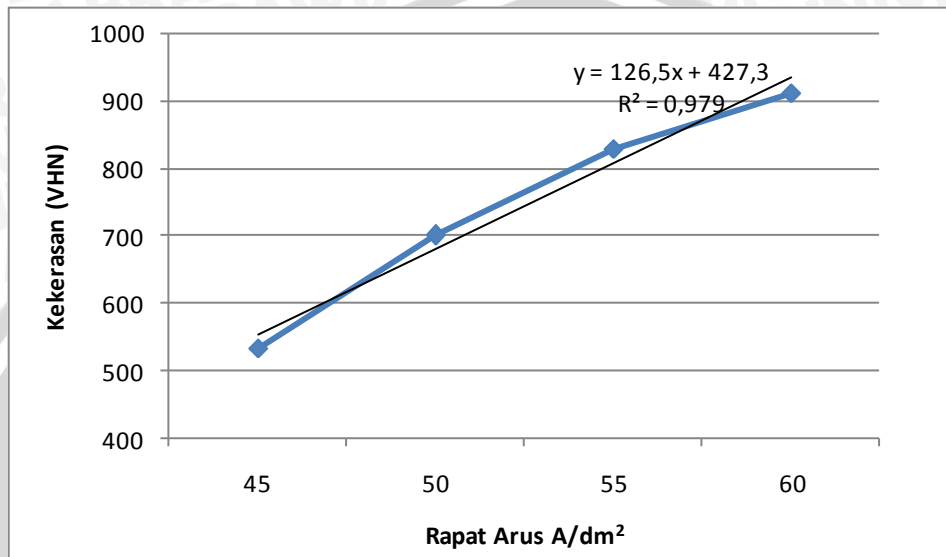
- a) Foto mikro spesimen sebelum pelapisan
- b) Foto mikro spesimen dengan rapat arus 45 A/dm^2

Hal ini disebabkan arus yang mengalir masih belum optimal untuk mengalirkan ion – ion krom pada katoda (spesimen). Hasil yang berbeda terjadi pada rapat arus terbesar yaitu 60 A/dm^2 sebagaimana terlihat pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Foto Mikro Spesimen Dengan Rapat arus 60 A/dm^2

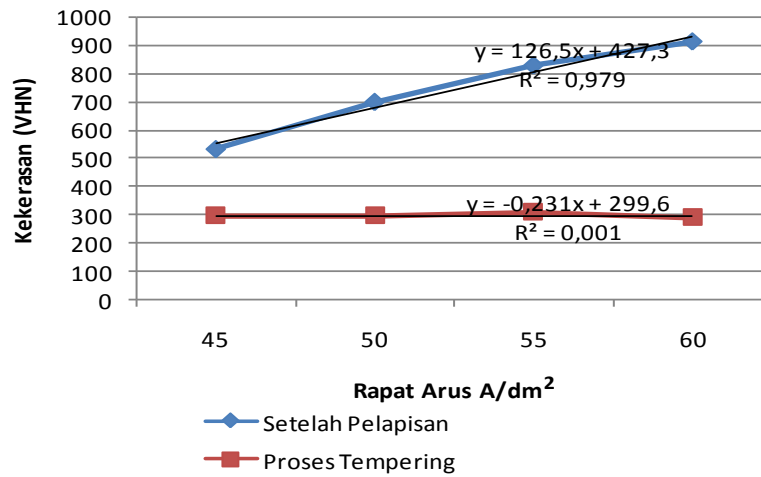
Pada gambar 4.3 terlihat endapan krom yang melapisi semakin rapat dan merata di permukaan spesimen dikarenakan arus yang mengalir sudah cukup untuk mendistribusikan ion – ion krom sebagai pelapis. Hal ini bersesuaian dengan grafik 4.1 yang menunjukkan pada rapat arus 60 A/dm^2 ketebalan lapisannya memiliki nilai yang paling tinggi. Sedangkan nilai kekerasan spesimen semakin meningkat seiring bertambahnya rapat arus pada proses *hardchrome* terlihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Variasi Rapat Arus *Hard chrome* Terhadap Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering*

Pada rapat arus 45 A/dm^2 dari tiga spesimen nilai kekerasan rata - ratanya yaitu 533,81 VHN, pada rapat arus 50 A/dm^2 memiliki kekerasan rata – rata 699,86 VHN, Sedangkan pada rapat arus 60 A/dm^2 memiliki nilai kekerasan rata – rata 912,77 VHN. Semakin meningkatnya nilai kekerasan ini disebabkan karena semakin besar rapat arus maka elektron akan semakin banyak yang menuju pada katoda dan mengendap dipermukaan speimen. Hal ini terjadi karena rapat arus yang semakin meningkat mengakibatkan dampak terhadap peningkatan energi yang semakin tinggi. Energi yang semakin tinggi akan mempercepat pelepasan elektron karena energinya menjadi relatif lebih besar daripada energi ionisasi yang dibutuhkan untuk mengerakkan elektron. Kondisi ini semakin memacu mempercepat gerakan elektron dari ion positif menuju ke ion negatif sehingga ion yang mengendap di permukaan bahan semakin bertambah. Pengendapan ion yang meningkat pada permukaan logam akan berdampak terhadap ketebalan. Semakin banyak endapan krom yang bersifat keras maka semakin tebal lapisan yang terbentuk, sebagai akibatnya permukaan logam yang dilapisi kekerasannya semakin bertambah/meningkat.

Gambar 4.5 berikut menunjukkan perbandingan nilai kekerasan baja AISI 1025 hasil proses *tempering* sebelum dan sesudah pelapisan *hardchrome*.



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Baja AISI 1025 Hasil Proses *Tempering* Sebelum dan Sesudah Pelapisan *Hard chrome*.

Persamaan :

$$y = -0,231x + 299,6$$

$$y = 126,5x + 427,3$$

➤ Eliminasi :

$$-0,231x - y = -299,6$$

$$126,5x - y = -427,3$$

$$-126,731x = 127,7$$

$$x = -1,0076$$

➤ Substitusi :

$$-0,231(-1,0076) - y = -299,6$$

$$0,233 - y = -299,6$$

$$y = 299,83$$

Jadi, $x = -1,0076$, dan $y = 299,83$

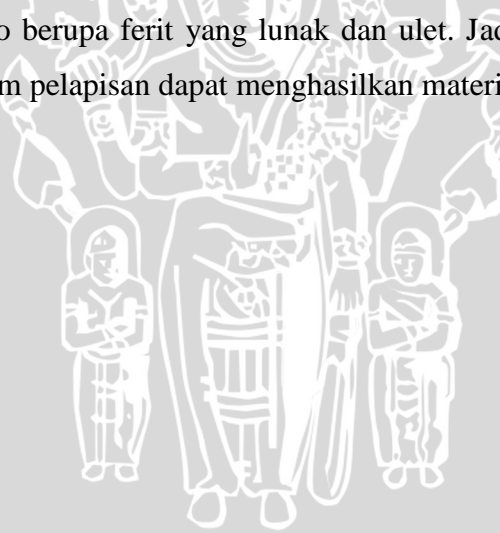
Pada grafik batang terlihat kekerasan spesimen hasil proses tempering sebelum pelapisan mempunyai kekerasan paling rendah dibandingkan dengan spesimen hasil proses tempering setelah pelapisan *hard chrome* dan semakin meningkat seiring bertambahnya rapat arus. Hal ini sesuai dengan analisa dari data tersebut yang dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$, artinya rapat arus proses *hard chrome* berpengaruh terhadap kekerasan permukaan baja AISI 1025 hasil proses *tempering*. Kekerasan spesimen pada hasil tempering memiliki nilai kekerasan rata – rata 302,8 VHN, kemudian bertambah menjadi 533,81 sampai 912,77 VHN seiring besar rapat arus pada proses *hard chrome*. Proses tempering sebelum proses *hard chrome* ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada proses *hard chrome* tanpa adanya proses perlakuan panas sebelumnya, seperti data berikut ini yang diperoleh dari penelitian wiryawan (2011) menggunakan baja AISI 1045 (ST 37) dengan rapat arus 25 A/dm².

Tabel 4.3.1 Data hasil pengujian kekerasan dan ketebalan lapisan baja AISI 1045 hasil proses *hard chrome*

Spesimen	Kekerasan (VHN)	Ketebalan Lapisan (µm)
1	229	48,22
	345	48,23
	308	48,23
2	340	47,12
	340	47
	325	47,11
3	382	46
	307	46,16
	357	46,19
Temperatur 70 ⁰ C ; Waktu Pelapisan 40 menit		

Sumber : Pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan pada proses elektroplating krom (wiryawan, 2011).

Dari data diatas dapat diketahui bahwa kekerasan rata – rata setelah proses pelapisan sekitar 325,89 (VHN), sedangkan pada pelapisan hasil proses tempering kekerasan rata – ratanya mencapai 912,77 (VHN). Dari perbandingan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa proses *tempering* sebelum proses pelapisan *hard chrome* dapat meningkatkan kekerasan lebih maksimal dibandingkan dengan pelapisan *hard chrome* tanpa perlakuan panas sebelumnya, hal ini dikarenakan perlakuan panas tempering menghasilkan substrat yang lebih rapat dibandingkan material tanpa perlakuan panas. Semakin rapat permukaan logam yang akan dilapisi maka dekomposisi krom akan semakin baik karena endapan ion Cr akan masuk kedalam celah – celah kristal logam secara interstisi, sehingga semakin rapat struktur butiran pada logam yang dilapisi maka endapan krom akan semakin baik endapan krom yang terbentuk karena endapan Cr lebih banyak yang mengendap diluar substrat baja. Pada proses *tempering* terjadi perubahan struktur martensit menjadi fasa ferit dan partikel – partikel sementit / karbida. Ferit akan membentuk matrik – matrik yang dikelilingi oleh partikel karbida sehingga menyebabkan butirannya akan semakin rapat dibandingkan spesimen tanpa perlakuan panas yang mempunyai struktur mikro berupa ferit yang lunak dan ulet. Jadi proses *hard chrome* dengan proses *tempering* sebelum pelapisan dapat menghasilkan material yang lebih tangguh.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis data hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan yaitu variasi rapat arus *hardchrome* memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan BAJA AISI 1025 hasil proses *tempering*, dikarenakan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan semakin besar rapat arus *hardchrome* akan menghasilkan lapisan yang lebih keras. Kekerasan maksimum didapatkan rapat arus terbesar yaitu 60 (A/dm²) dengan nilai kekerasan 912,77 HV.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan pemahaman lebih jauh tentang proses *hardchrome* dan proses *tempering* perlu pengkajian lebih dalam mengenai beberapa hal berikut:

1. Kondisi alat penelitian dan perlengkapan hendaknya harus dalam keadaan baik, sehingga proses pelaksanaan lebih optimal dan hasil yang diperoleh lebih sempurna.
2. Dalam menentukan variabel-variabel harus teliti, karena sangat mempengaruhi hasil yang akan diperoleh.
3. Pentingnya diadakan penelitian lebih lanjut mengenai *hardchrome* dengan proses perlakuan panas sebelum pelapisan dengan parameter-parameter yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto, Akuan. 2009: *Applied electroplating*.
http://www.scribd.com/Abrianto_Akuan. Bandung
- Al Farisi, Salman. 2004. *Pengaruh temperatur dan waktu pelapisan terhadap laju korosi pada proses pelapisan Hard Chrome*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Al hasa, Husna. 2007. *Pengaruh variasi rapat arus terhadap ketebalan lapisan pada chrome elektroplating*.
- ASM handbook. 1994: *Surface Engineering*. Volume 5. ASM International.
- Chamberlain, J dan Trethewey, R.K. 1991: *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Gramedia. Jakarta.
- Dwi Hariyadi, Gunawan., 2005, Pengaruh suhu *tempering* terhadap kekerasan, struktur mikro, dan kekuatan tarik baja K-460, Universitas Diponegoro, Semarang
- Hartomo, A.J, & Koneko, T.1992: *Mengenal Pelapisan Logam (Electroplating)*. Yogyakarta. Andi Offset
- Maulana, Rifky. 2012. *Pengaruh Temperature Elektrolit Dan Jarak Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Hasil Pelapisan Electroplating Hard Chrome*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang. Universitas Brawijaya.
- Nasikin, M dan Susanto Bambang.H. 2010: *Katalis Heterogen*, Jakarta: Universitas Indonesia Pers
- Parthasardhy, N. V; 1998: *Practical Electropalting Handbook*, New Jearsy USA: Prentice-Hall, Inc
- Rosidi., 2004, Pengaruh rapat arus terhadap berat endapan yang dihasilkan pada proses elektroplating, Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Universitas Brawijaya..
- Setiadji, Irwan K., 2006, *Pengaruh Kosentrasi Copper Cyanide (CuCn) terhadap Ketahanan Korosi dan Thermal Shock Hasil Elektroplating*, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang

- Suarsana, Ketut. 2008. Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan. *Jurnal Imu Teknik Mesin*. CAKRAM:48-60
- Sukrawan, yusep., *Variasi Rapat Arus dalam Proses Pelapisan Khromium Keras pada Cincin Torak*, TORSI, Vol. 1, No. 1, Juli 2001 : 24 - 36
- Surdia, T. & Saito, S. 1992: *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Keempat, Jakarta:PT Pradnya Paramita
- Wibowo, Bambang, 2006, *Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran Sae 40 Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Baja St 60*, Universitas Negeri Semarang
- Wiryan, I Gede Indra, 2011, *Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Kekerasan Permukaan Pada Proses Elektroplating Tembaga - Krom*, Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Universitas Brawijaya
- Anonymous 1*, <http://www.elec-intro.com/rockwell-test.html>, diakses tanggal 19 April 2012
- Anonymous 2*, http://www.sfsa.org/tutorials/hyd_accum/spin_08.htm, diakses tanggal 19 April 2012
- Anonymous 3*, <http://www.twi.co.uk/content/jk74.html>, diakses tanggal 19 April 2012