



***“ELECTROPLATING CHROME BAJA ST 37 DENGAN
PERUBAH TEGANGAN LISTRIK 6V, 10V, DAN 12V
TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN”***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Progam Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Ikmal Hilmi

NIM.5301413054

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ikmal Hilmi
Nim : 5301413054
Progam Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul : *ELECTROPLATING CHROME* BAJA ST 37 DENGAN
PERUBAH TEGANGAN LISTRIK 6V, 10V, DAN 12V
TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Progam Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unniversitas Negeri Semarang.

Semarang, 21 Januari 2020

Pembimbing



Drs. Sutarno, M.T.
NIP.195510051984031001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “*ELECTROPLATING CHROME* BAJA ST 37 DENGAN PERUBAH TEGANGAN LISTRIK 6V, 10V, dan 12V TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 21 bulan Januari tahun 2020


Oleh

Nama : Ikmal Hilmi
NIM : 5301413054
Program Studi : Teknik Elektro

Panitia:

Ketua

Sekretaris



Ir Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM
NIP. 196605051997022001



Drs. Sri Sukamta, M.Si., IPM
NIP. 196505081991031003

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3/Pembimbing



Drs. Yohanes Primadiyono, M.T.
NIP. 196209021987031002



Dr. Ir. Subiyanto S.T., MT.
NIP. 197411232005011001



Drs. Sutarno, M.T.
NIP. 195510051984031001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 1969113011994031001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, maupun rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan orang lain, kecuali arahan Bimbingan dan masukan tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta saksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 21 Januari 2020

Yang membuat pernyataan,



Ikmal Hilmi

NIM 5301413054

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolong. Dan sesungguhnya demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusuk. (Q.S Al Baqarah:45)
- Bunga mawar tidak mepropagandakan harum semerbaknya, dengan sendirinya harum semerbaknya itu tersebar disekelilingnya (Ir. Soekarno)

PERSEMBAHAN

- Bapak Zaenal Abidin dan Ibu Khotiniyah, beserta keluarga yang selalu memberikan doa semangat dan motivasi baik secara moril dan materil.
- Adik-adik tercinta
- Teman-teman seperjuangan PTE UNNES 2013

ABSTRAK

Ikmal Hilmi, 2020. “ELECTROPLATING CHROME BAJA ST 37 DENGAN PERUBAH TEGANGAN LISTRIK 6V, 10V, DAN 12V TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN” Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Perkembangan teknologi yang begitu pesat saat ini, mengakibatkan hampir semua peralatan yang ada disekitar kita berasal dari jenis logam. Telah kita ketahui bahan logam mudah sekali mengalami korosi yang pada akhirnya menurunkan kualitas suatu produk yang tidak kita harapkan baik dari segi kekuatan maupun dekoratif. Bahan-bahan yang sering digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah logam seperti besi, baja, nikel, seng dan lain sebagainya. Electroplating adalah proses pengendapan ion-ion logam pada elektroda (katoda) dengan cara elektrolisa akibat beda potensial arus listrik. Faktor yang mempengaruhi hasil electroplating: Rapat arus, Waktu, Temperatur, Konsentrasi larutan elektrolisa. Tegangan yang digunakan dalam electroplating dapat divariabelkan antara 6 Volt, 10 Volt, dan 12 Volt sedang amperenya berbanding lurus kecil atau besar dengan tegangannya, semakin besar tegangan yang dipakai, maka akan meningkatkan rapat arus listrik sehingga ion-ion *chrome* semakin tebal yang mengendap pada permukaan benda kerja.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif komparatif dengan pendekatan kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini deskriptif adalah untuk membuat deskriptif, gambaran, atau lukisan secara sistematis, factual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki. Dalam metode deskriptif peneliti bias membandingkan fenomena-fenomena tertentu sehingga suatu studi komparatif.

Pada perlakuan *electroplating chrome* tegangan 6V memiliki berat endapan 0,004 gram, nilai kekerasan sebesar 771VHN, dan ketebalan lapisan *chrome* 0,17 μm . *electroplating chrome* pada tegangan 10V memiliki berat endapan 0,014 gram, nilai kekerasan sebesar 838,4VHN, dan ketebalan lapisan *chrome* 0,7 μm . tegangan 12V memiliki berat endapan sesuai perhitungan 0,025 gram. memiliki nilai kekerasan 858,2 VHN dan hasil nilai pengujian SEM ketebalan menjadi 1,3 μm pada kondisi ini sifat kekerasan paling tinggi karena lapisan permukaan *chrome* pada spesimen semakin berat dan ketebalan lapisan *chrome* bertambah.

Ada pengaruh perlakuan *electroplating chrome* pada Baja ST 37 dengan perubah tegangan listrik 6V, 10V, dan 12V terhadap kekerasan dan ketebalan semakin meningkat tegangan maka nilai kekerasan dan ketebalan meningkat. Untuk menyempurnakan penelitian tentang pengaruh perubah tegangan pada baja ST 37 terhadap ketebalan dan kekerasan. Perlu diteliti pengaruh parameter-parameter yang lain seperti jarak *electrode*, kekentalan larutan, pengaruh temperatur dan jenis larutan yang di gunakan.

Kata kunci : Electroplating, Chrome, Baja, Kekerasan, Ketebalan

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “***ELECTROPLATING CHROME BAJA ST 37 DENGAN PERUBAH TEGANGAN LISTRIK 6V, 10V, DAN 12V TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN***” ini berjalan lancar. Penulis mengakui bahwa dalam penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan hambatan yang penulis hadapi. Namun bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
3. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T selaku Ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Sutarno M.T Dosen pembimbing yang selalu mengarahkan dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Dosen Penguji yang selalu mengarahkan dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Dosen penguji yang selalu mengarahkan dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Seluruh dosen dan karyawan di jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

8. Bapak Iwan Chrome tempat Penelitian.
9. Mas Darma selaku pembimbing lapangan yang sudah membantu pengambilan data.
10. Pihak UPT Kampus Universitas Diponegoro yang telah memberikan ijin pengujian specimen penelitian.
11. Sahabatku Bledex Temenan yang memberikan masukan dan semangat dalam menyelesaikan penulis ini.
12. Pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
13. Teman-teman yang membantu dan memotivasi dalam penyusunan skripsi ini khususnya anak-anak PTE S1 Tahun 2013.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca ataupun peneliti. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, maka kritik dan saran yang konstruktif sangat penulis harapkan.

Semarang, 21 Januari 2020

Penulis



Ikmal Hilmi

NIM 5301413054

DAFTAR ISI

SAMPUL/COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
PRAKARTA	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Rumusan Masalah	7
1.5. Tujuan Penelitian	7
1.6. Penegasan Istilah	8
1.7. Manfaat Penelitian	9
BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	10
2.1. Kajian Pustaka	10
2.2. Landasan Teori	16
1. <i>Electroplating</i>	16
2. Larutan <i>Electrolit</i>	18
3. Pengaruh Tegangan Terhadap Kekerasan dan Ketebalan	18
4. Tegangan Listrik (Voltage)	19
5. Hukum Ohm	20
6. Rapat Arus (Hukum Faraday)	20
7. Berat Endapan Lapisan <i>Electroplating</i>	20

8. Unsur <i>Chrome</i>	22
9. <i>Chemical Heat Treatment</i>	22
10. Alat Listrik	23
11. <i>DC Power Supply</i> (Adaptor)	24
12. Bak Cairan Obat	25
13. Pemilihan Jenis Pelapis	27
14. Efisiensi Arus	28
15. Reaksi pada Katoda dan Anoda.....	29
16. Mesin	29
17. Plat logam.....	30
18. Poli poles dan gerinda	31
19. Formula dan Pencampuran Obat	32
20. Kposisi Penggunaan Obat Larutan	35
21. Baja ST 37	36
22. Struktur Kristal Baja.....	37
23. Pengujian Kekerasan Vickers.....	39
24. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	40
2.3. Kerangka Berfikir	42
2.4. Hipotesis	43
BAB III. METODE PENELITIAN	44
3.1. Metode Penelitian	44
3.2. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	44
1. Waktu.....	44
2. Tempat Pelaksanaan	45
3.3. Bahan dan Alat Penelitian	45
1. Bahan	45
2. Peralatan Penelitian	45
3.4. Variabel Penelitian	45
1. Variabel X ₁	46
2. Variabel X ₂	46
3.5. Dimensi Spesimen	46

3.6. Diagram Alir Penelitian	47
3.7. Rangkaian Pengujian.....	47
1. Pengelompokan Spesimen.....	47
2. Proses Persiapan logam	48
3. Proses Pencucian dan Electroplating.....	49
4. Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	51
5. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	52
3.8. Lembar Data Penelitian	52
1. Lembar Pengamatan Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	53
2. Lembar Pengamatan Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	53
3.9. Analisis Data	54
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1. Hasil.....	55
1. Luas Penampang Spesimen	55
2. Arus Listrik	55
3. Rapat Arus Listrik	56
4. Berat Endapan Lapisan <i>Chrome</i>	58
5. Kekerasan	59
6. Ketebalan.....	61
4.2. Pembahasan.....	63
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Simpulan	65
5.2. Saran	65
1. Daftar pustaka	66
2. Lampiran.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Lembar Pengamatan Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	54
Tabel 3.2. Lembar Pengamatan Ketebalan Aktual Electroplating (SEM).....	54
Tabel 4.1. Hasil Nilai Penelitian Arus listrik	56
Tabel 4.2 Nilai Perhitungan Rapat Arus	57
Tabel 4.3. Data Besaran Electroplating <i>Chrome</i>	58
Tabel 4.4. Nilai Perhitungan Berat Endapan Lapisan <i>Chrome</i>	59
Tabel 4.5 Nilai Hasil Rerata Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	60
Tabel 4.6. Perhitungan Ketebalan Teoritis Lapisan <i>Chrome</i>	62
Tabel 4.7. Data Penelitiann Ketebalan Aktual	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian Electroplating	18
Gambar 2.2 Rectifier Electroplating	24
Gambar 2.3. Rangkaian <i>Power Supply</i>	25
Gambar 2.4. Bak Pencelupan	27
Gambar 2.5. Larutan Electroplating	36
Gambar 2.6. Struktur Baja Zat Arang	39
Gambar 2.7. Mikroskop Cahaya dengan Electron	41
Gambar 2.8. Pantulan Electron	41
Gambar 2.9. Komponen SEM	42
Gambar 2.10. Contoh Hasil Pengujian Foto	43
Gambar 3.1. Spesimen Pengujian	47
Gambar 3.2.. Diagram Alir Penelitian	48
Gambar 4.1. Rapat Arus	57
Gambar 4.2. Nilai Berat Endapan	59
Gambar 4.3. Nilai Rerata Kekerasan	60
Gambar 4.4. Nilai Ketebalan Teoritis	63
Gambar 4.5. Nilai Ketebalan Aktual	63
Gambar 4.6. Perbandingan Nilai Ketebalan Teoritis dan Aktual	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Tugas Dosen Pembimbing	70
Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian Bengkel Iwan Chrome	71
Lampiran 3. Surat Ijin Pengujian UPT Laboratorium Terpadu UNDIP	72
Lampiran 4. Laporan Hasil Pengujian Kekerasan.....	73
Lampiran 5. Laporan Hasil Pengujian Ketebalan SEM.....	74
Lampiran 6. Proses Electroplating	75
Lampiran 7. Hasil Perubah Tegangan Terhadap Kuat Arus	76
Lampiran 8. Perhitungan Rapat Arus.....	77
Lampiran 9. Perhitungan Berat Endapan Lapisan <i>Chrome</i>	78
Lampiran 10. Perhitungan Prosentase Kenaikan Nilai Kekerasan.....	79
Lampiran 11. Perhitungan Ketebalan Teoritis Lapisan Chrome.....	80
Lampiran 12. Ketebelan Aktul Lapisan <i>Chrome</i>	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang begitu pesat saat ini, mengakibatkan hampir semua peralatan yang ada disekitar kita berasal dari jenis logam. Telah kita ketahui bahan logam mudah sekali mengalami korosi yang pada akhirnya menurunkan kualitas suatu produk yang tidak kita harapkan baik dari segi kekuatan maupun dekoratif. Bahan-bahan yang sering digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah logam seperti besi, baja, nikel, seng dan lain sebagainya. Logam seperti besi dan baja berkarbon rendah akan berkarat jika dibiarkan terus menerus. Maka perlu ada proses untuk melindungi logam dari korosi. Di samping itu, dapat menambah daya tahan gesekan dan menambah kekerasan. Jenis baja karbon rendah yang digunakan salah satunya baja ST 37 yang memiliki kadar karbon 0,12% sampai 0,2%. Material ini dimanfaatkan dalam konstruksi bangunan dan bodi pada mobil.

Rekayasa pelapisan listrik (*electroplating*) telah banyak memberikan kontribusi sebagai alternatif dalam mengatasi peristiwa korosi pada logam. Proses lapis listrik adalah suatu proses pengendapan logam pada permukaan suatu logam atau non logam (benda kerja), secara *Elektrolisa*. Endapan yang terjadi bersifat *adhesif* terhadap logam dasar. Dalam teknologi pengerjaan logam, proses lapis listrik termasuk ke dalam proses pengerjaan akhir (*metal finishing*). Fungsi utama dari pelapisan logam adalah memperbaiki penampilan (*dekoratif*),

misalnya: pelapisan emas, perak, kuningan, dan tembaga. Juga memperbaiki kehalusan atau bentuk permukaan dan toleransi logam dasar, misalnya: pelapisan *ncikel* bentuk *chromium*. Selain itu juga melindungi logam dasar dari korosi baik itu melindungi dengan logam dasar yang kurang mulia seperti pelapisan seng pada baja dan terakhir adalah meningkatkan ketahanan produk terhadap gesekan (*abrasi*), misalnya pelapisan *chromium* keras.

Elektroplating teknologi yang relatif mudah dikerjakan dengan menggunakan peralatan yang sederhana dan membutuhkan pekerja yang relatif sedikit. Dibandingkan dengan proses pelapisan logam yang lain seperti *powder coating* atau *nitriding* membutuhkan lokasi yang luas dan peralatan yang kompleks sehingga membutuhkan tenaga dan biaya besar. Kemudahan ini menarik para wira usahawan untuk bergerak dibidang *elctroplating*. Di dunia industri, bukan hanya kekuatan produk yang diinginkan pasar, tetapi penampilan logam yang menarik akan sangat membantu terhadap keberhasilan produk di pasaran. Dengan kata lain, suatu produk pelapisan logam membutuhkan hasil dengan penampilan yang baik, misalnya dikaitkan dengan penampilan produk yang bagus, mengkilat dan cemerlang.

Electroplating dalam usaha peningkatan kualitas logam sangat berkembang pesat, kerana sesuai dengan permintaan *customer* yang puas terhadap hasil lapisan. Logam yang awalnya berkarat, berminyak, dan banyak noda akan dibersihkan dengan larutan HCL atau disabun setelah itu material dipoles dan dikasih batu ijo supaya mengkilap sebelum di *plating*. Agar dihasilkan lapisan *chrome* yang baik dan sempurna maka perlu pelapisan dasar yaitu *plating*

dengan *nickel* kemudian tahap proses akhir menggunakan larutan *chrome*. Bahkan untuk saat ini tidak hanya material penghantar listrik saja yang bisa dilapisi oleh *chrome*, jenis kayu dan plastik juga bisa dilapisi oleh unsur *chrome* dengan cara memberikan tembaga spray sehingga material yang awalnya bersifat isolator menjadi konduktor yang disebut *etching* dalam ilmu pelapisan logam.

Berdasarkan penelitian Arif Surya Demawan D.P dengan judul “PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LISTRIK DAN WAKTU PROSES ELECTROPLATING TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN KETEBALAN LAPISAN PADA BAJA KARBON RENDAH DENGAN KROM” Menjelaskan bahwa *electroplating* dihasilkan nilai kekerasan yang lebih keras dibandingkan dengan *raw material* dimana nilai kekerasannya 220,94 kg/mm² lebih keras 3,859% dari kekerasan *raw material*, dimana *raw material* sendiri nilai kekerasannya adalah 212,73 Kg/mm². Data tersebut menunjukkan hubungan variasi arus dan waktu diproses *electroplating* memang mempengaruhi kekerasan dimana semakin besar arus listrik dan lamanya waktu yang diberikan akan meningkatkan kekerasan. Ketebalan *spesimen* hasil proses *electroplating* semakin meningkat seiring bertambahnya arus dan waktu yang diberikan atau dapat dikatakan sebanding lurus dengan naiknya arus listrik dan waktu, baik secara teoritis maupun pengamatan mikroskop. Dimana nilai ketebalan tertinggi dengan kuat arus 27,3 ampere dan waktu 15 menit adalah 0,00015 mm dengan perhitungan dan 0,483 hasil pengamatan mikroskop dengan pembesaran 400x. Untuk menyempurnakan penelitian tentang pengaruh kuat arus dan waktu pada baja karbon rendah terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan perlu diteliti

pengaruh parameter yang lain seperti jarak electrode, kekentalan larutan, pengaruh tegangan, dan jenis larutan.

Peningkatan kualitas logam *electroplating* yang digunakan oleh penelitian sebelumnya menggunakan amper kecil sehingga proses perpindahan ion dari anoda ke katoda pengendapannya belum maksimal maka peneliti mencoba menggunakan trafo dengan amper lebih tinggi dengan perubah tegangan. Penelitian yang akan dilakukan berada di bengkel Iwan chrome, di sana menggunakan tegangan tetap dalam proses electroplating dan memiliki trafo yang dilengkapi dengan selektor pengatur tegangan dari tegangan 0V, 4V, 6V, 10V, dan 12V. Trafo dalam proses electroplating perlu bervariasi karena amper listrik bisa mengalami penurunan ketika proses pencelupan.

Ada beberapa hasil penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa, tebal lapisan dan nilai kekerasan pada lapisan chrome mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan tegangan listrik pada waktu pelapisan dengan metode elektroplating (Raharjo, 2010: 12). Massa lapisan aktual rata-rata yang dihasilkan yang dihasilkan dari proses elektroplating sebanding dengan tingkat penambahan rapat arus yang mengalir, temperatur elektrolit secara matematis tidak memiliki pengaruh pada lapisan yang dihasilkan pada suatu proses elektroplating akan tetapi pada praktiknya memiliki dampak yang signifikan (Supriadi, 2013: 7). Dalam penelitian menyatakan bahwa Studi microhardness mengungkapkan kekuatan mekanik kristal yang tumbuh. Studi kekerasan Vicker dan Knoop dilakukan untuk memahami perilaku mekanis kristal lithium klorida glikin. Nomor microhardness Vicker dan Knoop (HV dan HK) untuk kristal ditemukan

untuk beban yang berbeda. Ditemukan bahwa angka-angka ini meningkat dengan meningkatnya beban. Indeks Mayer (n) ditemukan lebih besar dari 1,6 yang memprediksi sifat material lunak. Nilai ketangguhan retak (Kc), ditentukan dari pengukuran panjang retak. Indeks kerapuhan (Bi) ditemukan untuk kristal dewasa. Menggunakan hubungan empiris Wooster, konstanta kekakuan elastis (C11) dihitung dari nilai kekerasan Vicker pada beban yang berbeda. Modulus Young juga dihitung dari nilai kekerasan mikro Knoop. (Suresh Sagadevan and R. Varatharajan, 2013)

Sehingga peneliti mencoba melakukan eksperimen “***Electroplating Chrome Baja ST 37 dengan Perubahan Tegangan Listrik 6V, 10V, Dan 12V Terhadap Kekerasan dan Ketebalan***” Diharapkan hasil penelitian, menunjukkan nilai kekerasan permukaan dan ketebalan lapisan *Chrome* meningkat, berdasarkan dari hasil uji *Vickers* dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dimana semakin meningkat tegangan yang digunakan dan bertambahnya titik distribusi arus maka *Elektrolisa* perpindahan ion-ion larutan semakin banyak dan endapan pada permukaan semakin tebal. Dari hasil uji *Vickers* mendapatkan beban injakan penetrator dan diagonal injakan penetrator beban yang dapat untuk mengetahui nilai kekerasan dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) mendapat data berupa foto lapisan yang diperbesar dan skala pengukuran sebagai perhitungan nilai ketebalan lapisan *chrome* yang dihasilkan oleh *electroplating*.

1.2. Identifikasi Masalah

Dalam penelitian ini menjelaskan bahwa faktor-faktor ini mempengaruhi dalam *electroplating*, diantaranya:

1. Pelapis yang dapat digunakan dalam proses elektroplating meliputi nikel dan chrome.
2. Semakin besar tegangan travo yang digunakan maka semakin besar arus listrik yang mengalir berdasarkan Hukum Ohm.
3. Waktu pencelupan *electroplating* mempengaruhi banyaknya perpindahan ion-ion yang mengendap pada permukaan benda kerja.
4. Benda kerja yang digunakan dalam penelitian Baja ST 37.
5. Larutan *electroplating* dapat menyalurkan arus listrik dan ion-ion logam yang berbentuk pada anoda, mengandung bahan-bahan terlarut yang sangat diperlukan dalam proses lapis listrik. Suhu larutan pada *electroplating* bersenyawa pada suhu dari 45⁰-85⁰C.
6. Pengujian yang dapat dilakukan pada lapisan elektroplating chrome meliputi kekerasan menggunakan vikers dan ketebalan menggunakan SEM.

1.3. Batasan Masalah

Pada proses pelapisan elektroplating permasalahan dalam penelitian ini menjadi jelas dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan maka dilakukan pembatasan beberapa masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Pada penelitian ini material logam yang digunakan adalah pelat baja karbon rendah (Baja ST 37) dengan ukuran pelat 50 mm x 40 mm
2. Pada penelitian ini untuk mendapatkan variasi kuat arus yang digunakan yaitu 10-300 A.

3. Tegangan yang digunakan 6-12V.
4. Waktu pelapisan 2 menit.
5. Jarak anoda dengan katoda 150 mm.
6. Pemolesan yang dilakukan adalah secara manual.
7. Larutan yang digunakan untuk mencuci adalah asam klorida.
8. Pengujian terhadap sifat mekanik dengan kekerasan vickers dan pengukuran ketebalan lapisan chrome menggunakan alat uji SEM.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan indentifikasi masalah, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *electroplating chrome* pada Baja ST 37 dengan perubah tegangan listrik 6V, 10V, dan 12V terhadap kekerasan?
2. Bagaimana pengaruh *electroplating chrome* pada Baja ST 37 dengan perubah tegangan listrik 6V, 10V, dan 12V terhadap ketebalan permukaan *chrome*?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai peneliti dalam penelitian ini:

1. Untuk membuktikan pengaruh *electroplating chrome* pada Baja ST 37 dengan perubah tegangan listrik 6V, 10V, dan 12V terhadap kekerasan.
2. Untuk melihat pengaruh *electroplating chrome* pada Baja ST 37 dengan perubah tegangan listrik 6V, 10V, dan 12V terhadap ketebalan permukaan *chrome*.

1.6. Penegasan Istilah

Dalam judul penelitian ini memuat beberapa kata, untuk menghindari salah pengertian dalam judul ini, maka perlu adanya penegasan istilah untuk memperjelas makna dari judul skripsi ini, yaitu :

1. Elektroplating

Elektroplating didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. (Purwanto dan Huda, 2005: 5).

2. Kuat arus

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan salah satu variabel yaitu kuat arus, berdasarkan hukum faraday banyaknya endapan sebanding dengan kuat arus.

3. Ketebalan

Pengukuran ketebalan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui tebal lapisan chrome yang menempel pada benda kerja pada kondisi tertentu, pengukuran disini menggunakan alat Uji SEM.

4. Berat lapisan

Berat endapan disini adalah banyaknya logam yang terlapisi membentuk lapisan atau deposit pada katoda dan dinyatakan dalam hukum faraday I, yaitu berat endapan (W) sebanding dengan kuat arus (I) dan waktu pelapisan (t). Hukum Faraday II menyatakan berat endapan tergantung dari jenis logam yang dinyatakan sebagai berat ekuivalen (Purwanto, 2005 : 8).

5. Baja ST 37

Baja Karbon dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu: baja karbon tinggi (C 0,7 – 1,7%), baja karbon sedang (C 0,3 – 0,7%) dan baja karbon rendah memiliki (C < 0,3%). Baja karbon rendah memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang baik dan digunakan untuk tujuan konstruksi atau struktural, seperti : jembatan, bangunan gedung, kendaraan bermotor (Smallman dan Bishop, 2000: 326). Spesimen menggunakan Baja ST 37 yang tergolong baja karbon rendah.

1.7. Manfaat Penelitian

Adanya penelitian mengenai pengaruh waktu temper terhadap nilai kekuatan tarik pada material baja, dapat diambil manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai masukan bagi kalangan akademis dan praktisi khususnya dibidang teknik electro mengenai perubahan tegangan electroplating chrome terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan pada baja ST 37.
2. Merupakan langkah awal bagi penelitian sejenis yang ingin mengadakan penelitian yang lebih mendalam.
3. Meningkatkan pengetahuan dan wawasan di bidang *electroplating* dan pengujian baja bagi peneliti.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Menurut Sugiyarta et al. (2012: 23), “Pelapisan logam adalah suatu cara yang diberikan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan di mana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan maupun ketahanannya serta tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan pada sifat fisiknya”. Pelapisan logam memang memiliki banyak metode, salah satunya adalah dengan cara elektroplating. Elektroplating didefinisikan sebagai “perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam”(Sutomo et al., 2010:13). Ion logam tersebut berasal dari elektrolit dan juga berasal dari logam pada anoda yang terlarut pada elektrolit. Pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. “Elektron adalah bagian dari suatu atom yang mempunyai massa sangat kecil dan bermuatan negatif. Proton merupakan massa atom yang menentukan massa atom dan bermuatan positif. Sedangkan neutron merupakan partikel bermassa namun tidak bermuatan”(Sutomo et al., 2010:13).

Persamaan penelitian yang dilakukan oleh Novizal, Eva Rediawati dengan judul “Pelapisan Ni-Co Pada Baja St 37 Menggunakan Metode Elektroplating Dengan Perlakuan Panas” Dilakukan, pelapisan Ni-Co pada substrat Baja ST 37 tebal 0,080 dan 0,010cm dengan metode electroplating Ni-strike dan electroplating Ni-watt, menggunakan arus sebesar 500 mA/cm²,

temperatur ruang, dan dalam ruang asam selama 30 detik, untuk membentuk lapisan Ni perekat pada substrat. Untuk electroplating Ni-watt menggunakan arus sebesar 20 mA/cm^2 , temperatur 50°C didalam wáter bath selama 120 menit. Selama proses electroplating, larutan elektrolit tetap diaduk menggunakan magnetic stirrer menjaga homogenitas larutan. Sumber larutan elektrolit diperoleh dari NiSO_4 , dan Cl dalam NiCl_2 berfungsi meningkatkan konduktivitas larutan dan keseragaman distribusi ketebalan lapisan. Perlakuan panas dilakukan pada suhu 1000°C selama 5 jam dalam gas iner (Argon) agar tercapai perubahan yang diinginkan, terjadinya difusi antara Fe dan Ni-Co yang melapisi, sehingga Fe dan lapisan Ni-Co dapat berikatan menjadi satu senyawa yang kuat, dan mendapatkan kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi.

Penelitian tentang pengujian sifat fisis dan mekanis sambungan lapisan telah banyak dilakukan, beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan antara lain Supriadi, Zulhanif dan Khoiril (2013: 30) dengan judul “Pengaruh Rapat Arus dan Temperatur Elektrolit Terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda Pada Elektroplating Tembaga Untuk Baja Karbon Sedang”. Dari penelitian, didapatkan Massa lapisan aktual rata-rata yang dihasilkan dari proses elektroplatin sebanding dengan tingkat penambahan rapat arus yang mengalir. Untuk setiap varian data rapat arus yang berbeda, didapat nilai efisiensi katoda optimum pada proses pelapisan bertemperatur 40°C , yakni berkisar pada tingkat 90 – 97,78 %. Secara keseluruhan, efisiensi katoda maksimum didapat pada kondisi pelapisan dengan rapat arus 3 A/dm^2 dengan temperatur elektrolit 40°C , yakni sebesar 97,78 %. Secara tinjauan ketebalan lapisan, lapisan aktual dan teoritis mengalami

penyimpangan harga sebesar 0,42 – 18,37 %. Nilai penyimpangan terkecil pada kondisi pelapisan dengan rapat arus 3 A/dm² dengan temperatur elektrolit 40°C, yakni sebesar 0,42 %, dan penyimpangan terbesar pada rapat arus 2 A/dm² bertemperatur 40 dan 50°C, yakni sebesar 18,37 %.

Persamaan penelitian yang dilakukan Supriadi, Zulhanif dan Khoiril dengan peneliti adalah pelapisan dilakukan dengan menggunakan metode elektroplating dan pengujian terhadap sifat fisis dengan menggunakan uji struktur mikro lapisan, Perbedaanya adalah menggunakan media pelapis yang berbeda dan jenis bahan yang digunakan. Destyorini, Eni dan Kemas (2013: 51) dengan judul “Pelapisan NiCo/Cr dengan Gabungan Teknik Elektroplating dan Pack-Cementation untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi dan Kekerasan Baja Karbon Rendah”. Dari penelitian, didapatkan Kegiatan penelitian ini berhasil mendeposisikan lapisan NiCo dengan tebal ± 47 μm dan lapisan tipis Cr di atas permukaan baja karbon rendah. Lapisan NiCo/Cr dideposisikan dengan gabungan teknik elektroplating dan pack-cementation. Lapisan ini terbukti dapat meningkatkan kekerasan dari substrat baja dan bersifat protektif, dapat menurunkan laju korosi baja karbon dalam lingkungan korosif HCl pekat dari 7,5 mm/year menjadi 0,67 mm/year, sehingga ketahanan korosi dan performa baja karbon rendah meningkat.

Persamaan penelitian yang dilakukan Yudi Nur Sukmayadi, Hadromi, dan Karnowo menyatakan dalam penelitian menunjukkan terjadi peningkatan antara hasil prestasi belajar materi elektroplating setelah menggunakan model belajar kooperatif tipe *jigsaw* pada mata kuliah korosi dan teknik pelapisan. Rata-

rata (pre test) sebesar 46,16 dan nilai rata-rata setelah (post test) sebesar 74,76. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan model belajar kooperatif tipe *jigsaw* dalam pembelajaran materi elektroplating telah berjalan dengan baik karena prestasi belajar mahasiswa mengalami peningkatan 61,9 % dibandingkan sebelum menggunakan model belajar kooperatif tipe *jigsaw*.

Persamaan penelitian yang dilakukan Destyorini, Eni, dan Kemas dengan peneliti adalah pelapisan dilakukan dengan menggunakan metode elektroplating dan benda kerja yang di lapis, Perbedaannya adalah menggunakan media pelapis yang berbeda dan pengujian lapisan menggunakan uji ketahanan korosi. Sutomo, Senen, Rahmat (2012: 12) dengan judul “Pengaruh Arus dan Waktu Pada Lapisan Nikel Dengan Elektroplating Dengan Bentuk Plat”. Dari penelitian, didapatkan terhadap berat logam nikel yang terlapis. Pada lama waktu pelapisan yang sama dan luas permukaan benda kerja yang sama dengan beberapa kali percobaan, dimana setiap kali percobaan arus yang digunakan semakin naik maka berat hasil pelapisan nikel akan semakin naik. Besar arus yang digunakan sama dan luas permukaan benda kerja yang sama, dengan melakukan beberapa kali percobaan, dimana setiap kali percobaan lama waktu pelapisan yang digunakan semakin naik maka berat hasil pelapisan nikel akan semakin naik. Setiap kali percobaan yang dilakukan dapat dilihat bahwa setiap kali rapat arus yang digunakan semakin naik maka besar ketebalan pelapisan logam nikel yang terjadi akan semakin naik pula. Hal ini berarti rapat arus berbanding lurus dengan tebal logam yang terlapis. Dari setiap kali percobaan yang dilakukan dapat dilihat bahwa setiap kali rapat arus yang digunakan semakin naik maka besar laju ketebalan pelapisan logam nikel

yang terjadi akan semakin naik pula. Hal ini berarti rapat arus berbanding lurus dengan laju ketebalan logam nikel yang terlapis.

Persamaan penelitian yang dilakukan Sutomo, Senen, Rahmat dengan peneliti adalah pelapisan dilakukan dengan menggunakan metode elektroplating, benda kerja yang di lapis dan pengujian sifat fisis lapisan yang dilakukan, sedangkan perbedaannya adalah menggunakan media pelapis yang berbeda. Aisyah (2011: 28). Dalam jurnalnya yang berjudul “Perubahan Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Pada Pengelasan Drum Baja Karbon Wadah Limbah Radioaktif” mengatakan bahwa, Perubahan struktur mikro terjadi karena adanya siklus termal yaitu pemanasan yang diikuti dengan pendinginan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pengamatan struktur mikro. Akan tetapi peneliti tidak menggunakan perlakuan panas ataupun perlakuan pendinginan yang signifikan. Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa tidak terjadi perubahan struktur mikro lapisan dalam penelitian ini.

Adyani (2011) menyatakan bahwa ketebalan lapisan akan semakin meningkat seiring dengan naiknya kuat arus dan bertambahnya titik distribusi arus, hasil kekerasan permukaan berdasarkan hasil uji kekerasan vickers akan semakin meningkat dengan naiknya kuat arus dan bertambahnya titik distribusi arus.

Sejak Arhenius mengemukakan adanya hubungan antara zat dan listrik, serta pengukuhan dugaan ini oleh Faraday dengan percobaan percobaan elektrolisa. Lahirlah ilmu yang merupakan campuran antara ilmu kimia dan ilmu listrik. Ilmu ini dinamakan ilmu elektrokimia. Salah satu penggunaan dalam

industri adalah *galvanoteknik*. *Galvanoteknik* adalah pelapisan logam pada benda yang terbuat dari logam atau benda yang terbuat dari bahan konduktif, dengan maksud sebagai hiasan maupun perbaikan mutu.

Pada umumnya pelapisan logam sudah lazim menggunakan istilah vernikel, verkrom dan semacamnya. Pelapisan nickel, tembaga, *chrome*, memang sudah populer. Sebenarnya, justru seng dan timah yang didunia ini paling banyak untuk pelapisan: kawat, baja dan banyak lagi. Banyaknya dilakukan di industri menyebabkan pelapisan seng dan timah lebih dianggap dan dimasukan ke dunia industri baja daripada ranah *electroplating* populer. Didunia plating, yang populer justru tembaga, *nickel* dan *chrome*. Berbagai barang rumah tangga, meubel, alat dapur, alat sport, alat tulis, konstruksi dan pagar rumah mewah, sepeda, kendaraan bermotor, tidak ada yang bebas vernikel atau verkrom. Setiap hari ditemui dan digauli maka pelapisan dekoratif protektif tembaga nikel chrome paling dikenal akrab.

Ketiga logam tersebut hanya untuk finishing logam bertujuan *dekoratif protektif*. Masing-masing tersendiri. Tembaga banyak digunakan untuk pelapis dasar, sebelum *divernikel* atau *verchrome*. *Nickel*, dengan atau tanpa lapis dasar tembaga, dipakai untuk berbagai bidang teknik dan rekayasa, *electroforming* (tahan aus dan korosi) dan banyak lagi. *Chrome* dimanfaatkan untuk aneka maksud. “*Hard chrome plating*” banyak dipakai di industri untuk memperoleh kekerasan tinggi.

Dalam kehidupan sehari-hari pula kita menjumpai begitu banyak material rekayasa: logam, plastik, dan keramik merupakan beberapa dari istilah-istilah

generik yang kita gunakan untuk menerangkan material-material tersebut. Ukuran bendanya mungkin saja sangat kecil, seperti misalnya *microchip silikon*, atau besar, seperti konstruksi pelat baja lasan pada jembatan gantung. Kita mengakui, bahwa material-material yang begitu beragam tersebut merupakan bagian dari peradaban kita dan yang sangat mempengaruhi adalah karakternya, seperti misalnya pengaruh besi cor dalam Revolusi Industri. Cara kita menggunakan, atau menyalah gunakan, material jelas juga berpengaruh terhadap masa depan material tersebut. Kita harus menyadari, bahwa permasalahan-permasalahan global yang saling berkaitan dan sangat meresahkan mengenai pemanfaatan energi dan pengendalian lingkungan masing-masing memiliki “Dimensi Material” yang substansial dan tak terelakkan.

2.2. Landasan Teori

1. Electroplating

Lapis listrik atau *electroplating* adalah suatu proses pengendapan logam pada permukaan suatu logam atau non logam (benda kerja), secara *Elektrolisa* yaitu suatu proses yang dilakukan dengan bantuan bejana berisi larutan elektrolit dengan konsentrasi tertentu yang berfungsi sebagai tempat proses itu terjadi atau sebagai sel elektrolisanya. Pada larutan elektrolit ini tercelup paling sedikit ada dua elektroda yang salah satunya berfungsi sebagai kutub positif (+) atau dikenal sebagai anoda dan yang lain berfungsi sebagai kutub negatif (-) atau katoda. Keduanya dihubungkan dengan arus searah untuk memperoleh perbedaan

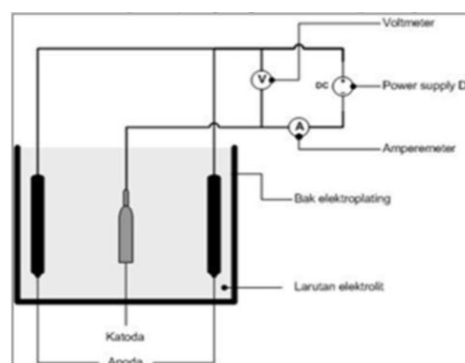
tegangan antara kedua elektroda yang dipasang dengan tujuan agar proses elektrolisa berlangsung berkelanjutan.

Beberapa sifat dari elektrolisa adalah:

1. Anoda
 - a. kutup positif
 - b. Terjadi pelepasan electron keluar sirkuit
 - c. Terjadi reaksi penguraian logam menjadi ion yang kemudian larut dalam larutan atau disebut sebagai reaksi oksidasi.
2. Katoda
 - a. Kutup negatif
 - b. Menarik electron dari luar sirkuit
 - c. Terjadi reaksi pengendapan logam yang berasal dari larutan elektrolit atau proses reduksi

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pelapisan.

Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses pelapisan, factor-faktor penunjangnya harus sesuai dan terkontrol dengan baik. Seperti: larutan elektrolit, rapat arus (hukum faraday), pemilihan jenis pelapis, kondisi operasi, efisiensi arus, hukum ohm dan reaksi pada katoda dan anoda.



Gambar 2.1. Rangkaian *Electroplating*
Sumber: Indrawan satoto P. 2018.

2. Larutan *Electrolit*

Larutan *electrolit* adalah salah satu media yang dapat digunakan untuk proses pelapisan listrik yang dapat menyalurkan arus listrik dan ion-ion logam yang berbentuk pada anoda, harus mengandung bahan-bahan terlarut yang sangat diperlukan dalam proses lapis listrik. Seperti garam-garam logam yang akan digunakan untuk pelapisan, bahan sebagai *buffer* dan bahan tambah sebagai adiktif. Juga ditambahkan bahan-bahan tertentu untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dari proses pelapisan.

3. Pengaruh Tegangan Terhadap Kekerasan dan Ketebalan

Lapisan proses pengendapan electroplating dipengaruhi oleh beda potensial antara larutan dan benda kerja sebagai katoda. Yang disebabkan oleh adanya energi listrik dari sirkuit luar yang dialirkan masuk ke dalam larutan melalui perantara anoda dan katoda. Proses pengendapan ion-ion *chrome* pada waktu proses pelapisan sangat dipengaruhi oleh rapat arus yang merupakan ukuran besar energi yang dimasukkan ke dalam larutan.

Electrolisa yang terjadi pada larutan, akibat adanya beda potensial aliran arus listrik ion-ion *chrome* mengendap pada benda kerja yang berunsur Fe (besi) yang memiliki sifat liat dan ulet akan terlapisi oleh unsur *chrome* yang memiliki sifat keras. Maka permukaan benda kerja menjadi keras. Semakin besar tegangan yang dipakai, maka akan meningkatkan rapat arus listrik sehingga ion-ion *chrome* semakin tebal yang mengendap pada permukaan benda kerja.

4. Tegangan Listrik (Voltage)

Prinsip dasar dari proses lapis listrik adalah berpedoman atau berdasarkan hukum faraday menyatakan :

1. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
2. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa adalah sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut.

Hukum faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus terjadi pada pelapisan listrik. Efisiensi arus listrik adalah perbandingan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen (%) (hukum Ohm). Tegangan yang digunakan dalam *electroplating* dapat divariabelkan antara 6 Volt sampai dengan 12 Volt sedang amperenya berbanding lurus kecil atau besar dengan tegangannya, maksudnya adalah bila luas permukaan benda kerja bervariasi, maka rapat aruslah yang menyesuaikan dengan besar-kecilnya voltage, bila dengan sistem bak asam kromat, efisiensi arus platingnya rendah, laju deposisi tetap besar karena tegangan yang digunakan pada posisi paling besar, pada temperatur yang tinggi daya larut bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan konduktivitasnya tinggi serta menambah mobilitas ion logam, tetapi viskositas menjadi berkurang, sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya (tomijiro, 1992).

5. Hukum Ohm

Untuk mengetahui arus listrik yang dibutuhkan dapat dicari dengan menggunakan Hukum Ohm yang dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana: I = Arus yang mengalir (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Tahanan (Ohm)

Dengan menaikkan tegangan, arus yang mengalir juga akan bertambah, yang terbaca pada amperemeter yang terpasang pada rangkaian. Pada umumnya lapis listrik membutuhkan tegangan sebesar 6 – 12 Volt dan untuk rapat arus tergantung pada proses yang akan dilakukan.

6. Rapat Arus (Hukum *Faraday*)

Rapat arus adalah arus total yang mengalir melalui sel menghasilkan perhitungan jumlah logam yang diendapkan secara keseluruhan. Rapat arus dapat dicari dari arus yang mengalir dibagi oleh permukaan permukaan spesimen.

$$j = \frac{I}{A_0}$$

Dimana: j = Rapat arus (A/dm²),

I = Arus listrik (A)

A₀ = Luas Penampang (dm²)

7. Berat Endapan Lapisan *Electroplating*

Ketebalan rata-rata akan tergantung kepada berat total logam yang diendapkan dan luas permukaan dimana endapan tersebut menyebar. Yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F}$$

Berdasarkan buku saku *electroplating*.

dimana : W = Berat endapan (gram),

I = Arus listrik (Ampere)

t = Waktu proses (menit),

A = Berat atom

z = Valensi

F = Bilangan faraday = 96.500 coulomb

Harga A untuk logam-logam tertentu: Ni = 19,0. Cr = 52. Zn = 14,3. Ag= 6,2.

Dari rumus di atas dapat dicari volume pelapisan dinyatakan dengan rumus :

$$V = \frac{W}{\rho}$$

Dimana: W = Berat (gram),

V = Volume (dm^3)

ρ = Berat Jenis (gram/dm^3)

Dan ketebalan lapisan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\# = \frac{V}{L}$$

Dimana: $\#$ = Tebal lapisan (μm)

V = Volume (dm^3)

L = Luas (dm^2)

Sehingga perhitungan tebal lapisan electroplating adalah

$$\# = \frac{J \cdot t \cdot A \cdot \text{Eff} \cdot 6000000}{\rho \cdot z \cdot F}$$

dimana : $\#$ = Tebal lapisan (μm)

J = Rapat arus listrik (A/dm^2)

t = Waktu proses (menit),

A = Berat atom (g/mol)

z = Valensi

F = Bilangan faraday = 96.500 coulomb H

Eff = 15%

8. Unsur *Chrome*

Chrome adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cr dan nomor atom 24. Ia adalah unsur pertama dalam golongan 6. Ia adalah logam berwarna abu-abu seperti baja, berkilau, keras dan rapuh yang memerlukan pemolesan tinggi, tahan pengusaman, dan memiliki titik lebur tinggi.

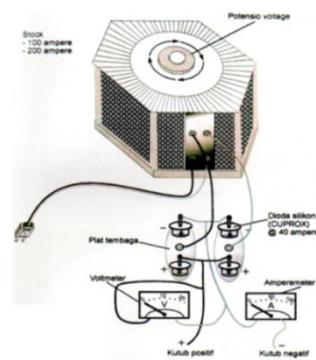
Padua logam kromium bernilai tinggi karena ketahanannya yang tinggi terhadap korosi dan kekerasannya. Pengembangan utamanya adalah pengungkapan bahwa baja dapat dibuat sangat tahan korosi dan pengusaman dengan penambahan kromium logam untuk membentuk baja nirkarat. Baja nirkarat dan pelapisan krom (*electroplating* serta kromium) secara gabungan adalah 85% dari penggunaan komersial.

9. *Chemical Heat Treatment*

Suatu usaha peningkatan kualitas logam dengan cara penambahan unsur logam tertentu pada temperatur dibawah suhu kritis. Beberapa contoh proses *Chemical Heat Treatment* adalah nitriding, carburishing, dan electroplating. Logam memiliki sifat : keras, liat, penghantar listrik, penghantar panas, titik molting dan density. Untuk merubah sifat logam menjadi keras bisa melalui *electroplating chrome*. Larutan *chrome* bisa melekat pada permukaan logam apabila terjadi elctrolisa larutan adaya beda potensial. Sehingga beberapa faktor yang mempengaruhi arus listrik, waktu proses (menit), berat atom, dan valensi. Artinya semakin banyak endapan yang melekat maka semakin keras permukaan logam.

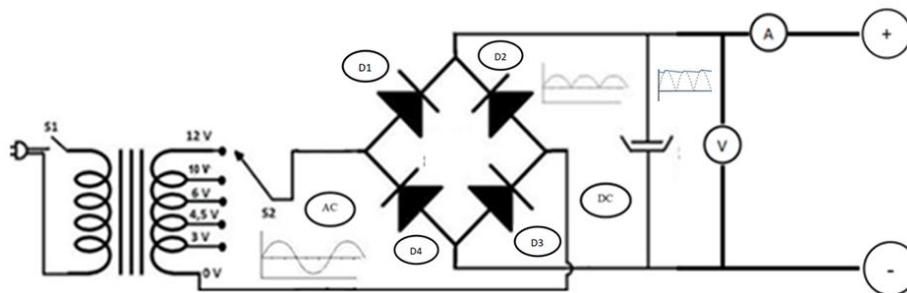
10. Alat Listrik

Proses pelapisan logam terjadi karena adanya perpindahan partikel logam yang ada pada plat pelapis atau plat Anoda yang berpindah menempel pada logam yang dilapis dengan bantuan arus listrik dan dengan media perpindahan cairan senyawa obat yang mempunyai sifat unsur pelebur sesuai logam yang sesuai logam yang akan dipindahkan atau melapisi (plat anoda) ke logam yang dilapisi (plat katoda). Untuk mendapatkan pelapisan yang baik, maka alat-alat listrik harus sesuai dan dalam kondisi baik tiap harinya., karena faktor penentu terbesar dari baik dan tidaknya pelapisan salah satunya ditentukan oleh kelistrikan termasuk besarnya kuat arus (ampere) pada trafo atau rectifiernya. Trafo atau rectifier yang akan digunakan minimal mempunyai kuat arus 100 Amper, kecuali bahan yang akan kita lapis kecil, kita bisa gunakan dibawah 100 Ampere sampai 20 ampere. Kebanyakan perusahaan chrome 600 Ampere lebih, bengkel *chrome* kecil kebanyakan menggunakan 100 Ampere sampai 300 Ampere, karena kapasitas produksinya lebih kecil. Berikut ini contoh jika kita ingin merancang sendiri trafo untuk *chrome*.



Gambar 2.2. *Rectifier Electroplating*
 Suber: Indrawan satoto P. 2018.

11. DC Power Supply (Adaptor)

Gambar 2.3. Rangkaian *Power Supply*

Sumber: Irving M. Gottlieb. 1998.

Transformator atau disingkat dengan tratro yang digunakan untuk DC power supply adalah transformer jenis step-down yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronik yang terdapat pada rangkaian adaptor (DC power supply). Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang terdiri dari 2 bagian utama yang berbentuk lilitan yaitu lilitan primer dan lilitan sekunder. Lilitan primer merupakan input dari transformator sedangkan output dari transformator masih berbentuk arus bolak-balik (arus AC) yang harus diproses selanjutnya.

Rectifier atau penyearah gelombang adalah rangkaian elektronik dalam power supply yang berfungsi untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC setelah tegangannya diturunkan oleh transformator step-down. Rangkaian rectifier biasanya terdiri dari komponen diode. Seperti yang kita lihat pada gambar diatas, keempat Dioda yang diberi label D1, D2, D3 dan D4 disusun secara “seri berpasangan” dengan hanya dua dioda saja yang melewatkan arus satu sisi sinyal atau arus setengah siklus gelombang (*half cycle*). Pada saat sisi sinyal positif (+) diberikan ke Input-1 dan sinyal negatif (-) diberikan ke Input-2 Dioda bridge, rangkaian internal D1 dan D2 akan berada dalam kondisi Forward

Bias sehingga melewati sinyal positif tersebut, sedangkan D3 dan D4 akan berada dalam kondisi Reverse Bias yang menghambat sinyal sisi negatifnya. Kemudian pada saat sinyal berubah menjadi sinyal negatif (-) yang diberikan ke Input-1 dan sinyal positif (+) ke Input-2 Dioda bridge maka D3 dan D4 akan berubah juga menjadi kondisi Forward Bias yang melewati sedangkan D1 dan D2-nya menjadi reverse bias yang menghambat sinyal sisi negative.

Hasil dari penyearah gelombang penuh. Kemudian arus yang sudah menjadi arus searah akan melewati komponen kapasitor yang berfungsi sebagai filter. Filter digunakan untuk meratakan sinyal arus searah keluar dari rectifier. Pada sinyal positif dan negatif dipasang volt meter untuk mengetahui tegangan yang bekerja serta salah satu sinyal dipasang amper meter untuk mengetahui berapa arus listrik yang mengalir pada penghantar.

12. Bak Cairan Obat

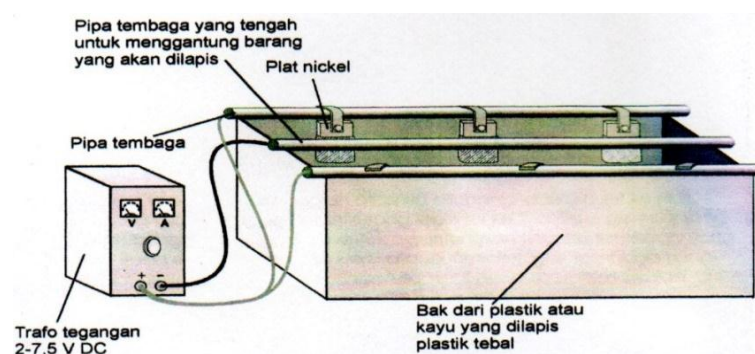
Bak digunakan untuk menampung cairan senyawa obat yang berfungsi sebagai media penghantar dalam proses perpindahan partikel logam. Bak yang dapat digunakan ialah bak yang terbuat dari 0% unsur logam atau isolator. Misalnya:

1. Bahan plastik
2. Bahan fiber glass
3. Bahan karet
4. Bahan keramik penuh tidak ada sambungan semen

Ukuran bak dibuat sesuai dengan kebutuhan kita dan kuantitas senyawa obat *chrome* disesuaikan dengan besar kecilnya barang logam yang akan kita lapis.

Misal bila kita akan melapis chrome bagian-bagaian sepeda motor kecuali rangka atau chasis, maka kita ukur dengan meteran dari yang paling besar swing arms atau lengan ayun, dari hasil hitungan ternyata 100 liter saja cukup, maka lainnya pun pasti cukup, dengan ketentuan semua bagian barang yang dilapis harus dalam kondisi kecelup atau masuk ke cairan obat semua.

Pada kondisi sisi panjang bak kita kaitkan dari pipa dari tembaga berdiameter 2 cm yang dihubungkan ke kutub positif trafo dan digantungkan plat anoda, atau juga bisa langsung dengan kabel kawat tembaga bisaa yang langung digantungi plat anoda. Bak *nickel* dibagian tengah memakan waktu cukup lama. Pipa tembaga yang dikaitkan pada tengah bak *nickel* ini dihubungkan ke kutub negatif. Sedangkan untuk bak celup bak *chrome*, kutub negatifnya cukup dihubungkan ke kabel kawat tembaga yang besar atau kabel serabut yang berdiameter besar. Kemudian dalam proses pencelupan kita pegang saja karena prosesnya hanya beberapa detik saja dibawah ini gambar tiga buah bak yang akan kita perlukan dalam proses pencelupan yaitu *nickel* dan *chrome*.



Gambar 2.4. Bak Pencelupan
Sumber: Indrawan satoto P. 2018.

13. Pemilihan Jenis Pelapis

Logam-logam yang umum digunakan sebagai logam pelapis pada proses lapis listrik antara lain adalah: *Chrome*, Perak, Seng, Tembaga, Emas, Nikel. Yang sering digunakan sebagai bahan pelapis adalah kuningan dan perunggu.

Pemilihan jenis logam pelapis berdasarkan:

1. Tujuan pelapisan, yang dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

a. Untuk menambah daya tahan terhadap korosi

Contoh : pelapisan nikel, pelapisan seng.

b. Untuk mendapatkan sifat permukaan yang lebih atau yang tidak dimiliki oleh logam induk yang dilapisi.

Contoh : Lapis nikel untuk mengkilapkan benda kerja, lapis chrome keras untuk meningkatkan kekerasan permukaan, lapis chrome untuk meningkatkan sifat pelumasan komponen.

2. Fungsi dari benda yang akan dilapisi. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan logam pelapis antara lain:

3. Faktor lingkungan, harus sesuai dengan fungsi, kondisi kerja dan tempat komponen tersebut bekerja.

4. Bentuk dari benda kerja yang akan dilapisi sesuai desain dan benda kerja.

5. Umur pelayanan, umur komponen yang direncanakan dengan kondisi kerja standart sangat menentukan pemilihan logam pelapis untuk menjaga keawetan, keamanan dan ketelitian kerja suatu komponen.

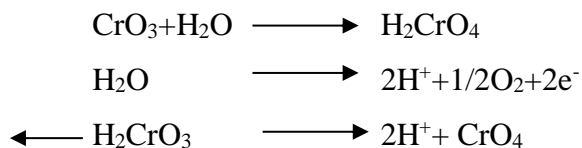
6. Logam dasar yang dilapisi, supaya chrome dapat menempel dengan baik pada baja, baja harus dilapisi dengan nikel terlebih dahulu. Kondisi Operasi Kondisi

operasi sangat mempengaruhi proses elektrolisa terutama hasil endapan yang dihasilkan. Berdasarkan pernyataan Ir. S. Juanda, bahwa penggunaan rapat arus yang semakin tinggi pada proses pelapisan, semakin besar pula laju pengendapan yang terjadi pada proses tersebut. Akibatnya, akan didapat struktur endapan yang kasar dan tidak homogen.

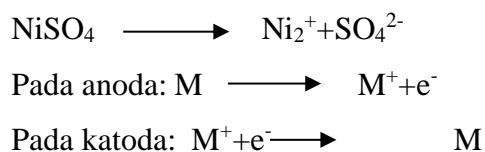
14. Efisiensi Arus

Dalam proses, jumlah perubahan kimia pada sistem akan sebanding dengan jumlah arus yang mengalir. Yang mengalami proses perubahan kimia yaitu :

- a. Pada larutan chrome terjadi penguraian asam kromat



- b. Pada garam logam yang akan diendapkan, terjadi penguraian garam-garam logam menjadi ion logam dan garamnya. Misalnya: Pada larutan nikel terjadi penguraian Nikel Sulfat



Yang sangat berpengaruh pada produk hasil pelapisan adalah perubahan kimia pada pelapis karena menentukan ketebalan dari pelapis. Efisiensi berat yang ada adalah sebesar:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Berat endapan sebenarnya}}{\text{berat endapan teoritis}}$$

Sehingga dapat kita ketahui efisiensi arus yang terdapat pada proses ini.

Efisiensi arus = Efisiensi berat

$$\frac{\text{Arus untuk pengendapan}}{\text{arus terpasang pada proses}} = \frac{\text{berat endapan sebenarnya}}{\text{berat teoritis sebenarnya}}$$

15. Reaksi pada Katoda dan Anoda

Reaksi yang terjadi pada kedua elektroda adalah :

1. Anoda, Reaksi kimia yang terjadi: $\text{Cr} \longrightarrow \text{Cr}^+ + \text{e}^-$ Ion-ion yang terbentuk yaitu ion logam chrome positif dan elektron sebagai hasil uraian dari anoda. Ion logam akan masuk ke dalam larutan sedangkan elektron akan menuju sirkuit luar. Karena adanya suplai ion logam dari anoda, ion logam yang ada pada larutan elektrolit tetap stabil walaupun ion logam ini diambil untuk proses pengendapan pada katoda. Anoda akan berkurang volumenya.
2. Katoda, reaksi yang terjadi pada katoda: $\text{Cr}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}$ Endapan yang timbul pada katoda ini berasal dari ion-ion chrome yang bergabung dengan elektron yang berasal dari sumber arus.

16. Mesin

Mesin yang paling utama disini adalah sebuah motor berkekuatan minimal 1pk dengan kecepatan putaran minimal 2800 rpm, dengan catatan semakin kuat dan cepat putaran motor, semakin baik. Tetapi jangan terlalu berlebihan bisa membahayakan sipemakai. sedangkan penggunaan motor dengan tenaga dan putaran kecil akan mengurangi kualitas hasil kerja dan efisiensi waktu. Kekuatan motor yang standard digunakan 1 phase atau 3 phase, tenaga 1pk sampai 3 pk, kecepatan 2800 rpm sampai 3000 rpm. motor tersebut akan kita pasang pada kaki atau dudukan yang terbuat dari pipa besi sepanjang 1meter dan

yang ditanam dalam tanah dengan panjang 20 cm, jadi 80 cm tinggi tiang dan 20 cm masuk tanah.

Penanaman pipa besi menggunakan campuran semen, batu kecil-kecil atau kerikil dan pasir jangan lupa air. Kaki atau dudukan ini dapat kita pesan pada tukang las. Tujuan digunakan kaki atau dudukan seperti ini adalah supaya kita mendapatkan ruang bergerak yang lebih leluasa untuk mengerinda ataupun memoles. Pada as motor kita pasang ulir, yaitu as besi isi yang kita buat membentuk kerucut dan berulir, dalam hal ini ulir harus ulir kiri karena untuk memberi lawan arah putaran yang kekanan atau searah jarum jam. Jika arah kekanan dan ulir juga ulir kanan maka yang terjadi kain poli yang kita pasang akan lepas terus jika dihidupkan. Guna ulir ini sebagai rumahan bagi kain poli untuk memoles dan menggerinda logam yang perlu dibersihkan. Selain menggunakan besi ulir, bisa juga kita menggunakan sistem mur dan baut, namun berdasarkan pengalaman saya, memakai mur dan baut agak merepotkan sehingga tidak saya anjurkan.

17. Plat logam

Plat logam adalah salah satu bagian terpenting dari proses pelapisan logam. Plat yang akan kita gunakan sesuai jenis dengan baknya juga ada dua yaitu plat anoda *nickel* dan plat anoda logam campuran timah hitam dan putih, semua sebagai anoda.

1. Plat nickel warnanya agak merah keabu-abuan, harga dipasaran lumayan tinggi.

Plat nickel inilah yang menjadi penentu dalam pelapisan logam, karena

kekuatan dan keawetan hasil pelapisan kita sangat ditentukan oleh bagus tidaknya saat kita barang logam dengan nickel ini.

2. Plat timah warnanya putih abu-abuan. Proses pelapisan chrome atau timah inilah yang memberikan warna putih mengkilat yang tahan lama dan indah.

Plat-plat tersebut pada bagian atasnya dilubangi dan dibaut ke plat tembaga yang akan kita potong seukuran kurang lebih lebar 2 cm dengan panjang 10 cm dan kita bengkokkan ujungnya untuk digantungkan ke pipa tembaga yang ada di bak. Pada saat pencelupan *chrome* atau nickel jangan sampai tercelup dalam larutan senyawa obat. Karena plat tembaga penggantung tersebut pada saat waktu proses pelapisan akan ikut larut dan unsur partikel tembaganya ikut menempel ke logam yang dilapis, sehingga mengganggu warna nickel dan warna chrome (bagian sudut tertentu ada warna kemerahan). Setiap alat anoda yang digantung harus dibungkus dengan kain yang berbahan sintetis, karena kain berbahan sintetis lebih tahan terhadap larutan senyawa obat. Fungsi kain ini adalah untuk menahan plat anoda yang rontok, agar penggunaan plat anoda tidak boros dan habis percuma karena rontok dipermukaan bak. Selain menjaga supaya tidak boros kain pembungkus juga untuk menghindari konseleting waktu proses pencelupan. Antara barang yang dicelup dengan plat anoda.

18. Poli poles dan gerinda

Bahan logam yang akan dilapis tidak bisa langsung dicelup begitu saja. Namun harus dihaluskan dengan gerinda, lalu dipoles sehingga mengkilap. Kesuksesan proses pelapisan bergantung pada keterampilan kita dalam mengerinda ataupun memoles. Untuk hasil yang maksimal kita membutuhkan

beberapa ukuran diameter kain poli, sesuai besar kecil atau bentuk barang yang akan kita kerjakan.

Kain poli adalah kain perca yang dipotong berbentuk lingkaran dan berbagai lembar dijahit jadi satu poli tadi akan kita gunakan baik sebagai gerinda maupun sebagai poles. Poli yang berdiameter besar berguna untuk mengerjakan barang yang berukuran besar dan rata. Sedang yang berdiameter kecil berfungsi untuk mengerjakan barang yang berukuran kecil atau yang memiliki banyak lekukan. Kain poli yang besar kita buat dari beberapa lembar kain poli (misal 8 lembar) dengan paku lalu bagian tengahnya kita lubang untuk bisa masuk ke ulir motor. Kita buat beberapa buah, misal 6 buah yang 2 dijadikan gerinda kasar, 2 buah lagi untuk gerinda halus, sisanya 2 buah untuk dijadikan kain poli poles, dan sebaiknya buat yang banyak.

19. Formula dan Pencampuran Obat

Proses pencampuran obat harus dilakukan dengan teliti dan steril. Hal ini dikarenakan obat-obatan yang akan digunakan sangat sensitif dan bisa rusak apabila tercampur dengan bahan lainya (terkontaminasi). Sebaiknya proses pencampuran obat dilakukan ditempat tertutup dan bersih. Pada saat pencampuran harus memakai sarung tangan karet dan masker. Saat mencampur obat, antara obat tembaga, obat *nickel*, dan obat *chrome* waktunya jangan bersamaan supaya terhindar dari resiko kontaminasi.

1. Obat *nickel*

Lapis *nickel* fungsinya untuk memberikan kekuatan, ketahanan logam dari karat yang tergantung dari lama kita mencelup, serta fungsi memberikan dasar warna mengkilat yang menambah keindahan logam yang dilapis.

Berikut ini campuran obat untuk senyawa *nickel*.

Bahan:

1. Air aquades	750ml
2. Boric acid	50 gr
3. Nickel sulphate	250gr
4. Nickel chloride	90gr
5. Brightener 06	10cc
6. Brightener 07	0,5cc
7. Anti pitting/anti bintik	1CC

Cara mencampur:

Panasakan air aquades 750ml (bisa juga menggunakan air PAM atau air sumur asal tidak berbau dan kotor) sampai bersuhu 80⁰C segera matikan pemanasnya. Kemudian masukkan boric acid aduk hingga larut lalu masukan *nickel sulphate* aduk sampai rata, kemudian *nickel chloride* aduk sampai larut, lalu tuangkan 07 dan terakhir 06 aduk sampai bersenyawa (semua bahan jika ada yang membantu harus ditumbuk dulu). Obat siap dipakai. Larutan obat nickel yang baik jika diukur kekentalan senyawa air (*boume* meter) menunjukkan angka antara 19 sampai 24.

2. Obat *chrome*

Lapis *chrome* berguna untuk memberikan ketahanan terhadap karat dan memberikan warna putih mengkilat yang tahan lama.

Bahan:

- | | |
|------------------------|---------|
| 1. Air aquades | 850 ml |
| 2. Chromic acid | 200 grm |
| 3. WR-1 (katalis cair) | 5 ml |
| 4. Asam sulphate | 0.7 ml |

Cara mencampur

Panaskan air aquades 850 ml hingga suhu 60°C (bisa juga menggunakan air PAM atau air sumur asal tidak berbau dan kotor) setelah itu pemanas dimatikan. Masukkan chromic acid aduk hingga larut, kemudian masukkan katalis WR-1 cair aduk hingga rata, dan terakhir *asam sulphate* aduk hingga larutan bersenyawa. Obat siap digunakan. Senyawa obat *chrome* yang baik jika diukur kekentalanya dengan menggunakan alat ukur boumemeter antara 16 sampai 23.

3. Obat dan proses pelapisan warna kuning mengkilap

Bahan:

- | | |
|--|--------|
| 1. Air aquades | 850 ml |
| 2. <i>Brass salt</i> | 120 gr |
| 3. <i>Ammonium chloride</i> (amoniak serbuk) | 2 gr |

Cara mencampur obat seperti pencampuran *chrome*. Air aquades 850ml dipanaskan hingga 50°C, kemudian pemanas dimatikan dan segera obat *brass salt* larut, lalu masukkan sambil diaduk. Setelah *brass salt* larut, lalu masukkan obat kedua yaitu *ammonium chloride* dan diaduk sampai rata. Setelah itu obat warna kuning mengkilap siap digunakan.

Dalam proses pelapisan warna kuning mengkilat ini, proses awal pelapisan seperti pelapisan warna chrome putih mengkilap. Perbedaannya cuma

lapis terakhir bukan masuk pada bak obat chrome tapi masuk pada obat warna kuning kilap jadi proses awal sama, yaitu bersihkan barang dengan cara gerinda samapi bersih. Kemudian cepat-cepat dicelup ke senyawa *nickel*, bilas air kemudian celup ke bak oabt warna kuning mengkilap dengan tegangan listrik DC 1 volt sampai 12 volt tergantung besar kecil barang. Setelah proses kuning mengkilap rata. Barang segera angkat dan bilas air bersih kemudian agar warna kuning awet, segera semprotkan denganvernish/cat clear yang telah dicampur dngan thinner atau yang bisaa dianjurkan dengan mencelupkan ke vernis khusus yaitu menggunakan liquid nikkasan yang dicampur dengan 1:1.



Gambar 2.5. Larutan *Electroplating*
Sumber: Indrawan satoto P. 2018.

20. Kposisi Penggunaan Obat Larutan

Rumus perhitungan kebutuhan bahan obat:

1kg = 1000 gm

1lt = 100 cc

1cc = 100 cm

1m = 100 cm

1cc = 38 tetes pipet

1. Rumus isi bak = $p \times l \times t : 1000 = \text{lt air obat}$
2. Rumus jumlah obat = $\text{lt air obat} \times \text{gr obat} : 1000 = \text{kg}$
3. Rumus jumlah obat cair = $\text{lt air obat} \times \text{cc obat} : 1000 = \text{lt}$

Contoh

1. Rumus isi bak

$$= p \times l \times t : 1000$$

$$= 2\text{m} \times 80\text{ cm} \times 1,05\text{ cm} : 1000$$

$$= 200\text{ cm} \times 80\text{ cm} \times 105\text{ cm} : 1000$$

$$= 1680\text{ lt air obat}$$
2. Rumus jumlah obat
(Misal nickel sulphate = 200 grm tiap 800 ml air)

$$= \text{lt air obat} \times \text{gr obat} : 1000 = \text{kg}$$

$$= 1680\text{ lt air obat} \times 200\text{ grm} : 1000$$

$$= 336\text{ kg nickel sulphate}$$
3. Rumus jumlah obat cair (misal asam sulphate)

$$= 0,476\text{ ml tiap } 850\text{ ml air}$$

$$= \text{lt air obat} \times \text{cc obat} : 1000 = \text{lt asam sulphate}$$

$$= 1680\text{ lt air obat} \times 0,7\text{cc} : 1000$$

$$= 1176\text{ lt asam sulphate}$$

$$= 1176\text{ cc asam sulphate}$$

21. Baja ST 37

Baja dapat didefinisikan sebagai suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) sebagai dasar campurannya. Baja juga mengandung unsur lain, seperti: sulfur, fosfor, silikon, mangan, dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Baja sendiri didapatkan terlebih dahulu dilakukan dengan serangkaian proses (Schometz, 1985:6). Baja dihasilkan dari baja mentah putih, lingkup masalah kandungan zat arang dari sekian 4% di dalam besi mentah menjadi setinggi-tingginya 2% di dalam baja. Menurut (Djaprie, 1997:51), pengelompokan baja dapat ditinjau sebagai berikut:

1. Baja karbon

- a. Baja karbon rendah ($< 0,30\%$ C).
- b. Baja karbon sedang ($0,3 - 0,6\%$ C).
- c. Baja karbon tinggi ($0,70 < 1,4\%$ C).

Baja juga mengandung unsur lainnya, seperti sulfur (S), pospor (P), silicon (Si), nikel (Ni), kromium (Cr), molybdenum (Mo), vanadium (V), mangan (Mn), dan Wolfram (W) yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat yang dikehendaki keras, kuat, dan liat. Unsur karbon adalah unsur yang amat penting dalam pembentukan baja, jumlah prosentase dari bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Baja ST 37 tergolong pada baja karbon rendah karena memiliki kadar karbon antara 0,12% sampai 0,2%. Arti dari ST 37 adalah bahwa ST menerangkan arti dari Steel (besi) dan 2 digit angka menjelaskan tentang kekuatan mekanik yaitu setiap 1mm^2 baja mampu menahan beban sebesar 37 kg.

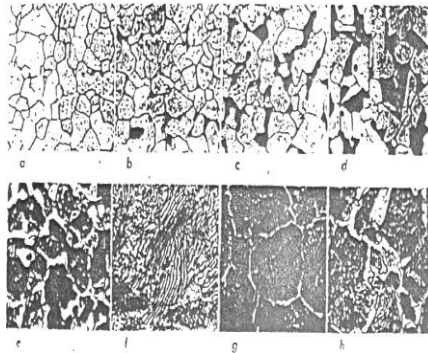
2. Struktur Kristal Baja

Baja mempunyai sifat, seperti: kekerasan, kekuatan, dan ketahanan. Adanya perbedaan sifat-sifat tersebut terutama karena zat arang yang dikandung baja tidak terpadu dan cara mengadakan ikatan dengan besi yang dapat mempengaruhi sifat baja. Struktur kristal baja yang didinginkan secara lambat menuju suhu ruangan (keadaan baja pada waktu pengiriman dari pabrik baja) dibedakan menjadi tiga bentuk utama, yaitu:

1. Ferit, yaitu kristal besi murni terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferit merupakan bagian baja yang paling lunak. Ferit

murni tidak akan cocok digunakan sebagai spesimen untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.

2. Karbida besi (Fe_3C), suatu senyawa kimia antara besi (Fe) dengan karbon (C) sebagai unsur struktur tersendiri dinamakan sementit dan mengandung 6,7% C. Rumus kimia Fe_3C menyatakan bahwa senantiasa ada 3 atom besi yang mengadakan ikatan dengan sebuah karbon menjadi sebuah molekul karbida besi. Kandungan karbonnya semakin meningkat maka kadar sementit akan semakin besar pula. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras (Fe_3C lebih keras 270 kali dari besi murni).
3. Perlit, merupakan campuran erat antara ferit dan sementit dengan kandungan zat arang sebesar 0,8%. Dalam struktur perlitis, semua kristal ferit terdiri dari serpihan sementit halus yang memperoleh penempatan saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel.



Gambar 2.6. Struktur Baja Zat Arang
Sumber : Schonmetz, 1985:40

Keterangan:

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| a. ferrit 0,0% C | e. ferrit-perlit 0,60% C |
| b. ferrit-perlit 0,10% C | f. perlit lamillar 0,85% C |
| c. ferrit-perlit 0,16% C | g. perlit + sementit 1,1 % C |
| d. ferrit-perlit 0,45% C | h. perlit + sementit 1,5% C |

23. Pengujian Kekerasan *Vickers*

Kekerasan sering dinyatakan sebagai kemampuan untuk menahan penetrasi. Beberapa cara pengujian kekerasan yang terstandar yang digunakan untuk menguji kekerasan logam diantaranya pengujian kekerasan *vickers*. Cara pengujian kekerasan *vickers* mula-mula permukaan logam yang diuji ditekan oleh indentor piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudutnya antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Sudut ini dipilih, karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penekan pada uji kekerasan *vickers*, karena penumbukannya piramida, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan.

Angka kekerasan *vickers* (*VHN/Vickers Hardness Number*), secara teori didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan (Djaprie, 1987:334). Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskop optik panjang diagonal jejak.

VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{1,8544 \cdot P}{d^2}$$

dimana : VHN = Nilai Kekerasan *Vickers*.

P = Beban yang diterapkan (N).

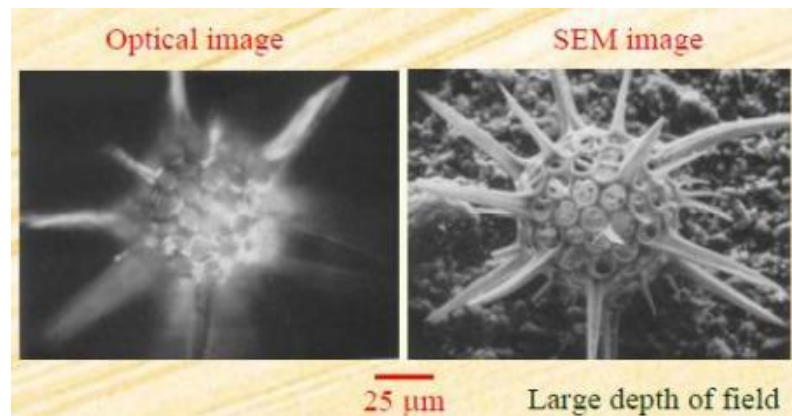
d = Diagonal indentasi (μm).

Uji kekerasan *vickers* banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinyu, untuk beban yang diterapkan dalam penekanan antara 0,1 sampai 1 N, beban standar adalah 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.50, dan 1 N. Hasil penekanan indentor piramida

intan pada penguji kekerasan *vickers* yang benar berbentuk lekukan bujur sangkar.

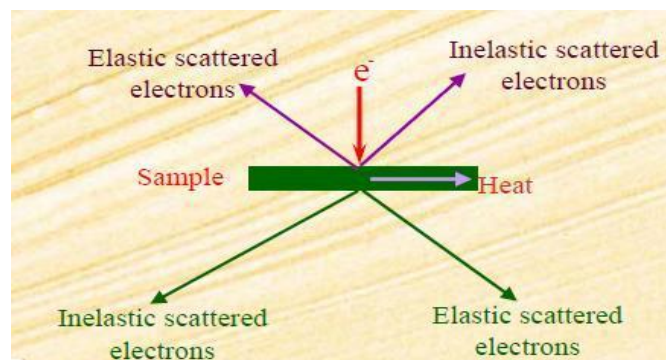
24. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1–0,2 nm. Dibawah ini diberikan perbandingan hasil gambar mikroskop cahaya dengan elektron.



Gambar 2.7. Mikroskop Cahaya dengan Electron

Disamping itu dengan menggunakan elektron kita juga bisa mendapatkan beberapa jenis pantulan yang berguna untuk keperluan karakterisasi. Jika elektron mengenai suatu benda maka akan timbul dua jenis pantulan yaitu pantulan elastis dan pantulan non elastis seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8. Pantulan *Electron*

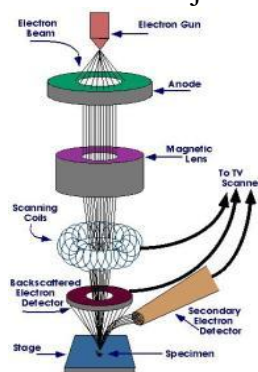
Beberapa peralatan utama mikroskop elektron (SEM) antara lain:

1. Pistol elektron, bisaanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

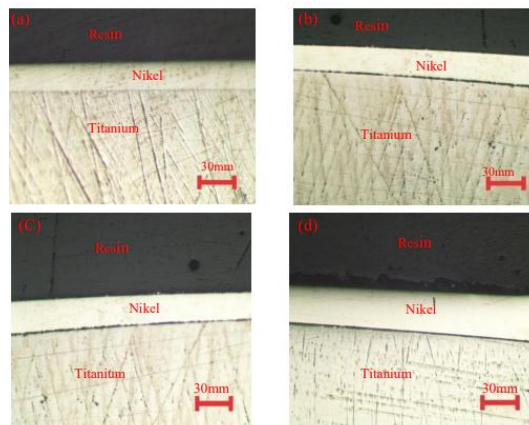
Secara lengkap skema SEM dijelaskan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 2.9. Komponen SEM

Aplikasi dari teknik SEM–EDS dirangkum sebagai berikut:

1. Topografi: Menganalisa permukaan dan tekstur (kekerasan, reflektivitas dsb)
2. Morfologi: Menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel
3. Komposisi: Menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.



Gambar 2.10. Contoh Hasil Pengujian Foto

2.3. Kerangka Berfikir

Dalam usaha peningkatan hasil produk wirausaha industri logam, dengan mengaplikasikan kuat arus listrik berusaha menciptakan suatu produk yang bernilai tinggi dan memenuhi standar yang baik. Perlunya suatu pemeriksaan yang khusus terhadap logam yang siap dipasarkan yaitu dengan cara melakukan beberapa penelitian dan pengujian, salah satunya adalah pengujian kekerasan di laboratorium uji mekanik yang dimulai pembuatan spesimen, *electroplating*, dan pengujian. *electroplating* akan merubah sifat-sifat mekanik baja dan struktur mikro, hasil dari pengujian kekerasan berupa beban injakan penetrator dan diagonal injakan penetrator beban yang dapat untuk mengetahui nilai kekerasan akibat *electroplating chrome* dengan perubah tegangan 8V, 10V, dan 12V pada baja

ST 37. Hasil dari *Scanning Electron Microscope* (SEM) berupa data gambar lapisan chrome yang diperbesar 100× dan diberi skala pengukuran yang akan dibandingkan dengan ketebalan teoritis dengan data berat atom *chrome*, berat jenis *chrome*, valensi *chrome*, *efisiensi electroplating chrome* sebagai perhitungan nilai ketebalan lapisan *chrome*.

Sebelum dilakukan *electroplating*, spesimen baja ST 37 harus dibersihkan kemudian dipoles sampai mengkilap setelah kelihatan mengkilap, proses pencelupan awal *electroplating nickel* sebagai dasar lapisan. Selanjutnya proses terakhir *electroplating* dengan larutan *chrome* sampai semuanya rata mengkilap. kajian lebih lanjut dalam penelitian ini seberapa besar pengaruh perubahan tegangan terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan *chrome*.

2.4. Hipotesis

Hipotesis adalah suatu jawaban yang bersifat sementara terhadap permasalahan penelitian sampai terbukti melalui data yang terkumpulkan. (Suharsimi Arikunto, 1989:62). Karena bersifat sementara, maka jawaban tersebut bisa benar dan bisa salah.

Dianggap benar bila sesuai dengan kenyataan yang ada atau yang didapat dari hasil penelitian, sedangkan dianggap salah bila tidak sesuai dengan kenyataan yang diperoleh dari hasil penelitian. Pada penelitian yang akan dilakukan dapat dirumuskan. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah ada pengaruh hasil pengujian kekerasan dan ketebalan pelapisan pada *electroplating chrome* baja ST 37 dengan perubahan tegangan 6V, 10V, dan 12V.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif komparatif dengan pendekatan kuantitatif. Pengertian deskriptif menurut (Nazir, 2005) adalah suatu metode dalam meneliti suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian dari deskriptif adalah untuk membuat deskriptif, gambaran, atau lukisan secara sistematis, factual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki. Dalam metode deskriptif peneliti bias membandingkan fenomena-fenomena tertentu sehingga suatu studi komparatif.

Penelitian komparatif adalah penelitian yang membandingkan keberadaan satu variabel atau lebih pada dua atau lebih sampel yang berbeda, atau pada waktu yang berbeda (Sugiyono, 2006).

Pendekatan kuantitatif dipakai untuk menguji suatu teori, untuk menyajikan suatu fakta atau mendiskripsikan statistic, untuk menunjukkan hubungan antar variable, dan adapula yang bersifat mengembangkan konsep, mengembangkan pemahaman atau mendiskripsikan banyak hal (subana dan sudrajat, 2005).

3.2. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

1. Waktu

Waktu pelaksanaan pembuatan *spesimen* mulai tanggal 2 Desember 2019 sampai 23 Desember 2019.

2. Tempat Pelaksanaan

a. Proses *electroplating*

Penelitian *electroplating chrome* dilaksanakan di Bengkel Iwan *Chrome* yang beralamat Jl. Stadion Baru, Kersan, Kebondalem, Kec. Kendal, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah 51318.

b. Proses pengujian

Untuk pengujian hasil *electroplating chrome* dengan uji *vickers* dan uji foto micro SEM di UPT Laboratorium Terpadu UNDIP Tembalang Kota Semarang.

3.3. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Baja Karbon rendah yaitu Baja ST 37.
- b. Larutan yang digunakan *Nickel Sulphate*, dan *Chromic Acid*.

2. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Rectifier</i> | 6. Mesin Uji Vickers |
| 2. Mesin gerinda | 7. Scanning Electron Microscope SEM |
| 3. Mesin bor | 8. Bak Celup |
| 4. Mesin poles | 9. Kamera |
| 5. Plat logam | 10. Alat ukur |

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sebagai gejala yang bervariasi (Hadi, 1989: 89). Sedangkan menurut Arikunto (2002: 96) Variabel penelitian adalah obyek

penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Dalam penelitian ini akan menggunakan dua Variabel yaitu Variabel X_1 dan Variabel X_2 .

1. Variabel X_1

Variabel X_1 yaitu variabel dalam penelitian ini adalah hasil nilai kekerasan dan ketebalan lapisan *chrome* sebelum *dielectroplating* pada baja ST 37.

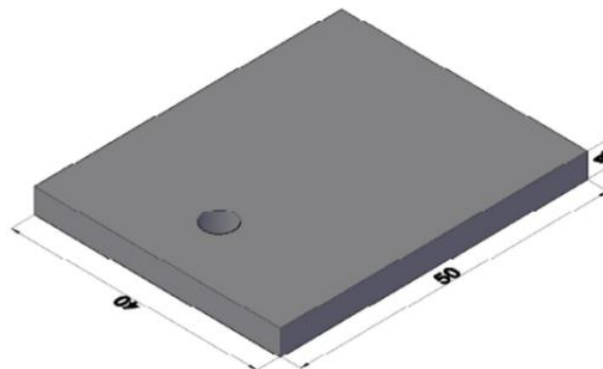
2. Variabel X_2

Variabel X_2 yaitu variabel dalam penelitian ini adalah hasil nilai kekerasan dan ketebalan lapisan *chrome* setelah *dielectroplating* pada baja ST 37 .

Perlakuan dalam penelitian ini adalah baja ST 37 yang *dielectroplating* dengan perubah tegangan sebagai *treatment* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas logam.

3.5. Dimensi Spesimen

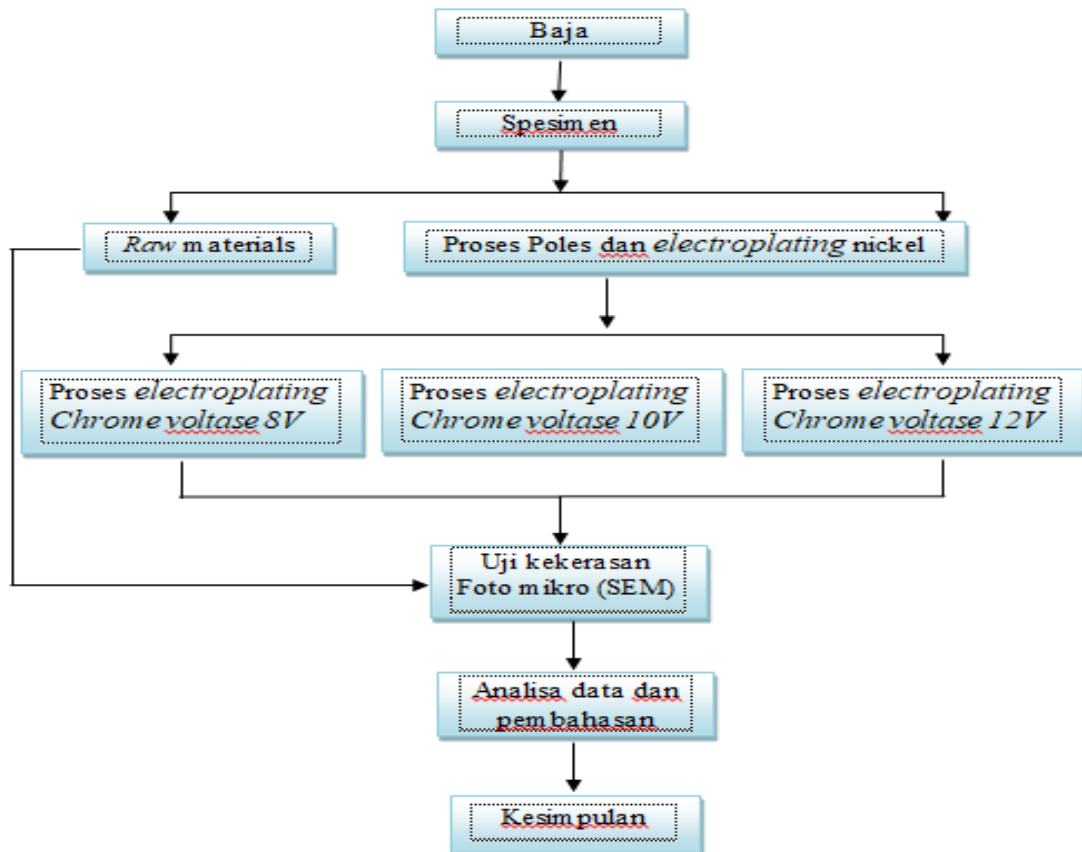
Penentuan dimensi pengujian kekerasan dan ketebalan spesimen dalam suatu penelitian harus mengacu kepada standar pengujian spesimen yang telah ditetapkan. Dimensi spesimen pengujian tarik pada penelitian ini mengaju standar ASTM 2201 No. 14 A dengan jumlah spesimen 12 buah.



Gambar 3.1. Spesimen Pengujian

3.6. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

3.7. Rangkaian Pengujian

1. Pengelompokan Spesimen

Penelitian ini menggunakan 12 buah spesimen dalam pelaksanaannya spesimen dibagi dalam 3 kelompok perubah tegangan, sebagai berikut:

- a. 3 spesimen Raw Material untuk uji kekerasan.
- b. 3 spesimen mendapat pelakuan *electroplating Chrome* dengan tegangan 6Volt.
- c. 3 spesimen mendapat pelakuan *electroplating Chrome* dengan tegangan 10Volt.

d. 3 spesimen mendapat pelakuan *electroplating Chrome* dengan tegangan 12Volt.

2. Proses Persiapan logam

a. Proses pembersihan

Bahan atau barang yang akan kita lapis sebelumnya harus digerinda dan dipoles terlebih dahulu. Jika barang tersebut terlapis cat, harus dihilangkan catnya dahulu dengan menggunakan pengelupas cat yang ada dipasaran, misal pain remover ke barang dengan menggunakan kuas sampai semua bagian cat terkena. Kemudian biarkan sebentar sampai cat tampak mengelupas menggunakan sikat kawat. Penggunaan sikat kawat harus dengan hati-hati karena *paint remover* bila terkena kulit akan terasa panas dan gatal tapi terasa beberapa detik saja dan tidak berbahaya.

Apabila barang yang akan dilapis berkarat banyak, harus direndam dahulu kedalam cairan HCL (*Asam Chlorida*) sampai karat-karatnya rontok. Campuran HCL dengan air yang digunakan ialah 1:3 (1=HCL, 3=air). Apabila barang yang akan dilapis karatnya sedikit atau tidak ada sama sekali maka langsung saja ke tahap selanjutnya yaitu proses penggerindaan.

b. Proses gerinda

Masukan gerinda yang sudah jadi (sudah dijemur sampai kering dan keras) ke ulir. kemudian hidupkan motornya, gunakan gerinda kasar (ukuran 120) dulu. Terus gerinda sampai seluruh permukaan barang rata digerinda. Setelah itu matikan motornya, ganti gerinda kasar (ukuran 120) dengan gerinda halus (ukuran 400). Hidupkan motornya lagi dan gerinda barang yang akan dilapis dengan

ukuran halus 400 tadi sampai bekas garis-garis dalam bekas ukuran 120 menjadi halus dan rata. Bila sudah matikan motornya. Ganti gerinda ukuran 400 tadi dengan kain poli poles ukuran besar (8 lapis). Hidupkan motor lagi, ambil batu ijo atau langsol tempel secukupnya pada poli yang sedang berputar. Poles barang yang akan dilapis dengan agak ditekan sampai mengkilap. Bila kurang mengkilap tambahkan lagi batu ijonya dan poles sambil ditekan lagi sampai benar-benar mengkilap.

Bila seluruh permukaan barang sudah mengkilap, maka proses pengerindaan dan pemolesan sudah selesai. Hasil akhir yang bagus ialah barang yang berwarna putih bening mengkilap tanpa ada sisa garis-garis bekas gerindaan.

3. Proses Pencucian dan *Electroplating*

Barang yang tadi sudah digerinda dan dipoles sampai mengkilap rata kita beri kapur mill, taburkan lalu gosok pakai kain lembut sampau bersih dari kotoran lemak batu ijo. Maka akan terlihat logam menjadi putih bersih dan mengkilap sudah mirip *chrome*. Tapi kalau didiamkan sehari saja akan timbul karat lagi kecuali yang berbahan alumunium atau kuningan. Kemudian barang yang sudah bersih dari kotoran batu ijo, kita cuci dengan air sabun cuci piring atau deterjen.

a. Proses pencucian

Proses pencucian sangat menentukan hasil lapisan. Pencucian harus benar-benar bersih. Pertama-tama barang kita siram degan air. Lalu kita cuci dengan air sabun cuci dengan menggunakan kain dan sela-selanya bisa menggunakan sikat gigi. Gosok sampai benar-benar bersih dari kotoran dan sisa

sabun yang menempel, barang yang bersih bila dipegang terasa keset. Jika terasa licin berarti sabun masih melekat, jika ikut kecelup akan timbul noda dan hasil menjadi kurang.

b. *Electroplating nickel*

Hidupkan trafo, atur tegangan DC 2 sampai 4,5 Volt DC. Suhu senyawa *nickel* waktu proses pelapisan antara 50^0 - 55^0 C. Ikat barang dengan kawat tembaga lalu ikat kawat tembaga ke pipa tembaga penggantung barang yang kita gantung di tengah bak *nickel* yang sudah kita hubungkan sambung dengan katup negatif pada trafo. Dalam menggantung barang, bisa juga kita menggunakan kawat tembaga yang besar dan agak kaku dengan cara kita kaitkan ke barang dan kita gantung ke pipa tembaga penggantung barang seperti gantangan sangkar burung.

Barang harus digantung karena proses lapis nickel lama sehingga tidak mungkin dipegangi dengan tangan. Lama pencelupan pada proses lapis ini 10 menit sampai 1,5 jam. Atur jarak antara barang yang kita celup dengan plat anoda *nickel* minimal 5 cm, agar tidak terlalu berdekatan yang dapat menimbulkan warna gosong hitam pada sudut yang berdekatan dengan plat anoda *nickel*. Bila sudah selesai pencelupan sesuai lama waktu yang dibutuhkan menurut dalam buku segera diangkat dan dibilas dengan air bersih. Lihat hasil pencelupan apakah warna kilapnya rata atau tidak. Hasil yang bagus akan menunjukkan lapisan *nickel* yang putih kekuningan mengkilap rata dan bersih.

c. *Electroplating chrome*

Tahap ini adalah tahap terakhir. Hidupkan trafo, atur tegangan 6V, 10V dan 12 Volt DC tergantung besar variasi perubahan tegangan. Proses *chrome* suhu larutan yang dibutuhkan antara 40⁰C sampai 50⁰C. Jadi sebelum proses celup *chrome*, obat *chrome* dipanasi dahulu dengan menggunakan pemanas air atau dengan pemanas lampu kristal (elemen pemanas kaca).

Ikatkan barang yang akan dicelup ke saluran obat *chrome* dengan kabel yang tersambung kutub negatif pada trafo. Celup selama 2 menit tergantung besar kecilnya barang yang akan dicelup di bak *chrome*.

Setelah itu angkat dan perhatikan, apabila ada lapisan *chrome* yang terlalu tebal (buram tidak mengkilap) ataupun ada noda kebiruan, maka harus dikeringkan dengan kain lap lembut dan dipoles halus seperti pada proses lapis *nickel* tadi sampai warna putih mengkilap menjadi rata. Dengan proses ini harus dengan hati-hati waktu memoles harus jangan terlalu ditekan karena dapat menyebabkan warna *chrome* tidak rata putih mengkilap. Terakhir taburi dengan kapur mill dan lap dengan kain lembut dan bersih.

4. Pengujian Kekerasan *Vickers*

- a. Memasang indentor piramida intan, penekanan piramida intan 1360 di pasang pada tempat indentor mesin uji.
- b. Spesimen diletakkan di atas landasan.
- c. Tuas capstan diputar sampai bersentuhan antara spesimen dengan indentornya.
- d. Selanjutnya pemutaran tuas capstan tersebut sambil melihat dial, hingga jarum dial berputar 3× ditambah jarum kecil di posisi zero point.

- e. Kemudian memberi beban 0,3 Newton dengan cara mengangkat tuas beban ke arah atas. Jarum akan bergerak searah berlawanan jarum jam dan akan berhenti. Bila jarum dial berhenti beri waktu 10 detik. Setelah diberi waktu 10 detik, selanjutnya menurunkan tuas beban ke arah bawah. Pengukuran dilakukan dengan jalan mengukur bekas penekanan yang berbentuk diagonal bujur sangkar. Hitunglah beberapa jumlah strip pada mistar dari ujung yang satu ke ujung yang lainnya dan catatlah. Berdasarkan hasil pengukuran panjang kedua diagonalnya, masukan dalam rumus yang ada maka didapat nilai kekerasan *vickers*.

5. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Langkah-langkah uji ketebalan lapisan pengamatan mikroskop adapun dengan cara pengamatan adalah sebagai berikut :

1. Memotong sebagian kecil spesimen sesuai pegangan dengan mounting press.
2. Polis bagian yang dipotong sampai halus.
3. Letakan spesimen diatas mikroskop dengan skala perbesaran 100 ×.
4. Pengambilan gambar dengan kamera.
5. Mencatat hasil pengukuran. `

3.8. Lembar Data Penelitian

Lembar pengamatan sangat diperlukan dalam suatu penelitian. Langkah ini akan mempermudah dalam proses pengolahan data selanjutnya. Menggunakan lembar pengamatan diharapkan penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan lancar dan tertib serta data yang didapat tercatat dengan baik. Adapun lembar pengamatan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

Instrumen Uji Kekerasan Vickers

$$VHN = \frac{1,854 \cdot P}{d^2}$$

P = Beban injakan penetator (0,3N)

D² rata-rata = (d₁ + d₂)/2

Tabel 3.1. Lembar Pengamatan Uji Kekerasan *Vickers*

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Spesimen			
	RM	6 V	10 V	12 V
VHN1 (N)				
VHN2 (N)				
VHN3 (N)				
Rata-rata VHN (N)				

Perhitungan berat endapan lapisan *chrome*

$$W = \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F}$$

dimana : W = Berat endapan (gram),

I = Arus listrik (ampere)

t = Waktu proses (menit),

A = Berat atom

z = Valensi

F = Bilangan faraday = 96.500 coulomb

Dari rumus di atas dapat dicari volume pelapisan dinyatakan dengan rumus :

$$V = \frac{W(\text{gram})}{\rho(\text{gram}/\text{dm}^2)}$$

Dan ketebalan lapisan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\# = \frac{V(\text{dm}^2)}{A_0(\text{dm}^2)}$$

Tabel 3.2. Lembar Pengamatan Ketebalan Aktual Electroplating (SEM)

Tegangan (volt)	Tebal lapisan (μm)			Rata-Rata
	6V	10V	12V	
6				
10				
12				

3.9. Analisis Data

Setelah melakukan penelitian dan memperoleh data, langkah selanjutnya adalah menganalisis data dengan cara mengolah data yang telah terkumpul. Teknik analisis data yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan data deskriptif yang dilakukan dengan cara melukiskan dan merangkum pengamatan dari penelitian yang dilakukan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan cara mengitung beban yang digunakan dibagi diagonal injakan penetratornya sehingga menghasilkan nilai kekasaran, *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk ketebalan lapisan *chrome* akan mendapatkan data berupa gambar permukaan lapisan pada spesimen yang diperbesar 100× dan mendapat ukuran skala sebagai perhitungan nilai ketebalan lapisan *chrome*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

1. Luas Penampang Spesimen

Diketahui bahwa dimensi spesimen

$$\text{Panjang} = 50 \text{ mm} = 0,5 \text{ dm}$$

$$\text{Lebar} = 40 \text{ mm} = 0,4 \text{ dm}$$

$$\text{Tinggi} = 2,6 \text{ mm} = 0,26 \text{ dm}$$

$$A_0 = 2((pxl)+(pxt)+(lxt))$$

$$= 2((0,5 \times 0,4) + (0,5 \times 0,26) + (0,4 \times 0,26))$$

$$= 2(0,2234)$$

$$= 0,4468 \text{ dm}^2$$

2. Arus Listrik

Arus listrik yang dihasilkan ketika penelitian *electroplating chrome* dengan perubah tegangan dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 4.1. Hasil Nilai Penelitian Arus listrik

Nilai Arus listrik	Tegangan		
	6V	10V	12V
Amper	20	80	140
Jumlah spesimen	5	5	6

Berdasarkan Tabel 3. diatas menerangkan bahwa tegangan berbanding senilai dengan arus listrik, semakin besar tegangan semakin besar arus listrik yang mengalir. Data yang diperoleh dalam *electroplating chrome* menunjukkan bahwa skala ukur volt meter dan amper meter dapat membuktikan teori Hukum Ohm.

3. Rapat Arus Listrik

Rapat arus listrik adalah besarnya arus yang mengalir tiap satuan luas penghantar dengan satuan amper per dm^2 . Kerapatan arus berbanding terbalik dengan penampang penghantar, semakin besar penampang penghantar maka kerapatan arus semakin kecil.

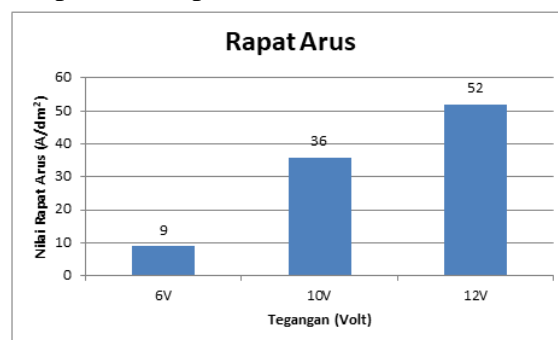
Rapat arus pada *electroplating chrome* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} j &= \frac{I}{A_0} \\ &= \frac{20}{(0,4468 \times 5)} \\ &= \frac{20}{(2,234)} \\ &= \underline{\underline{9 \text{ A/dm}^2}} \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Nilai Perhitungan Rapat Arus

Nilai Rapat Arus	Rapat Arus		
	Tegangan 6V	Tegangan 10V	Tegangan 12V
A/dm ²	9	36	52
Arus listrik	20	80	140

Hasil perhitungan rapat arus yang dihasilkan, diperoleh diagram batang hubungan antara perubah tegangan *electroplating chrome* terhadap luas penampang spesimen, dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 4.1. Rapat Arus

Penelitian *electroplating chrome* pada tegangan 6V menunjukkan skala ukur amper meter memiliki nilai sebesar 20A. Spesimen yang diproses berjumlah lima, dari masing-masing spesimen memiliki luas penampang $0,4468 \text{ dm}^2$ sehingga luas penampang dikalikan lima untuk mencari rapat arus listrik dan mendapatkan hasil $9\text{A}/\text{dm}^2$. Pada tegangan 10V menunjukkan skala ukur amper meter memiliki nilai sebesar 80A. Hasil ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding senilai dengan kuat arus sehingga ketika tegangan dinaikan nilai arus listrik juga menunjukkan kenaikan. Spesimen yang diproses berjumlah lima, maka nilai rapat arusnya sebesar $36\text{A}/\text{dm}^2$. Pada tegangan 12V menunjukkan skala ukur amper meter memiliki nilai sebesar 140A. Spesimen yang diproses berjumlah enam, maka nilai rapat arusnya sebesar $52\text{A}/\text{dm}^2$. Tahapan tiap penelitian menunjukkan data bahwa kenaikan nilai pada tegangan dan arus listrik mempengaruhi perhitungan pada rapat arus yang menunjukkan rapat arus berbanding senilai dengan kenaikan tegangan dan arus listrik.

Dari perhitungan diatas peneliti mendapat data untuk perhitungan *electroplating chrome* yang ditabulasi dalam tabel sebagai analisis berat endapan, kekasaran dan ketebalan pada lapisan *chrome*.

Tabel 4.3. Data Besaran *Electroplating Chrome*

Besaran	Perubah Tegangan		
	6V	10V	12V
Berat atom	52 g/mol	52 g/mol	52 g/mol
Massa jenis	$7194 \text{ Kg}/\text{m}^3$	$7194 \text{ Kg}/\text{m}^3$	$7194 \text{ Kg}/\text{m}^3$
Valensi	6	6	6
Effisiensi	15%	15%	15%
faradey	96500	96500	96500
Waktu pencelupan	2 menit	2 menit	2 menit
Rapat Arus listrik	$9 \text{ A}/\text{dm}^2$	$36 \text{ A}/\text{dm}^2$	$52 \text{ A}/\text{dm}^2$

4. Berat Endapan Lapisan *Chrome*

Perhitungan berat endapan dicari melalui rumus:

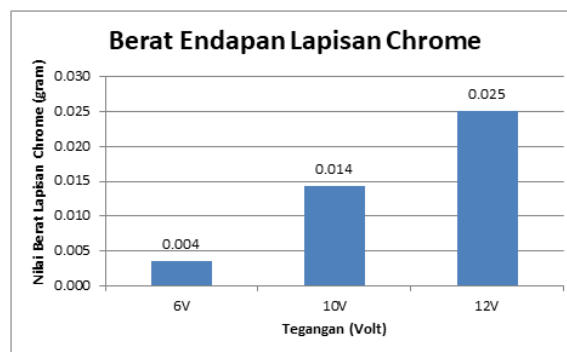
$$W = \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F}$$

Hasil dari perhitungan berat endapan lapisan *chrome* dapat dilihat melalui Tabel 6.

Tabel 4.4. Nilai Perhitungan Berat Endapan Lapisan *Chrome*

Nilai Berat Endapan	Lapisan <i>Chrome</i>		
	Tegangan 6V	Tegangan 10V	Tegangan 12V
W (gram)	0,004	0,014	0,025

Hasil perhitungan berat endapan lapisan *chrome* dibuat diagram batang hubungan antara perubahan tegangan *electroplating chrome* terhadap berat endapan, dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 4.2. Nilai Berat Endapan

Perhitungan berat endapan lapisan *chrome* menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang dipakai akan lebih banyak ion larutan *chrome* yang terlepas dari anoda untuk mengendap ke spesimen yang dihubungkan pada katoda sehingga menambah berat spesimen.

5. Kekerasan

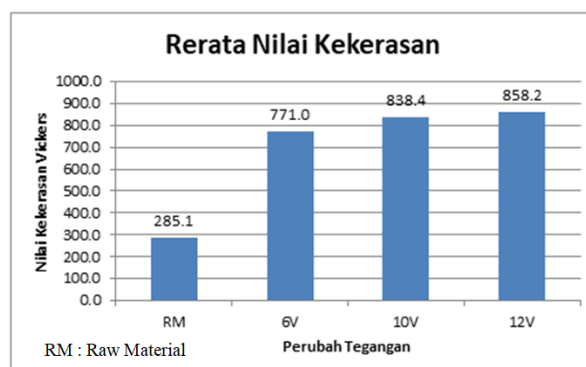
Nilai kekerasan spesimen diperoleh melalui pengujian menggunakan alat uji *vickers*, Indentor yang digunakan adalah intan piramid bujur sangkar dengan sudut 136^0 yang ditekan pada permukaan benda uji selama 10 detik dengan beban 0,3 Newton. Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan spesimen sebanyak 3 kali. Kekerasan yang dihasilkan dengan mengukur diagonal rata-rata hasil indentasi, kemudian dimasukkan dalam rumus kekerasan *vickers*.

Nilai kekerasan *vickers* baja ST 37 kelompok *raw materials* dan *electroplating chrome* dengan perubah tegangan dapat dilihat pada Tabel 7. sebagai berikut:

Tabel 4.5. Nilai Hasil Rerata Pengujian Kekerasan *Vickers*

Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (VHN)	Spesimen			
	<i>Raw Material</i>	Tegangan		
		6V	10V	12V
Newton	287.8	765,1	853,1	867,7
Newton	281.8	758,7	818,5	869,7
Newton	285.6	789,3	843,5	837,4
Rata-rata (N)	285.1	771	838,4	858,2

Data hasil perhitungan kekerasan dibuat diagram batang hubungan antara perubah tegangan *electroplating chrome* terhadap kekerasan, dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Nilai Rerata Kekerasan

Pada Gambar 14. tersebut menunjukkan hubungan antara perubahan tegangan terhadap kekerasan, dimana nilai untuk kekerasan raw material lebih rendah kekerasannya, dibandingkan dengan yang mengalami perlakuan. *Raw material* memiliki nilai kekerasan 285,1. Kekerasan *raw material* tersebut digunakan sebagai nilai pembanding dimana dalam Gambar 14. hubungan pengaruh *electroplating chrome* terhadap kekerasan vickers dengan perubahan tegangan terlihat bahwa tegangan mempengaruhi kekerasan permukaan, dimana nilai tertinggi dihasilkan dari perlakuan *electroplating chrome* dengan tegangan 12V pada Arus listrik 140 Ampere dengan waktu pencelupan 2 menit dihasil nilai kekerasan 858,2 VHN.

Nilai kekerasan ini lebih keras 201,1% dari raw material. Proses penelitian ini menunjukkan kenaikan kualitas logam terkait dengan sifat mekanik, yang mana logam fero yang diproses oleh adanya aliran listrik pada larutan unsur *chrome* mengakibatkan pelapasan ion pada anoda menuju katoda pada spesimen yang melapisi permukaan spesimen menjadi unsur *chrome*. Bahwa diketahui sifat *chrome* memiliki nilai kekerasan yang tinggi dan tahan gores.

Nilai kekerasan perlakuan *electroplating chrome* pada tegangan 6V menghasilkan Arus listrik 20 Ampere dengan waktu pencelupan 2 menit dihasilkan nilai kekerasan yang lebih keras dibandingkan dengan *raw material* 771 VHN lebih keras 170,5% dari kekerasan *raw material*. Hasil penelitian yang menghasilkan data sebagai dasar perhitungan nilai kekerasan menunjukkan bahwa ada kenaikan nilai kekerasan yang besar dari *raw material* seiring dengan tegangan yang digunakan dalam penelitian.

Begitu juga dengan tegangan 10V menghasilkan arus listrik 80 ampere dengan waktu pencelupan 2 menit memiliki nilai kekerasan yang lebih keras dibandingkan dengan *raw material* dan tegangan 6V yaitu 838,4 VHN lebih keras 194,1% dari kekerasan *raw material*. Penelitian ini dapat kita pahami semakin besar tegangan maka arus listrik yang diberikan akan meningkatkan perpindahan electron karena banyaknya larutan *chrome* yang lepas dari anoda mengendap pada permukaan spesimen yang dihubungkan pada katoda. Sesuai dengan perhitungan peningkatan nilai berat endapan pada lapisan akan semakin keras permukaan spesimen. Spesimen yang awal permukaannya unsur ferit atau besi terlapsi unsur *chrome* yang memiliki sifat mekanik keras.

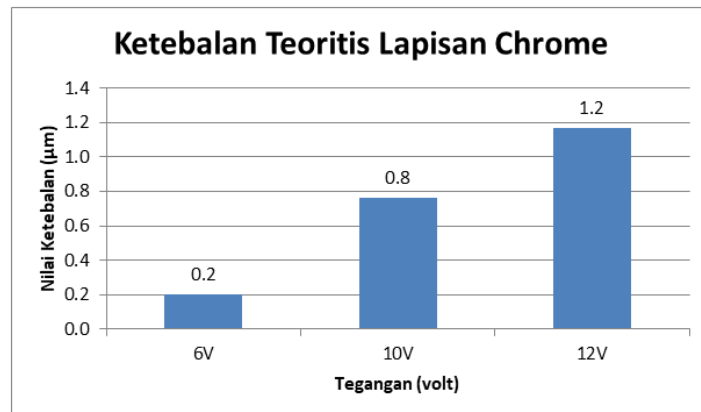
6. Ketebalan

Berdasarkan rumus ketebalan teoritis dapat dihitung berdasarkan tabel besaran *electroplating chrome* pada tabel diatas. Hasil ketebalan teoritis dapat dilihat pada Tabel 8. sebagai berikut:

Tabel 4.6. Perhitungan Ketebalan Teoritis Lapisan *Chrome*

Nilai ketebalan μm	Ketebalan Teoritis Lapisan Chrome		
	Tegangan 6V	Tegangan 10V	Tegangan 12V
	0,2	0,8	1,2

Hasil perhitungan ketebalan teoritis dibuat diagram batang hubungan antara perubah tegangan *electroplating chrome* terhadap tebal lapisan *chrome*, dapat dilihat pada Gambar 15.



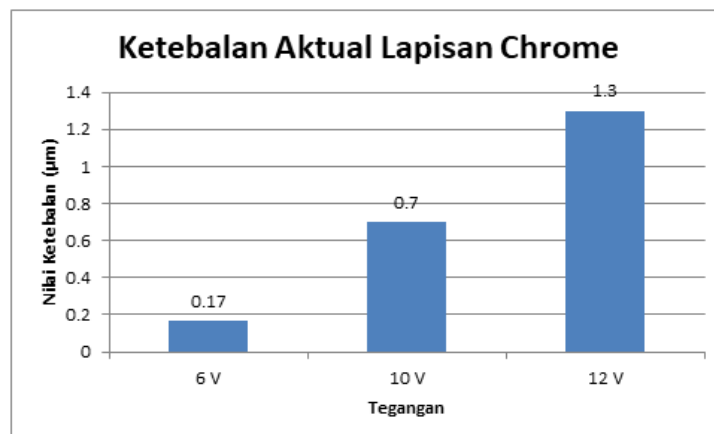
Gambar 4.4. Nilai Ketebalan Teoritis

Hasil ketebalan aktual dalam penelitian menggunakan uji SEM dapat dilihat pada Tabel 9. sebagai berikut:

Tabel 4.7. Data Penelitiann Ketebalan Aktual

Nilai ketebalan µm	Ketebalan Aktual Lapisan Chrome		
	Tegangan 6V	Tegangan 10V	Tegangan 12V
	0,17	0,7	1,3

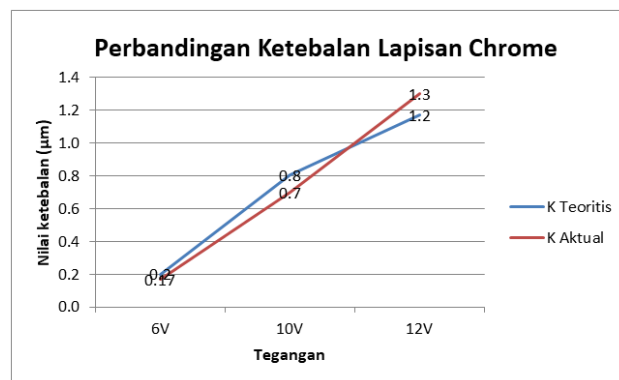
Data hasil perhitungan ketebalan aktual dirubah menjadi diagram batang pada Gambar 16.



Gambar 4.5. Nilai Ketebalan Aktual

Hubungan antara tegangan terhadap tebal lapisan menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan yang digunakan ketebalan lapisan *chrome* akan semakin

meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya tegangan maka Arus listrik yang mengalir semakin besar sehingga jumlah ion-ion akan semakin banyak, ion-ion akan semakin banyak yang terlepas dari larutan dan mengendap pada katoda atau benda kerja. Data hubungan ketebalan lapisan *chrome* teoritis dengan aktual disajikan dalam diagram garis pada Gambar 17.



Gambar 4.6. Perbandingan Nilai Ketebalan Teoritis dan Aktual

Ada pengaruh besaran “Tegangan Listrik” terhadap ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen, dengan mengamati hasil grafik diatas ketebalan setiap tegangan semakin meningkat, ketiga perubah tegangan yang digunakan, menunjukkan pola: $6V < 10V < 12V$.

Penjelasan untuk hal ini adalah semakin besar tegangan pada perlakuan *electroplating chrome*, maka porsi akumulasi pergerakan elektron dan transfer material pada kedua elektroda juga akan semakin besar.

4.2. Pembahasan

Data hasil perhitungan berat endapan yang dihasilkan akan dibandingkan terhadap data hasil tabulasi distribusi nilai kekerasan *vickers* dan ketebalan lapisan *chrome* dari spesimen material baja ST 37 kelompok perubah tegangan *electroplating chrome*. Hasil dari perhitungan berat endapan lapisan *chrome* untuk

tegangan 6V dihasilkan nilai 0,004 gram. Ketika diuji nilai kekerasannya meningkat 170,5% dari *raw materials* sebesar 771VHN. Baja ST 37 bersifat keras dan tahan gores. Hasil penelitian pengujian SEM memiliki ketebalan 0,17 μm .

Pada perlakuan *electroplating chrome* tegangan 10V memiliki berat endapan sesuai perhitungan 0,014 gram. dengan kekerasan sebesar 838,4 VHN ketebalan menjadi 0,7 μm pada kondisi ini sifat kekerasan meningkat karena lapisan permukaan *chrome* pada spesimen semakin berat dan ketebalan lapisan *chrome* bertambah.

Pada perlakuan *electroplating chrome* tegangan 12V memiliki berat endapan sesuai perhitungan 0,025 gram. Hasil pengujian *vickers* nilai kekerasan sebesar 858,2 VHN dan hasil nilai pengujian SEM ketebalan menjadi 1,3 μm pada kondisi ini sifat kekerasan paling tinggi karena lapisan permukaan *chrome* pada spesimen semakin berat dan ketebalan lapisan *chrome* bertambah.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa perubahan tegangan akan meningkatkan kuat arus dan berbanding senilai terhadap berat endapan secara teoritis, hasil pengujian kekerasan *vickers* dan pengujian SEM pada tebal lapisan *chrome*.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Membuktikan ada pengaruh tegangan terhadap kekerasan dalam proses penelitian. Kekerasan logam berbanding lurus dengan perubah tegangan, dimana tegangan semakin tinggi maka nilai kekerasannya semakin tinggi seiring dengan perubahan tegangan yang digunakan.
2. Membuktikan ada pengaruh tegangan terhadap ketebalan yang didapatkan dalam electroplating chrome dengan perubah tegangan 6V, 10V, dan 12V. Hal ini karena adanya ion larutan yang lepas dari anoda mengendap pada katoda spesimen.

5.2. Saran

Untuk menyempurnakan penelitian tentang pengaruh perubah tegangan pada baja ST 37 terhadap ketebalan dan kekerasan. Perlu diteliti pengaruh parameter-parameter yang lain seperti jarak *electrode*, kekentalan larutan, pengaruh temperatur dan jenis larutan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto Akuan, Ir., MT. 2001. **Dasar-dasar proses electroplating**. Teknik Metalurgi: UNJANI
- Adyani, Rahma Lyla. 2011.. **Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Profitabilitas (ROA)**. Skripsi.Universitas Diponegoro.
- Aisyah. 2011. **Perubahan Struktur Mikro dan Sifat Mekaanik Pada Pengelasan Drum Baja Karbon Wadah Libah Radioaktif**. Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah, Volume 14, Nomor 2.
- Arbintarso. 2009. **Perilaku Korosi Pada Sambungan Plat Pembentuk Bodi Mobil**. Jurnal Teknologi Technoscientia. 2/1: 58 - 66.
- Arif Surya Demawan D.P, 2015 “**Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom**” ISSN: 2088-088X
- Ashley. 2013. **Flu Season is Here...It’s Time to Think Zinc**. Online at <http://chemforeveryone.blog.sbc.edu/2013/01/20/flu-season-is-here-its-time-to-think-zinc/> [accessed 29/12/15].
- ASTM Internasional. 2007. **Standart Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc on Iron and Steel**. West Conshohocken: 100 Barr Harbor Drive.
- Basmal et al. 2012. **Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan. Rotasi**. 14/2: 23 - 28.
- Bishop, O. 2002. **Dasar-Dasar Elektronika**. Translated by Harmein, I. 2004. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Destyorini, Eni dan Kemas. 2013. **Pelapisan NiCo/Cr dengan Gabungan Teknik Elektroplating dan Pack-Cementation untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi dan Kekerasan Baja Karbon Rendah**. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Volume 31, Nomor 1.

- Djaprie, S. 1983. **Teknologi Mekanik jilid I**. Terjemahan dari Manufacturing Processes. Jakarta: Erlangga.
- , 1987. **Metalurgi Mekanik**. Terjemahan dari Mechanic Metallurgy. Jakarta: Erlangga.
- , 1990. **Dasar Metalurgi untuk Rekayasa**. Terjemahan dari Essential Metallurgy for Engineers. Jakarta: Erlangga.
- Fayomi, O.S.I. dan Popoola, A.P.I. 2012. **An Investigation Properties of Zn Coated Mild Steel**. *International Journal Of Electrochemical Science*. 7: 6555 - 6570.
- Hartomo, A.J. dan Kaneko, T. 1992. **Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)**. Yogyakarta: Andi Offset.
- Indrawan satoto P. 2018. **Electroplating chrome**. Solo: Gramedia
- Iqbal, S.A. dan Zaafrani, I. 2011. **Textbook of Electrochemistry**. New Delhi: Discovery Publishing House PVT.LTD.
- Irving M. Gottlieb. 1998. **Catu daya switching regulator** Jakarta: PT Elex Media
- Nanulaitta, N.J.M. dan Lillipaly, E.R.M.A.P. 2012. **Analisa Sifat Kekerasan Baja St-42 dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi (CaCo₃)) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing)**. *Jurnal Teknologi*. 9/1: 985 - 994.
- Novizal Novizal, Eva Rediawati 2012. **“Pelapisan Ni-Co Pada Baja St 37 Menggunakan Metode Elektroplating Dengan Perlakuan Panas”** Unisba Volume 3, Nomor 1.
- Popoola, A.P.I. dan Fayomi, O.S.I. 2011. **Effect of Some Process Variable on Zinc Coated Low Carbon Steel Substrates**. *Scientific Research and Essays*. 6/20: 4264 - 4272.
- Purwanto dan Syamsul Huda. 2005. **Teknologi industri elektroplating**. Semarang: Badan penerbit Universitas Diponegoro.

- Rahajo, Samsudi. 2010. **Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Crom.** Prosiding Seminar Nasional Unimus.
- Sagadevan, S. dan Varatharajan, R. 2013. **Studies on the Mechanical Properties of Glycine Lithium Chloride NLO Single Crystal.** *International Journal of Physical Sciences.* 8/39: 1892 - 1897.
- Saleh, Azhar A. 2014. **Electroplating teknik pelapisan logam dengan cara listrik.** Bandung: Penerbit Yrama Widya.
- Schonmentz, A. 1985. **Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam.** Bandung: Angkasa.
- Shah, K.P. (nd) **Hardness Testing.** Online at <http://practicalmaintenance.net/?p=928> [accessed 29/12/15].
- Smallman, dan Bhisop. 2000, **Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material.** Jakarta: Erlangga.
- Sugiyarta et al. 2012. **Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Pada Proses Pelapisan Nikel Untuk Baja Karbon Rendah.** *Rotasi.* 14/4: 23 - 27.
- Sugiyono. 2009. **Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D.** Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sukandar rumidi. 2007. **Geologi Mineral Logam.** Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Supardi, E. 1999. **Pengujian Logam.** Bandung: Angkasa.
- Supriadi, Harnowo. 2013. **Pengaruh Rapat Arus Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Efisiensi Katoda Pada Electroplating Tembaga Untuk Baja Karbon Sedang.** *Jurnal Mechanical,* Volume 4, Nomor 1.
- Surdia, T. dan Saito, S. 2000. **Pengetahuan Bahan Teknik.** Cetakan ke-5 Pradya Paramita Jakarta

- Sutomo et al. 2010. **Pengaruh Arus dan Waktu Pada Pelapisan Nikel dengan Elektroplating Untuk Bentuk Plat.** Metana. 6/2: 12 - 20.
- Sutomo, Senen dan Rahmat. 2012. **Pengaruh Arus dan Waktu Pada Pelapisan Nikel Dengan Elektriplating Untuk Bentuk Plat.** Jurnal Teknik Mesin, Volume 3, Nomor 2.
- Yerikho et al. 2013. **Optimalisasi Variasi Tegangan dan Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhevisitas Lapisan Pada Plat Baja Karbon Rendah dengan Proses Elektroplating Menggunakan Pelapisan Seng.** MEKANIKA. 11/2: 62 - 68.
- Yudi Nur Sukmayadi, Hadromi Hadromi, Karnowo Karnowo. 2012,. **Penerapan Model Belajar Kooperatif Tipe Jigsaw Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Materi Elektroplating.** Jurnal pengetahuan dan Teknologi: Unnes

Lampiran 1. Surat Keputusan Tugas Dosen Pembimbing



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: T / 5133 / UN37.1.5 / TD.06 / 2019**

**Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2018/2019**

- Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Tanggal 10 Oktober 2017

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

PERTAMA :

Menunjuk dan menugaskan kepada:

Nama : Drs Sutarno, M.T
NIP : 195510051984031001
Pangkat/Golongan : IV/b
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Sebagai Pembimbing

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : IKMAL HILMI
NIM : 5301413054
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro
Topik : AUDIT ENERGI UNTUK EFISIENSI KONSUMSI ENERGI
PADA SISTEM PERALATAN LISTRIK DI HOTEL SANTIKA
PEKALONGAN

KEDUA :

Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan

1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal



5301413054

....: FM-03-AKD-24/Rev. 00 :....



DITETAPKAN DI : SEMARANG

PADA TANGGAL : 20 Mei 2019

DEKAN

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

UNNES

Nur Qudus, M.T., IPM
NIP. 196911301994031001

Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian Bengkel Iwan Chrome



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang
 Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009
 Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/14668/UN37.1.5/LT/2019
 Hal : Izin Penelitian

27 Nopember 2019

Yth. Pimpinan Bengkel Iwan Crome
 Jl Stadion Baru Kersan, Kebon Dalem Kec Kendal Kab Kendal Jawa Tengah 51318

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Ikmal Hilmi
 NIM : 5301413054
 Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
 Semester : Gasal
 Tahun akademik : 2019-2020
 Judul : Elektroplating Crome Baja ST 37 dengan Perubahan Tegangan Listrik 6V, 10V, dan 12V terhadap Kekerasan dan Ketebalan

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 28 November 2019-16Desember 2019.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.



Tembusan:
 Dekan FT;
 Universitas Negeri Semarang



Nomor Agenda Surat : 929 831 640 3

Sistem Informasi Surat Dinas - UNNES (2019-11-27 14:18:54)

Lampiran 3. Surat Ijin Pengujian UPT Laboratorium Terpadu UNDIP



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang
 Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009
 Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/14667/UN37.1.5/LT/2019
 Hal : Izin Penelitian

27 Nopember 2019

Yth. UPT Laboratorium Terpadu Undip Pekalongan
 Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Ikmal Hilmi
 NIM : 5301413054
 Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
 Semester : Gasal
 Tahun akademik : 2019-2020
 Judul : Elektroplating Crome Baja ST 37 Dengan Perubahan Tegangan Listrik
 6V, 10V dan 12V Terhadap Kekerasan dan Ketebalan

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 2 Desember 2019-23 Desember 2019.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.



Dekan FT
 Wakil Dekan Bid. Akademik,

Dr. Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
 NIP. 197805312005011002

Tembusan:
 Dekan FT;
 Universitas Negeri Semarang



Nomor Agenda Surat : 692 787 343 7

Sistem Informasi Surat Dinas - UNNES (2019-11-27 14:20:13)

Lampiran 4. Laporan Hasil Pengujian Kekerasan



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
UNIT PELAKSANA TEKNIS LABORATORIUM TERPADU

Jln. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang,
Telp. (024) 76918147 Fax. (024) 76918148

Website: <http://labterpadu.undip.ac.id> ; E-mail: labterpadu@live.undip.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Halaman : I dari 1

Nomor Sampel Uji	: SP-XI-1054
Jenis / Nama Sampel Uji	: Ikmal Hilmi
Asal Sampel Uji	: UNNES
Dibuat untuk	: -
Tanggal Pengambilan / Penerimaan Sampel Uji	: 2 Desember 2019
Kemasan Sampel Uji	: Plastik

HASIL PENGUJIAN

No	Nama Sampel	Paramater	Hasil (HV)			Metode
			I	II	III	
1	Raw	Kekerasan	287,8	281,8	285,6	Vickers Microhardness
2	GV A		763,1	767,9	764,2	
3	GV B		760	755,1	761,1	
4	GV C		794	785,6	788,3	
5	10V A		847,4	835,6	876,4	
6	10V B		829,6	815,9	810	
7	10V C		825,2	831,1	874,3	
8	12VA		864,3	868,7	870	
9	12V B		872,4	871	865,6	
10	12V C		817	855,1	840	

Catatan:

1. Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang tidak bertanggung jawab terhadap penyalahgunaan hasil analisis ini.
2. Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel uji yang dikirimkan ke UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.
3. Dilarang mengutip/meng-copy dan/atau mempublikasikan sebagian isi laporan ini tanpa seijin UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.
4. Beban 0,3N Holding time 10 detik

Semarang, 7 Desember 2019
Kepala Bidang Pengujian dan Sertifikasi

Dr. Melny Saery, M.S.
NIP. 19600510198012001

Lampiran 5. Laporan Hasil Pengujian Ketebalan SEM



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
UNIT PELAKSANA TEKNIS LABORATORIUM TERPADU

Jln. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang,
Telp. (024) 76918147 Fax. (024) 76918148

Website: <http://labterpadu.undip.ac.id> ; E-mail: labterpadu@live.undip.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Halaman : 1 dari 1

Nomor Sampel Uji	: SP-XI-1054
Jenis / Nama Sampel Uji	: Ikmal Hilmi
Asal Sampel Uji	: UNNES
Dibuat untuk	: -
Tanggal Pengambilan / Penerimaan Sampel Uji	: 2 Desember 2019
Kemasan Sampel Uji	: Plastik

HASIL PENGUJIAN

No	Nama Sampel	Paramater	Hasil (HV)			Metode
			I	II	III	
1	Raw	Kekerasan	287,8	281,8	285,6	Vickers Microhardness
2	GV A		763,1	767,9	764,2	
3	GV B		760	755,1	761,1	
4	GV C		794	785,6	788,3	
5	10V A		847,4	835,6	876,4	
6	10V B		829,6	815,9	810	
7	10V C		825,2	831,1	874,3	
8	12VA		864,3	868,7	870	
9	12V B		872,4	871	865,6	
10	12V C		817	855,1	840	

Catatan:

1. Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang tidak bertanggung jawab terhadap penyalahgunaan hasil analisis ini.
2. Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel uji yang dikirimkan ke UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.
3. Dilarang mengutip/meng-copy dan/atau mempublikasikan sebagian isi laporan ini tanpa seijin UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.
4. Beban 0,3N Holding time 10 detik

Semarang, 7 Desember 2019
Ketua Bidang Pengujian dan Sertifikasi

Dr. Menny Saery, M.S.
NIP. 19640510198902001

Lampiran 6. Proses Electroplating

1. Proses poles spesimen



2. Proses pencucian dengan air sabun



3. Proses celup larutan nikel



Lampiran 7. Hasil Perubah Tegangan Terhadap Kuat Arus

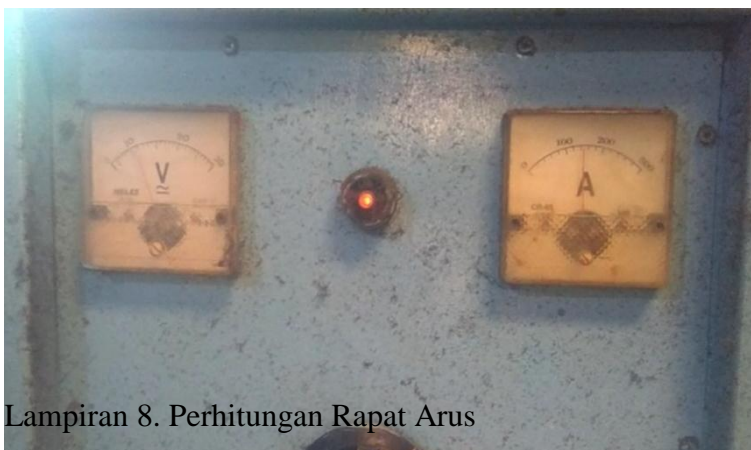
1. Tegangan 6V Jumlah yang diproses 5 Spesimen



2. Tegangan 10V Jumlah yang diproses 5 Spesimen



3. Tegangan 12V Jumlah yang diproses 6 Spesimen



Lampiran 8. Perhitungan Rapat Arus

1. Rapat arus untuk tegangan 6V kuat arus 20 Amper

$$\begin{aligned}
 j &= \frac{I}{A_0} \\
 &= \frac{20}{(0,4468 \times 5)} \\
 &= \frac{20}{(2,234)} \\
 &= \underline{\underline{9 \text{ A/dm}^2}}
 \end{aligned}$$

2. Rapat arus untuk tegangan 10V kuat arus 80 Amper

$$\begin{aligned}
 j &= \frac{I}{A_0} \\
 &= \frac{80}{(0,4468 \times 5)} \\
 &= \frac{80}{(2,234)} \\
 &= \underline{\underline{36 \text{ A/dm}^2}}
 \end{aligned}$$

3. Rapat arus untuk tegangan 12V kuat arus 140 Amper

$$\begin{aligned}
 j &= \frac{I}{A_0} \\
 &= \frac{140}{(0,4468 \times 6)} \\
 &= \frac{140}{(2,6808)} \\
 &= \underline{\underline{52 \text{ A/dm}^2}}
 \end{aligned}$$

Lampiran 9. Perhitungan Berat Endapan Lapisan Chrome

1. Berat endapan tegangan 6 V dan kuat arus 20A

$$\begin{aligned}W &= \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F} \\&= \frac{20 \cdot 2.52}{6.96500} \\&= \frac{2080}{579000} \\&= \mathbf{0,004 \text{ gram}}\end{aligned}$$

2. Berat endapan tegangan 6 V dan kuat arus 80 A

$$\begin{aligned}W &= \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F} \\&= \frac{80 \cdot 2.52}{6.96500} \\&= \frac{8320}{579000} \\&= \mathbf{0,014 \text{ gram}}\end{aligned}$$

3. Berat endapan tegangan 12 V dan kuat arus 140 A

$$\begin{aligned}W &= \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F} \\&= \frac{140 \cdot 2.52}{6.96500} \\&= \frac{14560}{579000} \\&= \mathbf{0,025 \text{ gram}}\end{aligned}$$

Lampiran 10. Perhitungan Prosentase Kenaikan Nilai Kekerasan

Perhitungan tabulasi hasil penelitian kekerasan vickers

No	Nama Sampel	Parameter	Hasil (HV)			Rerata	Metode	
			I	II	II			
1.	Raw Material	Kekerasan	287,8	281,8	285,6	285,1	Vickers Microhardnes	
4.	6 V		763,1	767,9	764,2	765,1		
5.	6 V		760	755,1	761,1	758,7		
6.	6 V		794	785,6	788,3	789,3		
Total Rerata						771		
7.	10 V	Kekerasan	847,4	855,6	876,4	853,1		
8.	10 V		829,6	815,9	810	818,5		
9.	10 V		825,2	831,1	874,3	843,5		
Total Rerata						838,4		
10.	12 V	Kekerasan	864,3	868,7	870	867,7		
11.	12 V		872,4	871	865,6	869,7		
12.	12 V		817	855,1	840	837,4		
Total Rerata						858,2		

1. Kenaikan prosentasi dari raw material ke *electroplating chrome* 6 V

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{(T_{6V} - \text{Raw material})}{\text{Raw material}} \times 100\% \\
 &= \frac{(771 - 285,1)}{285,1} \times 100\% \\
 &= \frac{(486)}{285,1} \times 100\% \\
 &= \mathbf{170,5\%}
 \end{aligned}$$

2. Kenaikan prosentasi dari raw material ke *electroplating chrome* 10 V

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{(T_{10V} - \text{Raw material})}{\text{Raw material}} \times 100\% \\
 &= \frac{(838,4 - 285,1)}{285,1} \times 100\% \\
 &= \frac{(553,3)}{285,1} \times 100\% \\
 &= \mathbf{194,1\%}
 \end{aligned}$$

3. Kenaikan prosentasi dari raw material ke *electroplating chrome* 12 V

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{(T_{12V} - \text{Raw material})}{\text{Raw material}} \times 100\% \\
 &= \frac{(858,2 - 285,1)}{285,1} \times 100\% \\
 &= \frac{(573,2)}{285,1} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= \mathbf{201,1\%}$$

Lampiran 11. Perhitungan Ketebalan Teoritis Lapisan Chrome

1. Ketebalan teoritis lapisan *chrome* tegangan 6 V

$$\begin{aligned} \# &= \frac{J.t.A.Eff.6000000}{\rho.z.F} \\ &= \frac{9 \times 2 \times 52 \times 15\% \times 6000000}{7194 \times 6 \times 96500} \\ &= \frac{837958818,3}{4165326000} \\ &= \mathbf{0,2 \mu m} \end{aligned}$$

2. Ketebalan teoritis lapisan *chrome* tegangan 10 V

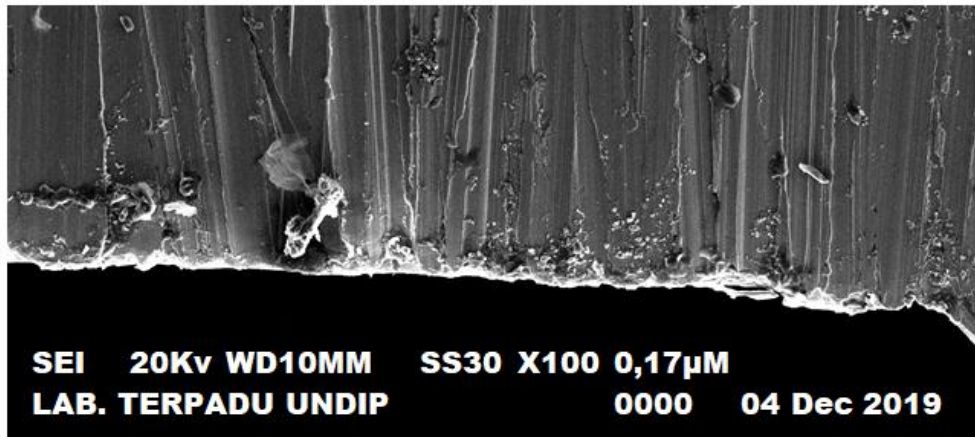
$$\begin{aligned} \# &= \frac{J.t.A.Eff.6000000}{\rho.z.F} \\ &= \frac{36 \times 2 \times 52 \times 15\% \times 6000000}{7194 \times 6 \times 96500} \\ &= \frac{3351835272}{4165326000} \\ &= \mathbf{0,8 \mu m} \end{aligned}$$

3. Ketebalan teoritis lapisan *chrome* tegangan 12 V

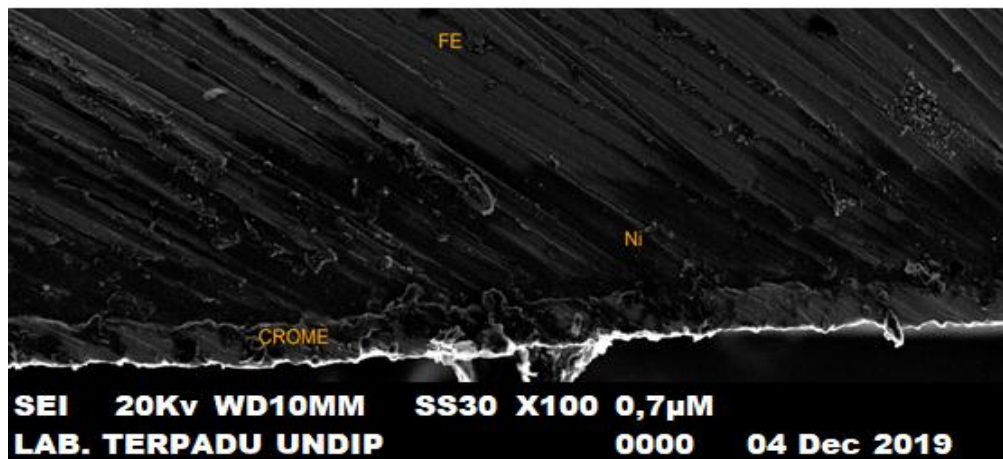
$$\begin{aligned} \# &= \frac{J.t.A.Eff.6000000}{\rho.z.F} \\ &= \frac{52 \times 2 \times 52 \times 15\% \times 6000000}{7194 \times 6 \times 96500} \\ &= \frac{4888093107}{4165326000} \\ &= \mathbf{1,2 \mu m} \end{aligned}$$

Lampiran 12. Ketebalan Aktul Lapisan *Chrome*

1. Ketebalan Aktual Tegangan 6V



2. Ketebalan Aktual Tegangan 10V



3. Ketebalan aktual tegangan 12V

