

**PENGARUH WAKTU PELAPISAN TERHADAP
KEKERASAN PERMUKAAN PADA PROSES *ELECTROPLATING*
TEMBAGA – KROM**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

**I GEDE INDRA WIRYAWAN
NIM. 0710623017 - 62**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2012

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas asung kerta wara nugraha Ida Sang Hyang Widhi Wasa, yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **”Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Kekerasan Permukaan Pada Proses *Electroplating* Tembaga – Krom”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Atas terselesaikannya penulisan skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin.
2. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.,CSE. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi.
4. Bapak Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT. selaku dosen Pembimbing, atas bimbingan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Mesin.
6. Keluarga saya , Ayahanda tercinta I Made Suwirya, Ibunda tercinta Ni Nyoman Suartini, adik ku tersayang I Made Angga Mahawirya dan I Nyoman Gede Nanda Wirya Sadguna, terimakasih atas segala motivasi dan dukungannya.
7. Tersayang Gusti Ayu Mila Yulansari, atas motivasi, semangat dan dukungan dalam pembuatan skripsi ini.
8. Seluruh angkatan Mesin 2007 (Extreme Zero Seven), seluruh angkatan Mesin SAP 2009 atas saran, masukan dan bantuannya.
9. Sahabat-sahabat tak terlupakan Pasukan Poharin Block E 69, Surya adinatha, Indra adnyana, Raka putra, Pranata putra, Suka agastya, Dian permana, Putra suryantika, Komang arinjaya, Surya kuyak, Dharma kusuma, dan yang lainnya terima kasih atas bantuan doa, dan dukungannya.

10. Mas Ropik atas bantuan dalam proses pelapisan krom di Politeknik Negeri Malang
11. Saudara seperjuangan, Yudik, Soni, Gaty, Abid, Tompi, Tejo, Mbek, atas kerjasamanya.

Dengan keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis, tentunya skripsi ini banyak membutuhkan masukan. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2012

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 <i>Electroplating</i>	5
2.3 Elemen Sel Elektrolitik.....	7
2.3.1 Elektrolit (<i>Electrolyte</i>)	7
2.3.2 Pengaliran Arus.....	7
2.3.3 Elektroda.....	8
2.4 Reaksi Reduksi dan Oksidasi.....	8
2.5 Pembersihan Kotoran (<i>Pickling</i>).....	10
2.6 Tembaga (<i>Cu</i>).....	10
2.7 Krom (<i>Cr</i>)	11
2.8 Baja.....	12
2.9 Rencana Benda Kerja	13
2.10 Waktu Pelapisan	13
2.11 Jenis-jenis Pengujian Kekerasan	15
2.11.1 <i>Resistance to cutting or abrasion dengan cara Moh's</i>	15
2.11.2 <i>Resistance to indentation</i>	16
2.11.3 <i>Elastic Hardness</i>	17

2.12	Pengujian Kekerasan Permukaan	18
2.13	Hipotesa	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian	19
3.2	Variabel Penelitian	19
3.3	Bahan dan Peralatan	20
3.4	Dimensi Katoda	26
3.5	Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.6	Prosedur Penelitian	27
3.7	Metode Pengukuran Data	29
3.8	Diagram Alir Penelitian	31
3.9	Metode Pengolahan Data	32

BAB IV HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Penelitian	35
4.2	Pengolahan Data	41
4.2.1	Tebal Lapisan Tembaga	41
4.2.2	Tebal Lapisan Krom	42
4.3	Analisa Grafik dan Pembahasan	44
4.3.1	Grafik Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Lapisan	44
4.3.2	Grafik Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Kekerasan Permukaan	45
4.3.3	Grafik Pengaruh Ketebalan Lapisan Terhadap Kekerasan Permukaan	47

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Karakteristik Tembaga (<i>Cu</i>)	11
Tabel 2.2	Karakteristik Krom (<i>Cr</i>)	12
Tabel 2.3	Urutan Kekerasan Skala <i>Moh's</i>	16
Tabel 3.1	Spesifikasi Mikro <i>Vickers</i>	29
Tabel 3.2	Rancangan Data Hasil Berat Spesimen	33
Tabel 3.3	Rancangan Penelitian Hasil Uji Kekerasan Permukaan	33
Tabel 4.1	Data Berat Awal Benda Kerja	35
Tabel 4.2	Berat Benda Kerja Setelah Lapisan Dasar (tembaga)	36
Tabel 4.3	Berat Endapan Lapisan Dasar (tembaga)	37
Tabel 4.4	Berat Benda Kerja Setelah Lapisan Akhir (krom)	38
Tabel 4.5	Berat Endapan Lapisan Akhir (krom) dengan masing-masing waktu pelapisan 30, 40, 50, 60 menit.	39
Tabel 4.6	Data Kekerasan Permukaan (HV)	40
Tabel 4.7	Data Perhitungan Tebal Lapisan Tembaga Berdasarkan data pengujian (μm)	41
Tabel 4.8	Data Perhitungan Tebal Lapisan Krom Berdasarkan data pengujian (μm)	43
Tabel 4.9	Data Perhitungan Tebal Lapisan Total (μm)	43

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Proses <i>Electroplating</i> .	6
Gambar 2.2	Tembaga (Cu)	11
Gambar 2.3	Krom (Cr)	12
Gambar 2.4	<i>Vickers</i>	17
Gambar 2.5	<i>Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3</i>	18
Gambar 3.1	<i>Hack saw machine</i>	21
Gambar 3.2	Jangka Sorong	21
Gambar 3.3	Mesin Bor	21
Gambar 3.4	Benda Kerja	22
Gambar 3.5	Kertas Gosok P 1000	22
Gambar 3.6	Gelas Kimia	23
Gambar 3.7	Timbangan Digital	23
Gambar 3.8	Pemanas (<i>heater</i>)	23
Gambar 3.9	Thermometer	24
Gambar 3.10	<i>Stop watch</i>	24
Gambar 3.11	Penjepit	24
Gambar 3.12	Sarung Tangan Kimia dan Masker	25
Gambar 3.13	Instalasi <i>Electroplating</i>	25
Gambar 3.14	Katoda	26
Gambar 3.15	<i>Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3</i>	29
Gambar 3.16	Titik pada pengukuran kekerasan permukaan	30
Gambar 4.1	Grafik pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan	44
Gambar 4.2	Grafik pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan	45
Gambar 4.3	Grafik pengaruh ketebalan lapisan terhadap kekerasan permukaan	47



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Gambar Benda Kerja Setelah dilakukan Proses <i>Pickling</i> .
Lampiran 2	Gambar Benda Kerja Setelah dilakukan Proses Pelapisan Tembaga.
Lampiran 3	Gambar Benda Kerja Setelah dilakukan Proses Pelapisan Krom.
Lampiran 4	Gambar Penentuan Titik Uji Kekerasan Permukaan Pada Benda Kerja.
Lampiran 5	Gambar Instalasi <i>Electroplating</i> di Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.
Lampiran 6	Gambar <i>Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3</i> di Laboratorium Pengujian Bahan ITN Malang.
Lampiran 7	Surat Keterangan Pelaksanaan <i>Electroplating</i> di Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.
Lampiran 8	Data Pengujian Berat Spesimen di Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.
Lampiran 9	Data Pengujian Kekerasan Permukaan di Laboratorium Pengujian Material ITN Malang

RINGKASAN

I Gede Indra Wiryawan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember, 2011, Pengaruh Waktu Pelapisan Terhadap Kekerasan Permukaan Pada Proses Electroplating Tembaga – Krom, Dosen Pembimbing : Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT.

Secara umum *electroplating* dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat dari logam yang akan dilapisi. *Electroplating* merupakan suatu proses pelapisan permukaan logam dengan logam lain sebagai pelapis, menggunakan arus listrik dan elektrolit sebagai pengantar senyawa logam pelapis menuju logam yang akan dilapisi, prinsip ini dikenal dengan nama elektrokimia. Pada proses *electroplating* digunakan proses pelapisan bertahap untuk merekayasa sifat logam sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan.

Dengan variasi waktu pelapisan pada saat proses *electroplating* sebagai variabel bebas yang akan mempengaruhi jumlah endapan yang berdeposit pada permukaan logam inti. Sedangkan variabel terikat yang nantinya dipengaruhi oleh waktu pelapisan adalah kekerasan permukaan. Jumlah endapan yang berdeposit pada permukaan akan sangat berpengaruh pada kekerasan logam yang terlapis oleh logam pelapis, waktu pelapisan juga akan sangat berpengaruh terhadap ketebalan lapisan disepanjang permukaan. Variabel yang dikontrol untuk mendapatkan hasil yang valid adalah jumlah elektrolit, *pickling*, kuat arus, dan dimensi benda kerja.

Semakin lama waktu pelapisan logam maka akan meningkatkan kekerasan permukaan yang diikuti dengan meningkatnya ketebalan lapisan dan berat logam pelapis. Persentase peningkatan kekerasan permukaan baja setelah dilapisi tembaga dengan waktu pelapisan 40 menit adalah meningkat sekitar (36,3%) dari kekerasan awal benda kerja. Untuk persentase peningkatan kekerasan lapisan krom dengan waktu pelapisan 30, 40, 50, 60 menit adalah berturut-turut sekitar (50,1%), (55,9%), (64%), (71,9%) dari kekerasan awal benda kerja.

Kata Kunci : *Electroplating*, waktu pelapisan, ketebalan lapisan, kekerasan permukaan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Logam merupakan salah satu produk yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Logam mempunyai banyak sifat, yang dalam aplikasinya akan mempengaruhi penggunaan dari logam tersebut. Kualitas logam yang bermutu cenderung mempunyai nilai jual yang tinggi, hal tersebut dikarenakan proses pengolahan dari logam itu sendiri dari berbentuk butiran pasir sampai menjadi barang yang siap dipakai memerlukan proses yang sangat panjang.

Kebutuhan akan bahan dari logam tidak saja dari kalangan industri besar, industri kecil menengah bahkan industri rumah tangga dalam proses produksinya juga menggunakan beraneka jenis logam. Harga logam bermutu yang mempunyai harga mahal menjadi salah satu masalah yang dihadapi para pelaku industri kecil menengah dan industri rumah tangga. Dengan semakin tingginya harga logam, banyak para pelaku industri kecil menengah beralih untuk membeli logam yang kurang bermutu dengan harga murah untuk mendapatkan keuntungan yang lebih banyak. Hal ini akan berdampak kepada para konsumen yang memakai produk logam dari industri tersebut misalnya sifat mekanis dari produk logam yang diinginkan tidak sesuai.

Salah satu sifat mekanis logam yang banyak diaplikasikan dalam dunia industri kecil menengah dan industri rumah tangga adalah kekerasan permukaan pada bantalan *sliding*. Bahan yang digunakan untuk pembuatan bantalan ini seringkali menggunakan logam yang berkualitas tinggi atau baja *high steel* dengan harga yang mahal, hal tersebut akan menjadi kendala utama bagi pelaku industri-industri kecil menengah. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis mencoba menguraikan salah satu teknik pengolahan logam yang mudah dilakukan oleh para pelaku industri kecil menengah dengan harga yang terjangkau. Logam yang mempunyai nilai kekerasan permukaan yang rendah diharapkan nantinya akan mempunyai kekerasan yang sebanding dengan logam-logam bermutu lainnya. *Elektroplating* adalah salah satu teknik pengolahan logam yang dapat meningkatkan nilai kekerasan logam dari logam yang berkualitas kekerasan rendah menjadi lebih berkualitas dengan cara melapiskan logam lain pada permukaan logam inti.

Electroplating merupakan pelapisan permukaan logam yang menggunakan prinsip elektrokimia. Elektrokimia merupakan suatu konversi energi yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Pada proses *elektroplating* menggunakan dua batang elektroda yang masing-masing berfungsi sebagai kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda), dimana anoda merupakan logam pelapis dan katoda merupakan logam yang akan dilapisi. Kedua batang elektroda diletakkan dalam elektrolit dan diberikan beda potensial dari sumber arus searah. Pada saat arus dialirkan dari sumber arus, elektron akan diserap anoda dan dialirkan menuju katoda. Melalui katoda elektron dikembalikan ke sumber arus, sehingga permukaan katoda terlapisi logam pelapis (Hartomo,1992).

Untuk meningkatkan kualitas permukaan logam tertentu, pelapisan dapat dilakukan dengan teknik pelapisan bertingkat. Pelapisan logam bertingkat biasanya dilakukan dengan dua atau lebih logam pelapis untuk melapisi logam inti, dimana tujuan dilakukannya teknik ini adalah untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan satu logam pelapis. Proses pelapisan bertingkat dilakukan bertahap sesuai dengan jumlah logam pelapis, pelapisan pertama biasanya digunakan sebagai dasar dari pelapisan selanjutnya dan berakhir pada logam pelapis terakhir. Salah satu logam yang dikenal umum sebagai pelapis dasar adalah tembaga (Cu), karena tembaga mempunyai sifat hantar arus yang baik. Tembaga juga mampu menutup permukaan logam inti dengan baik sehingga logam pelapis selanjutnya akan lebih mudah untuk menutup permukaan tembaga yang sudah terlapis pada logam inti. Untuk mendapatkan hasil akhir pelapisan yang dekoratif kebanyakan digunakan logam krom (Cr). Krom mempunyai sifat kemilau yang baik, anti korosi tahan gores sehingga cocok digunakan sebagai logam pelapis terakhir.

Kualitas permukaan logam yang sudah dilapisi sangat dipengaruhi oleh perlakuan-perlakuan pada saat pelapisan, seperti : suhu, waktu pelapisan, rapat arus, konduktivitas dan nilai keasaman (pH). Kekerasan permukaan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan baik tidaknya hasil pelapisan. Pada mesin kendaraan bermotor, kualitas kekerasan permukaan logam banyak diaplikasikan untuk material-material yang menerima gaya tekan tinggi. Permukaan yang mempunyai nilai kekerasan yang buruk pada salah satu bagian mesin akan sangat berpengaruh pada masa pemakaian mesin tersebut, sehingga diharapkan untuk

menggunakan logam yang mempunyai nilai kekerasan permukaan yang baik untuk meningkatkan masa pakai.

Proses *electroplating* mempunyai banyak keuntungan, diantaranya mudah dalam proses pengerjaan, waktu yang relatif singkat, dan lapisan yang merata pada permukaan logam. Dengan pertimbangan inilah banyak industri-industri logam yang menggunakan teknik ini untuk meningkatkan hasil kualitas dari produknya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil rumusan masalah yaitu bagaimanakah pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan pada proses *electroplating* tembaga-krom.

1.3. Batasan Masalah

Untuk lebih memberikan penjelasan terhadap isi pembahasan dan untuk lebih mengarahkan permasalahan, maka dalam penelitian ini perlu adanya beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Material yang digunakan adalah baja ST 37 sebagai katoda.
2. Kondisi awal spesimen yang digunakan dianggap sama.
3. Tembaga digunakan sebagai pelapis dasar, parameter yang digunakan untuk pelapisan dasar masing-masing spesimen adalah konstan.
4. Penelitian yang diamati difokuskan pada pelapisan terakhir dengan masing-masing waktu pelapisan 30, 40, 50 dan 60 (menit).
5. Pelapisan terakhir menggunakan krom, dan parameter pelapisan selain waktu pelapisan dianggap sama.
6. Ketebalan lapisan ditentukan berdasarkan berat endapan logam.
7. Kekerasan yang diteliti adalah permukaan logam setelah dilapisi logam dasar dan dilapisi logam terakhir (*finishing*).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan pada proses *electroplating* tembaga-krom.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilakukan penelitian *electroplating* adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan logam yang diperlukan untuk mendapatkan nilai kekerasan permukaan logam yang optimal.
2. Sebagai wawasan tambahan bagi mahasiswa dalam teknik pelapisan logam dengan cara *electroplating* untuk dijadikan pertimbangan sebelum melakukan penelitian selanjutnya.
3. Dapat dijadikan referensi untuk pengembangan *electroplating* yang diharapkan nantinya akan berguna bagi masyarakat umum dan khususnya untuk industri kecil menengah yang berkembang saat ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Prasetyo,Y; 2006. telah melakukan penelitian tentang *Pengaruh temperature dan waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan plat baja pada proses hard chrome*. Skripsi tidak dipublikasikan Malang: Universitas Brawijaya. Kemudian didapatkan kesimpulan meningkatnya waktu pelapisan akan menyebabkan kekerasan permukaan semakin meningkat. Pada waktu pelapisan 45 menit sampai 60 menit didapatkan kekerasan rata-rata tinggi sebesar 22,333 HV pada waktu 60 menit, sedangkan rata-rata terbesar 178,667 HV pada waktu 45 menit. Berdasarkan penelitian ini akan dikembangkan lagi proses pelapisan bertingkat yaitu pelapisan dasar tembaga dan pelapisan akhir krom dengan variasi waktu 30, 40, 50 dan 60 menit.

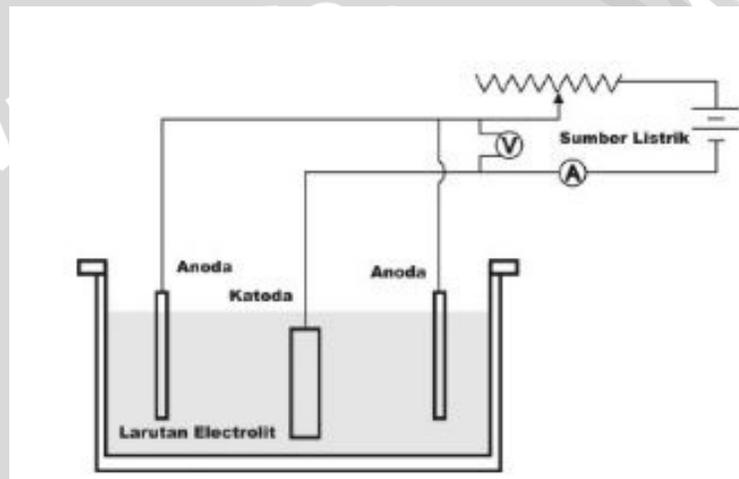
2.2. Pelapisan Logam Secara Listrik (*Elektroplating*)

Pelapisan permukaan logam menggunakan logam merupakan salah satu cara untuk mendapatkan sifat permukaan logam yang baik. Lapisan logam merupakan penghalang antara permukaan logam dan lingkungan sekitarnya (Chamberlain, 1991:269).

Pelapisan menggunakan logam harus mempunyai sifat-sifat ideal sebagai berikut:

- Sifat-sifat fisik, seperti kelenturan dan kekerasannya, harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
- Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.
- Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
- Metode pelapisannya harus bersesuaian dengan proses fabrikasi yang digunakan untuk membuat produk akhir.
- Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori (persyaratan ini tidak mungkin dipenuhi).

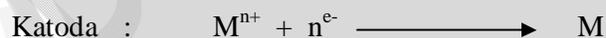
Electroplating merupakan suatu proses pelapisan permukaan logam dengan logam lain sebagai pelapis, menggunakan arus listrik dan elektrolit sebagai pengantar senyawa logam pelapis menuju logam yang akan dilapisi, prinsip ini dikenal dengan nama elektrokimia. Proses yang berlangsung pada metode ini adalah terurainya molekul-molekul penyusun senyawa karena reaksi dari elektrolit dan arus listrik atau sering disebut dengan metode elektrolisis. Elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, sedang proses penguraian ion-ion dari elektrolit disebut ionisasi.



Gambar 2.1 : Proses *Electroplating*
Sumber : *Anonymous a*; ccitonline.com

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara *electroplating* adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan.

Reaksi yang terjadi pada masing-masing elektroda:



Arus yang mengalir dari sumber arus searah (*rectifier*) menyebabkan elektron "dipompa" melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Elektron ini ditangkap oleh kation (ion positif) pada larutan elektrolit, sehingga pada permukaan katoda terjadi reaksi reduksi terhadap kation, dan pada saat yang sama anion (ion negatif) pada larutan elektrolit melepaskan elektron. Melalui katoda, elektron dikembalikan ke sumber arus. Adanya ion-ion logam yang didapat dari

elektrolit akan menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam lain (deposit). Secara elektrokimia proses reduksi dapat dinyatakan sebagai berikut:



Yaitu proses perubahan ion logam M bermuatan sebesar n positif menjadi atom logam netral M yang tidak bermuatan. Atom logam netral inilah yang berupa lapisan logam yang terbentuk di katoda dan disebut logam pelapis.

2.3. Elemen Sel Elektrolitik

2.3.1. Elektrolit (*Electrolyte*)

Larutan elektrolit dalam air terdisosiasi ke dalam partikel-partikel bermuatan listrik positif dan negatif yang disebut ion (ion positif dan ion negatif). Jumlah muatan ion positif akan sama dengan jumlah muatan ion negatif, sehingga muatan ion-ion dalam larutan netral. Ion-ion inilah yang bertugas menghantarkan arus listrik. Larutan elektrolit mengandung partikel-partikel yang bermuatan ion positif dan negatif (Svante Arrhenius, 1884).

Fungsi elektrolit di sini adalah sebagai penghantar arus dan penambah ion logam pelapis. Oleh karena itu larutan elektrolit harus mengandung logam pelapis, misalnya untuk pelapisan baja dengan tembaga dan krom maka elektrolit yang digunakan harus mengandung senyawa tembaga dan krom yang nantinya akan ikut melapisi baja (Utomo, 2007).

2.3.2. Pengaliran Arus

Arus yang digunakan pada proses pelapisan adalah arus searah (*Direct Current/DC*). Arus ini didapat dari sumber arus yang bermacam-macam, yaitu baterai kering, *Acumulator* dan *DC Power Supply* (Utomo, 2007).

Penggunaan sumber arus tergantung dari besar arus yang akan digunakan selama proses, dan kestabilan besar arus juga harus diperhatikan, karena hal itu berhubungan dengan hasil pelapisan yang terjadi. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan maka sumber arus yang paling baik adalah catu daya searah (Utomo, 2007).

2.3.3. Elektroda

Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya.

Pada proses *electroplating* terdapat dua buah elektroda, dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda dan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda yang dalam hal ini adalah logam yang akan dilapisi (Utomo, 2007).

Ciri – ciri dari elektroda tersebut adalah sebagai berikut (Van vlack, 1989):

a. Anoda

1. Merupakan kutub positif.
2. Terjadi reaksi oksidasi.
3. Terjadi pelepasan ion.

b. Katoda

1. Merupakan kutub negatif.
2. Terjadi reaksi reduksi.
3. Menerima ion.

Pada penelitian ini digunakan tembaga sebagai pelapis dasar dan krom sebagai pelapis akhir, dimana keduanya berfungsi sebagai anoda pada masing- masing pelapisan, sedangkan katoda menggunakan baja ST 37 yang merupakan benda kerja yang akan dilapisi.

2.4. Reaksi Reduksi dan Oksidasi (Redoks).

Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang melibatkan reaksi oksidasi (peningkatan bilangan oksidasi) dan reduksi (penurunan bilangan oksidasi) yang terjadi secara serentak dalam suatu sel elektrokimia (Parthasaradhy, NV., 1989:25).

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

Suatu reaksi reduksi dapat menimbulkan potensial listrik tertentu, yang disebut potensial elektroda (E) dan semakin mudah suatu unsur mengalami reduksi, maka makin besar potensial elektrodanya. Harga potensial elektroda yang sebenarnya dalam suatu reaksi reduksi tidak dapat dihitung, sebab tidak ada reaksi reduksi yang berlangsung tanpa diikuti reaksi oksidasi. Oleh karena itu harga potensial elektroda yang dipakai adalah harga potensial elektroda relatif yang dibandingkan terhadap suatu elektroda standar. Itulah sebabnya harga potensial elektroda lebih tepat disebut potensial reduksi standar atau potensial elektroda standar (E_0). Elektroda yang dipakai sebagai standar dalam menentukan harga potensial elektroda adalah elektroda hidrogen. Cara memperolehnya dengan mengalirkan gas hidrogen murni pada elektroda platina (Pt) yang bersentuhan dengan asam (ion H^+). Sehingga terjadi kesetimbangan:



Harga potensial elektroda dari reaksi ini ditetapkan 0 volt. Kemudian harga potensial elektroda standar dari semua reaksi reduksi adalah harga yang dibandingkan terhadap potensial elektroda standar hidrogen.

Berdasarkan harga E_0 maka dapat disusun suatu deret unsur mulai dari unsur dengan harga E_0 terkecil sampai terbesar yang disebut deret volta yaitu:

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

Sifat-sifat dari deret volta adalah:

1. Logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki harga E_0 positif sedangkan di sebelah kiri H mempunyai harga E_0 negatif.
2. Makin ke kanan letak suatu logam pada deret volta, maka harga E_0 logam makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan H mudah mengalami reduksi atau sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam yang pasif atau logam mulia.

3. Makin ke kiri, harga E_0 dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam yang aktif.

2.5. Pembersihan Kotoran (*Pickling*)

Perlakuan terhadap permukaan logam sebelum dilapisi yaitu dengan cara dibersihkan dengan larutan kimia atau disebut dengan *pickling*. Proses *pickling* adalah proses penghilangan lapisan oksida dari permukaan logam secara kimiawi dengan mencelupkan ke dalam larutan asam (ASM International, 1991).

Melalui proses *pickling*, larutan asam akan masuk melalui celah – celah retakan (*crack*) pada lapisan oksida dan kemudian bereaksi dengan logam induknya dan akan menghasilkan gas hidrogen. Dengan meningkatnya jumlah gas hidrogen yang terbentuk, maka tekanan di bawah lapisan oksida tersebut akan meningkat sehingga lapisan oksida tersebut akan terlepas dari permukaan logam. Lapisan oksida tersebut juga bisa bereaksi dengan larutan asam sehingga akan terkikis dan larut di dalam larutan tersebut.

Lapisan oksida pada permukaan logam harus dihilangkan karena akan mempengaruhi kelekatan logam pelapis dengan logam yang akan dilapisi. Fungsi lain dari *pickling* adalah untuk membuka pori – pori pada permukaan logam agar lebih mudah menangkap logam pelapis. Lapisan oksida yang ada pada permukaan logam akan terkikis sehingga akan mudah mereduksi logam yang akan dilapiskan pada saat proses pelapisan.

2.6. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan logam murni yang berwarna kemerah-merahan dan akan bersifat keras jika tidak murni. Logam ini sangat populer digunakan pada proses *electroplating* di samping harganya murah tembaga juga gampang dicari pada industri-industri kimia kecil. Untuk proses pelapisan, tembaga sering dimanfaatkan sebagai lapisan dasar karena mempunyai keuntungan dapat menutupi permukaan bahan yang dilapisi dengan baik. Tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi. Pada udara yang lembab, permukaan tembaga ditutupi oleh suatu lapisan yang berwarna hijau yang menarik dari tembaga karbonat basa.



Gambar 2.2 : Tembaga (Cu).

Sumber : *Anonymous b*; wanibesak.wordpress.com

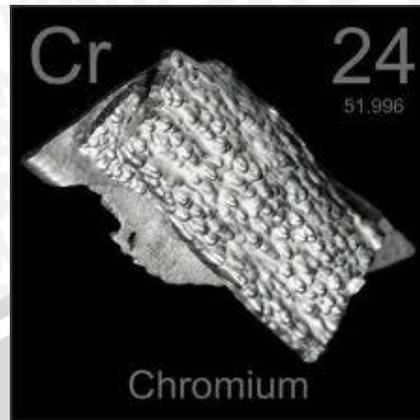
Karakteristik Tembaga:

Lambang	Cu
Nomor atom	29
Elektron valensi	1
Massa atom	63.546 g/mol
Massa jenis	8,92 gr/cm ³
Struktur	<i>Face Centered Cubic</i>
Titik lebur	1.083 ⁰ C
Titik didih	2.301 ⁰ C

Tabel 2.1 : Karakteristik Tembaga
Sumber : *Anonymous c*; wikipedia.org

2.7. Krom (Cr)

Krom adalah sebuah unsur kimia. Krom merupakan logam tahan korosi dan dapat dipoles menjadi mengkilat. Dengan sifat ini, krom banyak digunakan sebagai pelapis pada ornamen-ornamen bangunan, komponen kendaraan, seperti knalpot pada sepeda motor. Untuk mendapatkan kualitas pelapisan krom yang lebih baik pada baja, biasanya dilakukan pelapisan dasar sebelum melapisi baja dengan krom.



Gambar 2.3 : Krom (*Chromium*)
Sumber : *Anonymous d*; ahmandonk.com

Krom mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Elektro valensi	6
Massa atom	51,9961 g/mol
Fase	Padat
Massa jenis	6,3 g/cm ³
Titik lebur	2180 K (1907 °C, 3465 °F)
Titik didih	2944 K (2671 °C, 4840 °F)
Struktur Kristal	<i>Cubic body centered</i>

Tabel 2.2 : Spesifikasi Krom
Sumber : *Anonymous c*; wikipedia.org

2.8. Baja

Baja merupakan paduan antara besi dan karbon, dimana kandungan karbon dalam baja antara 0,008 – 2%. Baja juga mengandung silikon sekitar 0,25%: 0,3 – 1,5% Mn dan unsur yang lain seperti Phospor dan Sulfur.

Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Kadar karbon : $\leq 0,25\%$.

Penggunaan : *Machine, machinery* dan *mild steel*.

Sifat : Mudah ditempa dan mudah di mesin.

- Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

Kadar karbon : 0,25% - 0,6%.

Sifat : Sulit untuk dibengkokkan, dilas dan dipotong.

- Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Kadara karbon : 0,6% - 2%.

Penggunaan : *tool steel*.

Sifat : Sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong.

Baja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah baja (ST.37).

Untuk lebih meningkatkan nilai kekerasan permukaan pada baja ini akan lebih baik jika dilakukan pelapisan kembali.

2.9. Rencana Benda Kerja.

Beberapa masalah yang timbul sehubungan dengan bentuk benda kerja.(Utomo, A. B., 2007) adalah:

- Penebalan lapisan pada lempengan segi empat.
- Tipisnya lapisan pada benda berbentuk siku.
- Bentuk lonjong pada benda kerja berpenampang bulat.
- Lapisan tipis pada benda berbentuk cekung (*concave*).

Sebagai pedoman dalam merencanakan suatu bentuk benda yang akan dilapisi adalah:

- Hindarkan lubang pada benda kerja, kalau harus ada diusahakan dibuat lubang yang tembus dan diameternya diperbesar.
- Berikan toleransi pada benda yang nantinya akan dirakit.
- Pada pelapisan yang banyak atau bersama – sama (*barrel-plating*), hindarkan bentuk yang mengakibatkan benda – benda tersebut saling terkait.

2.10. Waktu Pelapisan.

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan dengan jumlah arus dan waktu yang digunakan, yaitu:

- Berat dari logam yang diendapkan (W) pada saat berlangsung proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah kuat arus (I) dan waktu (t).

- Untuk jumlah arus yang sama, berat dari logam yang diendapkan berbanding lurus dengan ekivalen kimianya.

Pernyataan di atas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W = \frac{I \times t \times A}{Z \times F} \quad (\text{gr}) \dots\dots\dots(\text{Sanders, 1950:6}) \quad (2-1)$$

- dengan :
- W = Berat logam yang diendapkan (gr)
 - I = Arus yang digunakan (ampere)
 - t = Waktu (detik)
 - A = Massa atom (gr/mol)
 - Z = Valensi atom
 - F = Bilangan Faraday = 96500 (Coulomb/mol)

Dari rumus di atas, ketebalan lapisan dapat diperoleh dengan asumsi lapisan sepanjang permukaan seragam (Sanders, 1950:7). Untuk mengetahui ketebalan lapisan maka harus diketahui volume dari logam inti, dan hubungan tersebut dapat dituliskan dalam persamaan-persamaan berikut:

$$\text{Densitas}(\rho) = \frac{\text{berat endapan}(W)}{\text{volume}(V)} \quad \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \dots\dots\dots(\text{Sanders, 1950:7}) \quad (2-2)$$

Atau

$$\text{Volume}(V) = \frac{\text{berat endapan}(W)}{\text{berat jenis}(\rho)} \quad (\text{cm}^3) \dots\dots\dots(\text{Sanders, 1950:7}) \quad (2-3)$$

Jadi ketebalan endapan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Ketebalan}(S) = \frac{\text{volume}(V)}{\text{luas permukaan}(L)} \quad (\text{cm}) \dots\dots\dots(\text{Sanders, 1950:7}) \quad (2-4)$$

Hukum Faraday dapat menjelaskan pengaruh penambahan waktu pada proses pelapisan logam dengan listrik. Semakin lama waktu yang digunakan, maka lapisan logam yang dihasilkan juga semakin besar. Berdasarkan persamaan (2-2), (2-3) dan (2-4) juga dapat dijelaskan bahwa semakin besar jumlah deposit lapisan logam (jumlah berat endapan), maka semakin besar pula ketebalan dari lapisan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu yang digunakan pada proses pelapisan mempengaruhi jumlah deposit lapisan dan juga ketebalan lapisan yang terbentuk.

Pada kondisi sebenarnya berat yang terbentuk akan lebih rendah daripada berat secara teoritis (berat menurut hukum Faraday). Hal ini disebabkan karena arus listrik yang digunakan pada *electroplating* ini tidak semuanya digunakan untuk

pengendapan (deposisi) ion logam, namun juga terjadi reaksi-reaksi sampingan yaitu: evolusi (pelepasan) hidrogen, dan pelepasan kalor pada larutan elektrolit. Perbandingan berat aktual (sebenarnya) dengan berat secara teoritis, menunjukkan efisiensi arus listrik dan dinyatakan dalam persen yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_{\text{arus}} = \frac{W_{\text{aktual}}}{W_{\text{teoritis}}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Parthasarady, 1998:51}) \quad (2-5)$$

dengan:

W_{aktual} = berat yang mengendap di Katoda.

W_{teoritis} = berat menurut Hukum Faraday.

2.11. Jenis-jenis Pengukuran Kekerasan

Kekerasan permukaan logam merupakan kemampuan menerima gaya berupa penetrasi, indentasi, pengikisan, ataupun penggoresan pada permukaan logam. Sifat kekerasan mempunyai kolerasi, dengan sifat kekuatan dan juga dengan sifat daya tahan aus. Kekerasan permukaan logam sangat dipengaruhi oleh kadar karbon, adanya unsur lapisan, dan perlakuan panas.

Kekerasan permukaan adalah faktor yang sangat penting dalam dunia permesinan, terdapat tiga jenis umum kekerasan permukaan tergantung cara pengujiannya (Koswara, 1999).

2.11.1. Resistance to cutting or abration dengan cara Moh's

Pengukuran ini dilakukan dengan menggoreskan suatu material dengan material standar yang telah diketahui nilai kekerasannya.

Urutan kekerasan material berdasarkan cara *Moh's*:

Urutan Kekerasan	Skala
Talk	1
Gips	2
Kalsit	3
Fluorite	4
Apatik	5
Feldspar	6

Kwarsa	7
Topas	8
Titanium	9
Intan	10

Tabel 2.3 : Urutan Kekerasan Skala *Moh's*
Sumber : Tata surdia, 2002 : H.31

Urutan skala di atas dihitung dari skala terendah (1) dan skala tertinggi (10).

2.11.2. *Resistance to indentation*

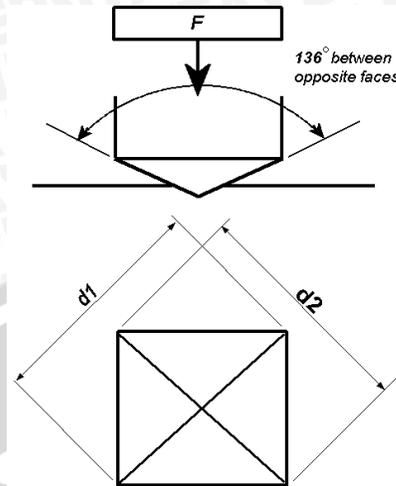
Pengujian ini juga disebut metode pelekukan. Untuk pengujian ini secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga cara:

- Cara *Brinell*

Pengukuran ini dilakukan dengan cara menekan secara tegak lurus menggunakan bola baja (sebagai indentor) yang sudah diketahui diameternya pada permukaan benda uji, kemudian bekas yang ditimbulkan diukur dengan sebuah persamaan. Pengujian ini biasanya menggunakan *Electrical brinell hardness tester*.

- Cara *Vickers*

Prinsipnya sama dengan pengujian *Brinell*, hanya saja menggunakan indentor yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar dngan sudut puncak antara dua sisi berhadapan 136° , tapak tekan berbentuk bujur sangkar. Cara *vickers* merupakan cara pengujian kekerasan yang paling sensitif sangat memungkinkan sekali penggunaan beban yang ringan pada pengujian cara *vickers*. Oleh karena itu cara ini bisa digunakan untuk pengujian kekerasan pada material yang tipis sampai 0,005 in.

Gambar 2.4 : *Vickers*

Sumber : *Anonymous e* ; <http://www.gordonengland.co.uk/hardness/vickers.htm>

- Cara *Rockwell*

Cara *Rockwell* menggunakan prinsip yang sama dengan cara *Brinell* hanya saja indenter yang dipakai ada 2 jenis dan berukuran lebih kecil daripada indenter pada *Brinell*. Indenter yang digunakan adalah kerucut intan, dengan sudut puncak 120° , ujung agak bulat, berjari - jari 0,2 mm dan bola baja berdiameter 1/16 in, 1/8 in, 1/4 in, dan 1/2 in. Dalam cara *Rockwell* terdapat beberapa skala yaitu A sampai V. Masing – masing skala memiliki beban serta indenter tersendiri dan digunakan untuk kebutuhan tertentu. Skala A digunakan untuk material yang sangat keras, skala B untuk material dengan kekerasan medium , skala C untuk material dengan kekerasan rendah, dan seterusnya sampai skala V untuk *plastic* dan *soft metal* seperti timbal. Terdapat juga *superficial Rockwell* untuk menguji spesimen yang tipis sampai 0,006 in dan juga untuk *powdered metal*.

2.11.3. *Elastic Hardness*

Disebut juga sebagai metode pantulan. Pengujian dengan menggunakan intan *tipped hammers* (palu hitam) yang dapat dinaikkan pada ketinggian tertentu dan dijatuhkan secara bebas pada permukaan logam. Setelah menyentuh permukaan, intan akan memantul. Ketinggian pantulan menunjukkan kekerasan yang diukur. Semakin tinggi pantulan menunjukkan kekerasan yang semakin besar. Prinsipnya adalah konversi energi dari energi potensial menjadi energi kinetik, sebagian energi diserap oleh material dan sisanya menyebabkan terjadinya pantulan. Energi yang diserap sebenarnya menunjukkan *resilience*, yaitu energi yang dapat diserap oleh

material pada daerah elastiknya. Keuntungan dari cara ini adalah peralatan kecil dan bekas penetrasinya kecil, sehingga hampir tidak merusak bahan yang diukur.

2.12. Pengujian Kekerasan permukaan

Untuk pengujian kekerasan permukaan logam, dimana dalam hal ini adalah permukaan yang sudah terlapis logam lain. Untuk itu pengujian kekerasan menggunakan *Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3*. Permukaan yang diuji ditekan dengan indenter yang berbentuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan – permukaan piramida yang berhadapan adalah 136° . Angka kekerasan intan atau angka kekerasan *Vickers* (HV atau VPn), secara teoritis diartikan sebagai beban bagi luas penampang lekukan.



Gambar 2.5 : *Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3*.
Sumber : Laboratorium Metalurgi Fisik ITN malang

2.13. Hipotesa

Dengan meningkatnya waktu pelapisan, mengakibatkan endapan logam pelapis yang terlapis pada katoda (benda kerja) akan meningkat dan hal tersebut juga meningkatkan ketebalan pelapisan. Meningkatnya ketebalan lapisan pada permukaan katoda akan diikuti dengan peningkatan kekerasan permukaan pada katoda, hal itu dikarenakan struktur logam yang terbentuk pada permukaan katoda akan semakin banyak seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian nyata (*true experimental research*). Diharapkan dari penelitian ini didapatkan data-data yang valid agar dapat menyimpulkan permasalahan yang dibahas. Untuk mendukung penelitian ini maka dilakukan studi literatur untuk mendapatkan sumber-sumber pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini yang berasal dari jurnal internet, buku, dan penelitian-penelitian sebelumnya, dengan model analisis varian satu arah.

3.2. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah waktu pelapisan pada proses pelapisan dasar selama 40 menit dan selanjutnya pada proses pelapisan akhir selama 30, 40, 50 dan 60 menit.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya bergantung dari variabel bebas dan nilainya diketahui saat penelitian dilakukan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekerasan permukaan.

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya selalu dijaga untuk mendukung penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terkontrol adalah:

- Pada pelapisan dasar (Tembaga)
 - *Zonax copper salt* 130 gram tiap satu liter *aquades*.
 - Potasium sianida sebesar 5 gram tiap satu liter *aquades*.
 - Temperatur elektrolit sebesar 40 °C.

- Kuat arus 1,5 ampere
- Waktu pelapisan 40 menit.
- Jarak elektroda 100 mm.
- Pelapisan akhir (Krom).
 - Asam kromat sebesar 240 gram untuk satu liter *aquades*
 - Asam sulfat sebesar 15 cc untuk satu liter *aquades*.
 - Waktu pelapisan 40 menit.
 - Kuat arus 2,5 ampere
 - Jarak elektroda 100 mm.
- Menggunakan *power supply* dengan arus DC.

3.3. Bahan dan Peralatan yang digunakan

3.3.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. *Zonax copper salt*.
2. Potasium sianida.
3. Asam kromat.
4. Asam sulfat.
5. Air (*aquades*).
6. Baja ST 37 sebagai benda kerja.
7. Batang tembaga (Cu) murni sebagai anoda untuk pelapisan dasar.
8. Batang timbal (Pb) sebagai anoda untuk pelapisan akhir.

3.3.2. Peralatan

1. Peralatan Pembuatan Benda kerja

Benda kerja yang digunakan pada percobaan ini langsung digunakan sebagai spesimen uji kekerasan. Adapun Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mesin pemotong logam (*hack saw machine*)

Mesin ini berfungsi untuk memotong logam yang mempunyai profil bujur sangkar, lingkaran, persegi panjang. Mesin ini hanya mampu memotong logam dengan dimensi sedang.

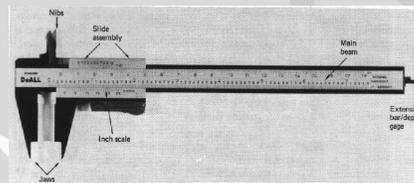


Gambar 3.1 : *Hack saw machine*

Sumber : Laboratorium perlakuan material - Politeknik Negeri Malang.

b. Jangka sorong

Jangka sorong berfungsi untuk mengukur dimensi benda kerja dengan keakuratan 0,005 mm.



Gambar 3.2 : Jangka sorong

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

c. Mesin penghalus permukaan

Mesin ini berfungsi untuk menghaluskan permukaan benda kerja dengan cara memotong benda kerja sepanjang 0,5 mm sepanjang permukaan dengan hasil yang halus.

d. Mesin Bor

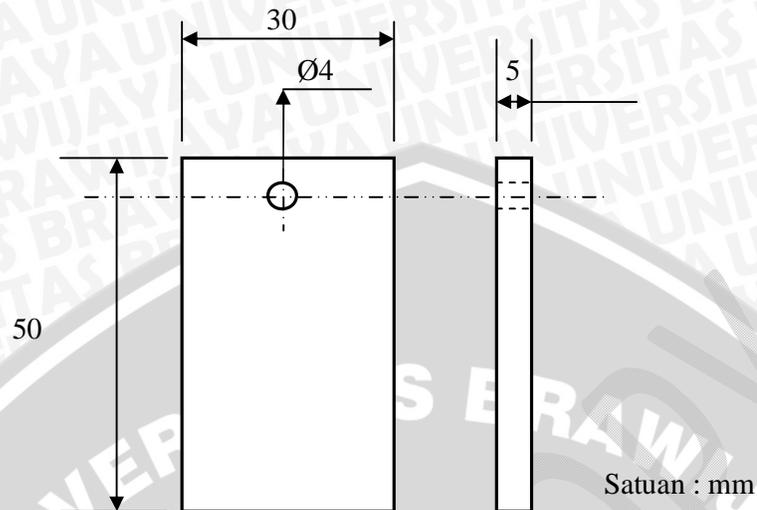
Berfungsi untuk melakukan pelubangan pada benda kerja, lubang yang dihasilkan oleh mesin bor berbentuk silindris.



Gambar 3.3 : Mesin Bor

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

Gambar Benda kerja :



Gambar 3.4 : Benda kerja.

2. Peralatan Proses *Electroplating*

Dalam proses *electroplating* menggunakan berbagai macam alat diantaranya adalah:

a. Kertas gosok

Kertas gosok berfungsi untuk menghaluskan benda kerja setelah dilakukan proses *pickling*.



Gambar 3.5 : Kertas gosok.

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

b. Gelas kimia 1000 ml dan 100 ml

Gelas kimia berfungsi untuk menentukan banyaknya larutan elektrolit yang akan dibuat.



Gambar 3.6 : Gelas kimia.

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

c. Timbangan digital

Timbangan digital untuk menentukan berat dari spesimen dan untuk menentukan berat potasium untuk campuran dalam elektrolit tembaga.



Gambar 3.7 : Timbangan digital.

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

d. Pemanas (*heater*)

Pemanas digunakan untuk mendapatkan suhu elektrolit sebesar 40° C. Pemanas ini bekerja secara otomatis, jika sudah mencapai suhu yang diinginkan maka pemanas akan mati dan hidup lagi setelah suhu elektrolit menurun.



Gambar 3.8 : Pemanas.

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

e. Termometer

Termometer dalam penelitian ini berfungsi untuk melihat suhu yang dihasilkan oleh pemanas.



Gambar 3.9 : Termometer.

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

f. *StopWatch*

Berfungsi untuk menentukan lama waktu pencelupan dan *pickling*.



Gambar 3.10 : *Stop Watch*

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

g. Penjepit

Penjepit berfungsi untuk menghubungkan antara kawat yang dialiri arus dengan kawat yang memegang benda kerja dan katoda.



Gambar 3.11 : Penjepit.

Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

h. Berbagai alat keselamatan kerja, terdiri atas sarung tangan kimia, dan masker

Alat keselamatan kerja berfungsi untuk mengurangi kontaminasi dengan bahan-bahan kimia penelitian yang digunakan, karena akan

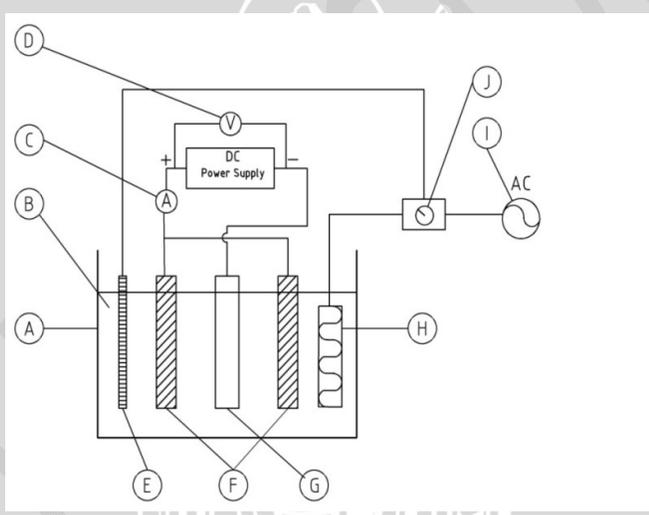
berakibat fatal jika terjadi reaksi antara bahan kimia yang digunakan dengan manusia.



Gambar 3.12 : sarung tangan kimia dan masker
 Sumber : Laboratorium Perlakuan Material - Politeknik Negeri Malang.

i. Instalasi *electroplating*

Instalasi *electroplating*



Gambar 3.13 : Instalasi *electroplating*

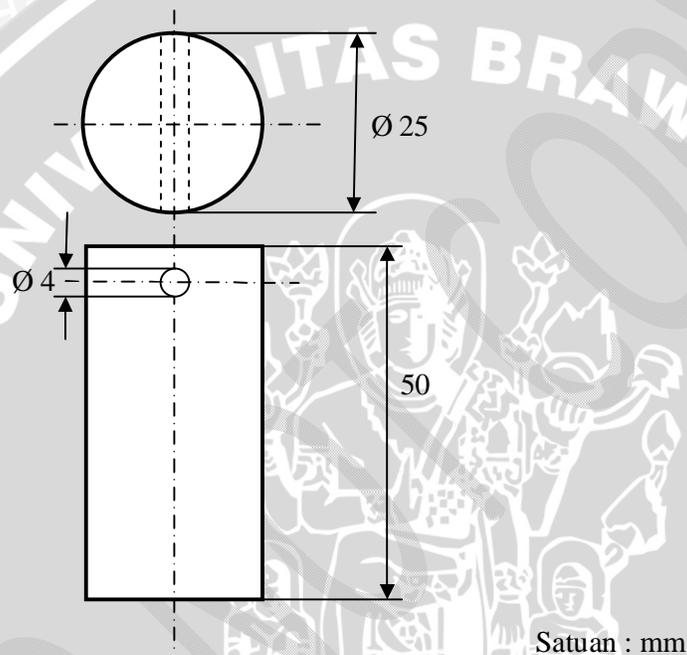
Keterangan:

- A). Bak *electroplating*
- B). Larutan *electroplating*
- C). *Ampere meter*
- D). *Volt meter*
- E). *Thermocopel*
- F). Anoda
- G). Katoda / benda kerja : baja ST 37

- H). Heater
- D). Sumber arus AC
- J). Thermocontrol

3.4. Dimensi Katoda

Pada bagian atas katoda dilakukan pelubangan dengan menggunakan mesin bor, yang bertujuan sebagai pegangan untuk kawat yang dialiri arus listrik .



Gambar 3.14 : Katoda

3.5. Tempat dan Waktu Penelitian

Proses *electroplating* dilaksanakan di Lab. Perlakuan Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, sedangkan pengujian kekerasan permukaan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Material Institut Teknologi Nasional Malang. Adapun waktu penelitian dan pengambilan data dimulai pada bulan Desember s/d selesai.

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Tahap Pembuatan Larutan *Pickling*

1. Siapkan gelas ukur dengan volume 100 ml.
2. Tuangkan *aquades* sampai menunjuk garis volume 90 ml.

3. Tuangkan secara perlahan asam sulfat sampai volume dalam gelas ukur menunjukkan garis 100 ml.
4. Aduk campuran *aquades* dan asam sulfat sampai merata.

3.6.2. Tahap Pembuatan Larutan *Electroplating* Tembaga

1. Dengan timbangan digital, tentukan berat potasium sebesar 5 gr.
2. Dengan timbangan digital, tentukan berat *zonax copper salt* sebesar 130 gr.
3. Tuangkan *aquades* sebanyak 1000 ml pada gelas ukur.
4. Tuangkan kembali *aquades* yang sudah ada di dalam gelas ukur ke dalam bak *electroplating* diikuti dengan potasium dan *zonax copper salt*.
5. Aduk seluruh bahan yang ada di dalam bak sampai tercampur dengan merata.

3.6.3. Tahap Pembuatan Larutan *Electroplating* Krom

1. Tentukan berat asam kromat sebesar 240 (gr) dengan menggunakan timbangan digital.
2. Tentukan besar volume asam sulfat sebesar 15 cc
3. Tuangkan 1000 ml *aquades* ke dalam bak *electroplating*.
4. Masukkan asam kromat dan asam sulfat yang sudah ditentukan.
5. Campurkan semua bahan sampai merata dalam bak.

3.6.4. Proses *Elektroplating* Tembaga.

1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian.
2. Dilakukan proses pembersihan benda kerja menggunakan kertas gosok.
3. Disiapkan larutan untuk proses *pickling*.
4. Benda kerja direndam selama 10 menit dalam larutan *pickling*.
5. Benda kerja dibilas menggunakan *aquades* dan dihaluskan kembali menggunakan kertas gosok setelah dilakukan *pickling*, kemudian benda kerja dikeringkan dengan kertas tisu.
6. Benda kerja ditimbang untuk mendapatkan berat awal benda kerja setelah dilakukan proses *pickling*.
7. Siapkan larutan elektrolit yang sudah disiapkan sebelumnya dan peralatan-peralatan untuk proses *electroplating* tembaga.
8. Panaskan larutan dengan menggunakan *heater* dan atur pada suhu 40°C

9. Celupkan tembaga murni dan benda kerja yang sudah diberi pengait ke dalam larutan dengan jarak 100 mm, usahakan seluruh benda kerja terendam dalam larutan elektrolit.
10. Hubungkan arus listrik positif dari sumber arus searah menuju ke pengait tembaga menggunakan penjepit.
11. Hubungkan arus listrik negatif dari sumber arus searah menuju ke pengait benda kerja.
12. Setelah suhu pada larutan mencapai suhu 40°C, hidupkan sumber arus dan atur kuat arus sebesar 1,5 ampere.
13. Dilakukan proses pencelupan tembaga selama 40 menit.
14. Lakukan pembilasan menggunakan *aquades* dan keringkan benda kerja setelah selesai proses pencelupan.
15. Benda kerja di timbang dengan timbangan digital untuk mendapatkan berat benda kerja setelah dilapisi lapisan dasar tembaga.

3.6.5. Proses *Elektroplating* Krom.

1. Siapkan larutan elektrolit yang sudah disiapkan sebelumnya dan peralatan-peralatan untuk proses *electroplating* krom.
2. Panaskan larutan dengan menggunakan *heater* dan atur pada suhu 40°C.
3. Celupkan timbal dan benda kerja yang sudah diberi pengait ke dalam larutan dengan jarak 100 mm, usahakan seluruh benda kerja terendam dalam larutan elektrolit.
4. Hubungkan arus listrik positif dari sumber arus searah menuju ke pengait timbal menggunakan penjepit.
5. Hubungkan arus listrik negatif dari sumber arus searah menuju ke pengait benda kerja.
6. Setelah suhu pada larutan mencapai suhu 40°C, hidupkan sumber arus dan atur kuat arus sebesar 2,5 ampere.
7. Dilakukan proses pencelupan krom dengan masing-masing waktu selama 30, 40, 50, 60 menit.
8. Benda kerja dikeluarkan dari bak, lakukan pembilasan menggunakan *aquades* dan keringkan benda kerja setelah selesai proses pencelupan.

9. Benda kerja di timbang dengan timbangan digital untuk mendapatkan berat benda kerja setelah lapisan akhir.
10. Kumpulkan semua data yang didapatkan dalam penelitian.
11. Pengolahan data.

3.7. Metode Pengukuran Data

Pengukuran kekerasan permukaan dari lapisan tembaga dan krom yang telah dilapiskan secara *electroplating* pada spesimen, dapat dilakukan dengan alat *Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3 Akashi corporation Japan*.



Gambar 3.15 : *Micro Vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3*
Sumber : Laboratorium Pengujian Material ITN Malang

Spesifikasi:

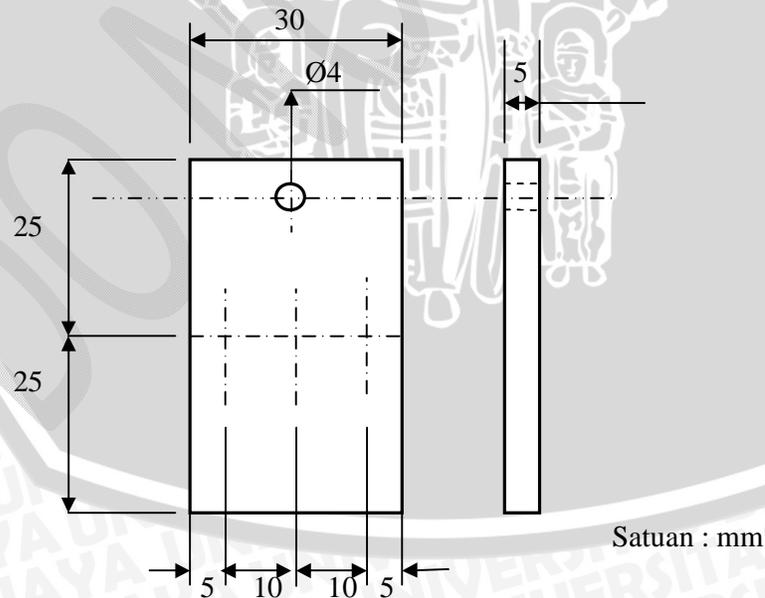
Code No.	: 810-100E
Serial No.	: 555186
Model	: Mitutoyo MVK – E3 Akashi Corporation Japan
Timer	: 10 detik
Beban	: 100 gr
Identor	: Diamond 136 ⁰

Tabel 3.1 : Spesifikasi *Mikro Vickers*

Sumber : Laboratorium Pengujian Material ITN Malang

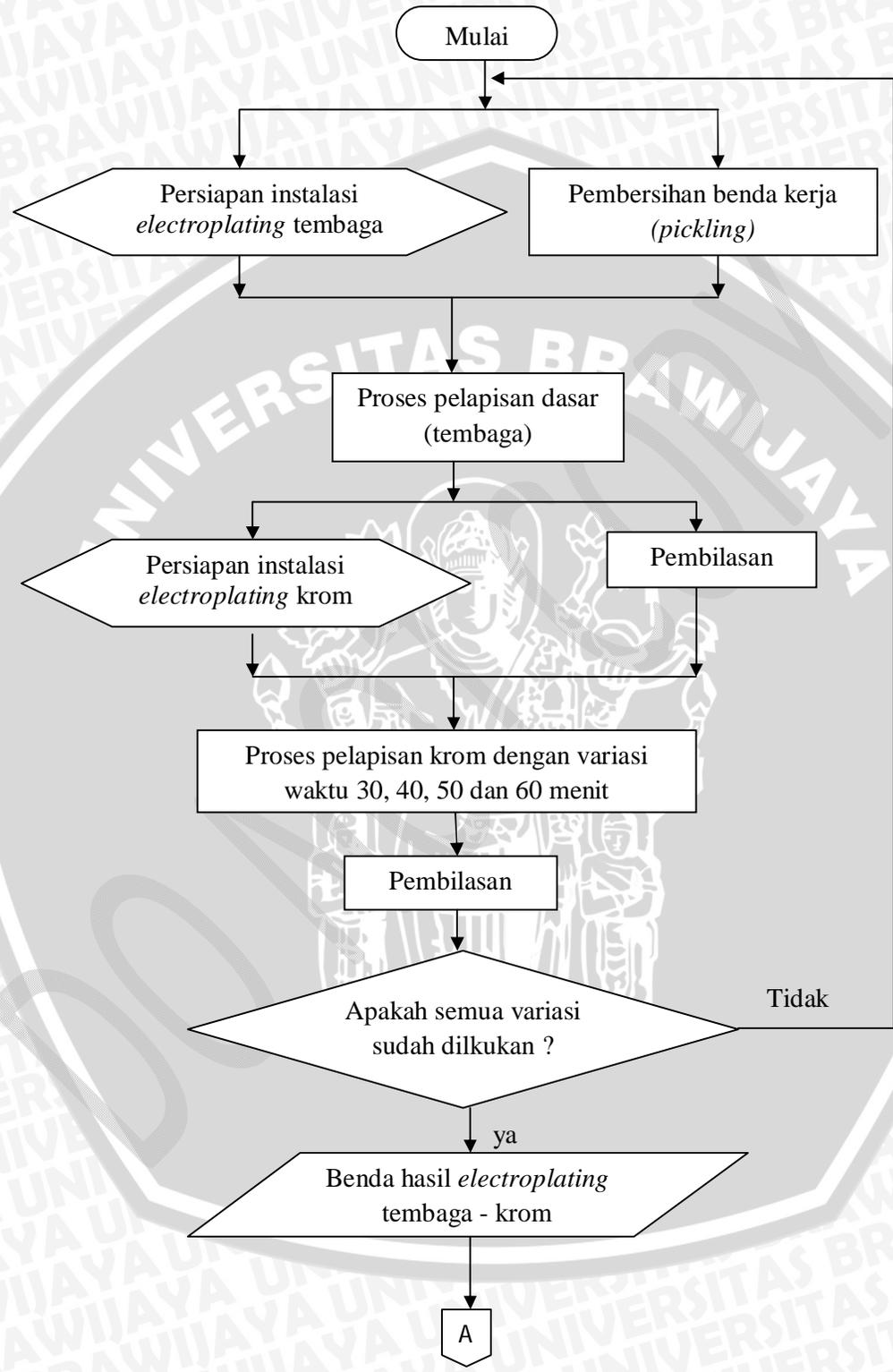
Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

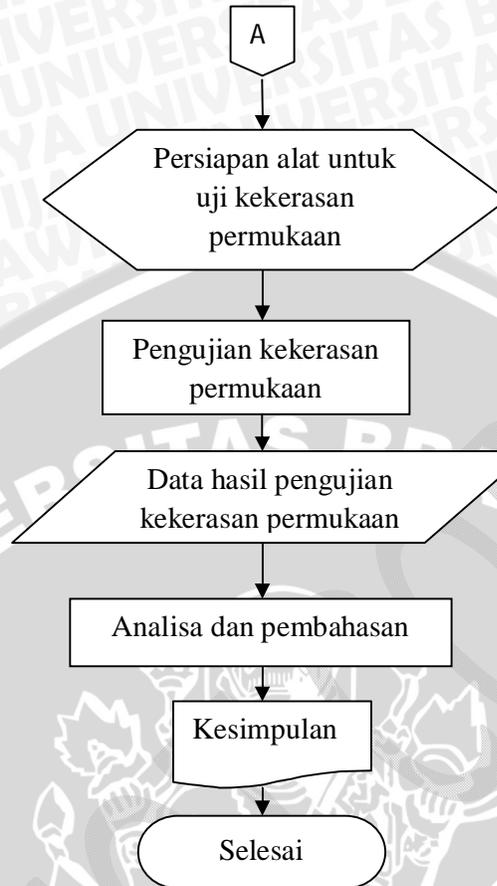
1. Siapkan alat ukur *Micro vickers Hardness Tester type Mitutoyo MVK-E3 Akashi corporation Japan*.
2. Alat tersebut di *setting* dengan beban penetrasi 100 gram dan dalam waktu 10 detik.
3. Benda kerja yang akan di ukur dibersihkan terlebih dahulu dengan kain putih.
4. Letakkan benda kerja di atas landasan.
5. Cekam *probe* pada pencekam.
6. Pastikan *AC adapter* terhubung pada alat ukur dan *POWER switch* set ke "ON".
7. Sebelum melakukan pengukuran kekerasan dengan *Micro vickers Hardness*, maka perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan cara mengukur kekerasan *sample standart* yang telah diketahui kekerasannya.
8. Untuk memulai pengukuran kekerasan tekan tombol "Auto Start".
9. Catat nilai kekerasan.
10. Ulangi pengukuran tiga kali tiap spesimen



Gambar 3.16 : Titik pada pengukuran kekerasan permukaan.

3.8. Diagram Alir Penelitian





3.9. Metode Pengolahan Data

3.9.1. Rancangan Penelitian

Penelitian akan memberikan hasil atau jawaban yang sesuai dengan sasaran penelitian jika didukung oleh data yang mewakili populasi yang diteliti. Untuk itu diperlukan rancangan penelitian yang sesuai. Dalam percobaan ini akan diteliti pengaruh dari variasi waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan pada benda kerja dan juga menimbang benda kerja untuk mendapatkan berat endapan yang nantinya akan digunakan untuk mencari ketebalan permukaan.

Barat awal benda kerja diukur menggunakan timbangan digital, benda kerja dibuat dan seluruhnya diperlakukan sama dari dimensi ataupun perlakuannya.

Tabel 3.2 Tabel rancangan data hasil berat spesimen.

Waktu Pelapisan (Menit)	Sampel			Jumlah Total	Nilai Rata-rata
	1	2	3		
30	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Y_{1,3}$	$\Sigma Y_{1,i}$	\bar{Y}_1
40	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	$Y_{2,3}$	$\Sigma Y_{2,i}$	\bar{Y}_2
50	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	$Y_{3,3}$	$\Sigma Y_{3,i}$	\bar{Y}_3
60	$Y_{4,1}$	$Y_{4,2}$	$Y_{4,3}$	$\Sigma Y_{4,i}$	\bar{Y}_4

Keseluruhan benda kerja dikelompokkan menjadi beberapa kelompok pengulangan yaitu: I, II, II, IV dan dipilih secara acak yang nantinya akan mewakili masing-masing waktu pelapisan yang telah ditentukan.

Pengamatan data dimasukkan dalam tabel berikut:

Tabel 3.3. Rancangan Penelitian hasil uji Kekerasan permukaan.

Waktu Pelapisan (Menit)	Pengulangan	Kekerasan (HV)			Rata-Rata (HV)	Rata-rata Total (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
30	1	$I_{1,1}$	$I_{1,2}$	$I_{1,3}$	ΣI_1	ΣI_t
	2	$I_{2,1}$	$I_{2,2}$	$I_{2,3}$	ΣI_2	
	3	$I_{3,1}$	$I_{3,2}$	$I_{3,3}$	ΣI_3	
40	1	$II_{1,1}$	$II_{1,2}$	$II_{1,3}$	ΣII_1	ΣII_t
	2	$II_{2,1}$	$II_{2,2}$	$II_{2,3}$	ΣII_2	
	3	$II_{3,1}$	$II_{3,2}$	$II_{3,3}$	ΣII_3	
50	1	$III_{1,1}$	$III_{1,2}$	$III_{1,3}$	ΣIII_1	ΣIII_t
	2	$III_{2,1}$	$III_{2,2}$	$III_{2,3}$	ΣIII_2	
	3	$III_{3,1}$	$III_{3,2}$	$III_{3,3}$	ΣIII_3	
60	1	$IV_{1,1}$	$IV_{1,2}$	$IV_{1,3}$	ΣIV_1	ΣIV_t
	2	$IV_{2,1}$	$IV_{2,2}$	$IV_{2,3}$	ΣIV_1	
	3	$IV_{3,1}$	$IV_{3,2}$	$IV_{3,3}$	ΣIV_1	

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian

Sebelum memulai proses *electroplating* benda kerja dibentuk berdasarkan dimensi yang telah ditentukan, untuk seluruh benda kerja pada proses pembuatan diperlakukan sama dan dilakukan proses penimbangan berat pada masing-masing benda kerja. Data berat awal benda kerja ditampilkan dalam tabel (4.1)

Tabel 4.1. Data berat awal benda kerja (gr)

Klp.	Pengulangan	Berat (gr)
I	1	78.21
	2	78.90
	3	78.18
II	1	77.99
	2	78.15
	3	78.09
III	1	78.50
	2	78.57
	3	78.20
IV	1	77.97
	2	78.47
	3	78.31
Rata-rata :		78.29

Setelah proses *electroplating* dasar menggunakan tembaga dengan waktu 40 menit dan kuat arus sebesar 1,5 *ampere*, didapat hasil berat benda kerja seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2. Berat benda kerja setelah lapisan dasar (Tembaga)

Klp.	Pengulangan	Berat (gr)
I	1	79.45
	2	80.14
	3	79.42
II	1	79.25
	2	79.41
	3	79.33
III	1	79.80
	2	79.86
	3	79.45
IV	1	79.20
	2	79.70
	3	79.59
Rata-rata		79.55

Dengan mengurangi berat total benda kerja setelah lapisan dasar dengan berat awal benda kerja maka berat endapan lapisan dasar dapat ditentukan. Dalam tabel 4.3 di tunjukkan nilai berat endapan lapisan dasar (tembaga)



Tabel 4.3. Berat endapan lapisan dasar (Tembaga) pada benda kerja

Klp.	Pengulangan	Berat awal (gr)	Berat setelah lapisan tembaga (gr)	Berat endapan tembaga (gr)
I	1	78.21	79.45	1.24
	2	78.90	80.14	1.24
	3	78.18	79.42	1.24
II	1	77.99	79.25	1.26
	2	78.15	79.41	1.26
	3	78.09	79.33	1.24
III	1	78.50	79.80	1.30
	2	78.57	79.86	1.29
	3	78.20	79.45	1.25
IV	1	77.97	79.20	1.23
	2	78.47	79.70	1.23
	3	78.31	79.59	1.28
Rata-rata				1.25

Setelah melakukan proses *electroplating* akhir (krom) didapat berat benda kerja akhir yang ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel (4.4) Berat benda kerja setelah lapisan akhir (krom).

Pelapisan (menit)	Pengulangan	Berat (gr)	Berat rata-rata (gr)
30	1	79.63	79.85
	2	80.32	
	3	79.59	
40	1	79.55	79.60
	2	79.68	
	3	79.59	
50	1	80.14	80.03
	2	80.18	
	3	79.77	
60	1	79.69	79.96
	2	80.17	
	3	80.03	

Pada Tabel 4.5 di bawah ini, menunjukkan berat endapan lapisan akhir (krom) melalui pengurangan berat akhir dengan berat awal benda kerja setelah dilapisi lapisan dasar dan dengan masing-masing waktu pelapisan.

Tabel (4.5) Berat endapan pelapisan akhir (krom) dengan masing-masing waktu pelapisan 30, 40, 50, 60 menit.

Pe-lapisan (menit)	Peng-ulangan	Berat setelah lapisan dasar (gr)	Berat setelah lapisan akhir (gr)	Berat endapan krom (gr)	Berat endapan krom rata-rata (gr)
30	1	79.45	79.63	0.18	0.18
	2	80.14	80.32	0.18	
	3	79.42	79.59	0.17	
40	1	79.25	79.55	0.30	0.28
	2	79.41	79.68	0.27	
	3	79.33	79.59	0.26	
50	1	79.80	80.14	0.34	0.33
	2	79.86	80.18	0.32	
	3	79.45	79.77	0.32	
60	1	79.20	79.69	0.49	0.47
	2	79.70	80.17	0.47	
	3	79.59	80.03	0.44	

Dari penelitian yang dilakukan yaitu proses *electroplating* pelapisan bertahap tembaga dan krom terhadap baja ST 37 dengan variasi waktu pelapisan diperoleh data kekerasan permukaan, yang ditampilkan dalam bentuk tabel yaitu pada tabel 4.6

Tabel (4.6) Data Kekerasan Permukaan (HV)

Pelapisan (Menit)	Pengulangan	Kekerasan permukaan (HV)			Rata-Rata (HV)	Rata-rata Total (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
30	1	303	299	384	328.67	321.33
	2	334	289	335	319.33	
	3	284	332	332	316	
40	1	299	340	382	340.33	333.67
	2	345	340	307	330.67	
	3	308	325	357	330	
50	1	342	383	332	352.33	351
	2	382	363	310	351.67	
	3	391	288	368	349	
60	1	384	363	363	370	367.9
	2	374	358	374	368.67	
	3	354	372	369	365.03	

4.2. Pengolahan data

Contoh perhitungan ketebalan lapisan berdasarkan data pengujian.

4.2.1. Tebal lapisan tembaga

Pada perhitungan ini nilai (*W*) yang digunakan merupakan pengurangan dari berat total setelah benda kerja mengalami pelapisan tembaga dengan berat awal benda kerja sebelum mengalami perlakuan.

Diketahui :

Massa jenis (ρ) = 8,92 gr/cm³
 Luas permukaan (*L*) = 2(5.3) + 2(5.0,5) + 2(3.0,5)
 = 30 + 5 + 3
 = 38 cm²

- Berat endapan = Berat akhir – Berat awal (gr)
 = 79,45 – 78,20 (gr)
 = 1,25 (gr)
- Dengan menggunakan berat endapan maka volume (*V*) didapatkan:

$$V = \frac{W (gr)}{\rho (gr / cm^3)} \dots\dots\dots(Sanders,1950: 7). \quad (2.3)$$

$$= \frac{1,25(\text{gr})}{8,92(\text{gr}/\text{cm}^3)}$$

$$V = 0,14 \text{ cm}^3$$

- Ketebalan lapisan (S)

$$S = \frac{V(\text{cm}^3)}{L(\text{cm}^2)} \dots\dots\dots (\text{Sanders},1950: 7). \quad (2.4)$$

$$= \frac{0,14(\text{cm}^3)}{38(\text{cm}^2)}$$

$$= 0,003687751 \text{ cm}$$

$$S = 36,88 \text{ } \mu\text{m}$$

Tabel (4.7) Data perhitungan tebal lapisan tembaga berdasarkan data pengujian (μm).

Klp.	Pengulangan	Berat lapisan tembaga (gr)	Tebal lapisan tembaga (μm)
I	1	1.24	36.58
	2	1.24	36.58
	3	1.24	36.58
II	1	1.26	37.17
	2	1.26	37.17
	3	1.24	36.58
III	1	1.30	38.35
	2	1.29	38.06
	3	1.25	36.88
IV	1	1.23	36.29
	2	1.23	36.29
	3	1.28	37.76
Rata-rata			37.02

4.2.2. Lapisan krom

Pada perhitungan ini nilai (W) yang digunakan merupakan pengurangan dari berat total setelah benda kerja mengalami proses pelapisan krom dengan berat benda kerja setelah mengalami proses pelapisan tembaga.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Massa jenis } (\rho) &= 7,14 \text{ gr/cm}^3 \\ \text{Luas permukaan } (L) &= 2(5.3) + 2(5.0,5) + 2(3.0,5) \\ &= 30 + 5 + 3 \\ &= 38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Berat endapan = *Berat akhir – Berat awal (gr)*
= 79,69 – 79,20 (gr)
= 0,49 (gr)
- Dengan didaptkannya nilai (*W*) berdasarkan data pengujian maka volume (*V*) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= \frac{W(\text{gr})}{\rho(\text{gr/cm}^3)} \dots\dots\dots (\text{Sanders,1950: 7}). \quad (2.3) \\ &= \frac{0,49(\text{gr})}{7,14(\text{gr/cm}^3)} \\ V &= 0,0686 \text{ (cm}^3) \end{aligned}$$

- Dengan volume aktual maka tebal lapisan (*S*) akan didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \frac{V(\text{cm}^3)}{L(\text{cm}^2)} \dots\dots\dots (\text{Sanders,1950: 7}). \quad (2.4) \\ &= \frac{0,0686(\text{cm}^3)}{38(\text{cm}^2)} \\ &= 0,0018052 \text{ cm} \\ S &= 18,06 \text{ }\mu\text{m} \end{aligned}$$

Tabel (4.8) Data perhitungan tebal lapisan krom berdasarkan data pengujian(μm)

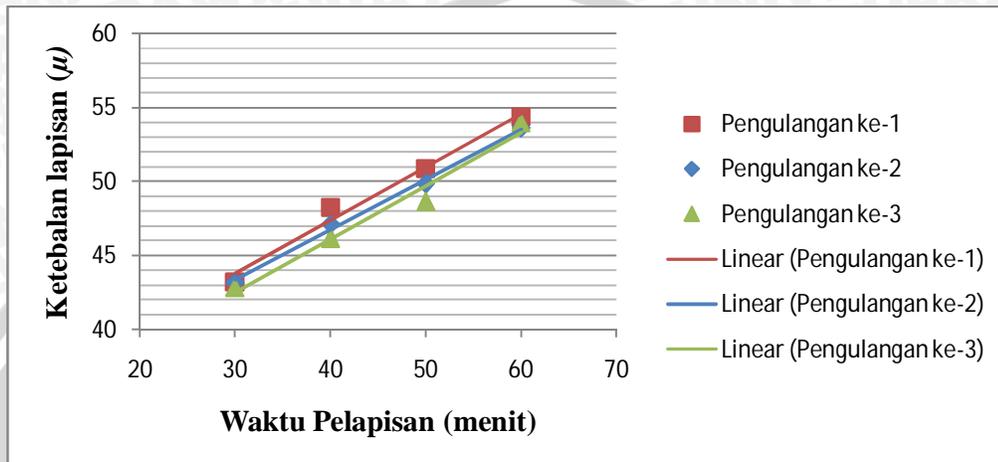
Pelapisan (menit)	Pengulangan	Berat lapisan tembaga (gr)	Tebal lapisan krom (μm)
30	1	0.18	6.63
	2	0.18	6.63
	3	0.17	6.26
40	1	0.30	11.06
	2	0.27	9.95
	3	0.26	9.58
50	1	0.34	12.53
	2	0.32	11.79
	3	0.32	11.79
60	1	0.49	18.06
	2	0.47	17.32
	3	0.44	16.21

Tabel 4.9 Perhitungan tebal lapisan total.

Pe-lapisan (menit)	Peng-ulangan	Tebal lapisan tembaga ($\mu\mu$)	Tebal lapisan khom (μm)	Tebal total (μm)	Tebal rata-rata (μm)
30	1	36.58	6.63	43.21	43.09
	2	36.58	6.63	43.21	
	3	36.58	6.26	42.84	
40	1	37.17	11.06	48.23	47.17
	2	37.17	9.95	47.12	
	3	36.58	9.58	46.16	
50	1	38.35	12.53	50.88	49.79
	2	38.05	11.79	49.84	
	3	36.87	11.79	48.66	
60	1	36.28	18.06	54.34	53.97
	2	36.28	17.32	53.6	
	3	37.76	16.21	53.97	

4.2 Analisa Grafik dan Pembahasan

4.2.3. Grafik pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan



Gambar 4.1 Grafik pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan.

Pada grafik 4.1 di atas menunjukkan bahwa hubungan antara waktu pelapisan dengan ketebalan permukaan ternyata saling berpengaruh dimana semakin meningkatnya waktu pelapisan maka ketebalan permukaan juga akan semakin meningkat.

Hal ini dapat dibuktikan dan sesuai dengan persamaan (2.4) $S = \frac{V}{L}$

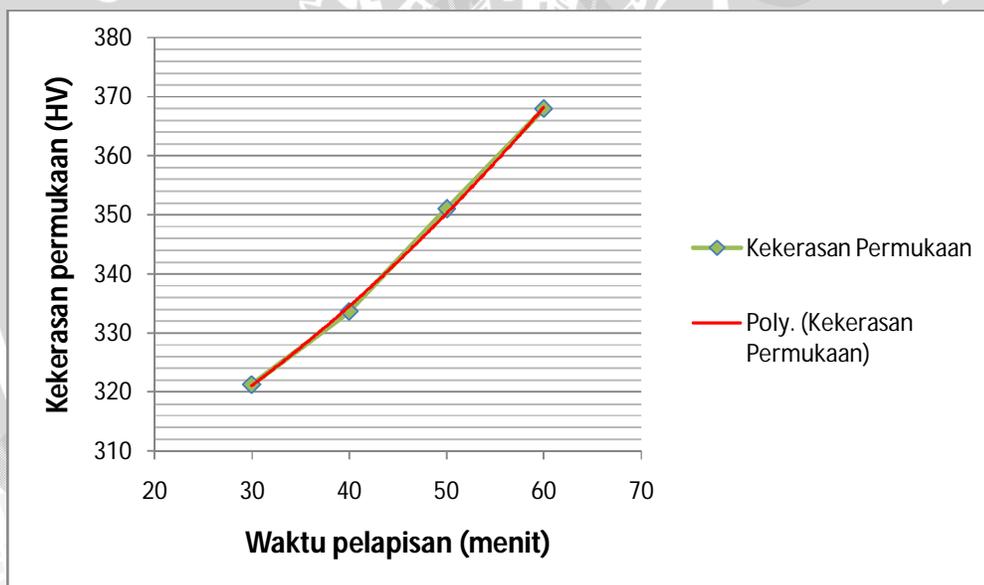
dimana S merupakan ketebalan lapisan sedangkan V adalah volume dan L adalah luas permukaan benda kerja. Volume dapat ditentukan dengan membagi antara berat endapan dengan massa jenis atom logam pelapis. Sedangkan untuk nilai berat endapan (W) mempunyai persamaan $W = \frac{I \times t \times A}{z \times 96500}$ (2.1), pada persamaan ini

ditunjukkan semakin besar nilai I (kuat arus), t (waktu pelapisan), A (massa atom) maka nilai W akan semakin meningkat. Untuk nilai z (*valensi*) jika semakin besar maka nilai (W) akan menurun, ini berarti nilai (I, t, A) berbanding lurus dengan (W) sedangkan (z) berbanding terbalik. Dengan meningkatnya nilai (W) maka volume juga akan semakin meningkat karena volume di sini merupakan berat endapan dibagi dengan massa jenis (ρ) dalam persamaan ini nilai (V) juga berbanding lurus dengan (W). Sedangkan untuk nilai ketebalan lapisan (S) didapat dari volume dibagi luas

permukaan benda kerja (L) di sini juga menunjukkan nilai (S) berbanding lurus dengan (V). Dengan adanya hubungan tersebut maka nilai ketebalan lapisan (S) berbanding lurus dengan berat endapan (W).

Dengan meningkatnya waktu pelapisan maka jumlah endapan logam pelapis pada benda kerja akan semakin meningkat hal ini dikarenakan semakin lama benda kerja direndam pada larutan elektrolit, semakin lama juga benda kerja akan menerima ion dari logam pelapis sehingga jumlah deposit akan meningkat. Semakin meningkatnya jumlah endapan berarti semakin banyak pula jumlah atom logam pelapis, maka atom logam pelapis akan semakin banyak bertumpukan pada benda kerja, sehingga jarak antara permukaan benda kerja sampai dengan susunan atom logam pelapis terakhir pada benda kerja akan semakin meningkat.

4.2.4. Grafik pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan



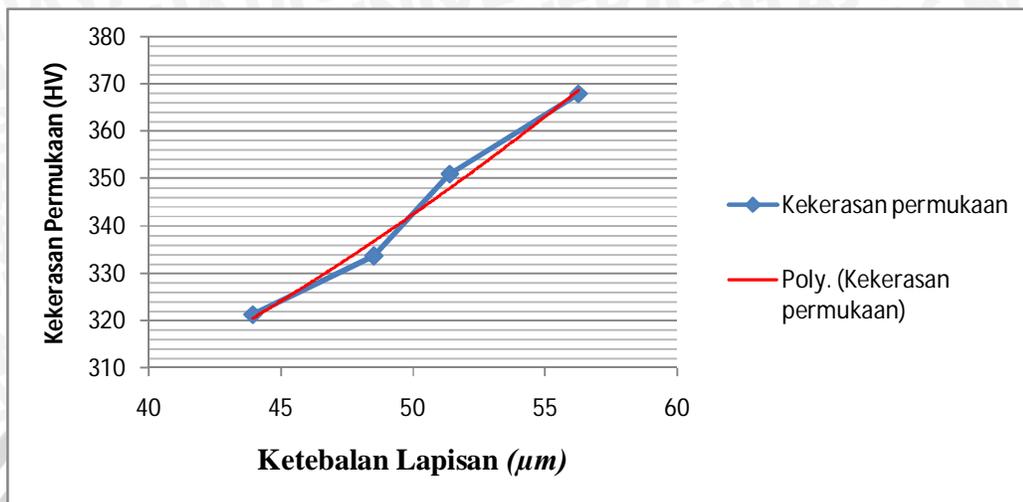
Gambar 4.2 Grafik pengaruh waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan.

Grafik (4.2) yaitu hubungan waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan menunjukkan hubungan antara waktu pelapisan akan mempengaruhi nilai kekerasan permukaan yaitu semakin meningkatnya waktu pelapisan maka kekerasan permukaan juga akan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu pelapisan atom logam yang berdeposit pada permukaan benda kerja akan

semakin banyak. Dari banyaknya tumpukan ion-ion pada permukaan tersebut maka semakin banyak juga ion yang menerima penetrasi pada saat dilakukannya uji kekerasan permukaan, hal itulah yang menjadi sumber meningkatnya nilai kekerasan permukaan.

Jika dibanding dengan kekerasan permukaan baja ST 37 yang mempunyai nilai kekerasan sebesar 214 (HV), maka proses *electroplating* tembaga dan krom akan meningkatkan nilai kekerasan permukaan Baja ST 37 tersebut. Pernyataan tersebut dapat dijelaskan dengan nilai kekerasan permukaan untuk lapisan tembaga dengan waktu pelapisan 40 menit adalah sekitar 291.67 (HV), sedangkan untuk kekerasan permukaan setelah lapisan tembaga dilapisi kembali dengan lapisan krom dengan variasi waktu pelapisan 30, 40, 50, 60 menit dan didapatkan kekerasan yang semakin meningkat juga. Dilihat dari data tersebut dengan melakukan proses pelapisan tembaga selama 40 menit akan meningkatkan nilai kekerasan baja ST 37 sekitar (36,3%), sedangkan untuk waktu pelapisan khrom 30 menit yang awalnya sudah terlapiskan tembaga masing-masing meningkatkan kekerasan permukaan sekitar (50,1%), 40 menit sebesar (55,9%), 50 menit sebesar (64%) sedangkan untuk waktu pelapisan 60 menit peningkatan kekerasan permukaan dari 214 (HV) menjadi 367,9 (HV) peningkatan nilai tersebut meningkat sebesar (71,9%) dari peningkatan persentase kekerasan permukaan tersebut terbukti kekerasan Baja ST 37 dapat ditingkatkan melalui proses *electroplating* tembaga dan krom.

4.2.5. Grafik pengaruh ketebalan lapisan terhadap kekerasan permukaan



Gambar 4.3 Grafik pengaruh ketebalan lapisan terhadap kekerasan permukaan.

Grafik 4.3 yaitu hubungan ketebalan lapisan pada permukaan benda kerja terhadap kekerasan permukaan menunjukkan hubungan antara rata-rata ketebalan lapisan akan mempengaruhi nilai kekerasan permukaan benda kerja dimana semakin meningkatnya ketebalan lapisan maka kekerasan permukaan juga akan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan atom logam pelapis yang berdeposit semakin lama maka susunan atomnya juga akan semakin tebal, semakin tebal berarti ketebalan juga akan semakin meningkat. Semakin tebal ion yang tersusun pada permukaan benda kerja maka pada saat benda kerja menerima penetrasi maka semakin banyak juga ion yang akan menerima tekanan pada titik penetrasi tersebut, hal itulah yang menyebabkan kekerasan permukaan benda kerja akan semakin meningkat.

Dari data hasil penelitian jelas sekali ditunjukkan nilai ketebalan lapisan yang tinggi akan semakin mengeraskan permukaan benda kerja, misalnya untuk ketebalan lapisan tembaga dan krom sebesar 50 (μm) maka kekerasan permukaan yang didapatkan (dilihat berdasarkan grafik) sekitar 340 (HV). Sedangkan pada tebal lapisan tembaga dan krom yang menempel pada benda kerja sebesar 60 (μm) maka nilai kekerasan permukaan yang terlihat dari grafik adalah sekitar 364 (HV).

Peningkatan kekerasan permukaan berdasarkan ketebalan lapisan merupakan pengaruh dari waktu pelapisan, dapat dikatakan dalam pembahasan ini

antara waktu pelapisan, ketebalan lapisan dan kekerasan permukaan adalah berbanding lurus, yaitu meningkatnya waktu pelapisan diikuti dengan peningkatan ketebalan dan peningkatan kekerasan permukaan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari data dan pembahasan pengaruh variasi waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan pada proses *electroplating* tembaga-krom yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) Variasi waktu pelapisan pada proses *electroplating* tembaga-krom pada baja ST 37 dapat mempengaruhi ketebalan lapisan permukaan. Waktu pelapisan berbanding lurus terhadap ketebalan lapisan.
- b) Variasi waktu pelapisan pada proses *electroplating* tembaga krom dapat mempengaruhi nilai kekerasan permukaan pada baja ST 37. Waktu pelapisan berbanding lurus dengan kekerasan permukaan
- c) Ketebalan lapisan disepanjang permukaan akan sangat berpengaruh pada kekerasan permukaan baja ST 37.

5.2 Saran

1. Air yang digunakan sebagai pelarut dalam elektrolit hendaknya digunakan *destilated water* agar tidak terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan.
2. Proses *pickling* hendaknya dilakukan tidak terlalu lama karena dapat mengakibatkan permukaan logam menjadi berlubang – lubang.
3. Variabel yang dikonstantkan hendaknya benar – benar dikontrol untuk mendapatkan hasil yang optimal.
4. Perlu dilakukan penelitian untuk mencari hubungan pelapisan bertahap antara tembaga, nikel dan krom.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous a; <http://www.ccitonline.com/-electroplatingimage.htm> (diakses tanggal 19 november 2011)
- Anonymous b; <http://www.wanibesak-wordpress.com/-432tembaga/karkteristik.html> (diakses tanggal 25 november 2011)
- Anonymous c; <http://id.wikipedia.org/wiki/chromium>. (diakses tanggal 14,16 Desember 25 november 2011)
- Anonymous d; <http://www.gordonengland.co.uk/hardness/vickers.htm> (diakses tanggal 25 Nonember 2011)
- ASM International;1991: *Heating As Volume 4 of the ASM Hand Book*; ASM International.
- Chamberlain, J dan Trethewey, R, K; 1991: *Korosi untuk mahasiswa dan rekayasawan*; Gramedia, Jakarta.
- Hartomo, A. J. & Koneko, T; 1992: *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*; Edisi Pertama; Andi Offset, Yogyakarta.
- Hakim, A, L; 2004: *Besar rapat arus (current density) pada proses pelapisan krom berpengaruh pada kekerasan dan kekasaran*; Skripsi tidak dipublikasikan; Universitas Brawijaya, Malang.
- Parthasaradhy, NV; 1998: *Practical Electroplating Handbook*; Prentice-hall; Inc, New Jersey.
- Prasetyo, Y. 2006. *Pengaruh temperature dan waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan plat baja pada proses hard chrome*. Skripsi tidak dipublikasikan; Universitas Brawijaya, Malang
- Sanders, A,H; 1950: *Electroplating*; International Textbook; Co, New York.
- Surdia, T. & Saito. S; 1999: *Pengetahuan Bahan Teknik*; Cetakan Keempat; PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Utomo, A, B; 2007: *Pengaruh konsentrasi nickel sulphate pada larutan watts terhadap ketahanan aus dan thermal shock hasil elektroplating*; Skripsi tidak dipublikasikan; Universitas Brawijaya, Malang.





LAMPIRAN

Lampiran 1

Kondisi Benda Kerja setelah dilakukan Proses *Pickling*



Lampiran 2

Hasil Pelapisan Tembaga Pada Benda Kerja (I)



Hasil Pelapisan Tembaga Pada Benda Kerja (II)



Hasil Pelapisan Tembaga Pada Benda Kerja (III)

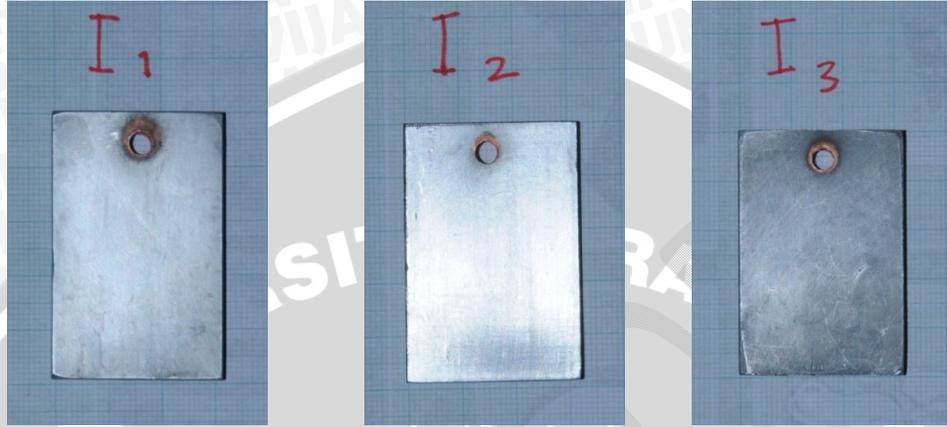


Hasil Pelapisan Tembaga Pada Benda Kerja (IV)

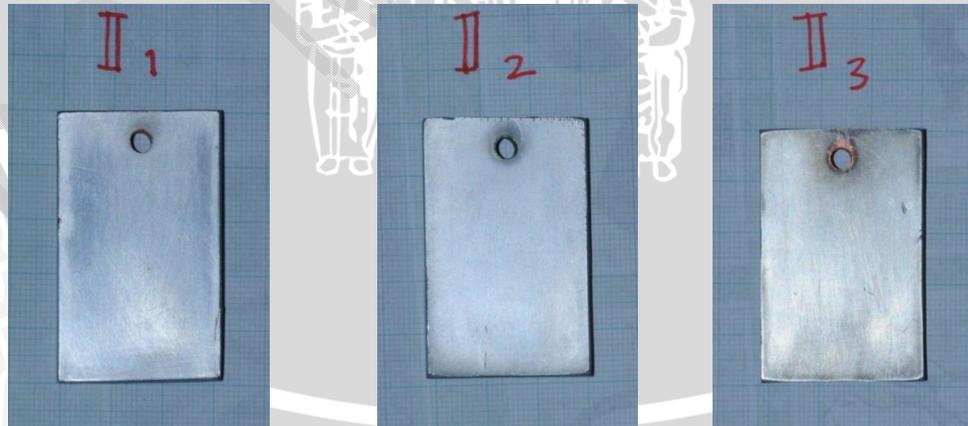


Lampiran 3

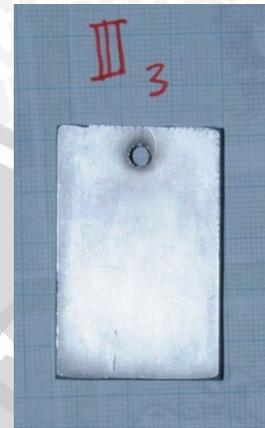
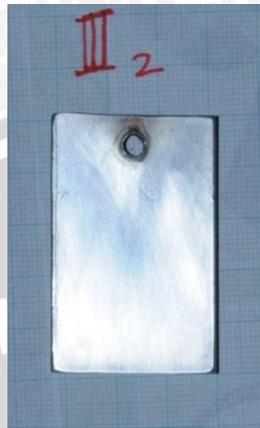
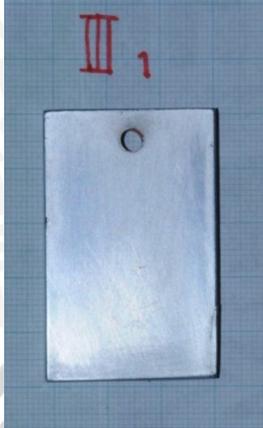
Pelapisan I (30menit)



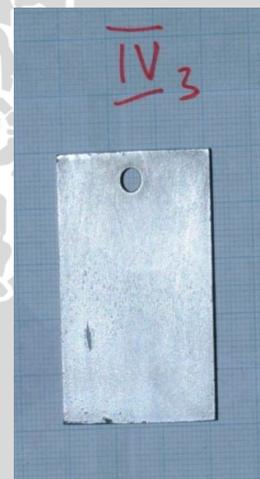
Pelapisan II (40menit)



Pelapisan III (50menit)

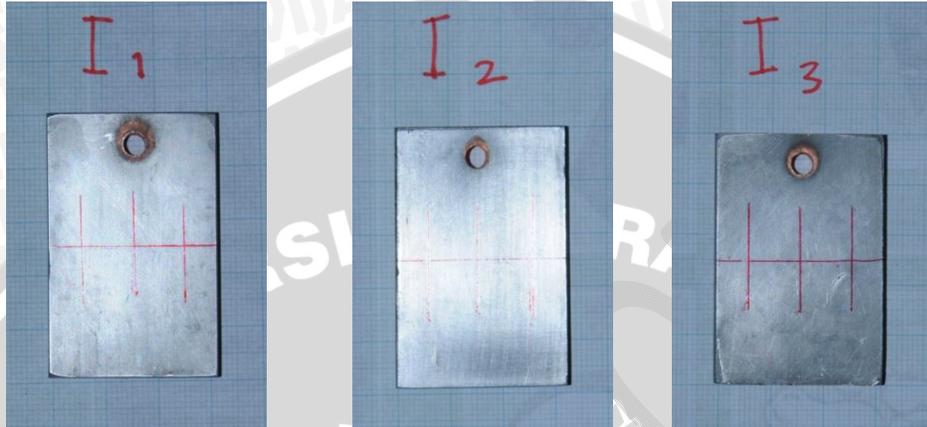


Pelapisan IV (60menit)

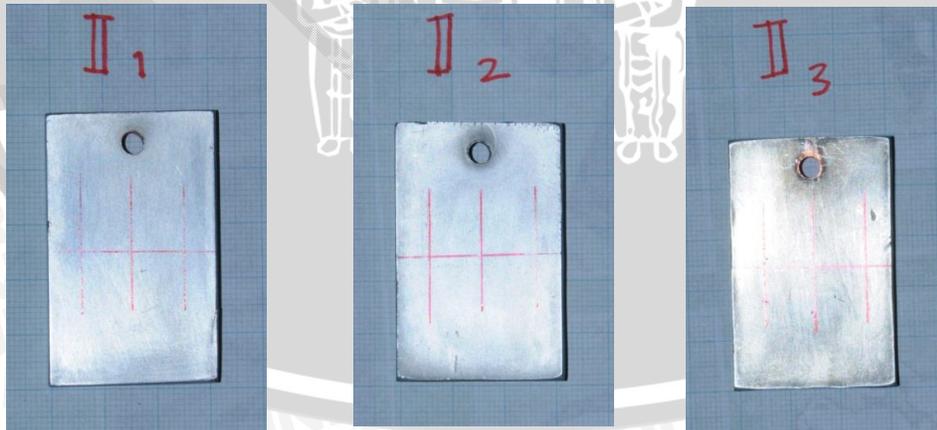


Lampiran 4

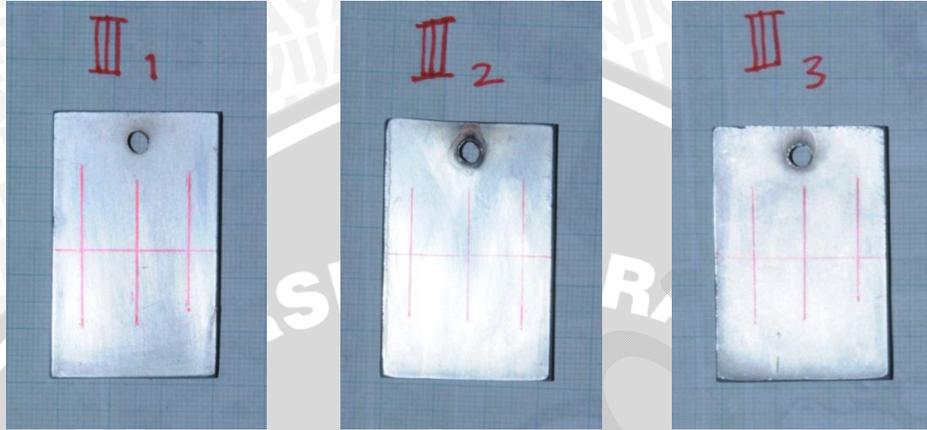
Titik Pengujian kekerasan Permukaan I



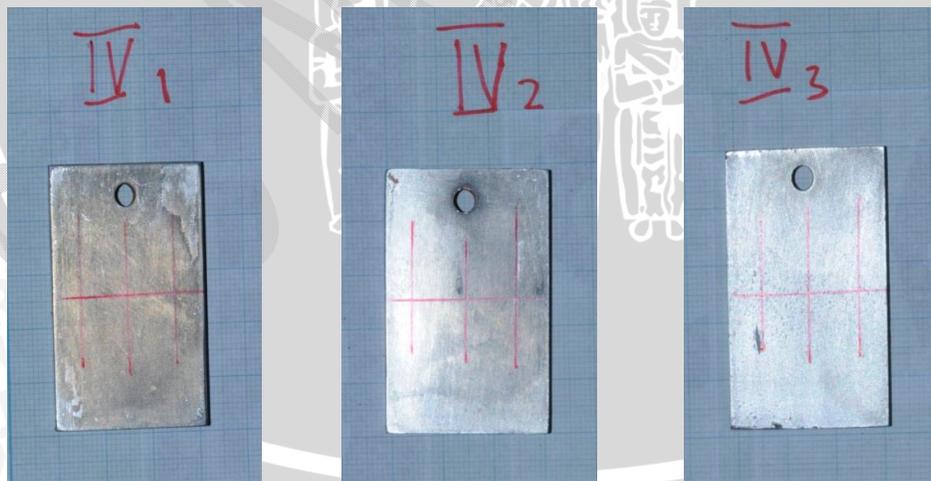
Titik Pengujian kekerasan Permukaan II



Titik Pengujian kekerasan Permukaan III



Titik Pengujian kekerasan Permukaan IV



Lampiran 5

Instalasi *Electroplating* di Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang



Lampiran 6

Pengujian Kekerasan Permukaan menggunakan mickro vicker di Lab. Pengujian Material ITN Malang



Lampiran 7



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK NEGERI MALANG
JURUSAN TEKNIK MESIN

Terakreditasi A, Sesuai Kpts BAN No.:014/BAN-PT/Ak-VI/Dpl-III/VI/2006
Jl. Veteran PO. Box 04 Malang 65145 Telp/Fax. (0341)550180
<http://www.poltek-malang.ac.id>



SURAT KETERANGAN

Nomor: /K13/TM/2011

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Imam Mashudi, B.Eng (HONS), MT.
NIP : 19631110 199103 1 003
Jabatan : Ketua Jurusan T. Mesin
Politeknik Negeri Malang

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa :

Nama : I Gede Indra Wiryawan
NIM : 0710623017-62
Jurusan : Teknik Mesin (S-1)
Fakultas : Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya Malang

Benar-benar telah melaksanakan penelitian Electroplating menggunakan Instalasi Electroplating di Laboratorium Perlakuan Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang pada tanggal 12 November sampai dengan 7 Desember 2011 , guna keperluan penyusunan skripsi.

Demikian surat ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 8 Desember 2011



Mengetahui
Ketua Jurusan T. Mesin,

Imam Mashudi, B.Eng (HONS), MT.
NIP. 19631110 199103 1 003

Lampiran 8

**Data Pengujian berat specimen di Laboratorium Perlakuan Bahan Politeknik
Negri Malang**

Nama : I Gede Indra Wiryawan
NIM : 0710623017

Data berat awal benda kerja (gr)

Klp.	Pengulangan	Berat (gr)
I	1	78.21
	2	78.90
	3	78.18
II	1	77.99
	2	78.15
	3	78.09
III	1	78.50
	2	78.57
	3	78.20
IV	1	77.97
	2	78.47
	3	78.31

Berat benda kerja setelah lapisan dasar (Tembaga)

Klp.	Pengulangan	Berat (gr)
I	1	79.45
	2	80.14
	3	79.42
II	1	79.25
	2	79.41
	3	79.33
III	1	79.80
	2	79.86
	3	79.45
IV	1	79.20
	2	79.70
	3	79.59



Berat benda kerja setelah lapisan akhir (khrom).

Pelapisan (menit)	Pengulangan	Berat (gr)
30	1	79.63
	2	80.32
	3	79.59
40	1	79.55
	2	79.68
	3	79.59
50	1	80.14
	2	80.18
	3	79.77
60	1	79.69
	2	80.17
	3	80.03



Lampiran 9



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
 Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

DATA HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

Nama : I Gede Indra Wiryawan
 NIM/Jurusan : 0710623017/Teknik Mesin Universitas Brawijaya
 Hari/Tanggal : 12 Desember 2011
 Specimen : Baja ST 37 Electro Plating Tembaga Chrome.

Micro Vickers Hardness Tester

Code No. : 810 – 100E
 Serial No. : 555186
 Model : Mitutoyo MVK – E3 Akashi Corporation Japan
 Timer : 10 detik
 Beban : 100gr
 Identor : Diamond 136°

Specimen	Kekerasan Permukaan HV			Rata-rata HV	
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
Baja ST 37	185	216	241	214	
Lapisan 1 Tembaga	419	217	239	291.67	
30 Menit	1	303	299	384	321.33
	2	334	289	335	
	3	284	332	316	
40 Menit	1	299	340	382	333.67
	2	345	340	307	
	3	308	325	357	
50 Menit	1	342	383	332	351
	2	382	363	310	
	3	391	288	368	
60 Menit	1	384	363	363	367.9
	2	374	358	374	
	3	354	372	369	



Malang, 12 Desember 2011
 Kepala Laboratorium

Komang Astana Widi, ST . MT
 NIP. Y : 1030400405

Test load 0.9807N(0.100)

Vickers Hardness Number

a	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
55.0	1814	1782	1750	1719	1689	1660	1631	1604	1576	1550
60.0	1524	1499	1475	1451	1428	1405	1383	1361	1340	1319
65.0	1299	1279	1260	1241	1222	1204	1187	1170	1153	1136
70.0	1120	1104	1089	1073	1059	1044	1030	1016	1002	989
75.0	976	963	950	938	926	914	902	891	879	868
80.0	857	847	836	826	816	806	797	787	778	769
85.0	760	751	742	733	725	717	709	701	693	685
90.0	677	670	663	655	648	641	634	628	621	615
95.0	608	602	595	589	583	577	571	566	560	554
100.0	549	543	538	533	527	522	517	512	507	503
105.0	498	493	488	484	479	475	470	466	462	458
110.0	454	449	445	441	437	434	430	426	422	419
115.0	415	411	408	404	401	397	394	391	388	384
120.0	381	378	375	372	369	366	363	360	357	354
125.0	351	348	346	343	340	338	335	332	330	327
130.0	325	322	320	317	315	313	310	308	306	303
135.0	301	299	297	295	292	290	288	286	284	282
140.0	280	278	276	274	272	270	268	266	265	263
145.0	261	259	257	256	254	252	251	249	247	246
150.0	244	242	241	239	238	236	234	233	231	230
155.0	228	227	225	224	223	221	220	218	217	216
160.0	214	213	212	210	209	208	207	205	204	203
165.0	202	200	199	198	197	196	194	193	192	191
170.0	190	189	188	187	185	184	183	182	181	180
175.0	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170
180.0	169	168	168	167	166	165	164	163	162	161
185.0	160	159	159	158	157	156	155	154	154	153
190.0	152	151	150	150	149	148	147	147	146	145
195.0	144	144	143	142	141	141	140	139	139	138
200.0	137	137	136	135	134	134	133	133	132	131
205.0	131	130	129	129	128	127	127	126	126	125
210.0	124	124	123	123	122	122	121	120	120	119
215.0	119	118	118	117	117	116	115	115	114	114
220.0	113	113	112	112	111	111	110	110	109	109
225.0	108	108	107	107	106	106	106	105	105	104
230.0	104	103	103	102	102	102	101	101	100	99.8
235.0	99.4	98.9	98.5	98.1	97.7	97.3	96.9	96.5	96.1	95.7
240.0	95.3	94.9	94.5	94.1	93.7	93.3	92.9	92.6	92.2	91.8
245.0	91.4	91.1	90.7	90.3	89.9	89.6	89.2	88.9	88.5	88.2
250.0	87.8	87.5	87.1	86.8	86.4	86.1	85.7	85.4	85.1	84.7
255.0	84.4	84.1	83.7	83.4	83.1	82.8	82.4	82.1	81.8	81.5
260.0	81.2	80.9	80.6	80.3	79.9	79.6	79.3	79.0	78.7	78.4
265.0	78.1	77.9	77.6	77.3	77.0	76.7	76.4	76.1	75.8	75.6
270.0	75.3	75.0	74.7	74.4	74.2	73.9	73.6	73.4	73.1	72.8
275.0	72.6	72.3	72.0	71.8	71.5	71.3	71.0	70.8	70.5	70.2