

**ANALISIS PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU  
PENCELUPAN PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP  
KEKERASAN PERMUKAAN DAN KETEBALAN BAJA ST 41**



**LAPORAN PENELITIAN**

Sebagai Salah Satu Bentuk Pengalaman Tri Dharma Perguruan Tinggi

**Oleh :**

<b>Nama</b>	<b>NIPY</b>
1. <b>Faqih Fatkhurrozak, M.T</b>	<b>09.016.297</b>
2. <b>Firman Lukman Sanjaya, M.T</b>	<b>09.016.296</b>
3. <b>Ahmad Faoji, M.T</b>	<b>09.016.298</b>

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA**

**KOTA TEGAL**

**Agustus 2021**

---

**SK Direktur Nomor : 098.05/PHB/V/2021 Tanggal 21 Mei 2021**  
**Surat perjanjian / Kontrak Pelaksanaan Kegiatan**  
**Penelitian Nomor : 043.16/P3M.PHB/V/2021 Tanggal 6 Mei 2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**LAPORAN PENELITIAN**

**ANALISIS PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU  
PENCELUPAN PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP  
KEKERASAN PERMUKAAN DAN KETEBALAN BAJA ST 41**

Oleh :

Nama	NIPY
1. Faqih Fatkhurrozak, M.T	09.016.297
2. Firman Lukman Sanjaya, M.T	09.016.296
3. Ahmad Faoji, M.T	09.016.298

Tegal, Agustus 2021  
Menyetujui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin  
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA



M. Taufik Qurohman, M.Pd  
NIPY. 08.015.265

Ketua P3M  
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA



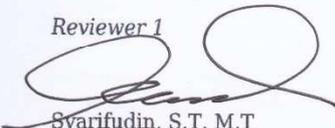
Kusnadi, M.Pd  
NIPY. 04.015.217

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN PENELITIAN**

- 1. Judul** : ANALISIS PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU  
PENCELUPAN PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP  
KEKERASAN PERMUKAAN DAN KETEBALAN BAJA ST 41
- 2. Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap : Faqih Fatkhurrozak, ST, MT
  - b. NIDN : 0616079002
  - c. NIPY : 09.016.297
  - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
  - e. Program Studi : DIII Teknik Mesin
  - f. Alamat e-mail :
- 3. Jumlah Anggota** : 2
- Nama Anggota 1 : Firman Lukman Sanjaya, ST, MT
  - Nama Anggota 2 : Ahmad Faoji, M.T
- Biaya Penelitian** : Rp. 2,814,000

Tegal, Agustus 2021

Reviewer 1

  
Syarifudin, S.T, M.T

NIPY 09.012.264

Menyetujui,

Ketua Prodi DIII Teknik Mesin

Politeknik Harapan Bersama

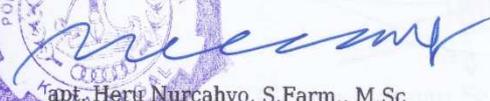
  
M. Fauzi Ouhman, M. Pd

NIPY 08.015.265

Mengetahui

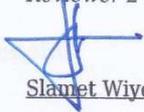
Wakil Direktur 1

Politeknik Harapan Bersama

  
Kapri Heri Nurcahyo, S.Farm., M.Sc

NIPY 10.007.038

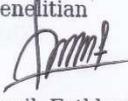
Reviewer 2

  
Slamet Wiyono, S.Pd., M. Eng

NIPY. 08.015.222

Ketua Tim Pelaksana

Penelitian

  
Faqih Fatkhurrozak, ST, MT

NIPY. 09.016.297

Mengesahkan,

Ketua PSM

Politeknik Harapan Bersama

  
Kusnadi, M. Pd

NIPY 04.015.217

## PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa :

1. Penelitian ini tidak pernah dibuat oleh peneliti lain dengan tema, judul, isi, metode, objek penelitian yang sama.
2. Penelitian ini bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi.
3. Dalam penelitian ini juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Tegal, Agustus 2021



Ketua Tim Peneliti

Faqih Fatkhurrozak, M.T  
NIDN. 0616079002

Anggota 1

Firman Lukman Sanjaya, M.T  
NIDN. 0630069202

Anggota 2

Ahmad Faoji  
NUPN. 9906977259

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada kami Tim Peneliti Dosen program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal untuk melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk pengalaman Tri Dharma Perguruan Tinggi. Penelitian yang dilaksanakan berjudul “Analisis Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Pencelupan Proses Elektroplating Terhadap Kekerasan Permukaan dan Ketebalan Baja ST 41”. Kegiatan penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini perkenankan kami menyampaikan terimakasih kepada:

1. Nizar Suhendra, S.E, MPP. selaku Direktur Politeknik Harapan Bersama Tegal.
2. Kusnadi, M.Pd. Selaku ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Harapan Bersama Tegal.
3. Berbagai pihak yang tidak kami sebutkan satu persatu yang telah membantu terlaksananya kegiatan penelitian ini.

Kegiatan penelitian ini semoga bisa tercapai tujuan yang diinginkan, kiranya perlu dilakukan kegiatan penelitian setiap persemester untuk memantau dan mengembangkan ketrampilan dosen pendidik di Prodi Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal.

Tegal, Agustus 2021  
Ketua Peneliti

Faqih Fatkhurrozak, S.T, M.T  
NIDN. 0616079002

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
RINGKASAN .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
2.1 Ketebalan lapisan dengan pencelupan 10 menit baja ST 41 .....	4
2.2 Kekerasan Permukaan dengan waktu pencelupan 10 menit .....	4
2.3 Nilai Kepadatan Variasi Tegangan dan Lama Pencelupan Baja ST 41 .....	5
2.4 Elektroplating.....	6
2.5 Susunan Elektroplating .....	7
2.6 Penerapan Elektroplating .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Diagram Alur Penelitian .....	23
3.2 Bahan Penelitian .....	23

3.3	Alat Penelitian .....	23
3.4	Variabel Penelitian .....	24
3.5	Prosedur Penelitian .....	24
3.6	Target Luaran .....	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1	Hasil Analisis Ketebalan Baja ST 41 .....	25
4.2	Hasil Analisis Kekerasan Baja ST 41 .....	26
4.3	Hasil Uji Komposisi .....	26
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
	DAFTAR PUSTAKA .....	29
	LAMPIRAN .....	31

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ketebalan lapisan dengan waktu pencelupan 10 menit Baja ST 41 .....	4
Gambar 2.2 Kekerasan Permukaan Dengan Waktu Pencelupan 10 Menit....	5
Gambar 2.3 Nilai Kepadatan Variasi Tegangan dan Lama Pencelupan Baja ST 41 .....	5

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Target Luaran.....	9
Tabel 4.1. Rencana anggaran biaya penelitian.....	11
Tabel 4.2. Jadwal Penelitian.....	11

## ABSTRAK

Sejalan dengan kemajuan dan perkembangan dunia industri pelapisan logam mengalami peningkatan yang sangat cepat, mulai dari pelapisan bahan, jenis pelapisan hingga hasil dari pelapisan tersebut. Untuk menanggulangi bahaya kerusakan pada logam salah satunya korosi diperlukan cara untuk melindunginya yaitu dengan menggunakan pelapisan logam salah satunya electroplating. Baja St41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Baja ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan cara memotong benda kerja baja ST 41 yang berdiameter 40 mm dengan panjang 20 mm sampai jumlah total 14 spesimen dilakukan electroplating menggunakan variasi 5 V dan 10 V serta menggunakan variasi waktu 15, 30 dan 45 menit. Hasil electroplating pada tegangan 5 volt dan 10 volt memperlihatkan bahwa ketebalan terendah berada pada waktu 15 menit sebesar tegangan 5 Volt sebesar 2,316  $\mu\text{m}$  dan ketebalan tertinggi pada waktu 45 menit tegangan 10 volt dengan tingkat ketebalan 7,93  $\mu\text{m}$ . Hasil kekerasan pada baja ST 41 tegangan 5 dan 10 volt memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan terendah pada variasi waktu 30 menit tegangan 5 Volt sebesar 147 HB dan nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu 45 menit tegangan 10 volt sebesar 170 HB.

Kata kunci : Baja ST 41, *electroplating*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan kemajuan dan perkembangan dalam dunia industri pelapisan logam mengalami peningkatan yang sangat cepat, mulai dari pelapisan bahan, jenis pelapisan hingga hasil dari pelapisan tersebut. [1], [2]. Kebutuhan logam yang sangat besar juga diiringi dengan perkembangan proses pelapisan logam itu sendiri. Komponen dan aksesoris otomotif, aksesoris furniture perumahan berbagai alat perkantoran, alat-alat tentang pertanian, dan berbagai alat-alat industri dilakukan pengerjaan akhir melalui proses pelapisan logam [3]. Dengan demikian diperlukan bahan material yang mempunyai nilai keunggulan sebagai bahan dasar dari suatu bahan dasar material logam. Atas dasar tersebut juga diperlukan suatu bahan dasar material yang tahan akan korosi serta suatu upaya untuk mempercantik bahan dasar material logam tersebut [4][5].

Untuk menanggulangi terjadinya bahaya kerusakan pada logam salah satunya korosi diperlukan cara untuk melindunginya yaitu dengan menggunakan pelapisan logam. Ada beberapa cara pelapisan logam salah satunya dengan menggunakan *electroplating* [4][6]. *Electroplating* merupakan salah satu pelapisan logam yang bertujuan membuat permukaan logam memperoleh sifat permukaan yang lebih baik dan dapat bertahan lebih lama meskipun sering mengalami gesekan dan tekanan. Serta kelebihan menggunakan sistem ini yaitu hasil lebih baik, lebih mudah dilakukan, serta murah dalam ongkos produksinya[1]. Menurut [7] semakin tinggi temperatur larutan elektrolit pada proses elektroplating maka ketebalan lapisan akan semakin tebal dan juga nilai ketahanan korosi semakin tinggi. Pada penelitian yang dilakukan [8] baja ST 41 yang mengalami *electroplating* mengalami kenaikan nilai kekerasan dibanding dengan sebelum di *electroplating*. Hal ini dikarenakan semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin banyak ion dari anoda sebagai bahan pelapis yang tereduksi dan terbawa menempel di permukaan logam induk sebagai katoda. sehingga spesimen memiliki nilai kekerasan yang semakin baik terutama bila

dibandingkan dengan spesimen yang tidak dilapisi. Menurut [9] adanya pengaruh ketebalan pada waktu proses pencelepuan *electroplating*, semakin lama proses pencelupan maka porsi akumulasi pergerakan electron dan transfer material akan meningkatkan nilai ketebelan dari baja tersebut. Sedangkan menurut [10] semakin lama waktu pelapisan akan membuat hasil lapisan tembaga akan semakin tebal tinggi dan kecenderungan laju korosi yang lebih baik dibandingkan laju korosi *aluminium alloy* tanpa *electroplating*.

Menurut [11], baja ST 41 merupakan salah satu baja karbon rendah yang mempunyai sifat mekanik yang cukup baik seperti keuletan, ketangguhan dan kekerasan yang cukup baik serta stabilitas dimensi yang baik [12], Sehingga peneliti memilih penelitian tersebut dikarenakan pada penelitian sebelumnya masih sedikit yang membahas tentang variasi waktu dan variasi tegangan menggunakan *electroplating* pada baja ST 41.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini mengobservasi variasi waktu pencelupan dan variasi tegangan proses pelapisan terhadap sifat ketebalan dan kekerasan baja ST 41.

## **1.2 Perumusan Masalah**

penelitian ini untuk menganalisis bagaimana pengaruh tegangan listrik dan waktu pencelupan proses elektroplating terhadap kekerasan permukaan dan ketebalan baja ST 41?

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental menggunakan bahan baja ST 41 dimana dilakukan *electroplating* menggunakan variasi waktu 15 menit, 30 menit dan 45 menit dengan menggunakan tegangan listrik 5 Volt dan 10 Volt. data yang diambil merupakan komposisi, kekerasan dan ketebelan permukaan benda uji.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu pencelupan dan temperatur proses pelapisan elektroplating terhadap nilai ketebalan permukaan pada baja ST 41 dan mengetahui pengaruh waktu pencelupan dan arus listrik proses pelapisan elektroplating terhadap nilai kekerasan permukaan dan nilai ketebalan pada baja ST 41.

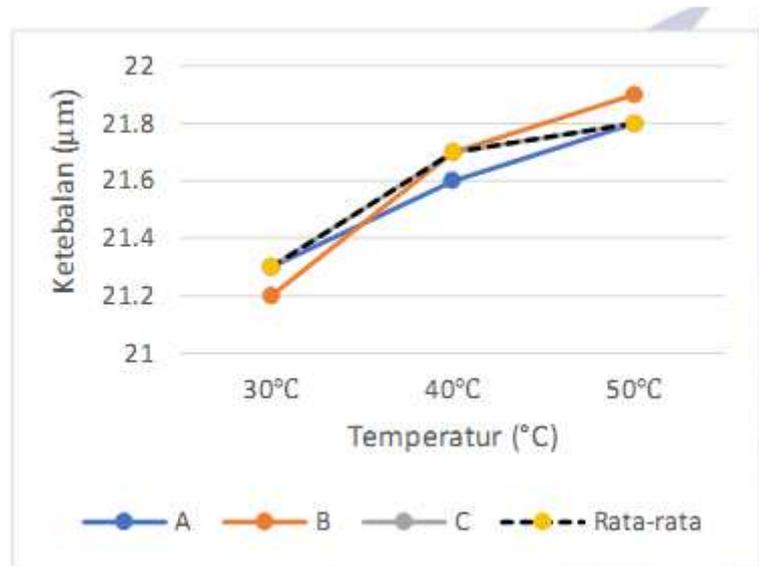
#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan pada pelaksanaan penelitian ini adalah memberikan kesempatan bagi dunia pendidikan untuk dapat mengaplikasikan ilmu teori yang didapat dari perkuliahan dan mengetahui pengaruh variasi waktu pencelupan dan arus listrik proses pelapisan elektroplating agar didapatkan hasil atau nilai ketebalan dan kekerasan permukaan lapisan yang baik

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Ketebalan lapisan dengan waktu pencelupan 10 menit Baja ST 41



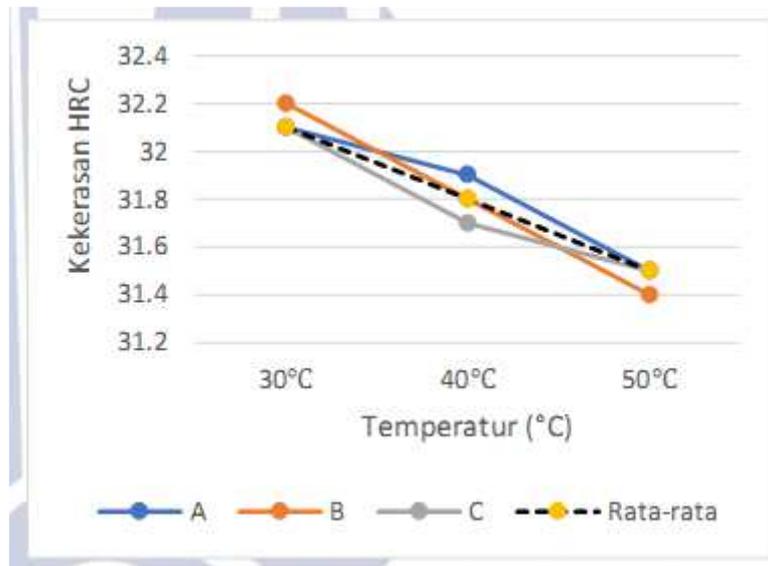
Grafik 2.1 Ketebalan lapisan dengan waktu pencelupan 10 menit. [12]

Gambar 2.1 Menunjukkan ketebalan lapisan meningkat seiring bertambahnya temperatur elektrolit. Nilai ketebalan terbesar terjadi pada spesimen dengan temperatur 50°C dan ketebalan terkecil pada spesimen dengan temperatur 30°C. Semakin tinggi temperatur pelapisan maka nilai ketebalan lapisan akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan semakin banyak pula lapisan nikel menempel pada permukaan spesimen Baja St41.

#### 2.2 Kekerasan Permukaan Dengan Waktu Pencelupan 10 Menit.

Pada grafik 2.2 Dari grafik di bawah terlihat kekerasan permukaan menurun seiring bertambahnya temperatur elektrolit. Hasil kekerasan permukaan tertinggi terjadi pada spesimen dengan temperatur 30°C dan kekerasan permukaan terendah terdapat pada spesimen dengan temperatur 50°C. Dengan semakin tingginya temperatur pelapisan dan semakin banyak lapisan nikel yang menempel pada permukaan spesimen baja St41 maka nilai kekerasan permukaan yang

didapatkan akan semakin menurun. Hal tersebut terjadi karena berbagai faktor diantaranya proses oksidasi yang terjadi pada spesimen, juga sifat dari bahan pelapis (nikel) yang lunak sehingga mengakibatkan kekerasan dari material menurun.



Grafik 2.2 Kekerasan Permukaan Dengan Waktu Pencelupan 10 Menit Baja ST 37 [12]

### 2.3 Nilai Kepadatan Variasi Tegangan dan Lama Pencelupan Baja ST 41



Grafik 2.3 Nilai Kepadatan Variasi Tegangan Dan Lama Pencelupan Baja ST 41 [2]

Grafik 2.3 Memaparkan nilai kepadatan variasi tegangan dan lama pencelupan, bahwa dengan perbandingan variasi lama pencelupan elektroplating diatas dengan variasi lama pencelupan 5 menit, 15 menit, dan 30 menit dengan variasi tegangan sebesar 4 volt dan 6 volt dapat disimpulkan bahwa tegangan dan lamanya pencelupan benda kerja (Baja ST 41) sangat berpengaruh terhadap semakin bertambahnya kepadatan lapisan nikel dikarenakan semakin besar tegangan dan bertambahnya lama pencelupan maka proses perpindahan dengan beda potensial listrik, ion-ion logam akan bergerak menuju permukaan katoda dan menangkap elektron dari katoda serta mendeposisikan diri di permukaan katoda secara terus menerus maka permukaan lapisan akan terus bertambah.

## **2.3 Elektroplating**

### **2.3.1 Pengertian Elektroplating**

Elektroplating atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit. Elektroplating ditujukan untuk berbagai keperluan, baik untuk skala industri maupun rumah tangga [13]. Proses elektroplating atau yang lebih dikenal dengan pelapisan logam ini banyak dilandasi oleh elektrokimia, bidang yang mengkaji perubahan energi listrik ke energy kimia (elektrolisa). Elektroplating memberikan perlindungan pada logam yang diinginkan dengan memanfaatkan logam-logam tertentu sebagai lapisan pelindung, misalnya tembaga, nikel, krom, perak, dan sebagainya.

Pelapisan secara listrik merupakan proses pelapisan suatu logam atau non logam, secara elektrolisa melalui penggunaan arus listrik searah (*direct current/DC*) dan larutan kimia (elektrolit). Pelapisan bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Terjadinya endapan pada proses elektrolisa disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik melalui elektrolit. Ion-ion pada elektrolit tersebut akan mengendap pada katoda. Endapan yang terjadi bersifat adhesive terhadap logam dasar. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit yaitu reaksi reduksi dan oksidasi yang diharapkan berlangsung terus menerus

menuju arah tertentu secara tetap. Untuk itu diperlukan arus listrik searah dan tegangan yang konstan[14].

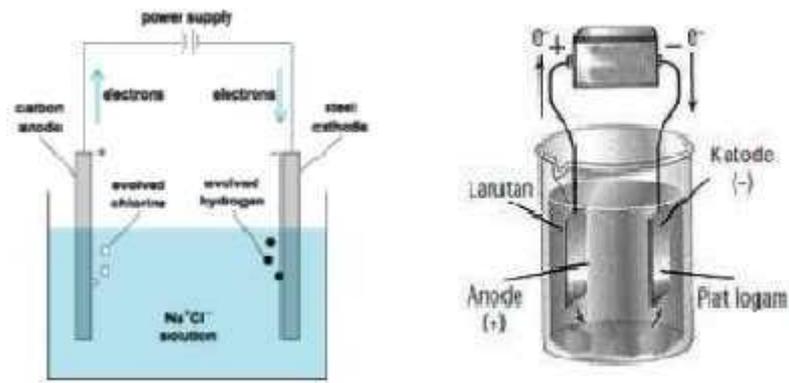
Prinsip dasar dari proses lapis listrik adalah berdasarkan pada Hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Di samping itu jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut.

Dalam pelaksanaan proses pelapisan listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain arus yang dibutuhkan untuk melapis (rapat arus), temperatur larutan, waktu pelapisan, dan konsentrasi larutan. Plating termasuk salah satu cara menanggulangi korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan. Di samping itu plating juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi[15].

Jadi dapat di simpulkan bahwa elektroplating adalah salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit yang memberikan perlindungan pada logam yang diinginkan dengan memanfaatkan logam-logam tertentu sebagai lapisan pelindung.

### **2.3.2 SUSUNAN SEL ELEKTROPLATING**

Prinsip kerja sel elektrolplating berlawanan dengan sel volta. Oleh karena itu, susunan rangkaian sel elektrolplating juga berlawanan dengan susunan rangkaian sel volta, pada sel elektrolplating, anoda bermuatan positif (+) dan katoda bermuatan negatif (-). Juga pada sel elektrolplating, pemberian katup negatif (-) dan positif (+) didasarkan pada potensial yang diberikan dari luar.



Gambar 2.1 Prinsip kerja elektroplating [16]

Dalam suatu elektrolit terdapat kation (ion positif) dan anion (ion negatif) yang berasal dari dari ionisasi elektrolit. Jika kita alirkan listrik dalam elektrolit tersebut, maka kation akan mengalami reduksi anion akan mengalami oksidasi. Kation akan menuju ke katoda (tempat terjadinya peristiwa reduksi), sedangkan anion akan menuju ke anoda (tempat terjadi oksidasi).

Jadi, dalam sel elektroplating katoda merupakan elektroda negatif sebab dituju oleh ion positif, sedangkan anoda adalah elektroda positif sebab dituju oleh ion negatif [17].

### 2.3.3 MACAM-MACAM REAKSI PADA KATODA DAN ANODA (ELEKTROPLATING)

Sel elektrolisis mempunyai beberapa komponen utama yaitu wadah, elektroda, elektrolit, dan sumber arus searah. Dalam sel ini pemakaian jenis elektroda dan elektrolit sangat mempengaruhi jenis produk yang di dihasilkan. Reaksi katoda dan anoda (Elektroplating) dibagi menjadi tiga macam atau kelompok :

#### a) Sel elektroplating dengan elektrolit lelehan

Biasanya pada sel ini elektroda yang dipakai adalah elektroda yang inert (tidak beraksi), yaitu platina atau karbon.lelehan adalah kondisi elektroit tanpa mengandung pelarut (air). Jika arus listrik dialirkan kedalam ion, maka senyawa itu akan terurai menjadi anion dan kation. Pada waktu proses elektroplating,

kation akan menuju ke katoda dan anion akan menuju ke anoda. Kation langsung direduksi dan anion langsung dioksidasi.

b) Sel elektroplating dengan elektrolit larutan dan elektroda inert (tidak reaktif)

Unsur yang dapat dipakai sebagai elektroda inert adalah karbon (C) dan platina (pt), elektrolit yang berupa larutan yang mengandung air. Adanya air dalam larutan mengakibatkan adanya kompetisi antara air dengan zat-zat tertentu yang terlihat dalam elektroplating.

c) Sel elektroplating dengan elektrolit larutan dan elektroda tidak inert (reaktif)

Pada sel ini elektroda tidak inert (reaktif) ikut bereaksi dan hanya terjadi di anoda. Contoh dari elektroda ini adalah Cu, Fe, Zn, dan sebagainya kecuali Pt dan C.

1) Reaksi pada katoda

Reaksi yang terjadi sama dengan reaksi yang terjadi pada katoda saat kondisi sel elektroplating dengan elektroda inert.

2) Reaksi pada anoda

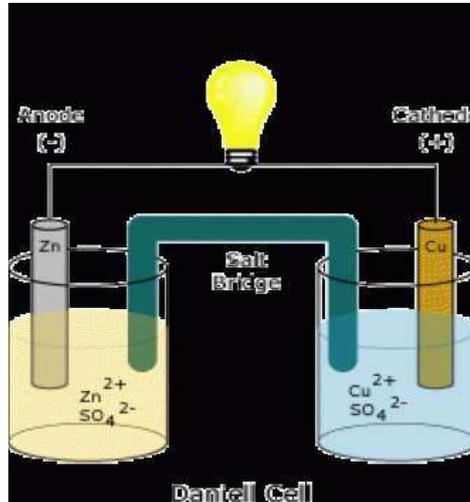
Logam anoda akan teroksidasi menjadi larutan. Dalam hal ini semua anion tidak perlu diperhatikan [15].

#### **2.3.4 PERBEDAAN ANODA DAN KATODA**

Anoda dan katoda adalah elektroda dengan polaritas yang berlawanan. Untuk mengetahui perbedaan antara anoda dan katoda, pertama kita perlu memahami apa itu mereka. Anoda dan katoda adalah elektroda yang digunakan untuk menghantarkan arus listrik kedalam atau keluar dari perangkat yang menggunakan listrik. Elektroda adalah bahan konduktor yang memungkinkan arus dapat melewatinya. Hal ini bisa terbuat dari logam seperti kuningan, tembaga, seng, nikel, dan lain-lain, tetapi beberapa elektroda yang terbuat dari non logam seperti karbon. Elektroda dilengkapi dengan rangkaian sehingga arus akan lewat melalui itu.

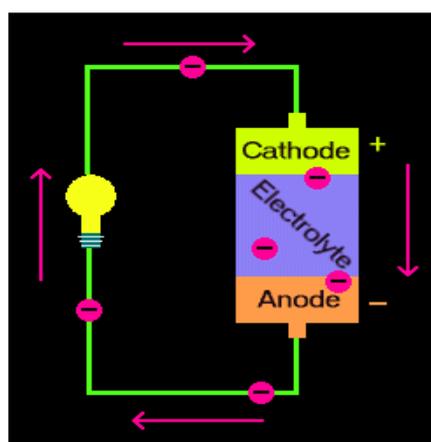
Elektroda dapat berupa anoda atau katoda. Elektroda dimana arus meninggalkan sel dan dimana oksida berlangsung disebut anoda. Hal itu juga disebut elektroda positif. Di sisi lain, elektroda di mana arus memasuki sel dan

reduksi terjadi disebut katoda atau disebut elektroda negatif, sbagian besar ini berlaku pada perangkat listrik tetapi dalam baterai listrik.



Gambar 2.2 Anoda dan katoda pada baterai [16]

Baterai yang sederhana terdiri dari tiga bagian utama yaitu anoda, katoda, dan elektrolit secara sederhana elektroda berada di ujung baterai. Ketika alat ini terhubung dengan listrik reaksi kimia dimulai didalam baterai. Elektron menjadi terganggu dan harus mengatur kembali. Mereka saling tolak dan bergerak menuju katoda yang memiliki elektron lebih sedikit. Ini menyeimbangkan elektron diseluruh larutan yang disebut elektrolit.



Gambar 2.3. Arus pada baterai [16]

Umumnya arus mengalir dari katoda bila perangkat sedang dipakai tetapi

arah arus dibalik saat perangkat sedang diisi dan katoda mulai berfungsi sebagai anoda sedangkan anoda menjadi katoda. Katoda dan anoda ditemukan di perangkat yang digunakan untuk menarik arus listrik. Dapat dikatakan bahwa kata-kata anoda dan katoda yang digunakan untuk mengidentifikasi polaritas perangkat bila digunakan.

Dalam sel primer atau baterai, terminal non reversible yang berarti bahwa katoda akan selalu negatif. Hal ini karena perangkat selalu digunakan untuk melepaskan arus listrik. Tapi dalam kasus sel sekunder atau baterai, elektroda yang reversibel sebagai pembuangan perangkat, tetapi juga menerima saat pengisian [18].

Pada penelitian ini ditujukan untuk mengetahui perbedaan besar butir dan ketebalan pelapisan pada baja karbon menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit dengan memanfaatkan kuningan sebagai lapisan pelindung.

### **2.3.5 PERBEDAAN LARUTAN BERDASARKAN DAYA HANTAR LISTRIK**

Larutan adalah campuran yang bersifat homogen atau serbasama. Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan terbagi menjadi 2 golongan yaitu larutan elektrolit dan larutan non elektrolit.

#### **2.1.5.1 ELEKTROLIT KUAT**

1. Terionisasi sempurna
2. Menghantarkan arus listrik
3. Lampu menyala terang
4. Terdapat gelembung gas Larutan elektrolit kuat dapat berupa :

Asam Kuat : HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>

Basa Kuat : NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub> Garam: NaCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>

Garam adalah senyawa yang terbentuk dari sisa asam dan basa dengan reaksi sebagai berikut Asam + Basa ---> Garam + H<sub>2</sub>O misal, 2HCl + Ca(OH)<sub>2</sub> ---> CaCl<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O

Dari reaksi di atas terlihat garam tersusun dari gabungan Cl<sup>-</sup> sebagai ion

negatif (anion) dan  $\text{Ca}^{2+}$  sebagai ion positif (kation), contoh ion2 lain yang dapat membentuk garam yakni :

Kation :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{L}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  
 $\text{NH}_4^+$  Anion :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{HSO}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$

Penggabungan ion2 di atas berdasarkan prinsip KPK yang kita pelajari sewaktu di SD, sebagai contoh muatan Mg adalah +2 sedangkan Br adalah -1 agar seimbang Mg cukup sebuah sedangkan Br nya dua buah sehingga menjadi  $\text{MgBr}_2$ . Saat terurai Br tidak menjadi  $\text{Br}_2$  namun kembali ke bentuk semula Br sebanyak dua buah.

#### 2.1.5.2 ELEKTROLIT LEMAH

1. Terionisasi sebagian
2. Menghantarkan arus listrik
3. Lampu menyala redup
4. Terdapat gelembung gas

Daya hantarnya buruk dan memiliki derajat ionisasi (kemampuan mengurai menjadi ion- ionnya) kecil. Makin sedikit yang terionisasi, makin lemah elektrolit tersebut. Dalam persamaan reaksi ionisasi elektrolit lemah ditandai dengan panah dua arah (bolak-balik) artinya reaksi berjalan dua arah, di satu sisi terjadi peruraian dan di sisi lain terbentuk kembali ke bentuk senyawa mula-mula. Contoh larutan elektrolit lemah adalah semua asam lemah dan basa lemah.

Kekuatan elektrolit lemah ditentukan oleh derajat ionisasinya yang dirumuskan :

$$\alpha = \frac{\text{jumlah zat yang mengion}}{\text{jumlah zat mula - mula}} ; 0 \leq \alpha \leq 1$$

Maka berdasarkan rumus di atas untuk mendapatkan jumlah zat mengion dilakukan dengan cara mengalikan jumlah zat mula mula dengan derajat dissosiasinya. semakin besar harga derajat ionisasinya maka semakin banyak konsentrasi larutan yang terurai menjadi ion- ionya (mengion). (Media belajar

online)

Pada penelitian ini elektrolit yang digunakan adalah  $H_2SO_4$  , HCL ,  $HNO_3$  ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dan  $H_2O$  untuk melakukan proses elektroplating.

## 2.4 PENERAPAN ELEKTROPLATING

### 2.4.1 Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara % hingga 2.1% berat sesuai gradenya. Fungsi karbon dalam baja adalah SESS sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan untuk peralatan pertanian misalnya sabit dan cangkul.

Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah (titanium), krom (*chromium*), nikel, *vanadium*, *cobalt* dan *tungsten (wolfram)*. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*)[19].

Baja merupakan besi dengan kadar karbon kurang dari 2 %. Baja dapat dibentuk menjadi berbagai macam bentuk sesuai dengan keperluan. Secara garis besar ada 2 jenis baja, yaitu :

#### a. Baja Karbon

Baja karbon disebut juga *plain carbon steel*, mengandung terutama unsur karbon dan sedikit silikon, belerang dan fosfor. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dibagi menjadi : - baja dengan kadar karbon rendah ( < 0,2 % C) - Baja dengan kadar karbon sedang ( 0,1%-0,5 % C) - Baja dengan kadar karbon tinggi ( >0,5 % C) Kadar karbon yang terdapat di dalam baja akan mempengaruhi kuat tarik,

kekerasan dan keuletan baja. Semakin tinggi kadar karbonnya, maka kuat tarik dan kekerasan baja semakin meningkat tetapi keuletannya cenderung turun.

Penggunaan baja di bidang teknik sipil pada umumnya berupa baja konstruksi atau baja profil, baja tulangan untuk beton dengan kadar karbon 0,10% - 0,50%. Selain itu baja karbon juga digunakan untuk baja/kawat pra tekan dengan kadar karbon s/d 0,90 %. Pada bidang teknik sipil sifat yang paling penting adalah kuat tarik dari baja itu sendiri.

#### b. BajaPaduan

Baja dikatakan dipadu jika komposisi unsur-unsur paduannya secara khusus, bukan baja karbon biasa yang terdiri dari unsur silisium dan mangan. Baja paduan semakin banyak di gunakan. Unsur yang paling banyak di gunakan untuk baja paduan , yaitu : Cr, Mn, Si, Ni, W, Mo, Ti, Al, Cu, Nb, Zr. (Maria Valencia Febryani 2011)

Pada penelitian ini baja yang digunakan adalah baja tipe SA 516 dengan spesifikasi Carbon (0,17%), Silikon (0,36%), Mangan (1,11%), Fosfor (0,011%), Belerang (0,018%).

### **2.4.2 BAHAN PELAPIS (KUNINGAN)**

Kuningan adalah campuran logam dari tembaga dan seng, yang dapat membentuk kombinasi sifat material yaitu kekuatan dan ketahanan korosi yang tinggi. Kuningan adalah paduan logam dan seng dengan kadar tembaga antara 60-96% massa. Dalam perdagangan dikenal beberapa jenis kuningan, yaitu ;

1. Kawat kuningan ( brass wire ) kadar tembaga antara 62-95%
2. Pipa kuningan kadar tembaga antara 60-90% ( sumber .Dep Pu, 1985 )
3. Plat kuningan (brass sheet) kadar tembaga antara 60-90%

Tembaga dalam kuningan membuat kuningan bersifat antiseptik, melewati efek oligodinamis, Contohnya: gagang pintu yang terbuat dari kuningan dapat mendisinfeksi diri dari banyak bakteri dalam waktu 8 jam. Efek ini penting dalam rumah sakit, dan berguna dalam banyak kontes[2].

Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan hingga ke cahaya

kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Kuningan lebih kuat dan lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Kuningan lebih kuat dan lebih keras daripada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras seperti baja.

Jadi kuningan sangat mudah untuk di bentuk dan sebagai konduktor panas yang baik yang umumnya tahan terhadap korosi dari air garam. Karena sifat sifat tersebut, kuningan kebanyakan di gunakan untuk membuat pipa, tabung, sekrup, radiator, alat musik, aplikasi kapal laut, dan casing cartridge untuk senjata api.

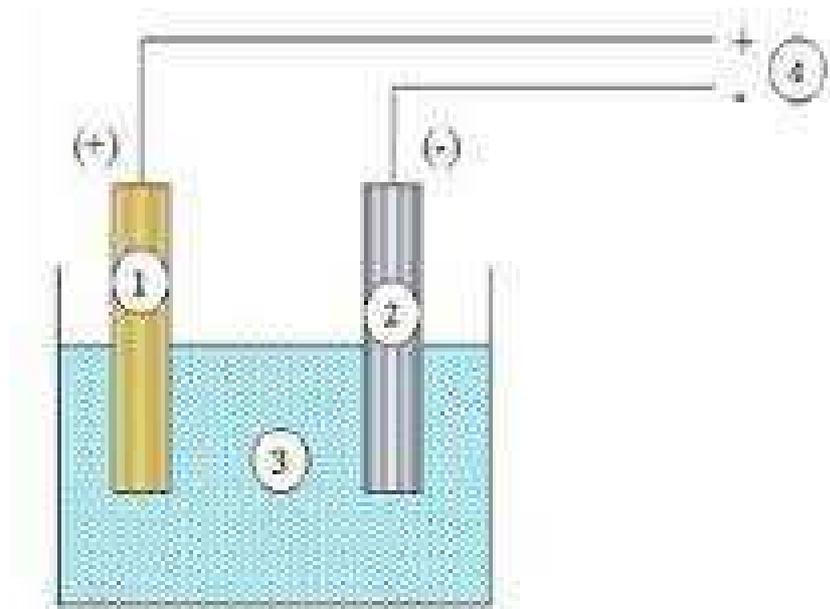
### **2.4.3 MEKANISME KERJA ELEKTROPLATING**

Elektroplating artinya penguraian suatu zat akibat arus listrik. Zat yang terurai dapat berupa padatan, cairan, atau larutan. Arus listrik yang digunakan adalah arus searah (direct current = DS). Tempat berlangsungnya reaksi reduksi dan oksidasi dalam sel elektrolisis sama seperti pada sel volta, yaitu anoda (reaksi oksidasi) dan katoda (reaksi reduksi). Perbedaan sel elektrolisis dan sel volta terletak pada kutub elektroda. Pada sel volta, anoda (-) dan katoda (+), sedangkan pada sel elektrolisis sebaliknya, anoda (+) dan katoda (-).

Pada sel elektroplating anoda dihubungkan dengan kutub positif sumber energi listrik, sedangkan katoda dihubungkan dengan kutub negatif. Oleh karena itu pada sel elektroplating di anoda akan terjadi reaksi oksidasi dan di katoda akan terjadi reaksi reduksi.

Komponen-komponen yang berperan penting dalam suatu proses elektroplating adalah larutan elektrolit (sumber pelapis), anoda (bahan pelapis), katoda (bahan uji), dan sirkuit luar (arus DC). Mengalirnya arus searah melalui suatu larutan berkaitan dengan gerak partikel bermuatan (ion). Ujung-ujung keluar masuknya arus dari/ke larutan disebut elektroda. Seperti diketahui, pada bagian anoda reaksi yang terjadi adalah reaksi kimia, sedangkan pada katoda reaksinya adalah reaksi reduksi. Pergerakan dari ion-ion larutan yang ada menyebabkan terjadinya kedua macam reaksi pada sistem elektrolisa tersebut. Ion yang bergerak migrasi ke anoda disebut anion, sedangkan yang bergerak ke katoda disebut kation. Jika arus listrik dialirkan kedalam larutan elektrolit (larutan pelapis) akan

terjadi aliran ion-ion dalam larutan ion positif bermigrasi ke arah elektroda negatif (katoda). Bersamaan dengan ini terjadi proses perpindahan muatan pada kedua elektroda. Migrasi dari ion-ion tersebut menimbulkan reaksi reduksi (katoda/benda kerja) dan reaksi kimia (anoda) [20].



Gambar 2.4. Mekanisme kerja elektroplating.[16]

Keterangan:

1. Anoda (bahan pelapis)

Anoda adalah elektroda positif yang merupakan logam pelapis. Anoda dalam larutan elektrolit ada yang larut dan ada yang tidak. Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja, sedangkan anoda yang larut berfungsi selain penghantar arus listrik, juga sebagai bahan baku pelapis. Logam-logam yang bisa digunakan sebagai bahan pelapis, antara lain: kuningan, tembaga, nikel, dan krom.

2. Katoda (bahan yang dilapisi)

Katoda dapat diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi, dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus listrik. Katoda atau benda kerja dapat memiliki bentuk dan dapat terbuat dari beraneka logam, yang terpenting katoda harus memiliki kumpulan atom-atom yang terikat

dimana elektron-elektronnya dapat bergerak bebas sehingga proses elektroplating dapat berlangsung dengan baik dan logam dapat menempel dengan kuat pada katoda. Agar mendapatkan hasil pelapisan yang baik, maka diperlukan proses preparasi atau penyiapan sebelum dilakukan pelapisan. Logam-logam yang biasa digunakan sebagai logam dasar, yaitu baja, perak, kuningan, dan tembaga.

### 3. Elektrolit

Elektrolit berupa larutan yang molekulnya dapat larut dalam air dan terurai menjadi partikel-partikel yang bermuatan positif atau negatif. Pada proses elektrolisa terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Elektron (listrik) memasuki larutan melalui kutub negatif (katoda) dan selanjutnya menuju kutub positif (anoda) untuk kembali ke satu daya. Pada proses elektroplating kuningan, larutan elektrolit yang digunakan adalah campuran  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCL}$ . Fungsi dari larutan  $\text{CuSO}_4$  adalah sebagai penyedia ion  $\text{Cu}^{2+}$ , di pasaran  $\text{CuSO}_4$  dibeli dalam bentuk  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (copper sulfat penta hydrate) sedangkan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  berfungsi sebagai penghantar arus listrik dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai pengencer. Ion positif ( $\text{Cu}^{2+}$ ) akan menuju katoda sedangkan ion negative  $\text{SO}_4^{2-}$  akan menuju anoda. Arus listrik dari katoda member ion  $\text{Cu}^{2+}$  dua elektron sehingga menjadi logam Zn yang menempel pada katoda.

### 4. Sumber arus searah (DC)

Dalam generator arus DC terdapat satu cincin belah atau komutator yang menyebabkan arus searah positif ke negative. Prinsip DC ini lebih banyak dihasilkan oleh sel listrik/baterai. Arus DC ditandai dengan arus positif dan negatif. Sumber arus searah (DC) atau bisa disebut juga dengan transformer. Transformer merupakan komponen utama dalam proses pelapisan logam yang berfungsi untuk menurunkan dan mengubah tegangan AC menjadi DC.

*Rectifier* atau *power supply* adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan listrik dari 220 volt menjadi yang lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan atau alat ini juga disebut *trafo step down*. Tegangan yang keluar dari trafo masih dalam keadaan bolak-balik (AC), sehingga untuk merubah dari AC ke DC (searah) diperlukan kiprok sebagai penyearah dan kapasitor elektrolit sebagai perata dari

tegangan output [5] .

Jadi sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan, penggunaan arus listrik searah (DC) sudah sesuai dengan proses elektroplating pada baja karbon.

#### **2.4.4 KARAKTERISASI ELEKTROPLATING**

Salah satu peralatan yang digunakan untuk mengamati karakteristik pelapisan kuningan yaitu SEM (*Scanning Elektron Microscopy*). Diantaranya pengujian SEM ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi voltase elektroplating kuningan terhadap ketebalan pelapisan, dan mikrostruktur dari pelapisan tersebut.

#### **2.4.5 KETEBALAN DARI PELAPISAN**

Ketebalan adalah salah satu persyaratan penting dari suatu lapisan hasil elektroplating. Oleh karena itu, dari sekian banyak jenis pengujian yang dilakukan terhadap hasil plating, pengukuran ketebalan adalah salah satu uji yang harus dilakukan.

Dalam merencanakan pengukuran ketebalan perlu diperhatikan kejelasan pengukuran ketebalan yang diinginkan, yaitu ketebalan rata-rata atau ketebalan pada titik atau lokasi tertentu yang sangat strategis. Diambil ketebalan rata-rata karena distribusi ketebalan yang serba hampir sama di setiap titik pada suatu permukaan yang dilapisi jarang sekali bisa dihasilkan dengan proses elektroplating. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam ketebalan lapisan, antara lain: kerapatan arus, agitasi, throwing power, dan waktu pelapisan.

Ketebalan lapisan yang terbentuk dapat dicari dengan cara mengukur ketebalan pelapisan pada foto yang telah diambil kemudian dibandingkan dengan ketebalan yang telah diketahui dengan pembesaran yang sama yang digunakan pada saat pengamatan dan pengambilan foto. Dalam hal ini mikroskop hanya digunakan untuk mengamati ketebalan dari pelapisan[21].

$Z = T_f / T_s$   $T = T_f / Z$  Dimana :

T = Tebal lapisan yang dicari (mm)

T<sub>f</sub> = Tebal pembanding pada foto (mm) T<sub>s</sub> = Tebal pembanding (diketahui) (mm)

Tfs = Tebal lapisan yang diukur pada foto (mm)

Z = Pembesaran yang digunakan mikroskop (mm)

Karena kesulitan dalam memberikan ukuran kuantitatif pada bentuk butir, maka metode kualitatif dipergunakan. Bentuk butir ini banyak dipengaruhi oleh proses elektrolisa yang dilakukan, disamping juga ukuran butir. Tidak dapat diambil kesimpulan bahwa bentuk butir konstan, sehingga perlu diberi descriptor yang disebut aspect ratio yang didefinisikan sebagai dimensi butir maksimum dibagi dengan dimensi butir terkecil. Berikut ini adalah beberapa macam bentuk butir:

- a. Butir bulat seragam (besi karbonit dan nikel karbonit)
- b. Spheroids, near-spheres, droplets (tembaga hasil atomisasi atau spray, zinc, timah, aluminium, kuningan)
- c. Butir berongga yang tak teratur (tembaga, besi, dan tungsten hasil reduksi)
- d. Butiran dendrite (tembaga, besi, kuningan dan perak hasil elektrolisa)
- e. Butir angular (antimony dan besi cor hasil tumbukan)
- f. Pelat bulat atau lonjong pipih (tembaga dan besi hasil eddy mill atau proses hametag)
- g. Flakes atau pipih (aluminium atau tembaga hasil ball-mill).



Gambar 2.6. Kemungkinan bentuk butir [16]

Penampilan lapisan dekoratif merupakan suatu hal yang penting tetapi seringkali dinilai secara subjektif. Sehingga dalam pengamatan suatu lapisan yang mengamati kecerahan, penilaiannya diserahkan secara subjektif kepada keputusan peneliti. Dalam penelitian ini, penentuan tingkat kecerahan menggunakan iluminasi cahaya. Kuat penerangan atau iluminasi didefinisikan sebagai banyaknya fluks cahaya yang mengenai satu satuan luas permukaan yang mendapat penerangan. Jika sumber cahaya tidak berwujud titik melainkan berwujud suatu luasan/permukaan, maka banyaknya fluks cahaya yang dipancarkan sudah tentu sebanding dengan luas permukaan sumber cahaya itu dan begitu pula intensitas cahaya [17].

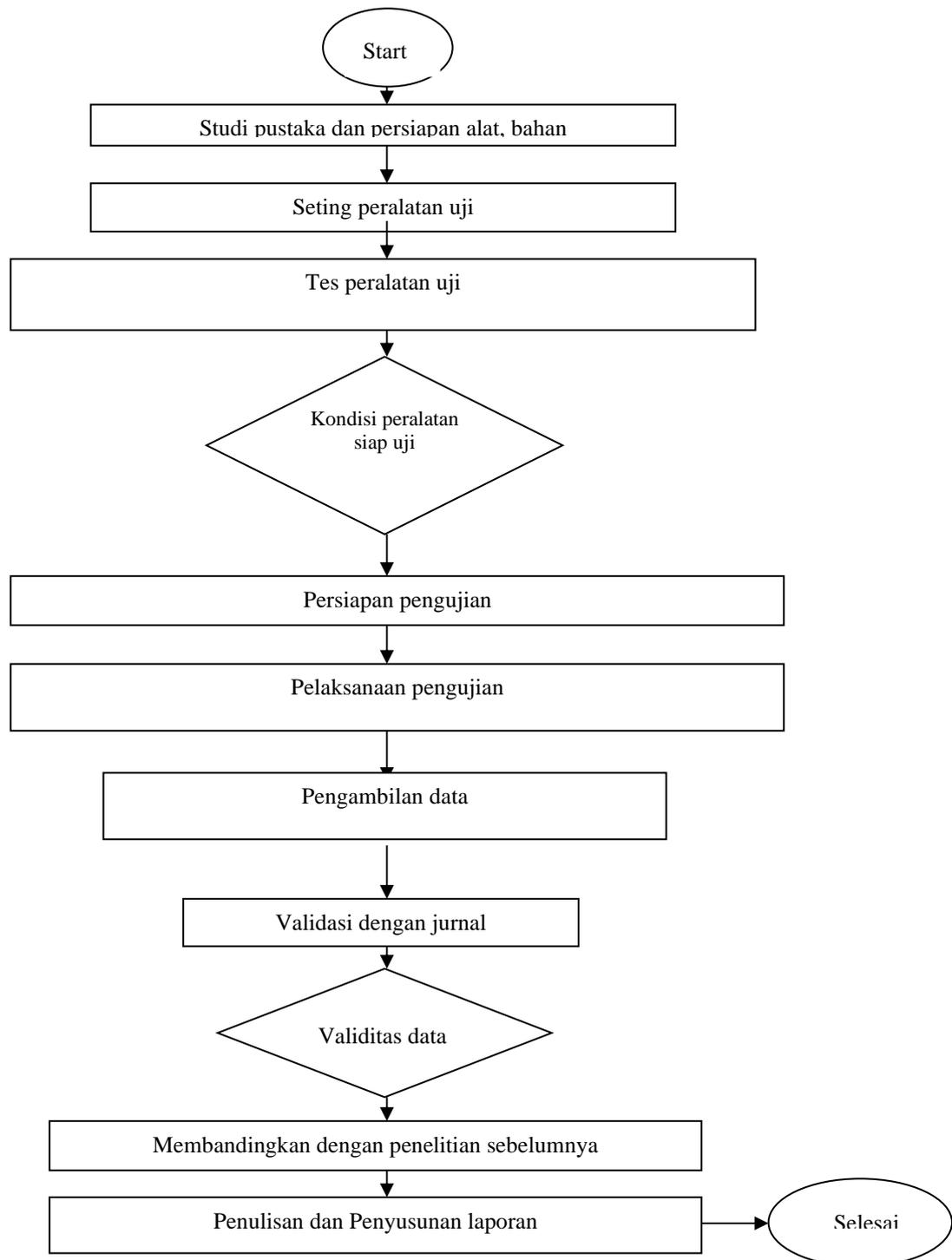
Proses elektrolisa sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan butir dalam arah lateral dan transversal. Ini dipengaruhi oleh perilaku migrasi ion logam. Mulanya terbentuk pulau kecil segera setelah sel elektrolitik diberi tegangan. Ion logam

selanjutnya mempunyai dua cara untuk menempel pada pulau tersebut yaitu dalam arah lateral dan transversal. Pertumbuhan dalam arah transversal dibatasi oleh pertumbuhan Kristal tetangga. Jika kedua Kristal tersebut bertemu, pertumbuhan akan berhenti dan terbentuklah batas butir antar keduanya. Pertumbuhan dalam arah lateral sangat dipengaruhi oleh rapat arus, dimana rapat arus yang besar cenderung menghasilkan laju deposisi yang besar juga. Karena pengaruh lapisan rangkap. Maka pertumbuhan dalam arah lateral cenderung menuju ke arah konsentrasi ion logam yang lebih tinggi, sehingga arah pertumbuhannya selalu ke arah luar. Mikrostruktur yang terjadi akan sangat ditentukan oleh jumlah tempat pengintian (nucleation site) yang proporsional dengan konsentrasi ion dan laju deposisi yang proporsional dengan rapat arus.

Morfologi dendritik biasanya terjadi pada rapat arus dan tegangan bias katoda yang tinggi serta kondisi larutan yang diatur dengan baik. Meskipun demikian, karena sifat dinamik larutan yang selalu berubah (yaitu aliran larutan, harga pH, temperature dan fluktuasi konsentrasi) terhadap posisi maupun waktu, sangat dimungkinkan terjadinya morfologi dendrit [16].

**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram alur penelitian**



### **3.2 Bahan Penelitian**

Berikut bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. Bahan ST 41
2. Perlengkapan pencatatan data
3. Cairan electroplating

### **3.3 Alat Penelitian**

1. Gergaji
2. Jangka sorong
3. Gelas ukur
4. Kawat Tembaga
5. Stopwath
6. Bak elektrolit
7. Mesin Bor
8. Tang

### **3.4 Variable Penelitian**

#### **3.4.1 Variabel tetap**

- Elektrolit baume 23 yang dilarutkan dalam 1000ml - Baja ST 41
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Asam Sulfat) dengan konsentrasi 15%

#### **3.4.2 Variabel bebas**

Variabel bebas pada penelitian yaitu:

- Waktu pencelupan : 15 menit, 30 menit, 45 menit.
- Tegangan listrik proses pelapisan : 5 V dan 10 V

### **3.5 Prosedur Penelitian**

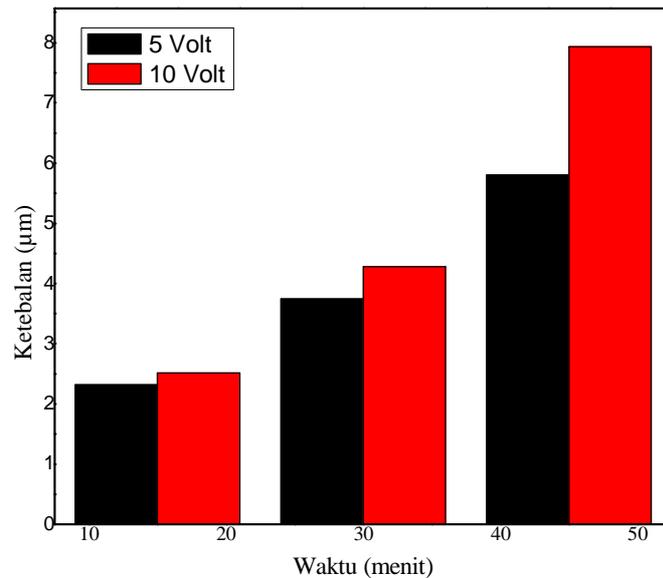
Prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

- Memotong benda kerja baja ST 41 yang berdiameter 40 mm dengan panjang 20 mm sampai jumlah total 14 spesimen.
- Pemotongan/pembentukan spesimen menggunakan gergaji potong serta jangka sorong.
- Spesimen dibor pada bagian atas sebagai tempat untuk mengaitkan kawat.
- Membersihkan spesimen sebelum dilakukan proses elektroplating.
- Pembersihan secara mekanik dengan menggunakan amplas untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta kotoran yang melekat pada benda kerja.
- Pembersihan dengan alkali (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 15%) yang bertujuan untuk membersihkan benda kerja dari lemak dan minyak yang direndamkan ke dalam larutan alkali (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Pembilasan dengan menggunakan air bersih.

- Pengeringan spesimen setelah dibersihkan.
- Pengukuran berat, panjang, dan diameter spesimen menggunakan timbangan elektronik sebelum proses elektroplating.
- Mempersiapkan Larutan Elektrolit.
- Menyiapkan larutan baume 23 yang akan digunakan sebanyak 1 liter.
- Masukkan larutan baume 23 ke dalam beaker glass dengan kapasitas 1 liter.
- Panaskan larutan sampai suhu mencapai 50°C.
- Melakukan tahap pelapisan elektroplating sesuai dengan waktu dan arus listrik yang telah ditentukan.
- Spesimen dengan jumlah 4 spesimen yang telah disiapkan dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 15 menit serta dengan tegangan listrik 5 V dan 10 V.
- Dengan cara yang sama, 4 spesimen berikutnya dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 30 menit serta dengan tegangan listrik 5 V dan 10 V.
- Kemudian 4 spesimen terakhir dicelupkan dengan waktu 45 menit serta dengan tegangan listrik 5 V dan 10 V.
- Setelah proses pelapisan selesai, dilakukan pembilasan dengan menggunakan air bersih dan dikeringkan.
- Pengukuran berat spesimen menggunakan timbangan elektronik setelah proses pelapisan.
- Pengukuran hasil tebal lapisan semua spesimen setelah dilapisi dengan proses elektroplating menggunakan microprocessor coating thickness gauge.
- Pengukuran nilai kekerasan benda uji setelah proses pelapisan elektroplating dengan menggunakan alat *Hardness tester*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

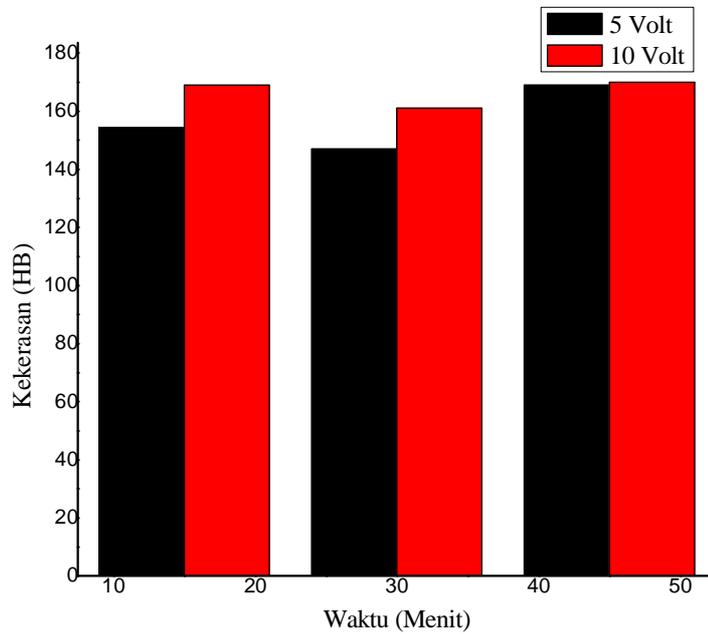
### 4.1. Hasil Analisis Ketebalan Baja ST 41



Gambar 4.1 Rata-rata Ketebalan Elektroplating Baja ST 41

Menurut gambar 4.1 diatas electroplating pada tegangan 5 volt dan 10 volt memperlihatkan bahwa ketebalan terendah berada pada waktu 15 menit sebesar tegangan 5 Volt sebesar 2,316  $\mu\text{m}$  dan ketebalan tertinggi pada waktu 45 menit tegangan 10 volt dengan tingkat ketebalan 7,93  $\mu\text{m}$ . Hal ini dikarenakan lama bahan yang dicelupkan pada proses electroplating dan tegangan akan berpengaruh pada ketebalan lapisan dikarenakan proses perpindahan pada beda potensial listrik, sehingga mengakibatkan ion-ion logam akan bergerak maju menuju katoda dan mengakibatkan elektron dari katoda mendeposisikan diri di permukaan katoda secara terus menerus sehingga mengakibatkan permukaan lapisan dari baja bertambah [2]. Menurut [3] menyatakan bahwa dalam penelitiannya semakin tinggi tegangan pada proses pelapisan logam mengakibatkan logam pelapis yang menempel dan membuat lapisanya semakin banyak sehingga tingkat kerapatanya semakin rapat.

#### 4.2. Hasil Analisis Kekerasan Baja ST 41



Gambar 4.2 Hasil Analisis Kekerasan Tegangan 5 dan 10 Volt Baja ST 41

Menurut gambar 4.2 diatas hasil kekerasan pada baja ST 41 tegangan 5 dan 10 volt memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan terendah pada variasi waktu 30 menit tegangan 5 Volt sebesar 147 HB dan nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu 45 menit tegangan 10 volt sebesar 170 HB. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencelupan dan semakin tinggi tegangan pada saat proses electroplating mengakibatkan banyak ion dari anoda sebagai bahan pelapis yang tereduksi dan menempel pada permukaan logam spesimen sebagai katoda. Sehingga hasil nilai kekerasan semakin baik[8][20].

#### 4.3. Hasil Uji Komposisi Baja ST 41

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Baja ST41

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,096	-
Si	0,102	-
Mn	0,839	-
P	0,107	-
S	-	-

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Cr	0,010	-
Ni	0,28	-
Mo	0,010	-
Cu	0,017	-
Al	0,0064	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,0030	-
Mg	0,0055	-

Menurut tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dalam uji komposisi menunjukkan nilai carbon dari spesimen uji sebesar 0,096% hail itu sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [11] [12]yang menyatakan bahwa kadar carbon Baja ST 41 sebesar 0,08-0,20%.

#### 4.4. Luaran Penelitian yang Terpenuhi

Luaran dalam penelitian ini adalah publikasi artikel ilmiah. Dalam hal ini, artikel ilmiah sudah di submit pada Jurnal JTM-ITI Institut Teknologi Indonesia Kota Tangerang sinta 4.

**JTM-ITI**  
JURNAL TEKNIK MESIN  
Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia  
e-ISSN: 2548-3854

HOME ABOUT USER HOME SEARCH CURRENT ARCHIVES

ANNOUNCEMENTS

Home > User > Author > **Active Submissions**

**Active Submissions**

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
640	08-16	ART	fatkhurrozak	ANALISIS PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU PENCELUPAN...	Awaiting assignment

Gambar 4.3 Submission jurnal pada JTM-IT

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Hasil electroplating pada tegangan 5 volt dan 10 volt memperlihatkan bahwa ketebalan terendah berada pada waktu 15 menit sebesar tegangan 5 Volt sebesar 2,316  $\mu\text{m}$  dan ketebalan tertinggi pada waktu 45 menit tegangan 10 volt dengan tingkat ketebalan 7,93  $\mu\text{m}$ .
2. Hasil kekerasan pada baja ST 41 tegangan 5 dan 10 volt memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan terendah pada variasi waktu 30 menit tegangan 5 Volt sebesar 147 HB dan nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu 45 menit tegangan 10 volt sebesar 170 HB.

#### 5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian berikutnya bisa menggunakan variasi suhu dan variasi tegangan sehingga bisa mengetahui hasil yang lebih banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. M. S. Ratih Deviana, 2014. "Pengaruh Waktu Pencelupan Dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Permukaan Baja ST 42," *Jtm*, vol. 03, no. 01, pp. 176–183.
- A. ROZAK, 2017, "Analisis Kepadatan Pada Proses Pelapisan Nikel Dengan Variasi Tegangan Dan Lama Pencelupan Baja St 41," *J. Tek. Mesin*, pp. 53–61.
- Urfie Ferdansyah and A. M. Sakti, 2019, "PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN KUAT ARUS TERHADAP KERAPATAN LAPISAN NIKEL PADA PROSES PELAPISAN BAJA PUNTIR ST41 Ferdansyah Urfie Arya Mahendra Sakti Abstrak," *JTM*, vol. 07, pp. 87–94.
- Febryan Andinata, Fredina Destyorini, Eni Sugiarti, Munasir, and Kemas A. Zaini T, 2012, "PENGARUH pH LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP TEBAL LAPISAN ELEKTROPLATING NIKEL PADA BAJA ST 37," *JPFA*, vol. 2, no. 2, pp. 48–52.
- A. Rasyad and B. Budiarto, 2018, "Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 173–182, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.03.4.
- F. D. Ayu V and S. Sumiati, 2020, "Desain Eksperimen Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Bahan St 41 Pada Proses Heat Treatment," *Juminten*, vol. 1, no. 3, pp. 104–115, doi: 10.33005/juminten.v1i3.125.
- Vania Mitha Pratiwi, Sulistijono, Mas Irfan P. Hidayat, and Handis Zuniandra, 2019, "Pengaruh Variasi Waktu dan Temperatur Kekuatan Lekat dan Ketahanan Korosi pada Baja," *J. Tek. Its*, vol. 8, no. 2, pp. 218–223.
- I. Saefuloh and M. G. Winisuda, 2017, "Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating Dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan , Ketahanan Korosi ," *Flywheel J. Tek. Mesin Untirta*, vol. III, no. 2, pp. 42–47.
- D. Topayung, 2011, "Effect of Electric Current and Process Time in The Thickness and Mass Layer Formed on Electroplating Steel Plates," *J. Ilm. Sains*, vol. 11, no. 1, pp. 97–101.
- T. Machfuroh, Y. F. Pradani, and W. Ghufro, 2021, "Pengaruh Jarak Dan Waktu Electroplating Terhadap Laju Deposit dan Korosi Aluminium Alloy," *JPTM*, vol. 09, no. 001, pp. 09–22, doi: 10.23887/jptm.v9i1.32217.
- M. Nofri and T. Acang, 2017, "Analisis Sifat Mekanika Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur," *Bina Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 189–199, [Online]. Available: <https://ejournal.upnvj.ac.id/index.php/BinaTeknika/article/view/1322>.
- Andriawan and Aisyah Endah Palupi, 2019, "STRUKTUR MIKRO , KETEBALAN

- DAN KEKERASAN LAPISAN NIKEL BAJA St41,” *JTM*, vol. 07, pp. 125–134.
- W. E. Triastuti and A. Subekti, 2013, “Karakter Fisik Dan Korosi Mangan Hasil Pelapisan Pada Baja Aisi 1020,” *Kapal*, vol. 10, no. 1, pp. 1-7–7, doi: 10.12777/kpl.10.1.1-7.
- M. andhi pamungkas, 2018, “Pengaruh Variasi Temperatur Elektroplating Terhadap Ketebalan Lapisan Nikel Baja ST37 Grafik Hubungan Temperatur dan Tebal Nikel,” *Mer-C*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, [Online]. Available: <http://jom.untidar.ac.id/index.php/merc/article/viewFile/121/pdf>.
- S. Marwati and R. T. Padmaningrum, 2013, “Pengaruh Konsentrasi Formaldehid sebagai Agen Pereduksi Terhadap Efisiensi Elektrodeposisi Ag<sup>+</sup> dalam Limbah Cair Elektroplating,” *J. Sains Dasar*, vol. 2, no. 1, pp. 41–47, doi: 10.21831/jsd.v2i1.3361.
- Y. D. Mustopo, 2011, "*Pengaruh Waktu terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif tanpa Lapisan Dasar, dengan Lapisan Dasar Tembaga dan Tembaga-Nikel*".
- S. Fisika, U. Negeri, and K. A. Z. T, 2008, “ALTERNATIF BAHAN ANTI KOROSI PADA LINGKUNGAN ASAM Febryan Andinata Abstrak,” no. St 37, pp. 1–4.
- Tadashi and K. Mizumoto, 2004. “4. Proses Elektro Kimia,” *Prinsip Elektroplating*, pp. 47–58.
- D. Hidayat, 2019, “Pencelupan Terhadap Elektroplating Pada Baja a36,”
- B. T. Cahyanto and S. Anis, 2020, “Pengaruh Suhu dan Waktu Proses Hard Chrome pada Pelat Baja ST37 Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan,” *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 124–128, doi: 10.21831/dinamika.v5i2.34786.
- B. H. Priyambodo *et al.*, 2020, “Struktur Mikro Baja Karbon S45C,” vol. 3, no. 2, pp. 29–34.

Lampiran 1. Justikasi Anggaran Penelitian

<b>1. Material</b>					
No	Material	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga satuan	Total
1	baja ST 41 40x20 mm	14	1	Rp 5.000	Rp 70.000
2	pengujian komposisi	1	1	Rp 50.000	Rp 50.000
3	pengujian kekerasan	13	1	Rp 50.000	Rp 650.000
4	pengujian ketebalan	13	1	Rp 50.000	Rp 650.000
5	Pengujian Elektroplating	12	1	Rp 10.000	Rp 120.000
Subtotal					<b>Rp 1.540.000</b>
<b>2. Bahan Habis Pakai</b>					
No	Keterangan	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga satuan	Total
1	amplas	14	1	Rp 5.000	Rp 70.000
2	Bahan Bakar kendaraan	1	2	Rp 100.000	Rp 200.000
Subtotal					<b>Rp 270.000</b>
<b>3. Konsumsi</b>					
No	Keterangan	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga satuan	Total
1	Snack	6	3	Rp 10.000	Rp 180.000
2	Makan	6	3	Rp 15.000	Rp 270.000
Subtotal					<b>Rp 450.000</b>
<b>4. Lain - lain</b>					
No	Keterangan	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga satuan	Total
1	ATK	1	1	Rp 104.000	Rp 104.000
2	Jilid Laporan	4	1	Rp 25.000	Rp 100.000
3	Publikasi Jurnal sinta 4	1	1	Rp 350.000	Rp 350.000
Subtotal					<b>Rp 554.000</b>
<b>Total anggaran</b>					<b>Rp 2.814.000</b>

Mengetahui,  
Ketua P3M  
Politeknik Harapan Bersama

Ketua Tim Pelaksana  
Politeknik Harapan Bersama

Kusnadi, M.Pd  
NIPY. 04.015.217

Faqih Fatkhurrozak, M.T  
NIPY. 09.016.297

## Lampiran 2. Organisasi Penelitian

### ORGANISASI PENELITIAN

#### 1. Ketua :

##### 1. Ketua

Nama : Faqih Fatkhurrozak, M.T  
NIPY : 06.016.297  
NIDN : 0616079002  
Pangakt/Golongan : III B  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Jabatan Struktural : Dosen Tetap  
Bidang Ilmu : Teknik Mesin

#### 2. Anggota 1

Nama : Firman Lukman Sanjaya, M.T  
NIPY : 09.016.296  
NUPN : 0630069202  
Pangakt/Golongan : III B  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Jabatan Struktural : Koord. Akademik  
Bidang Ilmu : Teknik Mesin

#### 3. Anggota 1

Nama : Ahmad Faoji, M.T  
NIPY : 09.016.298  
NUPN : 9906977259  
Pangakt/Golongan : III B  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

Jabatan Struktural

: Koord. Akademik

Bidang Ilmu

: Teknik Mesin

### Lampiran 3. Organisasi Penelitian

#### Pembagian Tugas Penelitian

No	Nama	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)	Uraian Tugas
1	Faqih Fatkhurrozak, M.T (Ketua Tim Penelitian)	Politeknik Harapan Bersama	Teknik Mesin	5 Jam	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mengkoordinasi proses pengambilan data, pengumpulan data, analisis data, penyusunan interpretasi data, dan penyusunan laporan penelitian.</li> <li>➤ Mengkoordinasi persiapan instrumen penelitian, perlengkapan penelitian, dan instrumen penunjang.</li> <li>➤ Mengkoordinasi penyusunan laporan akhir penelitian, publikasi hasil penelitian dalam jurnal nasional terakreditasi.</li> <li>➤ Bertanggung jawab terhadap hasil pelaporan penelitian.</li> </ul>
2	Angota Tim Penelitian 1. Firman Lukman Sanjaya, M.T 2. A. Faoji, M.T	Politeknik Harapan Bersama	Teknik Mesin	5 Jam	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Membantu ketua dalam proses pengambilan data, pengumpulan data, analisis data, penyusunan interpretasi data, dan penyusunan laporan penelitian.</li> <li>➤ Membantu ketua dalam persiapan instrument penelitian, perlengkapan penelitian, dan instrument penunjang.</li> <li>➤ Membantu ketua dalam penyusunan laporan akhir penelitian, publikasi hasil penelitian dalam jurnal nasional terakreditasi.</li> <li>➤ Turut bertanggung jawab terhadap hasil pelaporan penelitian.</li> </ul>

#### Lampiran 4. Biodata Ketua dan Anggota Peneliti

##### **Biodata Ketua dan Anggota**

###### 1 Ketua

Nama : Faqih Fatkhurrozak, M.T  
NIPY : 09.016.297  
NIDN : 0616079002  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Jabatan Struktur :  
Bidang Ilmu : Teknik Mesin  
Unit Kerja : Diploma III Teknik Mesin  
Pengalaman Penelitian :  
a.

###### 2 Anggota 1

Nama : Firman Lukman Sanjaya, M.T  
NIPY : 09.016.296  
NUPN : 0630069202  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Jabatan Struktur : Koor. Akademik Progdi DIII Teknik Mesin  
Bidang Ilmu : Teknik Mesin  
Unit Kerja : Diploma III Teknik Mesin  
Pengalaman Penelitian :

- a. Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Mesin Bensin 4 Langkah Berbahan Bakar Campuran Pertelite Dan Butanol Menggunakan Alat Uji Emisi *Gas Analyzer* (2020)

###### 3 Anggota 2

Nama : Ahmad Faoji, M.T  
NIPY : 09.016.298  
NUPN : 9906977259  
Jabatan Fungsional : -  
Jabatan Struktur : -  
Bidang Ilmu : Teknik Mesin  
Unit Kerja : Diploma III Teknik Mesin  
Pengalaman Penelitian :

Lampiran Data Hasil

Tabel Hasil Kekerasan Tegangan 5 Volt

No	Kode Sampel Uji	Tegangan (volt)	Waktu (menit)	hasil Uji		rata -rata hasil pengujian	Satuan
				Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1	49.1	5	15	Titik 1	155	154,33	HB
				Titik 2	153		
				Titik 3	155		
2	49.3	5	30	Titik 1	149	147	HB
				Titik 2	145		
				Titik 3	147		
3	49.6	5	45	Titik 1	167	169	HB
				Titik 2	170		
				Titik 3	170		

Tabel Hasil Kekerasan Tegangan 10 Volt

No	Kode Sampel Uji	Tegangan	Waktu	hasil Uji		rata -rata hasil pengujian	Satuan
				Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
4	49.2	10	15	Titik 2	167	169	HB
				Titik 3	170		
				Titik 4	170		
5	49.4	10	30	Titik 2	164	161	HB
				Titik 3	161		
				Titik 4	158		
6	49.7	10	45	Titik 2	173	170	HB
				Titik 3	170		
				Titik 4	167		

Tabel Hasil Ketebalan 5 Volt

SAMPEL NO	WAKTU (MENIT)	TITIK 1	TITIK 2	TITIK 3	RATA-RATA (µm)	RATA-RATA (µm)
1	15	2,5	1,8	2	2,100	2,317
2		2,7	2	2,9	2,533	
3	30	3,8	4,1	3,9	3,933	3,750
4		3,6	3,7	3,4	3,567	

SAMPEL NO	WAKTU (MENIT)	TITIK 1	TITIK 2	TITIK 3	RATA-RATA ( $\mu\text{m}$ )	RATA-RATA ( $\mu\text{m}$ )
5	45	6,1	5,5	5,2	5,600	5,800
6		6,4	6	5,6	6,000	

Tabel Hasil Ketebalan 5 Volt

SAMPEL NO	WAKTU (Menit)	TITIK 1	TITIK 2	TITIK 3	RATA-RATA ( $\mu\text{m}$ )	RATA-RATA ( $\mu\text{m}$ )
7	15	2,3	2,2	2,5	2,333	2,517
8		2,5	2,6	3	2,700	
9	30	4,4	4,3	4,1	4,267	4,283
10		4,2	4,5	4,2	4,300	
11	45	10	6,6	8,1	8,233	7,933
12		10,4	7	5,5	7,633	

Lampiran Dokumentasi









Yayasan Pendidikan Harapan Bersama  
**PoliTeknik Harapan Bersama**  
Kampus I : Jl. Mataram No.9 Tegal 52142 Telp. 0283-352000 Fax. 0283-353353  
Kampus II : Jl. Dewi Sartika No. 71 Tegal 52117 Telp. 0283-350567  
Website : [www.poltektegal.ac.id](http://www.poltektegal.ac.id) | Email : [sekretariat@poltektegal.ac.id](mailto:sekretariat@poltektegal.ac.id)

**SURAT KEPUTUSAN**  
**DIREKTUR POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA**  
**NOMOR: 098 .05/PHB/V/2021**

**TENTANG**  
**PENERIMA PENDANAAN HIBAH KOMPETITIF PENELITIAN DAN**  
**PENGABDIAN MASYARAKAT OLEH INSTITUSI**  
**BAGI DOSEN POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA**  
**TAHUN ANGGARAN 2020/2021 SEMESTER GENAP**

- Menimbang : a. bahwa untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pelaksanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat bagi Dosen di Politeknik Harapan Bersama, maka perlu menetapkan kebijakan dalam bidang pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat;
- b. bahwa untuk tertib administrasi keuangan dalam pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, maka perlu ditetapkan tahapan penyerahan pendanaan oleh institusi untuk hibah kompetitif penelitian dan pengabdian masyarakat kepada Dosen Politeknik harapan Bersama;
- c. bahwa nama-nama yang tercantum dalam lampiran telah lolos kualifikasi untuk menerima pendanaan hibah kompetitif dari Institusi;
- d. berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud pada huruf a dan b, dipandang perlu menetapkan Surat Keputusan Direktur Politeknik Harapan Bersama;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 78, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 4301);
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2004 tentang Perubahan Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2001 tentang Yayasan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 115, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 4430);
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 157, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 4586);
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 5336);

5. Peraturan Pemerintah..

5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 5500);
  6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 47);
  7. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 128/D/0/2002 tentang Pemberian Ijin Penyelenggaraan Program-Program Studi dan Pendirian Politeknik Harapan Bersama di Tegal yang Diselenggarakan oleh Yayasan Pendidikan Harapan Bersama di Tegal;
  8. Keputusan Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia Nomor: AHU-2674.AH.01.04 Tahun 2012 tentang pengesahan Yayasan Pendidikan Harapan Bersama (Tambahan Berita Negara Republik Indonesia Tanggal 20/6-2014 No. 49);
  9. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor: 231/KPT/I/2018 tentang Yayasan Pendidikan Harapan Bersama sebagai Badan Penyelenggara Politeknik Harapan Bersama;
  10. Surat Keputusan Yayasan Pendidikan Harapan Bersama Nomor 114.05/YPHB/XII/2020 tentang Statuta Politeknik Harapan Bersama;
- Memperhatikan :** Surat Pemberitahuan Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Nomor: 064.03/P3M.PHB/III/2021 tentang pengajuan dan penerimaan proposal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Harapan Bersama Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021.

**MEMUTUSKAN:**

- Menetapkan :** Surat Keputusan Direktur Politeknik Harapan Bersama tentang Penerima Pendanaan Oleh Institusi Untuk Hibah Kompetitif Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Bagi Dosen Politeknik Harapan Bersama Tahun Anggaran 2020/2021.
- Pertama :** Menetapkan nama yang tercantum dalam lampiran Keputusan ini sebagai Penerima Pendanaan Oleh Institusi Untuk Hibah Kompetitif Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Bagi Dosen Politeknik Harapan Bersama Tahun Anggaran 2020/2021.
- Kedua :**
1. Pemberian bantuan dana penelitian minimal Rp. 2.000.000,- (Dua juta rupiah) per judul;
  2. Pemberian bantuan dana pengabdian kepada masyarakat minimal Rp. 2.000.000,- (Dua juta rupiah) per judul);
  3. Pembayaran dilakukan dengan 2 (dua) tahap, yaitu:
    - a. Pembayaran tahap I sebesar 60% dari total dana yang didapatkan setelah menyerahkan proposal dan perjanjian yang telah ditandatangani oleh Direktur Politeknik Harapan Bersama;
    - b. Pembayaran Tahap II sebesar 30% dari total dana yang didapatkan setelah menyerahkan laporan hasil; dan
    - c. 10% dari total dana yang didapatkan diserahkan kepada P3M.

- Ketiga : Dosen yang melaksanakan Penelitian dan/atau Pengabdian Kepada Masyarakat wajib menyerahkan laporan hasil kepada Direktur dan Wakil Direktur I melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M), meliputi:
- a. Laporan penelitian sebanyak 2 (dua) eksemplar;
  - b. Softcopy Jurnal;
  - c. Softcopy.
- Keempat : Semua produk hasil penelitian dan pengabdian masyarakat termasuk Paten menjadi hak milik Politeknik Harapan Bersama.
- Kelima : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila di kemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di: Tegal  
Pada tanggal: 31 Mei 2021  
Direktur  
  
**Nizar Suhendra, S.E., MPP**  
NIPY.08.020.008

Lampiran: Surat Keputusan Direktur Politeknik  
Harapan Bersama

Tentang : Penerima Pendanaan Oleh Institusi  
Untuk Hibah Kompetitif Penelitian dan  
Pengabdian Masyarakat Bagi Dosen  
Politeknik Harapan Bersama Tahun  
Anggaran 2020/2021 Semester Genap

Nomor : 05/PHB/V/2021

Tanggal : 31 Mei 2021

42	<b>Firman Lukman Sanjaya, S.T., M.T.</b> Faqih Fatkhurrozak, S.T., M.T. Syarifudin, S.T., M.T. Nunung Haryanti	Uji Komparasi Pengaruh Penambahan <i>Dietyl Ether</i> Dan Butanol Pada Bahan Bakar Pertalite Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Bensin GI 160 Menggunakan Alat Uji Gas Analyzer	DIII Teknik Mesin	Penelitian	Rp. 2,971,000
43	<b>Faqih Fatkhurrozak, S.T., M.T.</b> Firman Lukman Sanjaya, S.T., M.T. Ahmad Faoji, M.T.	Analisis Pengaruh Tegangan Listrik Dan Waktu Pencelupan Proses <i>Elektroplating</i> Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Ketebalan Baja St 41	DIII Teknik Mesin	Penelitian	Rp. 2,814,000
44	<b>Syaefani Arif Romadhon, M. Pd.</b> Iin Indrayanti, M. Pd. M. Taufik Qurohman, M. Pd.	Analisis Efektifitas Penerapan Metode SQ3R Pada Proses Pembelajaran Reading Mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama	DIII Teknik Mesin	Penelitian	Rp. 2,514,000
45	<b>Andri Widiyanto, M. Si.</b> Dewi Kartika, S.E, M.Ak. Aryanto, S.E., M.Ak. Elang Bimantoro Thorik Firmansyah	Pemanfaatan <i>Macro Vba Microsoft Excell</i> Dalam Pembuatan Bukti Penerimaan Barang Bagi Siswa/I SMA 1 Pangkah Kabupaten Tegal	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,775,000
46	<b>Ida Farida, S.E., M.Si.</b> Arifia Yasmin, S.E., M.Si., Ak, CA. Aryanto, S.E., M.Ak. Naila Hanum, S.E., M.ACC. Ihza Nursusanti Nurseha Ardi Amilatus Salsa	Pembukuan Berbasis Android Sebagai Bekal Untuk Menjadi <i>Entrepreneurship</i> Setelah Lulus SMK Di SMK Negeri Dukuhturi Tegal	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,750,000
47	<b>Hetika, S.Pd, M.Si.</b> Ririh Sri Harjanti, S.E, M.M. Dewi Kartika, S.E, M. Ak. Arief Zul Fauzi, M. Pd. Akmalus Sidqi	Meningkatkan Ketrampilan Pembelajaran Daring Bagi Guru SMK Muhammadiyah Adiwerna	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,775,000
48	<b>Arief Zul Fauzi, M.Pd.</b> Dani Fitria Brilianti, M.Pd. Bahri Kamal, S.E, M.M. Hilda Paramadina Puspaningrum	Pelatihan Kemampuan Teknik Berbicara <i>Voice Over</i> (VO) Untuk Mahasiswa Program Studi D-III Akuntansi Politeknik Harapan Bersama	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,750,000

# PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU PENCELUPAN PROSES ELEKTROPLATING TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN DAN KETEBALAN BAJA ST 41

<sup>1</sup>Faqih Fatkhurrozak, <sup>2</sup>Firman Lukman Sanjaya, <sup>3</sup>Ahmad Faoji, <sup>4</sup>Syarifudin

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama Tegal

<sup>1</sup>[Faqih.fatkhurrozak@poltektegal.ac.id](mailto:Faqih.fatkhurrozak@poltektegal.ac.id), <sup>2</sup>[sanjaya.firman51@gmail.com](mailto:sanjaya.firman51@gmail.com), <sup>3</sup>[ahmad.faoji@poltektegal.ac.id](mailto:ahmad.faoji@poltektegal.ac.id),  
<sup>4</sup>[masudinsyarif88@gmail.com](mailto:masudinsyarif88@gmail.com)

## Abstrak

Sejalan dengan kemajuan dan perkembangan dunia industri pelapisan logam mengalami peningkatan yang sangat cepat, mulai dari pelapisan bahan, jenis pelapisan hingga hasil dari pelapisan tersebut. Untuk menanggulangi bahaya kerusakan pada logam salah satunya korosi diperlukan cara untuk melindunginya yaitu dengan menggunakan pelapisan logam salah satunya electroplating. Baja St41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Baja ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan cara memotong benda kerja baja ST 41 yang berdiameter 40 mm dengan panjang 20 mm sampai jumlah total 14 spesimen dilakukan electroplating menggunakan variasi 5 V dan 10 V serta menggunakan variasi waktu 15, 30 dan 45 menit. Hasil electroplating pada tegangan 5 volt dan 10 volt memperlihatkan bahwa ketebalan terendah berada pada waktu 15 menit sebesar tegangan 5 Volt sebesar 2,316  $\mu\text{m}$  dan ketebalan tertinggi pada waktu 45 menit tegangan 10 volt dengan tingkat ketebalan 7,93  $\mu\text{m}$ . Hasil kekerasan pada baja ST 41 tegangan 5 dan 10 volt memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan terendah pada variasi waktu 30 menit tegangan 5 Volt sebesar 147 HB dan nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu 45 menit tegangan 10 volt sebesar 170 HB.

**Kata kunci:** Baja St 41, Electroplating

## Abstract

*In line with the progress and development of the metal coating industry, the metal coating industry has experienced a very rapid increase, ranging from coating materials, types of coatings to the results of these coatings. To overcome the danger of damage to the metal, one of which is corrosion, a way to protect it is needed, namely by using a metal coating, one of which is electroplating. St41 steel is one of the low carbon steels. This steel is included in the low carbon steel group because in its composition it contains 0.08% -0.20% carbon. The research procedure that will be carried out in this study is by cutting the ST 41 steel workpiece with a diameter of 40 mm with a length of 20 mm to a total of 14 specimens, electroplating using variations of 5 V and 10 V and using time variations of 15, 30 and 45 minutes. The results of electroplating at a voltage of 5 volts and 10 volts show that the lowest thickness is at 15 minutes at 5 volts at 2,316  $\mu\text{m}$  and the highest thickness at 45 minutes at 10 volts with a thickness of 7.93  $\mu\text{m}$ . The results of the hardness on ST 41 steel with a voltage of 5 and 10 volts show that the lowest level of hardness at a time variation of 30 minutes at 5 Volt is 147 HB and the highest hardness value at a time variation of 45 minutes at a voltage of 10 volts is 170 HB.*

**Keywords:** St 41 Steel, Electroplating

## PENDAHULUAN

Sejalan dengan kemajuan dan perkembangan dalam dunia industri pelapisan logam mengalami peningkatan yang sangat cepat, mulai dari pelapisan bahan, jenis pelapisan hingga hasil dari pelapisan tersebut. [1], [2]. Kebutuhan logam yang sangat besar juga diiringi dengan perkembangan proses pelapisan logam itu sendiri. Komponen dan aksesoris otomotif, aksesoris furniture perumahan berbagai alat perkantoran, alat-alat tentang pertanian, dan berbagai alat-alat industri dilakukan pengerjaan akhir melalui proses pelapisan logam [3]. Dengan demikian diperlukan bahan material yang mempunyai nilai keunggulan sebagai bahan dasar dari suatu bahan dasar material logam. Atas dasar tersebut juga diperlukan suatu bahan dasar material yang tahan akan korosi serta suatu upaya untuk mempercantik bahan dasar material logam tersebut [4][5].

Untuk menanggulangi terjadinya bahaya kerusakan pada logam salah satunya korosi diperlukan cara untuk melindunginya yaitu dengan menggunakan pelapisan logam. Ada beberapa cara pelapisan logam salah satunya dengan menggunakan *electroplating* [4][6]. *Electroplating* merupakan salah satu pelapisan logam yang bertujuan membuat permukaan logam memperoleh sifat permukaan yang lebih baik dan dapat bertahan lebih lama meskipun sering mengalami gesekan dan tekanan. Serta kelebihan menggunakan sistem ini yaitu hasil lebih baik, lebih mudah dilakukan, serta murah dalam ongkos produksinya [1]. Menurut [7] semakin tinggi temperatur larutan elektrolit pada proses elektroplating maka ketebalan lapisan akan semakin tebal dan juga nilai ketahanan korosi semakin tinggi. Pada penelitian yang dilakukan [8] baja ST 41 yang mengalami *electroplating* mengalami kenaikan nilai kekerasan dibanding dengan sebelum di *electroplating*. Hal ini dikarenakan semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin banyak ion dari anoda sebagai bahan pelapis yang tereduksi dan terbawa menempel di permukaan logam induk sebagai katoda. sehingga spesimen memiliki

nilai kekerasan yang semakin baik terutama bila dibandingkan dengan spesimen yang tidak dilapisi. Menurut [9] adanya pengaruh ketebalan pada waktu proses pencelepuan *electroplating*, semakin lama proses pencelupan maka porsi akumulasi pergerakan electron dan transfer material akan meningkatkan nilai ketebalan dari baja tersebut. Sedangkan menurut [10] semakin lama waktu pelapisan akan membuat hasil lapisan tembaga akan semakin tebal tinggi dan kecenderungan laju korosi yang lebih baik dibandingkan laju korosi *aluminium alloy* tanpa *electroplating*.

Menurut [11], baja ST 41 merupakan salah satu baja karbon rendah yang mempunyai sifat mekanik yang cukup baik seperti keuletan, ketangguhan dan kekerasan yang cukup baik serta stabilitas dimensi yang baik [12], sehingga peneliti memilih penelitian tersebut dikarenakan pada penelitian sebelumnya masih sedikit yang membahas tentang variasi waktu dan variasi tegangan menggunakan *electroplating* pada baja ST 41.

## III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

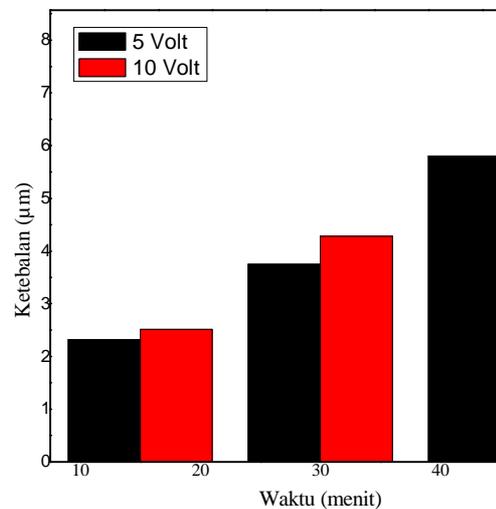
Bahan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan Baja St 41 yang berdiameter 40 mm dengan Panjang 20 mm sebanyak 13 spesimen. Baja St 41 diperoleh dari toko besi dan baja Kota Tegal. Karakteristik utama Baja St 41 ditunjukkan dalam tabel. Tegangan listrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 volt dan 10 volt serta variasi waktu yang digunakan menggunakan 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

Prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Memotong benda kerja baja ST 41 yang berdiameter 40 mm dengan panjang 20 mm sampai jumlah total 13 spesimen.
2. Pemotongan/pembentukan spesimen menggunakan gergaji potong serta jangka sorong.
3. Spesimen dibor pada bagian atas sebagai tempat untuk mengaitkan kawat.

4. Membersihkan spesimen sebelum dilakukan proses elektroplating.
5. Pembersihan secara mekanik dengan menggunakan amplas untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta kotoran yang melekat pada benda kerja.
6. Pembersihan dengan alkali (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 15%) yang bertujuan untuk membersihkan benda kerja dari lemak dan minyak yang direndamkan ke dalam larutan alkali (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
7. Pembilasan dengan menggunakan air bersih.
8. Pengeringan spesimen setelah dibersihkan.
9. Pengukuran berat, panjang, dan diameter spesimen menggunakan timbangan elektronik sebelum proses elektroplating.
10. Mempersiapkan Larutan Elektrolit.
11. Menyiapkan larutan baume 23 yang akan digunakan sebanyak 1 liter.
12. Masukkan larutan baume 23 ke dalam beaker glass dengan kapasitas 1 liter.
13. Panaskan larutan sampai suhu mencapai 50°C.
14. Melakukan tahap pelapisan elektroplating sesuai dengan waktu dan arus listrik yang telah ditentukan.
15. Spesimen dengan jumlah 6 spesimen yang telah disiapkan dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 15 menit serta dengan tegangan listrik 5 V dan 10 V.
16. Dengan cara yang sama, 6 spesimen berikutnya dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada waktu 30 menit serta dengan tegangan listrik 5 V dan 10 V.
17. Kemudian 6 spesimen terakhir dicelupkan dengan waktu 45 menit serta dengan tegangan listrik 5 V dan 10 V.
18. Setelah proses pelapisan selesai, dilakukan pembilasan dengan menggunakan air bersih dan dikeringkan.
19. Pengukuran berat spesimen menggunakan timbangan elektronik setelah proses pelapisan.
20. Pengukuran hasil tebal lapisan semua spesimen setelah dilapisi dengan proses elektroplating menggunakan *microprocessor coating thickness gauge*.
21. Pengukuran nilai kekerasan benda uji setelah proses pelapisan elektroplating dengan menggunakan alat *hardness tester*.

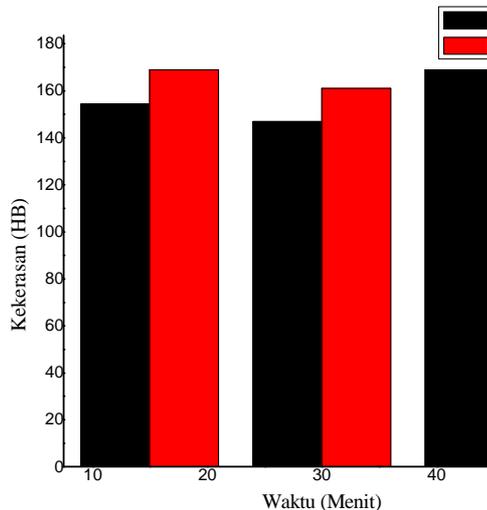
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3.1 Rata-rata Ketebalan Elektroplating Baja ST 41

Menurut gambar 4.1 diatas electroplating pada tegangan 5 volt dan 10 volt memperlihatkan bahwa ketebalan terendah berada pada waktu 15 menit sebesar tegangan 5 Volt sebesar 2,316  $\mu\text{m}$  dan ketebalan tertinggi pada waktu 45 menit tegangan 10 volt dengan tingkat ketebalan 7,93  $\mu\text{m}$ . Hal ini dikarenakan lama bahan yang dicelupkan pada proses electroplating dan tegangan akan berpengaruh pada ketebalan lapisan dikarenakan proses perpindahan pada beda potensial listrik, sehingga mengakibatkan ion-ion logam akan bergerak maju menuju katoda dan mengakibatkan elektron dari katoda mendeposisikan diri di permukaan katoda secara terus menerus sehingga mengakibatkan permukaan lapisan dari baja

bertambah [2]. Menurut [3] menyatakan bahwa dalam penelitiannya semakin tinggi tegangan pada proses pelapisan logam mengakibatkan logam pelapis yang menempel dan membuat lapisannya semakin banyak sehingga tingkat kerapatannya semakin rapat.



Gambar 3.2 Hasil Analisis Kekerasan Tegangan 5 dan 10 Volt Baja ST 41

Menurut gambar 4.2 diatas hasil kekerasan pada baja ST 41 tegangan 5 dan 10 volt memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan terendah pada variasi waktu 30 menit tegangan 5 Volt sebesar 147 HB dan nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu 45 menit tegangan 10 volt sebesar 170 HB. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencelupan dan semakin tinggi tegangan pada saat proses electroplating mengakibatkan banyak ion dari anoda sebagai bahan pelapis yang tereduksi dan menempel pada permukaan logam spesimen sebagai katoda. Sehingga hasil nilai kekerasan semakin baik[8][13].

Tabel 3.1 Hasil Uji Komposisi Baja ST41

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,096	-
Si	0,102	-
Mn	0,839	-

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
P	0,107	-
S	-	-
Cr	0,010	-
Ni	0,28	-
Mo	0,010	-
Cu	0,017	-
Al	0,0064	-
V	0,010	-
W	0,100	-
Co	0,0050	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,0030	-
Mg	0,0055	-

Menurut tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dalam uji komposisi menunjukkan nilai carbon dari spesimen uji sebesar 0,096% hal itu sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [11] [12] yang menyatakan bahwa kadar carbon Baja ST 41 sebesar 0,08-0,20%.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Hasil electroplating pada tegangan 5 volt dan 10 volt memperlihatkan bahwa ketebalan terendah berada pada waktu 15 menit sebesar tegangan 5 Volt sebesar 2,316  $\mu\text{m}$  dan ketebalan tertinggi pada waktu 45 menit tegangan 10 volt dengan tingkat ketebalan 7,93  $\mu\text{m}$ .
2. Hasil kekerasan pada baja ST 41 tegangan 5 dan 10 volt memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan terendah pada variasi waktu 30 menit tegangan 5 Volt sebesar 147 HB dan nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu 45 menit tegangan 10 volt sebesar 170 HB.

## REFERENSI

- [1] A. M. S. Ratih Deviana, "Pengaruh Waktu Pencelupan Dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Permukaan Baja ST 42," *Jtm*, vol. 03, no. 01, pp. 176–183, 2014.
- [2] A. ROZAK, "Analisis Kepadatan Pada Proses Pelapisan Nikel Dengan Variasi Tegangan Dan Lama Pencelupan Baja St 41," *J. Tek. Mesin*, pp. 53–61, 2017.
- [3] Urfie Ferdansyah and A. M. Sakti, "PENGARUH VARIASI TEGANGAN DAN KUAT ARUS TERHADAP KERAPATAN LAPISAN NIKEL PADA PROSES PELAPISAN BAJA PUNTIR ST41 Ferdansyah Urfie Arya Mahendra Sakti Abstrak," *JTM*, vol. 07, pp. 87–94, 2019.
- [4] Febryan Andinata, Fredina Destyorini, Eni Sugjarti, Munasir, and Kemas A. Zaini T, "PENGARUH pH LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP TEBAL LAPISAN ELEKTROPLATING NIKEL PADA BAJA ST 37," *JPFA*, vol. 2, no. 2, pp. 48–52, 2012.
- [5] A. Rasyad and B. Budiarto, "Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 173–182, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.03.4.
- [6] F. D. Ayu V and S. Sumiati, "Desain Eksperimen Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Bahan St 41 Pada Proses Heat Treatment," *Juminten*, vol. 1, no. 3, pp. 104–115, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i3.125.
- [7] Vania Mitha Pratiwi, Sulistijono, Mas Irfan P. Hidayat, and Handis Zuniandra, "Pengaruh Variasi Waktu dan Temperatur Kekuatan Lekat dan Ketahanan Korosi pada Baja," *J. Tek. Its*, vol. 8, no. 2, pp. 218–223, 2019.
- [8] I. Saefuloh and M. G. Winisuda, "Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating Dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan , Ketahanan Korosi ," *Flywheel J. Tek. Mesin Untirta*, vol. III, no. 2, pp. 42–47, 2017.
- [9] D. Topayung, "Effect of Electric Current and Process Time in The Thickness and Mass Layer Formed on Electroplating Steel Plates," *J. Ilm. Sains*, vol. 11, no. 1, pp. 97–101, 2011.
- [10] T. Machfuroh, Y. F. Pradani, and W. Ghufroon, "Pengaruh Jarak Dan Waktu Electroplating Terhadap Laju Deposit dan Korosi Aluminium Alloy," *JPTM*, vol. 09, no. 001, pp. 09–22, 2021, doi: 10.23887/jptm.v9i1.32217.
- [11] M. Nofri and T. Acang, "Analisis Sifat Mekanika Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur," *Bina Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 189–199, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.upnvj.ac.id/index.php/BinaTeknika/article/view/1322>.
- [12] Andriawan and Aisyah Endah Palupi, "STRUKTUR MIKRO , KETEBALAN DAN KEKERASAN LAPISAN NIKEL BAJA St41," *JTM*, vol. 07, pp. 125–134, 2019.
- [13] B. T. Cahyanto and S. Anis, "Pengaruh Suhu dan Waktu Proses Hard Chrome pada Pelat Baja ST37 Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 124–128, 2020, doi: 10.21831/dinamika.v5i2.34786.