



**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN *ELECTROPLATING*
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKASARAN LAPISAN
NIKEL PADA BAJA ST40 MENGGUNAKAN
ELEKTROLIT GEL**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin

Oleh

Lambang Prasetyo Edy

NIM.5212415030

TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Lambang Prasetyo Edy
NIM : 5212415030
Prodi : Teknik Mesin, S1
Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi Larutan Proses *Electroplating*
Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Lapisan Nikel Pada
Baja ST40 Menggunakan Elektrolit Gel.

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, April 2020
Pembimbing



Drs. Sunyoto, M. Si.
NIP. 196511051991021001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh Konsentrasi Larutan Proses *Electroplating* Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Lapisan Nikel Pada Baja ST40 Menggunakan Elektrolit Gel telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang pada tanggal bulan tahun 2020.

Oleh
Nama : Lambang Prasetyo Edy
NIM : 5212415030
Prodi : Teknik Mesin, S1

Panitia
Ketua Panitia Sekretaris



Rusiyanto S.Pd., M.T
NIP. 19740321199903122

Penguji I



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197601012003121002

Pembimbing



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP.
NIP. 197509272006041002



Dr. Hadromi, S.Pd., M.T.
NIP. 196908071994031004



Drs. Sunyoto, M.Si.
NIP. 196511051991021001

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik UNNES



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Semarang,
Yang Membuat Pernyataan



Lambang Prasetyo Edy
NIM. 5212415030

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Yang hebat di dunia ini bukanlah tempat di mana kita berada melainkan arah yang kita tuju. (Oliver Wendell Holmes)
2. Pendidikan adalah tiket ke masa depan. Hari esok dimiliki oleh orang-orang yang mempersiapkan dirinya sejak hari ini. (Malcolm X).
3. Orang yang tidak pernah melakukan kesalahan biasanya tidak pernah berbuat apa-apa. (William Connor Magee)

Persembahan :

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, ku persembahkan skripsi ini untuk :

1. Orang tua tercinta, Bapak (Priyono Edi Santoso) dan Ibu (Dwi Nurgantin) atas segala doa dan dukungan moral maupun moril yang tak pernah lelah terhenti.
2. Kakak kandungku, Galuh Ajeng Anyunari yang selalu memberi motivasi dan semangat
3. Teman-teman Teknik Mesin 2015
4. Sahabat dan teman yang selalu ada setiap saat.

RINGKASAN

Edy, Lambang Prasetyo. 2020. Pengaruh Konsentrasi Larutan Proses *Electroplating* Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Lapisan Nikel Pada Baja ST40 Menggunakan Elektrolit Gel. Drs. Sunyoto, M.Si. Skripsi. Prodi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

Kekerasan dan kekasaran berpengaruh terhadap masa pakai baja ST 40. Konsentrasi larutan pada proses pelapisan mempengaruhi tingkat kekerasan dan kekasaran lapisan *electroplating* nikel. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan pada proses pelapisan *electroplating* nikel pada baja ST 40 menggunakan elektrolit gel terhadap kekerasan lapisan dan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan pada proses pelapisan *electroplating* nikel pada baja ST 40 menggunakan elektrolit gel terhadap kekerasan lapisan kekasaran lapisan.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan adalah konsentrasi larutan dan penambahan gelatin untuk menjadikan elektrolit gel pada proses pelapisan *electroplating* nikel. Konsentrasi larutan pada proses pelapisan yaitu larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel khloride, 59 g/l boric acid), larutan 2 (330 g/l nikel sulfat, 45 g/l nikel khloride, 38 g/l boric acid), dan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel khloride, 18 g/l boric acid) dan disetiap larutan diberikan 150 g gelatin. Setelah proses pelapisan *electroplating* nikel, selanjutnya dilanjutkan uji kekerasan dan kekasaran lapisan pada masing-masing spesimen.

Hasil uji kekerasan dan kekasaran lapisan, kekerasan yang tertinggi terjadi pada larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel khloride, 18 g/l boric acid). memperoleh rata-rata nilai kekerasan 262,3 VHN dan kekasaran yang baik pada larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel khloride, 59 g/l boric acid) memperoleh rata-rata nilai kekerasan 0,146 μm . Konsentrasi larutan dengan penambahan gelatin pada proses pelapisan *electroplating* terhadap kekerasan dan kekasaran sangat berpengaruh terhadap lapisan spesimen.

Kata kunci: Konsentrasi Larutan, *Electroplating* Nikel, Baja ST 40.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengaruh Larutan Proses Electroplating Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Lapisan Nikel Pada Baja ST40 Menggunakan Elektrolit Gel. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik
3. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin
4. Dr. Ir. Basyirun, S.Pd., M.T., IPM, ASEAN Eng. Kepala laboratorium Jurusan Teknik Mesin atas fasilitas yang diberikan.
5. Drs. Sunyoto, M.Si. selaku pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.

6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
7. Bapak Priyono Edi Santoso dan Ibu Dwi Nurngatin sebagai orang tua saya yang telah menjadi penyemangat dan motivasi dalam menyelesaikan kuliah dan penulisan skripsi.
8. Febri Yustiansyah sebagai rekan kerja dalam penelitian.
9. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin S1 dan teman satu kontrakan yang selalu menghibur, membantu, dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman Prodi Teknik Mesin seluruh angkatan.
11. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagai sumbangan pemikiran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Semarang, 03 Juli 2020



Lambang Prseyo Edy

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.3 Rumusan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8

2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 Pelapisan Logam.....	13
2.2.2 <i>Electroplating</i>	14
2.2.3 Elektrolit Gel.....	17
2.2.4 Material Baja ST 40.....	18
2.2.5 Nikel.....	18
2.2.6 Pengujian Kekerasan.....	19
2.2.7 Pengujian Kekasaran.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	24
3.1.1 Waktu pelaksanaan	24
3.1.2 Tempat Pelaksanan	24
3.2 Desain Peneitian	25
3.2.1 Metode Penelitian	25
3.2.2 Diagram Alir Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Alat.....	27
3.3.2 Bahan	31
3.4 Parameter Penelitian.....	37
3.4.1 Variabel Bebas	37

3.4.2 Variabel Terikat	37
3.4.3 Variabel Kontrol	37
3.5 Prosedur Penelitian	38
3.6 Teknik Pengumpulan Data	41
3.7 Kalibrasi Instrumen	42
3.8 Teknik analisis Data	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Hasil Penelitian.....	44
4.1.1 Pengujian Material.....	44
4.2 Pembahasan	52
4.2.1 Uji Kekerasan Lapisan.....	52
4.2.2 Uji Kekasaran Lapisan.....	54
BAB V SIMPULAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Konsentrasi Larutan	34
Tabel 3.2 Hasil Pengamatan uji kekerasan benda kerja	41
Tabel 3.3 Hasil Pengamatan uji kekasaran benda kerja	42
Tabel 4. 1 Uji Komposisi Material ST 40 Sebelum Dilapisi	44
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kekerasan	47
Tabel 4. 3 Hasil Uji Kekasaran	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme proses pelapisan nikel.....	15
Gambar 2.2 Diagram nilai kekasaran permukaan tembaga-nikel	20
Gambar 2.3 Uji kekerasan vikers	21
Gambar 2.4 Alat uji kekasaran.....	22
Gambar 2.5 Grafik hubungan kekerasan dan waktu pencelupan.....	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 3.2 Rectifier.....	27
Gambar 3.3 <i>Stopwatch</i>	27
Gambar 3.4 Bak	28
Gambar 3.5 Timbangan digital	28
Gambar 3.6 Gerinda tangan	29
Gambar 3.7 Alat uji kekerasan.....	30
Gambar 3.8 Alat uji kekasaran.....	30
Gambar 3.9 Gelas ukur	31
Gambar 3.10 Plat Baja ST40.....	32
Gambar 3.11 Nikel sulfat	32
Gambar 3.12 Nikel klorid	33
Gambar 3.13 Boric acid	33
Gambar 3.14 Plat Anoda nikel.....	34
Gambar 3.15 Langsol.....	35
Gambar 3.16 Gelatin	35

Gambar 3.17 <i>Paint remover</i>	36
Gambar 3.18 Amplas	36
Gambar 3. 19 Desain alat penelitian	41
Gambar 4. 1 Spesimen Sebelum Dilapisi.....	46
Gambar 4. 2 Spesimen Sesudah Dilapisi	46
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Kekerasan	47
Gambar 4. 4 Grafik Rata-Rata Uji Kekerasan	49
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji Kekasaran	50
Gambar 4. 6 Grafik Rata-Rata Uji Kekasaran	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil uji Kekerasan.....	61
Lampiran 2 Hasil uji Kekasaran.....	62
Lampiran 3 Alat Elektroplating	63
Lampiran 4 Alat Elektroplating	63
Lampiran 5 Spesimen sebelum dilapisi.....	64
Lampiran 6 Spesimen sesudah dilapisi	64
Lampiran 7 Spesimen waktu pengamplasan	65
Lampiran 8 Waktu pengujian Kekasaran.....	65
Lampiran 9 Waktu pengujian kekerasan.....	66

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia industri, baja merupakan jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Beberapa hal yang membuat bahan tersebut banyak digunakan, antara lain yaitu jumlahnya yang cukup melimpah di alam ini, biasanya masih berupa biji besi atau besi murni. Mempunyai sifat mekanik yang baik (kekuatan dan keuletan) mudah dikerjakan baik dengan metode pengecoran maupun metode permesinan dan harga yang relatif murah. Selain ancaman dari korosi baja juga berkaitan dengan ketahanan aus. Dalam dunia teknik yang mengalami gesekan terus - menerus dalam fungsinya dapat mengalami keausan diantaranya roda gigi, piston dan poros. Komponen - komponen tersebut kerjanya bersinggungan dengan komponen lain, sehingga permukaannya akan mengalami keausan dan menyebabkan komponen tersebut mengalami kerusakan. Contohnya pada *housing* bahan baja ST 40 karena mudah dibentuk, relatif mudah didapatkan, harganya yang murah dan keuletannya akan tetapi terdapat kelemahan yaitu kurang tahan terhadap korosi dan juga memiliki struktur yang kurang sehingga menyebabkan keausan dan bisa jadi terdapat cacat karena gesekan. Karena itu dibutuhkan metode yang sesuai untuk menahan terjadinya keausan dengan cara memberi lapisan pada permukaan baja ST 40.

Kemajuan dan perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi dalam dunia industri pelapisan logam menjadi bidang pekerjaan yang mengalami kemajuan pesat dari jenis pelapisan, bahan pelapis yang digunakan, hingga hasil

lapisannya. Tersedianya material yang mempunyai keunggulan sangat diperlukan untuk menjadi bahan dasar dari komponen pelapisan logam. Kebutuhan industri pelapisan logam tidak hanya menuntut ketahanan terhadap korosi, namun juga kekuatan dari material, memiliki penampilan yang indah, serta memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Pelapisan yang digunakan untuk mencegah atau memperlambat tingkat kerusakan serta meningkatkan kekuatan mekanis logam tersebut, salah satunya yaitu dengan cara pelapisan *electroplating*.

Electroplating merupakan pengendapan pada logam dasar ataupun ion-ion pada logam (katoda) dengan proses elektrolisa (Paridawati, 2013:37). Metode pada proses pelapisan *electroplating* yang sering digunakan banyak jenis logam diantaranya besi, baja, tembaga, aluminium, dan material logam lainnya. Pelapisan logam dengan metode *electroplating* saat ini sudah banyak berkembang industri *electroplating* yang mengerjakan pelapisan bagian-bagian mesin kendaraan seperti piston, tromol, poros dan bagian mesin-mesin lainnya (Suarsana, 2008:48). *Electroplating* bertujuan meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi, melapisi permukaan logam agar lebih tahan terhadap goresan dan untuk mendapatkan nilai dekoratif. Penyebab terjadinya goresan dan keausan pada permukaan logam adalah rusaknya permukaan logam, umumnya melibatkan kehilangan material yang signifikan akibat adanya gesekan antar permukaan logam (Setyahandana dan Cristianto, 2017). Pemilihan metode *electroplating* dibandingkan dengan yang lain yaitu temperatur rendah 25-80⁰C, dapat membentuk lapisan sesuai kontur yang ada, pelapisan logam dengan metode

electroplating menghasilkan permukaan yang lebih halus dan mengkilap, hemat dalam pemakaian logam pelapis, dan laju pengendapan cepat.

Pelapisan *electroplating* dilakukan untuk mendapatkan memanfaatkan dan kelebihan pada setiap unsur pada pelapis, dimana keuntungan tersebut berupa koefisien gesek rendah, tahan terhadap panas dan tahan terhadap korosi dan erosi. Alternatif terbaru dalam *electroplating* yaitu dengan cara mengubah larutan menjadi gel atau bisa disebut dengan elektrolit gel. Prinsipnya kerjanya sama dengan elektrolit seperti yang telah dilakukan hanya saja larutannya yang ditambahkan dengan gelatin. Keunggulan *electroplating* menggunakan elektrolit gel yaitu agar konsumsi elektrolit sebagai penghantar arus listrik dan juga sebagai sumber kation pada *electroplating* dapat ditekankan, mampu meningkatkan nilai kekerasan, melindungi logam dari korosi, meningkatkan ketahanan produk terhadap (abrasi) misalnya pelapisan besi, dan memperbaiki kehalusan/bentuk permukaan dan toleransi logam dasar, misalnya pelapisan nikel, *chromium* dan lain-lain. Selama proses *electroplating* menggunakan elektrolit gel terdapat faktor yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang baik faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah konsentrasi larutan, suhu larutan, kuat arus larutan, durasi pencelupan dan tegangan listrik larutan. Konsentrasi larutan sangat berpengaruh terhadap hasil karena sifat-sifat larutan akan dipengaruhi oleh konsentrasi pada larutan tersebut. Menurut Khikmah (2015) untuk menyatakan komposisi larutan tersebut maka digunakan istilah konsentrasi larutan yang menunjukkan perbandingan jumlah zat terlarut dalam pelarut. Pelapisan

electroplating terdapat banyak logam pelapis untuk dasar lapisan sebelum lapisan crom diantaranya nikel, seng, perak, dan lain-lain.

Nikel pada umumnya mempunyai sifat tahan korosi, kekuatan dan kekerasan yang baik, dan sebagai penyalur listrik yang baik (Andinata, et al., 2012:49) Pelapisan menggunakan nikel ditujukan untuk perlindungan terhadap korosi, meningkatkan nilai kekerasan permukaan, dan memperbaiki penampilan agar terlihat menarik (mengkilap). Pelapisan logam nikel banyak diaplikasikan di otomotif, berbagai alat perkantoran, alat-alat pertanian, aksesoris rumah tangga, dan berbagai alat-alat industri (Hadi dan Sakti, 2017:54). Dalam hal ini digunakan elektrolit nikel untuk proses *electroplating*, nikel digunakan karena memiliki unsur ketahanan keausan yang baik, tahan terhadap korosi, memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi, baja (ferromagnetik) dapat dilapisi nikel tanpa mengubah sifat kemagnetannya, dan memiliki nilai estetika yang baik dibandingkan tembaga maupun seng yang mempunyai kelemahan kurang mengkilap, daya lapis rendah sehingga tidak dapat digunakan pada pelapisan barang yang rumit, lapisan mudah rapuh, dan lapisan yang dihasilkan kurang rata.

Berdasarkan pemaparan yang sudah dikaji, diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh konsentrasi larutan terhadap kekerasan dan kekasaran lapisan nikel. Penelitian lebih lanjut juga perlu dilakukan untuk meningkatkan efektivitas dari proses *electroplating* menggunakan elektrolit gel

1.2 Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka identifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Metode *electroplating* menggunakan nikel yang masih perlu banyak pengembangan untuk mendapatkan hasil yang sesuai kebutuhan.
2. Perlu adanya pertimbangan dalam konsentrasi larutan untuk mendapatkan hasil yang baik.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait konsentrasi larutan proses *electroplating* nikel menggunakan elektrolit gel.
4. Parameter yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil dalam *electroplating* nikel seperti *voltage*, kuat arus, dan konsentrasi larutan.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dibatasi agar penelitian fokus dan tidak meluas, batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Material yang dilapisi baja ST 40 dikarenakan bahan mudah didapatkan, dan tidak membahas terkait penggunaan benda kerja.
2. Penelitian ini dibatasi pada analisis pengaruh konsentrasi larutan terhadap kekerasan dengan metode *vickers* dan kekasaran dengan metode *surface roughness tester* lapisan nikel pada proses *electroplating* menggunakan material baja ST40.
3. Konsentrasi yang digunakan pada proses pelapisan yaitu : larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel kloride, 59 g/l boric acid), larutan 2 (330 g/l nikel

sulfat, 45 g/l nikel khloride, 38 g/l boric acid), dan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel khloride, 18 g/l boric acid).

4. Penelitian ini menggunakan elektrolit gel dengan cara disetiap konsentrasi larutan yang sudah ditentukan dicampur dengan gelatin.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang dijelaskan sebelumnya, adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan terhadap kekerasan pelapisan nikel pada baja ST40 menggunakan elektrolit gel?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan terhadap kekasaran pelapisan nikel pada baja ST40 menggunakan elektrolit gel?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui bagaimana pengaruh konsentrasi larutan terhadap kekerasan pelapisan nikel pada baja ST40 menggunakan elektrolit gel.
2. Mengetahui bagaimana pengaruh konsentrasi larutan terhadap kekasaran pelapisan nikel pada baja ST40 menggunakan elektrolit gel.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, meningkatkan wawasan, pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sesuai dengan disiplin ilmu yang dimiliki.
2. Bagi mahasiswa, sebagai acuan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut.

3. Bagi lembaga, menjadi acuan pada instansi pendidikan dalam proses pembelajaran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Pamungkas et.al. (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur elektroplating terhadap ketebalan lapisan nikel baja ST37. Penelitian yang telah dilakukan menggunakan baja karbon rendah ST37 dibuat spesimen. Spesimen pengerjaan awal dengan cara mencuci spesimen untuk menghilangkan lemak dan kotoran dengan deterjen dan waktu pelapisan variasi temperatur 60°C, 70°C, dan 80°C. Berdasarkan data yang diperoleh terdapat perbedaan suhu yang dapat mempengaruhi ketebalan lapisan nikel, semakin tinggi suhu pada waktu pencelupan dapat mempengaruhi tebal lapisan tersebut. Spesimen 3 membuktikan lapisan nikel dengan suhu 80°C mendapat nilai ketebalan besar yaitu 0,04 gram dibanding spesimen 1 dan 2 dengan suhu 60°C dan 70°C dan mendapatkan ketebalan 0,02 gram.

Afriany et.al. (2012) menjelaskan tentang pengaruh konsentrasi larutan dan waktu pelapisan nikel pada aluminium terhadap kekerasan. Penelitian ini menggunakan bahan yang digunakan aluminium berupa plat. Aluminium dilapisi pada temperatur 30°C, dengan kuat arus 0.4 A menggunakan variasi waktu 10, 15 dan 20 menit dalam larutan 1 (200 g/L nikel sulfat, 175 g/L nikel khloride, 40 g/L boric acid) dan larutan 2 (330 g/L nikel sulfat, 45g/L nikel khloride, 38g/L boric acid). Hasil dari penelitian diketahui kekerasan meningkat sangat tinggi dibandingkan sebelum terlapisi oleh nikel, peningkatan terjadi pada waktu 10 sampai 15 menit, namun mengalami penurunan kekerasan pada waktu 20 menit,

terjadinya penurunan kekerasan disebabkan sifat jenuh yang dimiliki ion-ion nikel untuk menempel pada permukaan spesimen yang timbul pada waktu tertentu dan nilai kekerasan lapisan nikel larutan 2 jauh lebih tinggi dibanding larutan 1.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Andinata et.al. (2012) tentang pengaruh pH larutan elektrolit terhadap tebal lapisan elektroplating nikel pada baja ST 37. Penelitian ini menggunakan plat baja karbon rendah (Baja ST 37) dan rapat arus 4 A, temperatur ruang dan dalam ruang asam dengan larutan 125 g NiCl_2 (Ni) dan 62,5 ml HCl (menurunkan pH) dengan waktu pencelupan kurang lebih 30 s. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa pH memiliki pengaruh pada larutan, sehingga konsentrasi ion hidrogennya yang ada pada larutan semakin tinggi dan hantaran dari anoda menuju ke katoda besar, sehingga didapatkan semakin banyak ion-ion pelapis didistribusikan ke katoda dan menghasilkan lapisan yang tebal.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Niam et.al. (2017) tentang pengaruh waktu pelapisan elektroplating nikel chrom dekoratif terhadap kekerasan, ketebalan, dan kekasaran lapisan. Penelitian ini menggunakan aluminium dengan dimensi 5 x 3 x 0,3 cm^2 . Permukaan potongan dihaluskan dengan ampelas 400 hingga nomor 1000. Sampel dicelup larutan (NaOH) 5% selama 5 menit, ke 2 pembersihan dengan menggunakan *aquades*, dan sampel dicelupkan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan suhu 70° – 80°C selama 5 menit untuk pembersihan lanjutan. Proses plating nikel larutan nikel karbonat (NiCO_3) 20 g/L yang dilarutkan *aquades* 200 mL, serta larutan asam sulfat (H_2SO_4) 0,5 g/L yang diencerkan 200 mL. pencelupan dilakukan pada variasi waktu 30, 45

dan 60 menit dengan menggunakan tegangan konstant 3 Volt. Masing-masing dilapisi chrom selama 1 menit dengan tegangan yang sama, larutan elektrolit chromic acid (H_2CrO_3) 20 g/L dalam bak 400 mL. Hasil uji kekasaran lapisan pada spesimen alumuium yaitu 2.37 μm , 0.39 μm , 0.32 μm dan 0.25 μm . Semakin lama waktu untuk pencelupan pelapisan akan menyebabkan ion menyebar merata, sehingga permukaan kasar menjadi halus.

Hermanto (2015) menganalisa tentang pengaruh pencampuran konsentrasi H_2CrO_4 dan gelatin dalam elektrolit gel terhadap ketebalan dan kekuatan lekat lapisan krom pada baja dengan metode elektroplating. Penelitian ini menggunakan alternatif dengan gel, yaitu elektrolit gel. Penelitian yang dilakukan bertujuan mengetahui konsentrasi larutan H_2CrO_4 (250 g/l; 300 g/l; 350 g/l) dan gelatin sebagai *gelling agent* (40,5 g/l; 81 g/l; 121,5 g/l) dalam elektrolit gel H_2CrO_4 untuk hasil ketebalan dan kekuatan lekat krom pada lapisan hasil elektroplating pada baja. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar konsentrasi asam kromat dalam elektrolit gel akan meningkatkan ketebalan krom. Penambahan konsentrasi asam kromat akan menurunkan nilai kelekatan deposit krom, sedangkan penambahan konsentrasi gelatin akan mencapai nilai kelekatan pada konsentrasi 81 g/l.

Hadi, S (2016) menjelaskan tentang pengaruh komposisi larutan kimia dan waktu pelapisan khrom terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan permukaan pada plat kuningan. Eksperimen menggunakan material plat kuningan dengan ukuran 60 x 40 x 1.5 mm. Sebelum dilapis larutan chrom terlebih dahulu dilapis dengan larutan nikel sebagai dasar. Pelapisan krom memvariasikan komposisi kimiawi

larutan dan waktu pelapisan 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan ketebalan lapisan yang baik 30 menit dengan komposisi larutan asam chromium (Cr_2O_3) 200 gram / liter, asam sulfat (H_2SO_4) 30 gram / liter adalah 32,85 μm , sedangkan lapisan kekerasan tertinggi pada waktu 25 menit dengan komposisi asam larutan kromium (Cr_2O_3) 200 gram / liter, asam sulfat (H_2SO_4) 30 g / liter adalah 112,67 VHN.

Penelitian yang dilakukan oleh Furqon dan Sulistijono (2015) tentang pengaruh densitas arus dan waktu kontak yang efektif elektrolit gel terhadap ketebalan dan kekuatan lekat lapisan chrom pada baja dengan metode *electroplating*. Spesimen yang digunakan yaitu AISI 1045 dengan ukuran 70mm x 25mm x 20 mm metode elektroplating. Penelitian menggunakan metode *electroplating* dengan media yang digunakan yaitu elektrolit gel dengan penambahan dalam larutan elektrolit dan menentukan densitas arus (0.3 A/cm²; 0.45 A/cm²; 0.6 A/cm²) dan waktu yang digunakan (300s ; 600s; 900s). Mendapatkan peningkatan ketebalan lapisan sebesar 2.8 μm , 3 μm , dan 4.4 μm , dan pada hasil kelekatan lapisan tidak memiliki keteraturan pada 0.6A/cm² dan 600 s sebesar 23.15 Mpa.

Sugiyarta et .al (2012) melakukan penelitian pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah. Penelitian ini variabel bebasnya adalah arus listrik 50, 55, dan 60 A dan konsentrasi larutan menjadi 3 yaitu konsentrasi I (NiSO_4 300 gr, NiCl_2 40 gr, H_3BO_3 40gr, H_2O 1000 ml), konsentrasi II (NiSO_4 325 gr, NiCl_2 45 gr, H_3BO_3 40gr, H_2O 1000 ml) dan konsentrasi III (NiSO_4 350 gr, NiCl_2 50 gr, H_3BO_3 40gr,

H₂O 1000ml). Konsentrasi I, adanya besar arus listrik tidak berpengaruh ketebalan nikel sedangkan konsentrasi II dan III, adanya besar arus listrik mendapatkan hasil lapisan yang semakin tebal. Berdasarkan hasil yang didapat semakin tinggi konsentrasi larutan NiSO₄ dan NiCl₂ akan mendapatkan ketebalan yang baik. Ketebal terendah ada pada konsentrasi I pada arus 55 A yaitu 5,06 µm dan ketebalan lapisan tertinggi konsentrasi II dengan arus 60 A ketebalan 23,26 µm.

Adapun penelitian yang telah dilakukan oleh Basmal et .al (2012) menjelaskan tentang pengaruh waktu dan suhu elektroplating terhadap nilai ketebalan dan kekasaran. Spesimen berupa plat baja karbon rendah sebanyak 27 buah dengan ukuran 40 mm, 28 mm dan 1.8 mm. Spesimen dilapisi dengan tembaga dan nikel sebagai pelapisnya dengan variasi suhu larutan tembaga 30⁰C, 40⁰C dan 50⁰C, dan menggunakan waktu pelapisan 5, 10 dan 15 menit, voltase yang digunakan 6 Volt dan nikel dengan variasi suhu 45⁰C, 55⁰C dan 65⁰C menit, waktu pelapisan 10, 20 dan 30 menit dan voltase menggunakan 9 Volt. Berdasarkan data yang didapatkan pada penelitian waktu dan suhu pelapisan berpengaruh pada nilai ketebalan lapisan dan kekasaran lapisan. Ketebalan lapisan tembaga pada suhu 30⁰ - 50⁰C, waktu 5 -15 menit naik dari 9.4 µm menjadi 42.8 µm, ketebalan lapisan nikel dengan suhu 45⁰ - 65⁰C, waktu 10 -30 menit naik dari 24 µm menjadi 65.4 µm.

Salman et .al (2019) melakukan penelitian pengaruh jarak dan waktu *electroplating* nikel pada baja karbon rendah terhadap kekerasan permukaan. Bahan menggunakan plat baja (katoda) dengan ukuran 100 mm, 30 mm, dan 3 mm, anoda pelapis menggunakan (plat Ni), air *aquades*, dan larutan elektrolit.

Komposisi larutan nikel sebagai pelapisan adalah: Nikel Sulfate (NiSO_4) 250 g/l, Nikel Chloride (NiCl_2) 250 g/l, Boric Acid (H_3BO_3) 50 g/l, *Brightener* NLC-06 1,5 ml/l, *Brightener* ZD-07 1,5 ml/l. Larutan elektrolit dibuat dengan cara memanaskan aquades pada suhu 60°C , kemudian yang lainnya seperti bahan yang digunakan untuk melapisi diaduk hingga homogen. Campuran lain yang digunakan yaitu *brightener* I-06 dan M-07. Hasil pelapisan baja ST-37 dengan nikel semakin lama waktu pelapisan, maka kekerasan lapisan juga semakin meningkat. Nilai kekerasan lapisan nikel pada waktu 12 menit dan jarak antara anoda ke katoda 150 mm, merupakan variasi yang angka mendapatkan kekerasan lapisan yang baik yaitu $246,7\text{kg/mm}^2$.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori adalah kajian tentang teori-teori yang relevan dengan variabel penelitian. Berikut adalah landasan teori yang relevan dengan variabel penelitian:

2.2.1 Pelapisan Logam

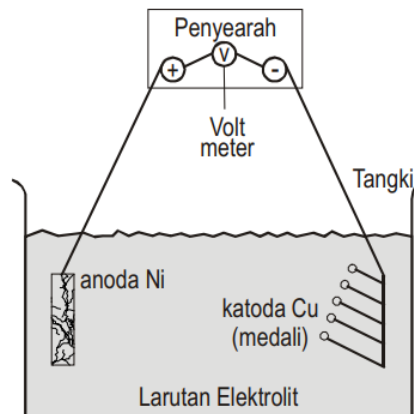
Pelapisan logam adalah suatu cara yang digunakan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan benda kerja, dimana diharapkan benda kerja tersebut akan memiliki permukaan yang lebih keras, halus dan lebih tahan terhadap korosi serta perbaikan struktur mikronya dan kemungkinan pula terjadi perbaikan pada sifat fisiknya. “Pelapisan logam itu sendiri memiliki banyak tujuan, seperti ketahanan korosi, penampilan mengkilap, dan daya tarik estetika” (Puspitasari *et .al* 2017:1). Pelapisan logam merupakan proses akhir (*finishing*) dari suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk

akhir setelah proses pengerjaan dengan mesin serta penghalusan pada permukaan benda kerja yang dilakukan sebelum proses pelapisan.

2.2.2 *Electroplating*

Electroplating merupakan proses pelapisan yang menggunakan prinsip pengendapan dimana logam dengan cara elektro kimia. Spesimen yang akan dilapisi disebut juga dengan katoda dan ada yang dinamakan anoda, anoda dijadikan logam pelapis untuk melapisi spesimen. Benda padat yang akan dilapisi harus konduktor dan dapat menghantarkan arus listrik karena apabila benda tersebut merupakan isolator atau tidak bias menghantarkan listrik maka ion – ion logam yang melapisi pada proses pelapisan tidak bisa menempel ke logam yang akan dilapisi. Umumnya *electroplating* digunakan untuk melapisi logam dengan logam yang lebih baik dan bagus hal tersebut dikarenakan selain untuk membuat benda menjadi terlihat lebih indah, bagus, serta menawan, pelapisan logam juga berguna untuk perlindungan terhadap karat serta korosi Kedua elektroda berada dalam larutan elektrolit dan dihubungkan dengan cara daya arus DC. Bagian inti elektroplating yaitu sel elektrolit, anoda dan katoda (Lou, 2006:1).

Elektrolit yang terdapat pada larutan terkandung ion-ion logam yang sama dengan anoda. Permukaan anoda yang akan melepas atau membentuk ion-ion yang akan terlarut dalam elektrolit. Ion-ion tersebut yang akan bergerak menuju ke katoda atau spesimen dan akan mengendap pada permukaan yang dilapisi.



Gambar 2.1 Mekanisme proses pelapisan nikel (Santosa dan Syamsa, 2007:26)

Menurut (Santosa dan Syamsa, 2007:26-27) dan (Saleh, 2014:15) terdapat parameter yang bisa mempengaruhi kualitas pelapisan nikel, adalah

1. Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan merupakan campuran homogen yang terdapat 2 atau lebih zat-zat yang bervariasi dalam komposisi yang bervariasi. Sifat-sifat yang ada pada larutan sangat berpengaruh oleh susunan komposisinya. Konsentrasi larutan yang akan digunakan pada proses pelapisan menunjukkan perbandingan jumlah zat terlarut terhadap pelarut.

2. Rapat arus

Rapat arus adalah arus listrik yang mengalir dalam persatuan luas permukaan elektroda. Katoda diperhitungkan dengan menggunakan rapat arus, banyaknya arus listrik yang akan diperlukan untuk mendapat atom pada logam disetiap satuan luas permukaan pada benda kerja yang akan dilapis.

3. Temperatur (Suhu Larutan)

Temperatur larutan dapat menyebabkan hasil dari pelapisan, kenaikan yang ada pada temperatur larutan yang menyebabkan bertambahnya ukuran

kristal. Terdapat pada temperatur tinggi, akan menjadikan bertambah besar pula dan menyebabkan terurainya logam yang tinggi serta bertambahnya mobilitas pada ion logam.

4. Waktu Pelapisan

Waktu yang digunakan pada pelapisan akan mempengaruhi berpengaruh kuantitas hasil dari pelapisan yang terjadi dipermukaan produk. Semakin lama waktu yang digunakan untuk melapisi maka deposit logam yang menempel pada spesimen akan semakin banyak

5. Jarak Anoda dan Katoda

Berpengaruh yang sangat kuat pada variasi jarak antara anoda ke katoda hal ini disebabkan karena semakin dekat jarak anoda ke katoda maka semakin cepat pula proses oksidasi dari ion- ion yang ada pada anoda yang akan melekat pada katoda.

6. Posisi Benda yang Dilapisi

Terdapat pengaruh dari posisi benda kerja yang vertikal maupun horizontal dimana pelapisan yang permukaan yang paling dekat dengan anoda akan terlapisi secara merata dan tebal.

7. Tegangan (*Voltage*)

Terdapat pengaruh yang besar pada tegangan dalam proses elektroplating, dimana semakin tinggi tegangan pada katoda akan mempercepat ion-ion yang dilepas dari anoda dan menempel pada katoda (benda yang dilapisi). Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara 2 titik dalam satu rangkaian.

8. Anoda

Anoda merupakan terminal positif dalam larutan elektrolit dan terbagi dalam dua golongan, yaitu:

a. Anoda larut (*soluble anode*) Anoda yang larut berfungsi untuk penghantar arus listrik dan juga sebagai bahan baku lapisan. Contohnya anoda nikel dan anoda seng.

b. Anoda tak larut (*unsoluble anode*) Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja contohnya anoda Pb pada proses pelapisan nikel.

9. Katoda

Pada proses *electroplating*, katoda bisa diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi.

2.2.3 Elektrolit Gel

Electroplating merupakan pengendapan elektro lapisan pada elektroda yang bertujuan membentuk sifat dari permukaan yang akan dilapisi (Suarsana, 2008:49). Elektrolit gel merupakan salah satu alternatif dengan menginovasi larutan elektrolit sebagai penghantar arus dan sebagai sumber kation pada elektroplating (Furqon dan Sulistijono, 2015:135).

Alternatif tersebut dilakukan dengan cara merubah larutan elektrolit yang awal yang larutan cair menjadi larutan dengan wujud gel. Prinsip pengaplikasian dengan metoda elektrolit gel yaitu dengan cara memoles yang akan dilapisi dengan tetap menggunakan prinsip elektrokimia dalam electroplating. Adapun beberapa parameter dalam penggunaan metode elektrolit

gel yang mempengaruhi hasil lapisan seperti tegangan dan waktu kontak. Penambahan gelatin dari konsentrasi dilihat dari karakteristik diperoleh meningkatnya kecerahan (Florence et. al, 2011:1322).

2.2.4 Material Baja ST 40

Baja ST 40 merupakan baja karbon rendah yang terdapat kandungan karbon kurang lebih yaitu 0,3%. ST 40 ini menunjukkan baja yang mempunyai kekuatan tarik kisaran 40 kg / mm², dengan awalan ST yang diikuti dengan bilangan itu akan menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam kg/mm². Baja ST 40 termasuk dalam baja dengan nilai kekerasan yang lebih rendah dibanding besi cor, dengan adanya kandungan perlit dan ferit karena pada ST 40 ini terdapat kandungan perlit yang banyak, maka aplikasi baja ST 40 antara lain. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan lain sebagainya (Surdia,1992).

2.2.5 Nikel

Nikel merupakan unsur kimia metalik yang ada pada tabel periodik yang menunjukkan simbol Ni dan nomor atom 28. Sifat nikel yaitu tahan karat dengan sifat tersebut nikel digunakan untuk lapisan dasar tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras, dan pada keadaan murni mempunyai sifat lembek. Nikel termasuk yang paling sering digunakan dalam meningkatkan ketahanan korosi (Sung-Ting et al., 2008:1).

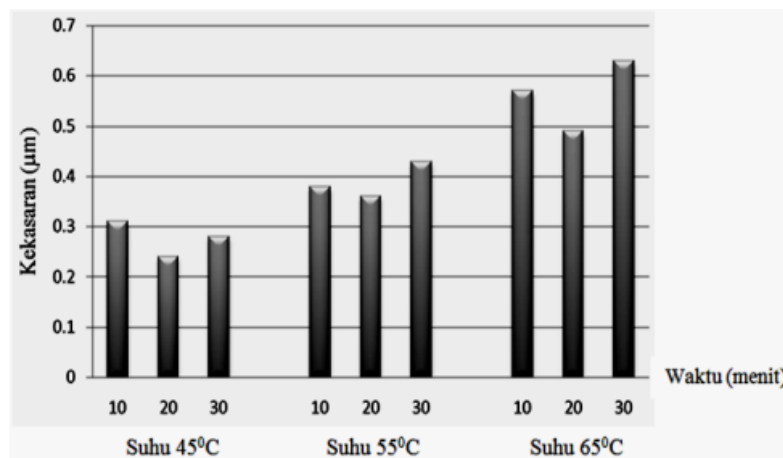
Nikel bersifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk

baja tahan karat yang keras. Nikel juga memiliki kekerasan dan kekuatan yang sedang, keuletannya baik, daya hantar listrik dan termal juga baik. Setelah pengujian kekuatan tariknya 45-55 kgf/mm², perpanjangannya 40-50% dan kekerasannya mencapai 130 HVN sampai 155 HVN Sujiono et .al 2014:163. “Nikel baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya, tidak rusak oleh air kali atau air laut dan alkali” Bayuseno dan Nugroho, 202:24.

Terdapat dua jenis nikel dialam semesta yang digolongkan, yaitu: bijih nikel sulfida yang ada pada daerah subtropis, dan bijih nikel oksida (*laterit*) yang berada pada daerah khatulistiwa. Indonesia mempunyai cukup banyak cadangan bijih nikel berada pada nomor 2 di dunia dan sampai tahun 1999 yang memasok kebutuhan nikel sebagian dunia kurang lebih sekitar 7%, indonesia peran lebih untuk pemanfaatan laterit untuk memasok nikel yang digunakan sebagian negara didunia. Menurut Afriany et .al 2012:374 dalam melapisi nikel memerlukan komposisi dalam eletrolit berupa nikel sulfat, nikel khloride, dan boric acid.

2.2.6 Pengujian Kekerasan

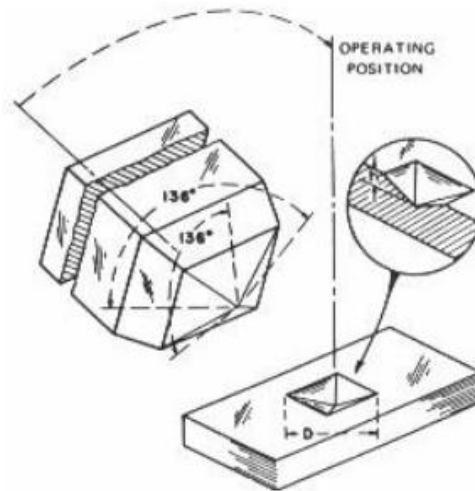
Hasil akhir dari proses pelapisan elektroplating nikel adalah meningkatnya kekerasan hasil pelapisan. Suatu proses pelapisan dikatakan berhasil apabila mampu meningkatkan sifat barang yang dilapisi serta dapat berguna dengan baik.



Gambar 2.2 Diagram nilai kekasaran permukaan tembaga-nikel (Basmal, 2012:27)

Menurut Basmal et al. 2012 diagram di atas menunjukkan bahwa suhu operasional yang semakin tinggi akan menyebabkan nilai kekasaran meningkat. Diagram diatas dapat dilihat nilai kekasaran lapisan pada tembaga dan nikel lebih dominan yang dipengaruhi oleh suhu larutan dari pada oleh lamanya waktu pada pelapisan.

Pengujian kekerasan lapisan dengan metode *vickers* bertujuan untuk menentukan adanya nilai kekerasan pada material yaitu daya tahan terhadap indenter intan yang digunakan untuk menekan suatu material dengan beban yang telah ditentukan. Bagian piramida berbentuk persegi di dasarnya dan memiliki sudut 136° di antara permukaan piramid yang lain dan mampu memberikan beban penekanan (Sagadevan dan Varatharajan, 2013:1893).



Gambar 2 3 Uji kekerasan vikers (Yuwono, 2009:17)

Rumus nilai kekerasan vickres menurut Afriany et .al (2012:376)

$$VHN = \frac{1,854F}{D^2}$$

Dimana :

F = beban (kgf)

D = panjang diagonal rata-rata jejak berbentuk bujur sangkar (mm).

Pengukuran ini dilakukan dengan cara meletakkan material yang akan diuji pada bagian cekam. Bagian mikroskop diatur dengan lensanya yang mengarah pada material yang akan diuji, atur ketinggian meja uji atau cekap tersebut untuk didekatkan pada lensa vickers hardness tester, tekan tombol start untuk jalankan mesin vikres hardness tester. Secara perlahan bola indentyang berbentuk akan turun dan memberikan tekanan berbentuk piramid pada permukaan material. Ketika gaya tekan yang ditentukan mencapai batas maksimal maka mesin tersebut akan berhenti secara otomatis, nilai kekerasan yang didapat dari hasil pengujian ini akan dihitung secara otomatis menggunakan software yang ada pada mesin sudah terintegrasi dengan *vickers hardness tester*.

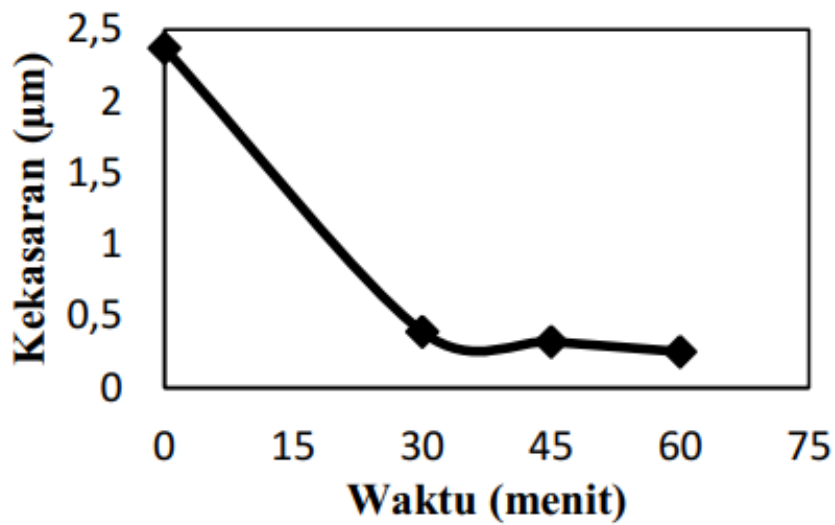
2.2.7 Pengujian Kekasaran



Gambar 2.4 Alat uji kekasaran

Surface Roughness Tester adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran lapisan permukaan. Permukaan komponen pada setiap benda mterdapat beberapa bentuk dan terdapat pula variasi berbeda baik menurut strukturnya maupun dan hasil dari proses produksi. *Roughness*/kekasaran dapat diartikan sebagai ketidak halusan bentuk maupun permukaan yang diserti proses produksi oleh pengerjaan mesin.

Pengukuran kekasaran permukaan akan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* yang berbentuk diamond dan bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan yang akan diuji. Alat indikator pengukur kekasaran permukaan lapisan ini mempunyai prinsip kerja dari *surface roughness* menggunakan transducer yang akan diolah dengan mikroprosesor.



Gambar 2.5 Grafik hubungan kekerasan dan waktu pencelupan (Niam, et al., 2017:9)

Menurut Niam et al. 2017 berdasarkan pengukuran kekasaran lapisan spesimen alumium didapatkan hasil dengan variasi 30, 45 dan 60 menit adalah 2.37 μm , 0.39 μm , 0.32 μm dan 0.25 μm . Penelitian ini didapatkan dengan bertambahnya waktu untuk pencelupan menyebabkan ion dapat menyebar secara merata dan ion yang akan tersusun untuk melindungi lapisan permukaan mendapatkan hasil yang halus.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah kerja alat dan bahan yang digunakan serta waktu dan tempat yang digunakan untuk memperoleh dan dapat dipertanggung jawabkan. Penelitian yang dilakukan akan mendapatkan data berupa deretan angka. Penelitian ini dibagi menjadi dua kegiatan utama yaitu (1) Proses pelapisan spesimen menggunakan nikel dengan tiga konsentrasi larutan yang berbeda, dan (2) Proses pengujian kekerasan dan kekasaran pada material yang sudah terlapisi nikel.

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

3.1.1 Waktu pelaksanaan

Penelitian ini akan dilakukan pada semester ganjil dan genap, tahun akademik 2019/2020. Interval waktu pelaksanaan penelitian lapangan adalah bulan November sampai bulan Desember 2019. Pengolahan dan analisis data akan dilakukan pada bulan Januari 2020.

3.1.2 Tempat Pelaksanan

Tempat pelaksanaan penelitian, untuk memperoleh spesimen pelapisan *elektroplating* nikel dan pengujian spesimen akan dilakukan ditempat yang berbeda.

1. Untuk mendapatkan spesimen uji, penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

2. Pengujian kekerasan pada lapisan nikel dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang (UNNES), Semarang, Jawa Tengah.

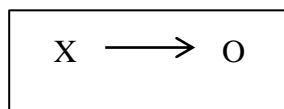
3. Pengujian kekasaran pada lapisan nikel dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim (UNWAHAS), Semarang, Jawa Tengah.

3.2 Desain Penelitian

3.2.1 Metode Penelitian

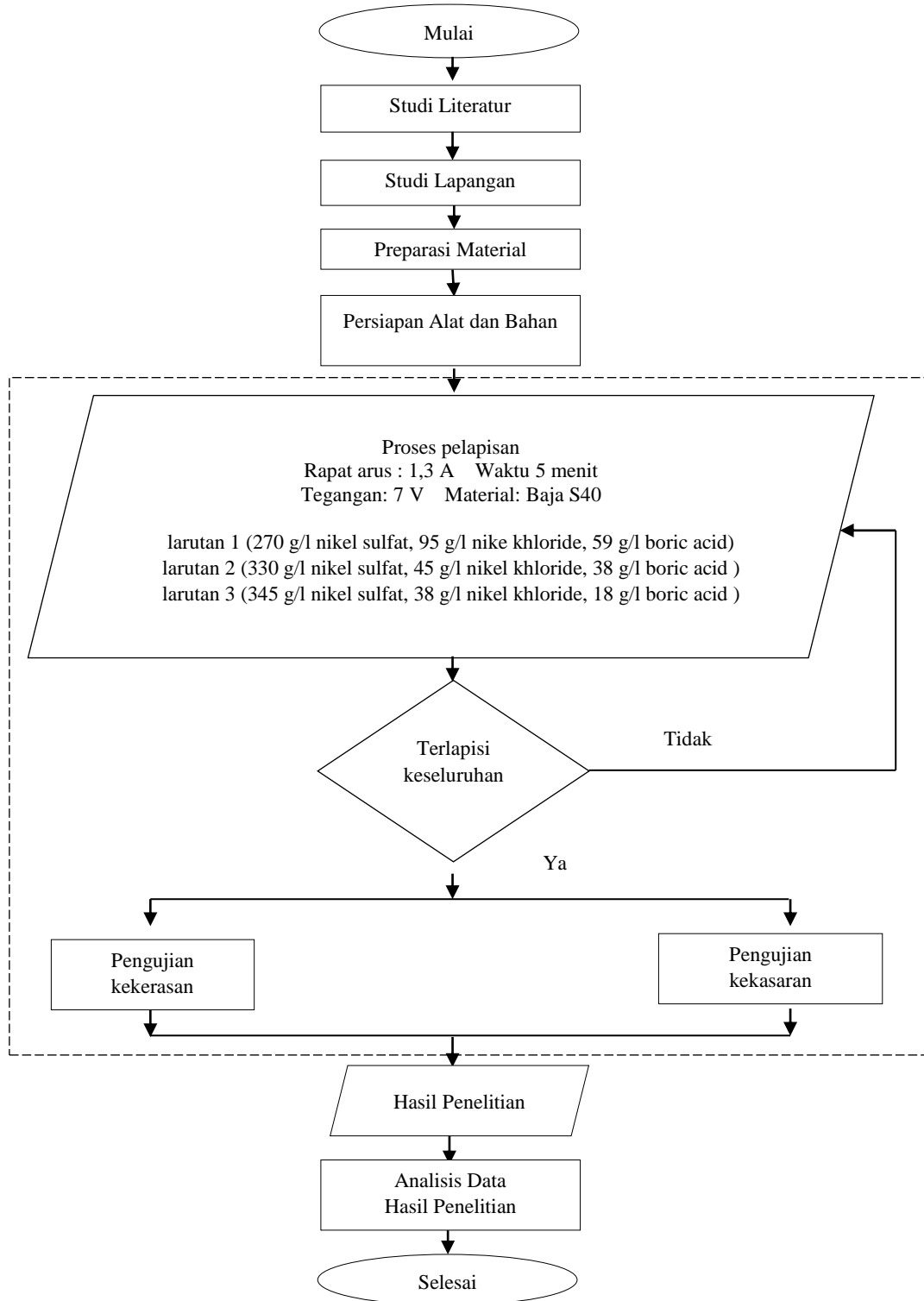
Desain penelitian berbentuk desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pre-experimental designs* dengan jenis *one-shot case study*. *One-shot case study* yaitu pemberian *treatment* pada variabel atau kelompok spesimen lalu selanjutnya diobservasi hasilnya (Menurut Sugiyono 2009:73)

Bentuk penelitian ini dapat digambarkan seperti berikut :



Penjelasan dari skema diatas adalah X merupakan variabel independen dalam penelitian ini pelapisan dengan konsentrasi larutan larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel kloride, 59 g/l boric acid), larutan 2 (330 g/l nikel sulfat, 45 g/l nikel kloride, 38 g/l boric acid), dan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel kloride, 18 g/l boric acid) yang diberikan pada kelompok spesimen. Sedangkan O pada skema diatas merupakan variabel terikat penelitian ini yaitu kekerasan dan kekasaran.

3.2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian elektroplating nikel adalah :

1. *Rectifier*



Gambar 3.2 Rectifier

Rectifier atau biasanya dalam bahasa Indonesia disebut juga dengan penyearah gelombang dapat diartikan suatu bagian dari rangkaian suatu daya atau juga dengan *power supply* berfungsi sebagai pengubah arus AC (*Alternating Current*) diubah ke arus DC (*Direct Current*). Rangkaian yang ada pada *rectifier* atau penyearah gelombang pada umumnya yang digunakan yaitu dioda dimana sebagai komponen yang paling utamanya. karena dioda sendiri mempunyai karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik satu arah dan dapat menghambat arus listrik dari arah yang sebaliknya.

2. *Stopwatch*



Gambar 3.3 *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat pengukur waktu yang dapat diaktifkan atau dimatikan saat diinginkan dan pada umumnya *stopwatch* ini digunakan sebagai penghitung kecepatan atau laju suatu benda seperti kendaraan atau kecepatan berlari seseorang, tetapi dalam hal ini *stopwatch* berfungsi untuk menghitung durasi waktu dalam pelapisan nikel.

3. Bak/tempat Larutan



Gambar 3.4 Bak

Bak/tempat larutan berfungsi wadah tempat larutan dan tempat berlangsungnya proses *electroplating*. Bak yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan bak dengan ukuran 950 mm x750 mm x690 mm.

4. Timbangan Digital



Gambar 3.5 Timbangan digital

Timbangan merupakan alat yang dipakai untuk pengukuran berat suatu benda. Timbangan/neraca yang dikategorikan kedalam sistem yang mekanik dan yang elektronik/digital. Hal ini menggunakan neraca yang digital, yaitu jenis timbangan yang dikategorikan ke dalam elektronik yang bekerja dengan tenaga listrik yaitu baterai. Umumnya timbangan yang digunakan ini menggunakan indikator yang berupa angka digital yang ada dilayar. Neraca digital pada penelitian ini digunakan untuk menimbang berat serbuk.

5. Gerinda Tangan



Gambar 3.6 Gerinda tangan

Mesin gerinda merupakan salah satu mesin perkakas yang akan digunakan untuk mengasah maupun untuk memotong dan menggerus benda kerja dengan tujuan atau kebutuhan yang ditentukan. Prinsip yang ada pada mesin gerinda yaitu batu gerinda akan berputar dan bersentuhan dengan benda kerja sehingga menyebabkan penajaman, pengikisan, pemotongan dan pengasahan. Gerinda pada penelitian ini digunakan untuk memotong plat ST40.

6. Alat Uji Kekerasan



Gambar 3.7 Alat uji kekerasan

Metode pengujian kekerasan yang digunakan yaitu *vickers* dilakukan dengan menekan spesimen atau benda uji dengan indenter dengan material intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut yang digunakan untuk menekan dari permukaan yang berhadapan yaitu 136° . Penekanan oleh indenter intan ini akan menghasilkan jejak atau lekukan yang berbentuk piramida pada permukaan lapisan benda uji.

7. Alat Uji Kekasaran



Gambar 3.8 Alat uji kekasaran

Surface roughness measurement yang digunakan sangatlah fleksible untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi pengukuran misalnya untuk mengukur tingkat kekasaran / kehalusan lantai pada bangunan, permukaan yang terdapat pada berlian, peralatan maupun sparepart yang ada pada mesin (industri pembuatan sparepart mesin), permukaan pada dinding, dan aplikasi untuk

pengukuran kekasaran / kehalusan permukaan yang adadpada bidang industri lainnya.

9. Gelas Ukur



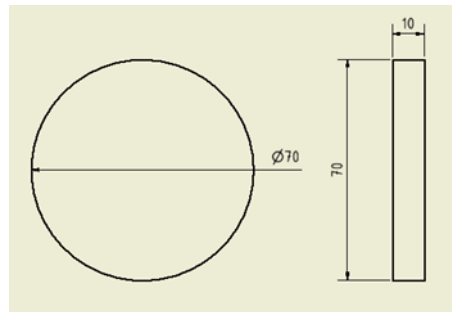
Gambar 3.9 Gelas ukur

Gelas ukur merupakan tempat untuk menampung dan digunakan untuk mencampur serbuk, untuk mentakar larutan maupun air, dan mengaduk. Gelas ukur berbentuk silinder dan yang tersedia dalam berbagai jenis ukuran. Dalam melakukan praktikum kimia, yang menggunakan gelas ukur yang berfungsi sebagai persiapan larutan yang digunakan, biasanya untuk tempat reaksi kandungan zat-zat yang terdapat volume yang banyak dan biasanya untuk melarutkan zat padat supaya menjadi zat cair sebagai proses pembuatan larutan suatu zat.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Plat Baja ST40



Gambar 3.10 Plat Baja ST40

Digunakan sebagai material yang dilapisi nikel, plat baja yang digunakan menggunakan spesifikasi diameter 70 mm dan tebal 10 mm.

2. Nikel sulfat



Gambar 3.11 Nikel sulfat

Nikel sulfat digunakan untuk salah satu bahan campuran elektrolit yang digunakan pada proses elektroplating. Nikel sulfat yang digunakan pada larutan ke 1 yaitu 270 g/l, larutan ke 2 yaitu 330 g/l, dan larutan ke 3 yaitu 345 g/l.

3. Nikel klorid



Gambar 3.12 Nikel klorid

Nikel klorid digunakan untuk salah satu bahan campuran eletrolit yang digunakan pada proses elektroplating. Nikel klorid yang digunakan pada larutan ke 1 yaitu 95 g/l, larutan ke 2 yaitu 45 g/l, dan larutan ke 3 yaitu 38 g/l.

4. Boric acid



Gambar 3.13 Boric acid

Boric Acid digunakan untuk salah satu bahan campuran eletrolit yang digunakan pada proses elektroplating. Borid acid yang digunakan pada larutan ke 1 yaitu 59 g/l, larutan ke 2 yaitu 38 g/l, dan larutan ke 3 yaitu 18 g/l.

Tabel 3.1 Tabel Konsentrasi Larutan

Larutan	Nikel Sulfat NiSO_4	Nikel Klorid NiCl_2	Boric Acid H_3BO_3
1	270 g/l	95 g/l	59 g/l
2	330 g/l	45 g/l	38 g/l
3	345 g/l	38 g/l	18 g/l

5. Plat Anoda Nikel

Plat anoda nikel pada penelitian yang akan dilakukan berfungsi sama dengan elektrolit, plat anoda nikel akan melepas atau akan membentuk suatu ion-ion logam yang akan larut kedalam elektrolit. Ion-ion tersebut yang bergerak menuju katoda atau spesimen dan akan mengendap ke permukaan yang dilapisi yaitu benda kerja.



Gambar 3.14 Plat Anoda nikel

6. Batu Poles (Langsol)

Batu poles hijau ini umumnya dipergunakan untuk menggosok metal. Metal yang paling sering dan mungkin paling cocok adalah metal jenis *stainless*

steel tidak menuntut kemungkinan digunakan untuk *steel*. Batu poles hijau merek *langsol* ini memiliki kemampuan mengikis yang rendah. Dampak dari kemampuan yang rendah/ ringan dalam mengikis, menyebabkan obyek menjadi terlihat mengkilap/ mengkilat bahkan memantulkan cahaya hampir sempurna, sehingga mirip cermin.



Gambar 3.15 Langsol

7. Gelatin

Gelatin merupakan senyawa turunan dari protein yang diperoleh dengan cara mengekstrak kolagen yang ada pada hewan dan dikeringkan. Karakter yang ada pada gelatin yaitu bening dan dapat tembus cahaya, dan juga tak berwarna, rapuh bila gelatin ini kering, dan juga tak berasa. Kemampuan dalam membentuk gel yang ada pada gelatin banyak sekali dimanfaatkan kedalam industri minuman dan makanan, ada juga industri farmasi sebagai untuk bahan kecantikan, industri pada kimia, dan juga industri pada fotografi dan militer.



Gambar 3.16 Gelatin

8. *Paint Remover*

Paint Remover merupakan campuran untuk pengelupas cat yang sangat efektif dalam menghilangkan ataupun mengelupaskan cat *enamel*, *lacquer*, *printing*, *baking*, *vernish* maupun politur. Penggunaan untuk *paint remover* tidak merusak permukaan pada besi dan kayu sangatlah praktis untuk menghemat waktu dan tenaga serta untuk dapat meningkatkan produktivitas pada pekerjaan. Bekas cat yang dibersihkan *paint remover* tidak akan terbakar.



Gambar 3.17 *Paint remover*

9. Amplas



Gambar 3.18 Amplas

Amplas ini berfungsi sebagai penghalus untuk permukaan yang kasar bekas potongan dari gerinda dengan cara menggosokkan amplas yang telah ditentukan kepermukaan suatu benda atau spesimen. Amplas yang digunakan 240, 480, dan 600.

3.4 Parameter Penelitian

Parameter penelitian adalah hasil pengukuran dari semua variabel yang telah dilakukan selama proses penelitian berlangsung, variabel penelitian adalah semua yang telah dikaji dan kajian tersebut dapat menghasilkan data yang dapat dipertanggung jawabkan. Parameter yang dilakukan oleh peneliti meliputi tiga yaitu :

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi penyebab dari perubahan serta timbulnya variabel terikat. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi larutan elektroplating nikel dengan menggunakan larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel khloride, 48 g/l boric acid), larutan 2 (330 g/l nikel sulfat, 45 g/l nikel khloride, 38 g/l boric acid) dan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel khloride, 30 g/l boric acid).

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dapat dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi kekerasan dan kekasaran.

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau konstan, sehingga parameter bebas dan parameter terikat tidak dapat dipengaruhi oleh factor dari luar yang tidak diteliti.

Pada penelitian ini, variabel kontrol meliputi :

1. Waktu pelapisan menggunakan 5 menit.

2. Spesimen menggunakan ST40.
3. Tegangan menggunakan 7 V.
4. Rapat arus 1,3 A.
5. Electrolit Gel 150 g/l.

3.5 Prosedur Penelitian

Metode penelitian eksperimen digunakan untuk mencari pengaruh yang ada pada perlakuan tertentu terhadap kedalam kondisi yang dapat dikendalikan. Objek dalam penelitian ini adalah ST 40 dan analisis konsentrasi larutan. Pada penelitian ini metode eksperimen dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan dan pembuatan spesimen uji

Pembuatan spesimen uji dilakukan dengan cara memotong pelat baja ST 40 dengan ukuran diameter 70 mm dan tebal 10 mm. Pemotongan ini dilakukan mesin gerinda dan diampelas.

2. Proses pelapisan spesimen

Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

a. Tahap persiapan alat dan bahan penelitian

Alat yang perlu disiapkan dalam penelitian ini meliputi peralatan proses pelapisan *elektroplating* nikel *rectifier*, *stopwatch*, bak, timbangan digital, gelas ukur dan alat pendukung lainnya. Bahan yang perlu dipersiapkan meliputi pelat baja ST 40 yang telah dipotong, larutan *nikel sulfat*, *nikel klorid*, *boric acid*, plat anoda nikel, *langsol*, *gelatin*, *remover*, dan *ampelas*.

b. Tahap pengerjaan awal (*pre-treatment*)

Berikut tahapan-tahapan pengerjaannya:

Spesimen dilakukan pembersihan secara manual dengan menggunakan remover untuk menghilangkan kerak pada baja ST 40 selanjutnya menggunakan amplas, kemudian finishing menggunakan langsol dan spesimen kemudian dicuci.

c. Tahap pembuatan konsentrasi larutan

Bahan-bahan seperti nikel sulfat, nikel klorid, dan boric acid menggunakan timbangan digital dan cara untuk menjadikan larutan elektrolit bahan-bahan tersebut dilarutkan dengan *aquades*, dan pada setiap konsentrasi larutan dan dicampurkan dengan gelatin.

d. Tahap pelapisan *elektroplating* nikel

1. Persiapkan pecucian spesimen pertama NaOH dicelupkan selama 2 menit, kedua H_2SO_4 selama 2 menit dan yang ketiga air sabun selama 3 menit kemudian cuci dengan air kran.
2. Mempersiapkan *stopwatch* sebagai penunjuk waktu pada saat benda dicelupkan.
3. Mencilupkan spesimen dengan pelapisan nikel pada rapat arus yaitu 1,3 A dan tegangan 7 V. Setiap spesimen yang akan dilapisi memiliki 3 titik uji.
4. Melakukan pendinginan pada spesimen dan mencelupkannya kedalam air selama 5 menit.

3. Proses pengujian spesimen

Spesimen yang sudah terlapisi akan dilakukan 2 pengujian yaitu kekerasan dan kekasaran dalam pengujian ini ada 3 titik pengujian yang dilakukan yaitu:

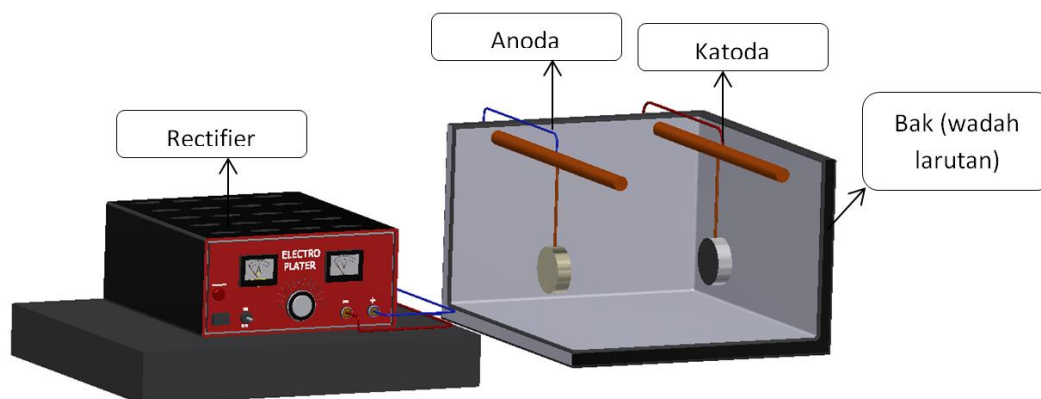
- a. Uji kekerasan lapisan yaitu dengan menggunakan alat pengukur *vickers*.

Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Pastikan spesimen sudah dalam keadaan dingin dan bersih.
 2. Lakukan pengukuran kekerasan lapisan dengan menggunakan alat *vickers* pada 3 titik.
 3. Lakukan pengukuran yang sama pada sisi yang lain.
- b. Uji kekasaran lapisan yaitu dengan menggunakan alat pengukur *Surface roughness*.

Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Pastikan spesimen sudah dalam keadaan dingin dan bersih.
2. Lakukan pengukuran ketebalan lapisan dengan menggunakan alat *Surface roughness* pada 3 titik.
3. Lakukan pengukuran yang sama pada sisi yang lain.



Gambar 3. 19 Desain alat penelitian

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data ini merupakan teknik atau cara yang akan dilakukan mendapatkan data. Metode menunjuk adanya angka sehingga dapat diperlihatkan dengan menggunakan angket, pengamatan, wawancara tes ataupun dokumentasi. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan teknik observasi terstruktur. Observasi yang terstruktur adalah observasi yang dirancang sedemikian rupa dengan cara yang sistematis tentang adanya obyek yang akan diteliti, dimana dan kapan tempat penelitian dilaksanakan.

Tabel 3.2 Hasil Pengamatan uji kekerasan benda kerja

No	Konsentrasi Larutan	kekerasan			Keterangan
1					
2					
3					

Tabel 3.3 Hasil Pengamatan uji kekerasan benda kerja

No	Konsentrasi larutan	kekasaran			Keterangan
1					
2					
3					

3.7 Kalibrasi Instrumen

1. Alat Uji Kekerasan

Alat uji kekerasan pada penelitian ini adalah *Vickers hardness test* TH 710. Pada pengujian kekerasan sangat perlu untuk bidang manufaktur. Dengan cara melakukan pengujian kekerasan didapatkan karakteristik yang terdapat suatu material baru dan dapat melihat mutu dalam material. Berikut cara melakukan kalibrasi pada alat *Vickers hardness test* TH 710:

1. Hidupkan alat *Vickers hardness test* ke posisi ON.
2. Lakukan setting alat dengan memposisikan garis bantu *vertical* dan *horizontal* hingga garis tersebut bersinggungan.
3. Kemudian tekan reset pada layar untuk mereset data-data yang telah ada sebelumnya.
4. Setelah itu lakukan pengujian dengan material/ bahan yang sudah diketahui hasil kekerasannya.
5. Apabila angka yang didapat sudah sama/ mendekati angka yang telah diperoleh sebelumnya, maka alat sudah siap untuk digunakan untuk penelitian.

2. Alat Uji Kekasaran

Alat uji kekerasan pada penelitian ini adalah *Surface Roughness*. Pada pengujian kekerasan sangatlah penting dalam bidang manufaktur. Dengan cara melakukan pengujian kekasaran yang dapat diketahui karakteristiknya pada suatu material baru. Berikut cara melakukan kalibrasi pada alat *Surface Roughness*:

1. Spesimen diletakkan pada meja yang datar.
2. Ujung dari alat kekasaran dial indicator tersebut di *setting* pada posisi yang stabil untuk melakukan skala tekanan terhadap permukaan benda yang diuji
3. Tentukan seberapa panjang yang akan diukur kekasaran permukaannya tersebut, pada nantinya panjang inilah akan di lewati *dial indicator* tersebut.
4. Apabila *dial indicator* tersebut yang melakukan pengukuran sepanjang jarak yang ditentukan, nilai kekasaran permukaan tersebut yang akan dicatat, dan bisa di *print out*.
5. Sebelum melakukan pengukuran, pada spesimen, alat ukur yang digunakan harus telah diatur sehingga tidak didapatkan kesalahan waktu pengukuran.

3.8 Teknik analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis yang deskriptif yaitu dengan cara mengamati dan mencatat secara langsung hasil eksperimen yang dilakukan kemudian menyajikan data-data tersebut dan menyimpulkan hasil dari penelitian yang akan dilakukan. Data yang dihasilkan bisa meliputi tabel dan grafik dari hasil pengukuran kekerasan dan kekasaran yang didapat dari proses *electroplating* dengan menggunakan elektrolit gel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dibagi menjadi dua yaitu hasil pengujian material yang digunakan sebelum dilapisi dan sesudah dilapisi. Pengujian material digunakan untuk mengetahui nilai masing-masing konsentrasi larutan dari setiap spesimen tersebut.

4.1.1 Pengujian Material

Pengujian material digunakan untuk mengetahui nilai masing-masing konsentrasi larutan dari setiap spesimen. Pengujian material dilakukan di Politeknik Manufaktur, pengujian yang dilakukan yaitu pengujian komposisi material, sedangkan pengujian material yang dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Universitas Negeri Semarang adalah pengujian kekerasan, dan pengujian kekasaran dilakukan di laboratorium material teknik Universitas Wahid Hasyim.

a. Hasil Uji Komposisi Sebelum Dilapisi

Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur pembentuk suatu material yang diuji. Berikut ini adalah hasil pengujian komposisi material

Tabel 4. 1 Uji Komposisi Material ST 40 Sebelum Dilapisi

UNSUR	SAMPEL UJI	
	20/S153(%)	Standar Deviasi
Fe	94,2	0,115
C	0,240	0,0056

Si	0,755	0,0682
Mn	0,984	0,0711
P	0,0125	0,0106
S	0,0083	0,0043
Cr	0,634	0,0513
Mo	0,0114	0,0084
Ni	2,46	0,0923
Al	<0,0020	0,0000
Co	0,105	0,0182
Cu	0,0468	0,0092
Nb	0,358	0,0632
Ti	0,0916	0,0000
V	<0,0030	0,0000
W	<0,0250	0,0000
Pb	<0,0100	0,0000
Ca	>0,0015	0,0000
Zr	0,0071	0,0105

b. Hasil Uji Kekerasan Lapisan Nikel

Pengambilan data untuk mendapatkan kekerasan lapisan *electroplating* nikel dapat diperoleh dengan cara pengukuran, tujuan dilakukan uji kekerasan adalah untuk mengetahui tingkat kekerasan spesimen dari hasil pelapisan *electroplating* nikel. Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan spesimen dengan menggunakan alat uji kekerasan *micro vikors hardness test* dengan

pembebanan 100 gr selama 10 s. Penekanan dilakukan sebanyak 3 titik pada setiap spesimen yang diambil secara acak. Pengujian kekerasan menghasilkan nilai rata-rata untuk setiap spesimen yang dinyatakan dalam VHN (*Vickers Hardness Number*). Gambar 4.1 menunjukkan spesimen baja st 40 sebelum dilapisi. Spesimen baja ST 40 yang dilapisi nikel dengan menggunakan konsentrasi larutan 1,2, dan 3 pada proses *electroplating* ini selama 5 menit ditunjukkan pada Gambar 4.2. Hasil uji kekerasan baja ST 40 sebelum dilapisi sebesar 150,5 VHN. Hasil uji kekarasan 3 spesimen baja ST 40 yang telah dilapisi nikel ditunjukkan pada Tabel 4.2. Hubungan antara kekarasan lapisan nikel dan konsentrasi larutan 1, 2, dan 3 proses *electroplating* diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 1 Spesimen Sebelum Dilapisi

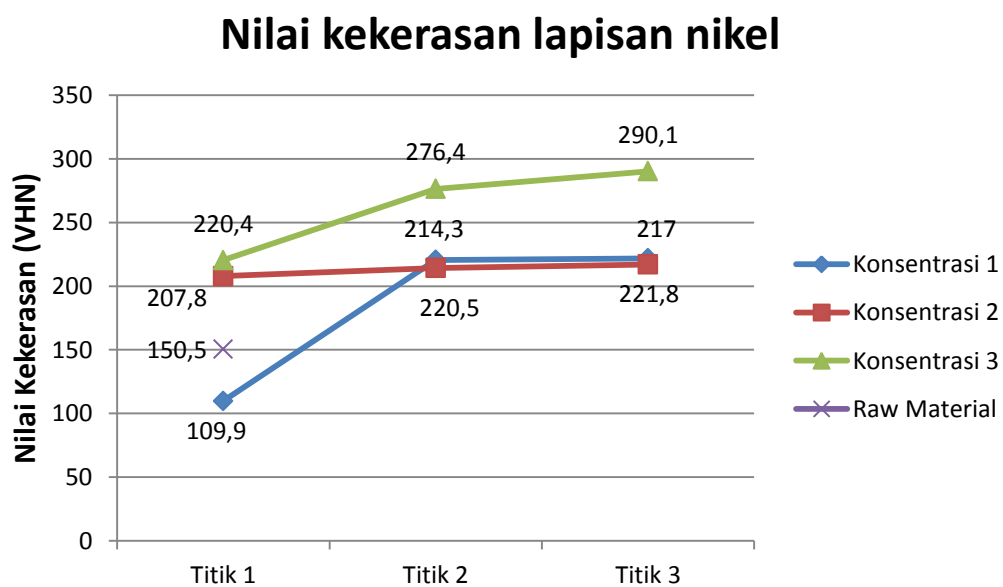


Gambar 4. 2 Spesimen Sesudah Dilapisi

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kekerasan

Konsentrasi larutan	kekerasan				Rata-rata
	Raw Material	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	150,5	109,9	220,5	221,8	184,06
2		207,8	214,3	217,0	213,3
3		220,4	276,4	290,1	262,3

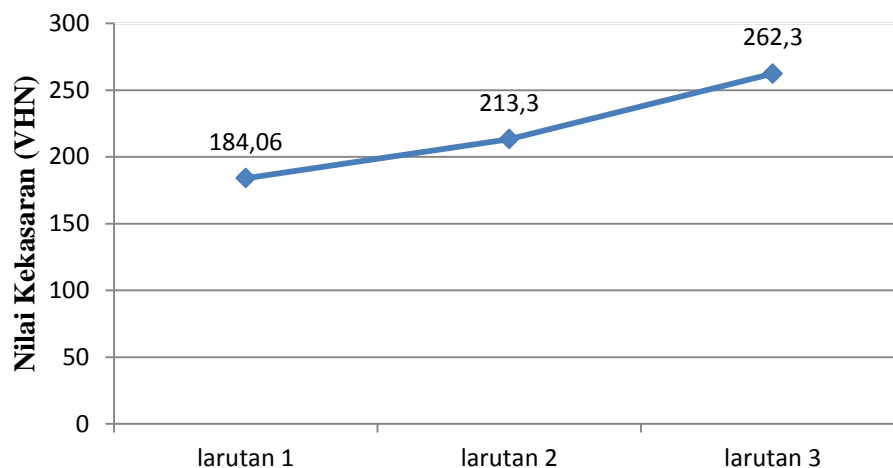
Setelah didapatkan nilai kekerasan pada spesimen disetiap titik pembebanan, dapat ditentukan nilai rata-rata untuk kekerasannya pada setiap spesimen yang dapat dilihat dalam bentuk diagram garis pada Gambar 4.3, dan rata-rata dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Kekerasan

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan lapisan spesimen baja ST 40 setelah dilapisi nikel meningkat sangat baik dibanding sebelum dilapisi nikel, peningkatan terjadi pada setiap konsentrasi larutan. Kekerasan tertinggi pada larutan ke 3 pada titik ke 3 yaitu sebesar 290,1 VHN. Terjadinya kenaikan kekerasan lapisan ini disebabkan karena konsentrasi larutan yang berbeda. Larutan yang mengandung ion-ion nikel akan menempel pada permukaan spesimen sehingga dalam proses *electroplating* dengan menggunakan elektrolit gel ini dapat menambah ikatan lapisan sehingga terdapat kenaikan nilai kekerasan lapisan. Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian ini , larutan 3 lebih efektif di dalam pelapisan baja ST 40 dengan nikel. Tingkat kekerasan lapisan nikel yang ada pada larutan 3 mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan larutan 1 dan maupun larutan 2. Hal sangat dimungkinkan karena adanya tingkat konsentrasi nikel sulfat yang terdapat pada larutan 3 yang lebih tinggi dan menyebabkan distribusi dari ion-ion pelapisan tersebut menjadi lebih baik dan nikel sulfat membantu meningkatkan konduktivitas larutan sehingga ion-ion nikel tersbut dari anoda menuju katoda untuk membentuk endapan dikarekan penambahan gel yang berasal dari glectin lebih menjadi optimum.

Rata-rata nilai kekerasan



Gambar 4. 4 Grafik Rata-Rata Uji Kekerasan

Grafik diatas menunjukkan terjadinya kenaikan kekerasan lapisan dari konsentrasi larutan 1 270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel klorid, dan boric acid 59 g/l dengan rata-rata nilai kekerasan 184,06 VHN, konsentrasi larutan 2 330 g/l nikel sulfat, 45 g/l nikel klorid, dan boric acid 38 g/l dengan rata-rata nilai kekerasan 0,213,3 VHN dan konsentrasi larutan 3 345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel klorid, dan boric acid 18 g/l dengan rata-rata nilai kekerasan 262,3 VHN.

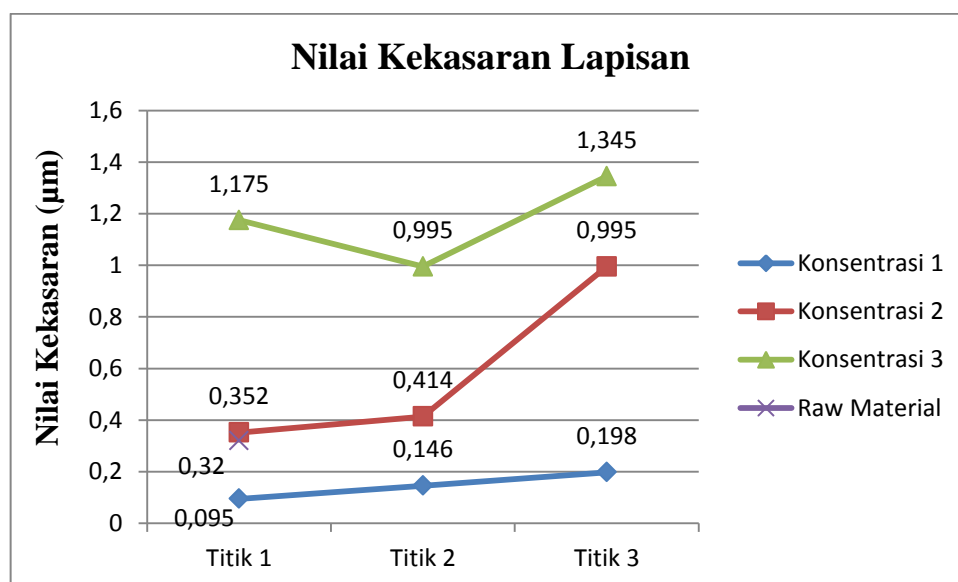
c. Hasil Uji Kekasaran Lapisan Nikel

Pengambilan data untuk mendapatkan kekasaran lapisan *electroplating* nikel dapat diperoleh dengan cara pengukuran dengan menggunakan *surface roughness tester* mitutoyo SJ-210. Spesimen diuji kekasaran pada 1 sisi sebanyak 3 titik uji secara acak. Gambar 4.1 menunjukkan spesimen baja st 40 sebelum dilapisi. Spesimen baja ST 40 yang dilapisi nikel dengan menggunakan konsentrasi larutan 1,2, dan 3 pada proses *electroplating* yang dilakukan selama 5 menit ditunjukkan pada Gambar 4.2. Hasil uji kekarasan baja ST 40 sebelum

dilapisi sebesar 0,320 μm . Hasil uji kekasaran 3 spesimen baja ST 40 yang telah dilapisi nikel ditunjukkan pada Tabel 4.3. Hubungan antara kekasaran lapisan nikel dan konsentrasi larutan 1, 2, dan 3 proses *electroplating* diperlihatkan pada Gambar 4.5.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Kekasaran

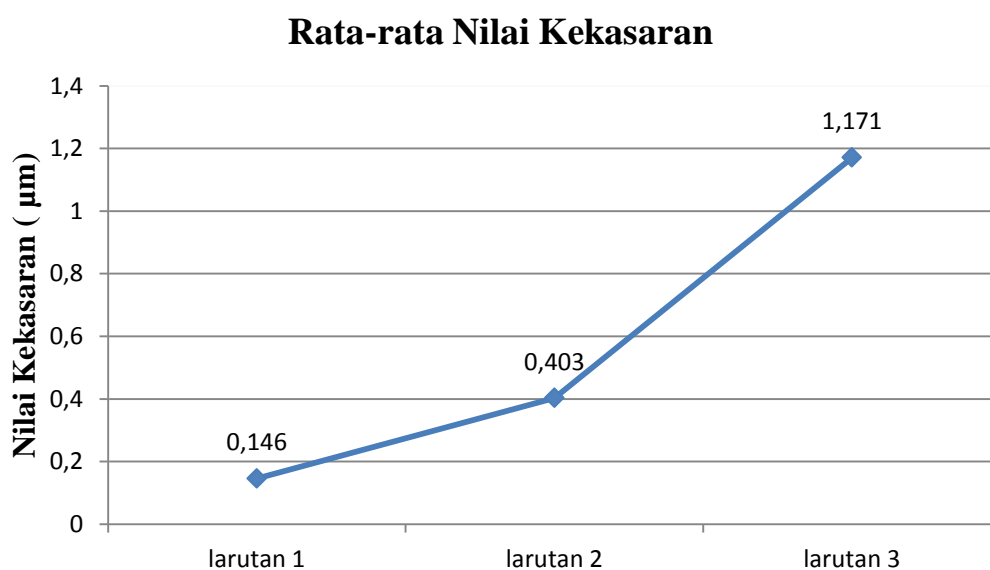
Konsentrasi larutan	kekasaran				Rata-rata
	Raw Material	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	0,320	0,095	0,146	0,198	0,146
2		0,352	0,414	0,445	0,403
3		1,175	0,995	1,345	1,171



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji Kekasaran

Grafik pada diatas menunjukkan hasil kekasaran lapisan dengan nilai yang cukup baik pada konsentrasi larutan 1 di titik 1 yaitu sebesar 0,095 μm ,

dibandingkan raw material dengan nilai kekasaran $0,320 \mu\text{m}$ dengan prepasasi yang sama. Larutan 1 lebih halus dibandingkan *raw material* dan nilai kekasaran yang paling tinggi pada larutan 3 pada titik ke 1 yaitu sebesar $1,175 \mu\text{m}$. Hal tersebut bisa terjadi karena faktor konsentrasi larutan, pada konsentrasi larutan yang telah divariasikan larutan 1 lebih banyak campuran boric acid. Larutan nikel sulfat dapat menghasilkan lapisan yang halus bila ditambahkan dengan boric acid. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai kekasaran lapisan nikel dengan menggunakan elektrolit gel yang cukup baik pada larutan 1 dengan nilai sebesar $0,095 \mu\text{m}$ dengan hasil tersebut konsentrasi larutan sangat berpengaruh dalam proses pelapisan *electroplating* untuk mendapatkan kekasaran lapisan yang halus. Hasil dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekasaran lapisan yang cukup halus pada konsentrasi larutan 1 yaitu 270 g/l nikel sulfat, 95 g/l , dan 59 g/l boric acid didapatkan nilai sebesar $0,095 \mu\text{m}$ terjadi karena faktor konsentrasi larutan.



Gambar 4. 6 Grafik Rata-Rata Uji Kekasaran

Grafik diatas menunjukkan terjadinya kenaikan kekasaran lapisan dari konsentrasi larutan 1 270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel klorid, dan boric acid 59 g/l dengan rata-rata nilai kekasaran 0,146 μm , konsentrasi larutan 2 330 g/l nikel sulfat, 45 g/l nikel klorid, dan boric acid 38 g/l dengan rata-rata nilai kekasaran 0,403 μm dan konsentrasi larutan 3 345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel klorid, dan boric acid 18 g/l dengan rata-rata nilai kekasaran 1,171 μm .

4.2 Pembahasan

4.2.1 Uji Kekerasan Lapisan

Hasil pengujian kekasaran terhadap spesimen yang telah dilapisi *electroplating* nikel memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi larutan sangat berpengaruh terhadap hasil dari nilai ketebalan lapisan. Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa nilai kekasaran pada hasil proses pelapisan dengan memvariasi konsentrasi larutan yaitu: larutan 1 (270 g/L nikel sulfat, 95 g/L nikel kloride, 59 g/L boric acid), larutan 2 (330 g/L nikel sulfat, 45 g/L nikel kloride, 38 g/L boric acid), dan larutan 3 (345 g/L nikel sulfat, 38 g/L nikel kloride, 18 g/L boric acid).

Hasil dari uji kekerasan dengan menggunakan alat *Micro Vickers Hardness Test* yang didiskripsikan dalam bentuk diagram batang memperlihatkan adanya perbedaan dari nilai kekerasan yang dihasilkan, hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi larutan proses pelapisan *electroplating* nikel dapat mempengaruhi kekerasan lapisan spesimen yang dihasilkan. Presentase nilai kekerasan lapisan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji kekerasan lapisan spesimen dengan konsentrasi larutan 1. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekerasan lapisan konsentrasi larutan

1 yang dilakukan sebanyak tiga kali disetiap spesimen yang dilakukan secara acak pada spesimen. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata nilai kekerasan lapisan pada pengujian 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 109,9 VHN, 220,5 VHN, dan 221,8 VHN. Nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari uji kekasaran lapisan spesimen pada konsentrasi larutan 1 pada spesimen 1, 2, dan 3 adalah 184,06 VHN.

2. Hasil uji kekerasan lapisan spesimen dengan konsentrasi larutan 2. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekerasan lapisan konsentrasi larutan 2 yang dilakukan sebanyak tiga kali disetiap spesimen yang dilakukan secara acak pada spesimen. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata nilai kekerasan lapisan pada pengujian 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 207,8 VHN, 214,3 VHN, dan 217,0 VHN. Nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari uji kekasaran lapisan spesimen pada konsentrasi larutan 2 pada spesimen 1, 2, dan 3 adalah 213,3 VHN.

3. Hasil uji kekerasan lapisan spesimen dengan konsentrasi larutan 3. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekerasan lapisan konsentrasi larutan 3 yang dilakukan sebanyak tiga kali disetiap spesimen yang dilakukan secara acak pada spesimen. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata nilai kekerasan lapisan pada pengujian 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 220,4 VHN, 276,4 VHN, dan 290,1 VHN. Nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari uji kekasaran lapisan spesimen pada konsentrasi larutan 3 pada spesimen 1, 2, dan 3 adalah 262,3 VHN.

Berdasarkan data yang diperoleh diatas menunjukkan bahwa konsentrasi larutan pada proses pelapisan *electroplating* nikel berpengaruh terhadap kekerasan lapisan pada permukaan spesimen, hal ini karena keseimbangan konsentrasi yang diberikan dan penambahan gelatin pada proses pelapisan *electroplating* nikel hasil kekerasan lapisan dibuktikan dengan konsentrasi larutan 1 memperoleh kekerasan rata-rata 184,06 VHN, konsentrasi larutan 2 memperoleh kekerasan rata-rata 213,3 VHN, konsentrasi larutan 3 memperoleh kekerasan rata-rata 262,3 VHN, dan untuk raw material memperoleh kekerasan 150,5 VHN.

4.2.2 Uji Kekasaran Lapisan

Hasil pengujian kekasaran terhadap spesimen yang telah dilapisi *electroplating* nikel memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi larutan sangat berpengaruh terhadap hasil dari nilai kekasaran lapisan. Tabel 4.3 memperlihatkan bahwa nilai kekasaran pada hasil proses pelapisan dengan memvariasi konsentrasi larutan yaitu: larutan 1 (270 g/L nikel sulfat, 95 g/L nikel kloride, 59 g/L boric acid), larutan 2 (330 g/L nikel sulfat, 45 g/L nikel kloride, 38 g/L boric acid), dan larutan 3 (345 g/L nikel sulfat, 38 g/L nikel kloride, 18 g/L boric acid).

Hasil dari uji ketebalan dengan menggunakan alat *surface roughness tester* mitutoyo SJ-210. Spesimen diuji kekasaran pada 1 sisi sebanyak 3 titik uji secara acak yang didiskripsikan dalam bentuk diagram batang memperlihatkan adanya perbedaan dari nilai kekasaran yang dihasilkan, hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi larutan proses pelapisan *electroplating* nikel dapat mempengaruhi kekerasan lapisan spesimen yang dihasilkan. Presentase nilai kekasaran lapisan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Hasil uji kekasaran lapisan spesimen dengan konsentrasi larutan 1. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekasaran lapisan konsentrasi larutan 1 yang dilakukan sebanyak tiga kali disetiap spesimen yang dilakukan secara acak pada spesimen. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata nilai kekasaran lapisan pada pengujian 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 0,095 μm , 0,146 μm , dan 0,198 μm . Nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari uji kekasaran lapisan spesimen pada konsentrasi larutan 1 pada spesimen 1, 2, dan 3 adalah 0,146 μm .

Hasil uji kekasaran lapisan spesimen dengan konsentrasi larutan 2. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekasaran lapisan konsentrasi larutan 2 yang dilakukan sebanyak tiga kali disetiap spesimen yang dilakukan secara acak pada spesimen. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata nilai kekasaran lapisan pada pengujian 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 0,352 μm , 0,414 μm , dan 0,445 μm . Nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari uji kekasaran lapisan spesimen pada konsentrasi larutan 1 pada spesimen 1, 2, dan 3 adalah 0,403 μm .

Hasil uji kekasaran lapisan spesimen dengan konsentrasi larutan 3. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekasaran lapisan konsentrasi larutan 3 yang dilakukan sebanyak tiga kali disetiap spesimen yang dilakukan secara acak pada spesimen. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata nilai kekasaran lapisan pada pengujian 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 1,175 μm , 0,995 μm , dan 1,345 μm . Nilai rata-rata keseluruhan yang diperoleh dari uji

kekasaran lapisan spesimen pada konsentrasi larutan 3 pada spesimen 1, 2, dan 3 adalah 1,171 μm .

Berdasarkan data yang diperoleh diatas menunjukkan bahwa konsentrasi larutan pada proses pelapisan *electroplating* nikel berpengaruh terhadap kekasaran lapisan pada permukaan spesimen, hal ini karena keseimbangan konsentrasi yang diberikan pada proses pelapisan *electroplating* nikel hasil kekasaran lapisan akan halus dibuktikan dengan konsentrasi larutan 1 memperoleh kekasaran rata-rata 0,146 μm , konsentrasi larutan 2 memperoleh kekasaran rata-rata 0,403 μm , konsentrasi larutan 3 memperoleh kekasaran rata-rata 1,171 μm , dan untuk raw material memperoleh ketebalan 0,320 μm .

BAB V

SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data dari metode pelapisan *electroplating* nikel menggunakan elektrolit gel pada baja ST 40 yang diperoleh mengenai pengaruh konsentrasi larutan pada proses pelapisan terhadap kekerasan dan kekasaran lapisan dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi larutan pada proses pelapisan *electroplating* nikel menggunakan elektrolit gel berpengaruh terhadap nilai kekerasan lapisan. Semakin tinggi nikel sulfat yang digunakan dengan campuran gelatin yang sama disetiap larutan pada proses pelapisan maka permukaan lapisan semakin meningkat nilai kekerasan, pada penelitian ini hasil kekerasan yang tinggi terjadi pada pelapisan dengan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel khloride, 18 g/l boric acid) yaitu 290,1 VHN.
2. Konsentrasi larutan pada proses pelapisan *electroplating* nikel menggunakan elektrolit gel berpengaruh terhadap nilai kekasaran lapisan. Diamati dari konsentrasi larutan kandungan pada boric acid dari larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel khloride, 59 g/l boric acid), larutan 2 (330 g/l nikel sulfat, 45 g/l nikel khloride, 38 g/l boric acid), dan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel khloride, 18 g/l boric acid) semakin banyak maka, didapatkan hasil lapisan yang halus ada pada larutan 1 (270 g/l nikel

sulfat, 95 g/l nikel klorida, 59 g/l asam borat) yaitu 0,095 μm dengan konsentrasi gelatin yang sama.

5.2 Saran

1. Jika ingin melakukan pelapisan *electroplating* nikel dengan hasil kekerasan optimal maka disarankan untuk menggunakan larutan 3 (345 g/l nikel sulfat, 38 g/l nikel klorida, 18 g/l asam borat).
2. Jika ingin melakukan pelapisan *electroplating* nikel dengan hasil kekasaran optimal maka disarankan untuk menggunakan konsentrasi larutan 1 (270 g/l nikel sulfat, 95 g/l nikel klorida, 59 g/l asam borat).
3. Pada penelitian pelapisan *electroplating* nikel selanjutnya tambahkan konsentrasi larutan yang berbeda supaya menghasilkan tingkat kekerasan dan kekerasan yang lebih optimal.
4. Pada penelitian pelapisan *electroplating* nikel selanjutnya gunakan penambahan variabel seperti tegangan, jarak anoda dan katoda, waktu pelapisan, dan lain-lain.
5. Peralatan yang digunakan untuk proses pelapisan *electroplating* nikel sebaiknya lebih memadai untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

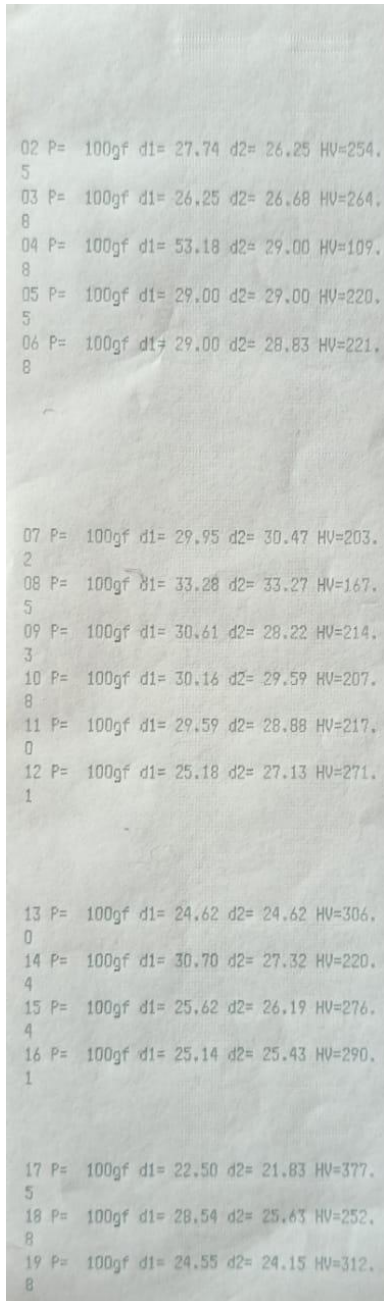
DAFTAR PUSTAKA

- Afriany, R., Kusmono, dan Soekrisno, R. 2012. Pengaruh Konsentrasi Larutan Dan Waktu Pelapisan Nikel Pada Aluminium Terhadap Kekerasan. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III. ISSN: 1979-911X
- Andinata, F, Destyorini, F, Sugiarti, E, Munasir1, dan T, Zaini Kemas A. 2012. Pengaruh Ph Larutan Elektrolit Terhadap Tebal Lapisan Elektroplating Nikel Pada Baja St 37. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA). (2)2: ISSN: 2087-9946
- Aulamuna Niam, MY., Helmy Purwanto dan Sri Mulyo Bondan Respati. 2017. Pengaruh waktu pelapisan elektro nikel-khrom dekoratif terhadap ketebalan, kekerasan dan kekasaran lapisan. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim.
- Basmal, Bayuseno, dan Nugroho, S. 2012. Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekasaran. Magister Teknik Mesin, Universitas Diponegoro Pasca Sarjana. Jurnal Rotasi- vol. 14, No 2.2012
- E. H. Sujiono, M. Diantoro, dan Samnur. 2014. Karakteristik Sifat Fisis Batuan Nikel Di Sorowako Sulawesi Selatan. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 10 (2) (2014) 163-167.
- Florence, Nisha, Rajendran Susai, Srinivasan K.N, John S. 2011. Studies on Electrodeposition of Copper from Methanesulphonic Acid Bath. Department of Chemistry, Holy Cross College (Autonomous), Tamilnadu, India.
- Furqon, K dan Sulistijono. 2015. Pengaruh Pencampuran Konsentrasi H_2CrO_4 dan Gelatin dalam Elektrolit Gel terhadap Ketebalan dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom pada Baja dengan Metode Elektroplating. Jurnal teknik ITS vol. 4, no. 1, (2015) issn: 2337-3539 (2301-9271 print).
- Hadi, S. 2016. Pengaruh Komposisi Larutan Kimia Dan Waktu Pelapisan Chrom Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Permukaan Pada Plat Kuningan. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang. Volume 6, Nomor 1.
- Hermanto, K. 2015. Pengaruh Pencampuran Konsentrasi H_2CrO_4 dan Gelatin dalam Elektrolit Gel terhadap Ketebalan dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom pada Baja dengan Metode Elektroplating. Tugas Akhir. Institut Teknologo Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Khikmah, N. 2015. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan laju Alir Pada Penentuan Kreatinin Dalam Urin Secara *Sequential Injection Analysis*. Kimia Student Journal. Vol (1): 613-615.
- Lou Helen, H. 2006. Electroplating. Journal of Department of Chemical Engineering, Lamar University, Beaumont, Texas, USA and Department

- of Chemical Engineering and Materials Science, Wayne State University, Detroit, Michigan, USA.
- Pamungkas Andhi, S, Prasetyo, H, dan Mulyaningsih, N.2018. Pengaruh Variasi Temperatur Elektroplating Terhadap Ketebalan Lapisan Nikel Baja ST37. jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. JURNAL MER-C NO.2/VOL.1/2018.
- Paridawati. 2013. Analisa Besar Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome Pada Pelat Baja Dengan Proses Electroplating. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 1, No.1 Februari 2013 Universitas Islam 45 Bekasi.
- Sagadevan, S. dan Varatharajan, R. 2013. Studies on the Mechanical Properties of Glycine Lithium Chloride NLO Single Crystal. International Journal of Physical Sciences. Vol 8/39: 1892 - 1897.2013.
- Saleh, A. A.2014. Elektroplating Teknik Pelapisan Logam dengan cara Listrik. 1. Bandung:Yrama Widya. 2014
- Salman, S, Sayoga, A, M, I, Okariawan K, D, I, Sinarep, S, Rustanto, R dan Wiranata, A. 2019. Pengaruh Waktu dan Jarak Electroplating Nikel pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekerasan Permukaan. Jurnal keilmuan dan terapan teknik mesin.volume 9, nomor 1.
- Santosa, B.,dan Syamsa, M. 2007. Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan. Jurnal Teknik Mesin 9(1): 25-30. 2007.
- Setyahandana, B.,dan Cristianto, Y.E. 2017. Pengaruh Hard Chrome Plating pada Peningkatan Kekerasan Baja Komponen Kincir. Jurnal Media Teknika 12(1): 26-35
- Suarsana, K. 2008. Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan *chrom* Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan dan Ketebalan Lapisan. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram. Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali. Vol 2(1): 48-60. 2008.
- Sugiyarta, Bayuseno, P,A, dan Nugroho, S. 2012. Pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah. Jurnal Teknik Mesin. Vol (14), No (4). 2012
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D. Cetakan ke 8. Bandung : Alfabeta. 2009.
- Sung-Ting C, Hsien-Chung H, Szu-Jung P, Wen-Ta T, Pee-Yew L, Chung-Hsin Y, Mau-Bin W. 2008. Material characterization and corrosion performance of nickel electroplated in supercritical CO₂ fluid. Corrosion Sci., 50(9): 2614-2619.
- Surdia, T. dan S. Saito. 1992. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Yuwono Akhmad, H. 2009. Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing). Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil uji Kekerasan



02	P=	100gf	d1=	27.74	d2=	26.25	HV=	254.5
03	P=	100gf	d1=	26.25	d2=	26.68	HV=	264.8
04	P=	100gf	d1=	53.18	d2=	29.00	HV=	109.8
05	P=	100gf	d1=	29.00	d2=	29.00	HV=	220.5
06	P=	100gf	d1=	29.00	d2=	28.83	HV=	221.8
07	P=	100gf	d1=	29.95	d2=	30.47	HV=	203.2
08	P=	100gf	d1=	33.28	d2=	33.27	HV=	167.5
09	P=	100gf	d1=	30.61	d2=	28.22	HV=	214.3
10	P=	100gf	d1=	30.16	d2=	29.59	HV=	207.8
11	P=	100gf	d1=	29.59	d2=	28.88	HV=	217.0
12	P=	100gf	d1=	25.18	d2=	27.13	HV=	271.1
13	P=	100gf	d1=	24.62	d2=	24.62	HV=	306.0
14	P=	100gf	d1=	30.70	d2=	27.32	HV=	220.4
15	P=	100gf	d1=	25.62	d2=	26.19	HV=	276.4
16	P=	100gf	d1=	25.14	d2=	25.43	HV=	290.1
17	P=	100gf	d1=	22.50	d2=	21.83	HV=	377.5
18	P=	100gf	d1=	28.54	d2=	25.63	HV=	252.8
19	P=	100gf	d1=	24.55	d2=	24.15	HV=	312.8

Lampiran 2 Hasil uji Kekasaran


  **Laboratorium
Material Teknik**
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM

Nama Customer : Lambang Prasetyo Edy
Instansi : Unnes

Hasil Pengujian Kekasaran (Ra)

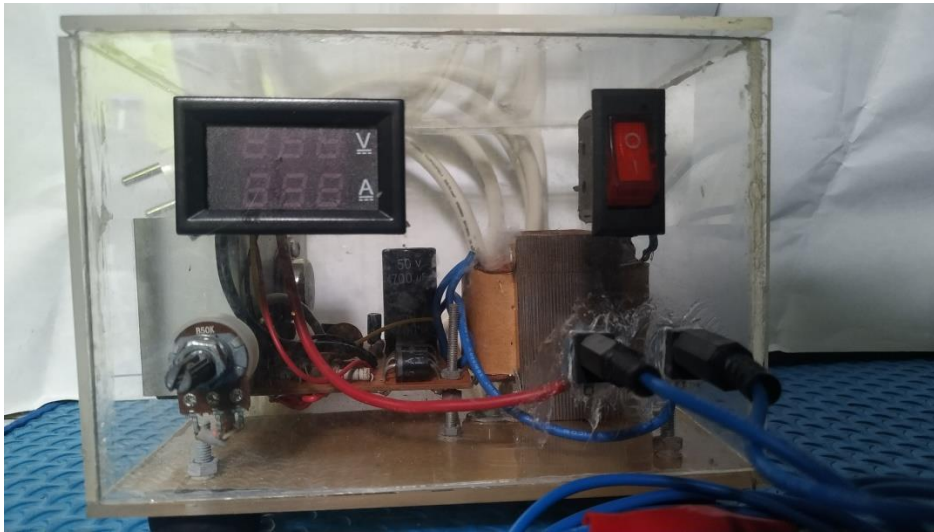
NO	SPESIMEN	PENGUJIAN			RATA-RATA
		1	2	3	
1	Raw	0.320	0.212	0.169	0.233
2	1	0.095	0.146	0.198	0.146
3	2	0.352	0.414	0.445	0.403
4	3	1.175	0.995	1.345	1.171

Semarang, 12 Maret 2020
Staf. Lab Material Teknik Unwahas

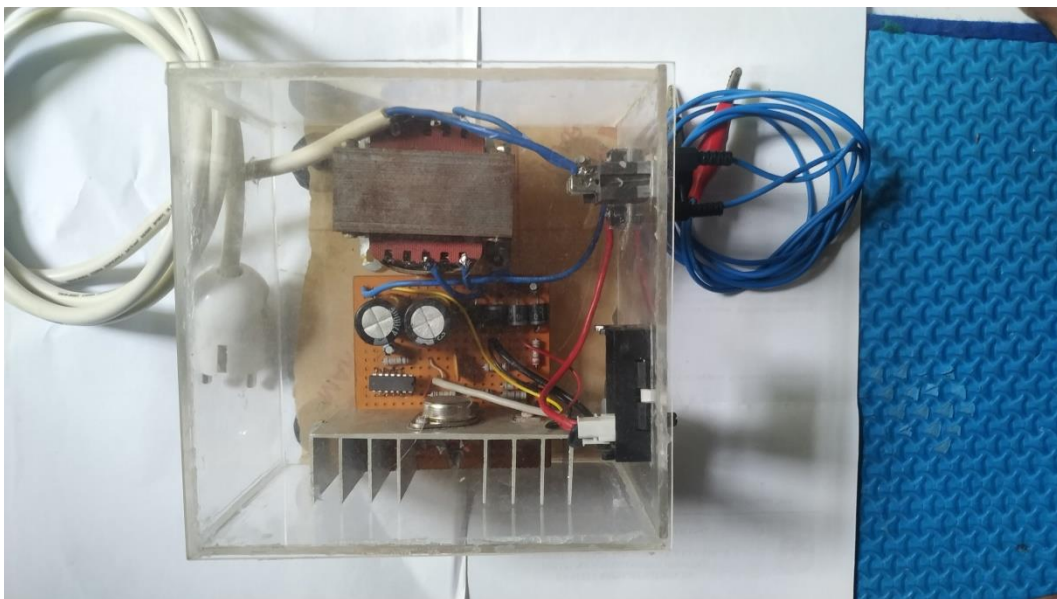

(Nur Kholis, ST)

Gedung D, Fakultas Teknik
Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang 50236
Telp. +62 24 8505680 (ext. 160), Fax. +62 24 8505681, www.teknik.unwahas.ac.id

Lampiran 3 Alat Elektroplating



Lampiran 4 Alat Elektroplating



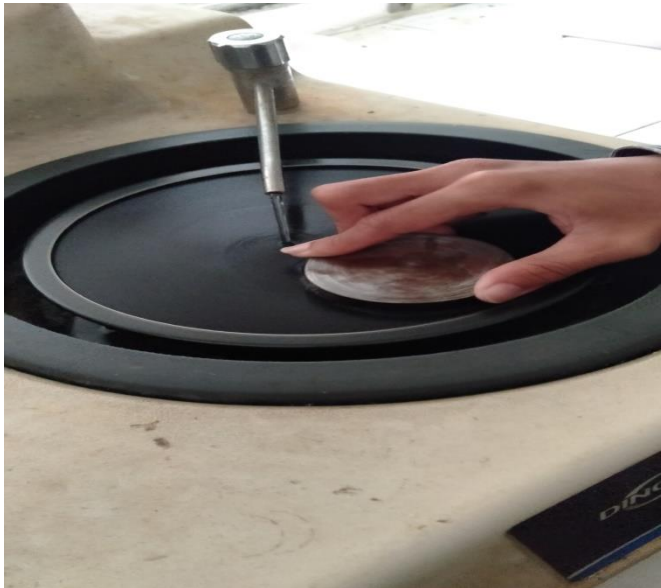
Lampiran 5 Spesimen sebelum dilapisi



Lampiran 6 Spesimen sesudah dilapisi



Lampiran 7 Spesimen waktu pengamplasan



Lampiran 8 Waktu pengujian Kekasaran



Lampiran 9 Waktu pengujian kekerasan

