

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengolahan akhir logam sangat menentukan kualitas produk. Teknik produksi komponen logam pada umumnya dilakukan dengan pengecoran, pembentukan, penyambungan, dan permesinan. *Output* langsung dari teknik-teknik produksi tersebut masih memiliki sifat-sifat mekanik, sifat kimia, dan penampilan yang belum sesuai dengan desain yang diinginkan, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan akhir. Salah satu metode pengolahan akhir logam atau *finishing* logam adalah dengan pelapisan logam (*metallic coatings*). Pelapisan logam dengan cara elektrolisa atau *Electroplating* merupakan metode yang cukup banyak dilakukan. Proses ini adalah proses elektrolisis yang memanfaatkan prinsip perpindahan ion.

Pelapisan permukaan diperlukan pada logam yang mudah mengalami korosi, misalnya baja yang memiliki sifat mekanik yang baik, tetapi mudah terkorosi sehingga perlu dilakukan proses pelapisan. Saat ini pelapisan nikel pada baja banyak sekali dilakukan. Baik untuk tujuan pencegahan karat saja ataupun untuk menambah keindahan. Dengan hasil lapisannya yang mengkilap maka dari segi ini nikel adalah yang paling banyak diinginkan untuk melapis permukaan. Dalam pelapisan nikel selain dikenal lapisan mengkilap, terdapat juga jenis pelapisan yang buram hasilnya.

Pada proses pelapisan ini banyak faktor yang mempengaruhi pembentukan lapisan, antara lain pengadukan, rapat arus, temperatur, pH (*potency of thy hydrogen ion*) larutan elektrolit dan waktu yang digunakan selama proses berlangsung.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H_2). Selain itu juga akan timbul kotoran-kotoran akibat proses. Gas hidrogen dan kotoran yang timbul dapat mengganggu proses pelapisan yang buruk. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut maka selama proses harus dilaksanakan pengadukan (Tatang, 1998).

Pengadukan larutan elektrolit merupakan salah satu hal yang menentukan hasil dari pelapisan. Pengadukan larutan elektrolit dengan menggunakan udara merupakan salah satu cara pada proses pengadukan. Maka penulis merasa perlu melakukan proses penelitian tentang pengaruh pengadukan dan waktu pelapisan terhadap ketebalan dan kerekatan dari hasil *electroplating*.

Diharapkan melalui usaha ini dapat memberikan masukan dan manfaat bagi dunia industri. Khususnya dunia industri yang melakukan proses *electroplating*. Sehingga dunia industri diharapkan dapat menentukan pengadukan larutan elektrolit yang tepat untuk memperoleh hasil pelapisan yang maksimal.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh dari jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan dan kerekatan hasil dari pelapisan?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya masalah maka pada penulisan ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Komposisi larutan elektrolit yang digunakan Nikel sulphat (NiSO_4) dan Nikel klorid (NiCl_2).
2. Material yang digunakan sebagai spesimen uji baja SS 40.
3. Kondisi instalasi *electroplating* dianggap sesuai standart.
4. Temperatur yang digunakan 40°C .
5. Hanya membahas ketebalan dan kerekatan hasil dari proses *electroplating*.
6. Jarak pengadukan adalah jarak antara letak pengaduk dan letak katoda.

1.4. Tujuan Penulisan

Mengetahui pengaruh jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan dan kerekatan hasil *electroplating*.

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Memberikan pengalaman kepada penulis untuk menerapkan teori-teori yang diperoleh selama di bangku perkuliahan khususnya mengenai proses *electroplating*.
2. Memberi khasanah pengetahuan tambahan khususnya mengenai proses *electroplating*.

3. Memberi masukan kepada dunia industri, pada pengadukan berupa dicapai ketebalan dan kerekatan yang maksimal.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

- ✓ **Berman Andes, 2004.** Pengaruh Waktu dan Konsentrasi *Pickling* terhadap *Adhesivitas* Logam Pelapis Hasil Pelapisan Nikel pada Baja.

Ringkasan: Dengan penambahan waktu dan konsentrasi *pickling* maka nilai *adhesivitas* logam pelapis meningkat pada titik tertentu yaitu pada waktu 10 menit dan konsentrasi *pickling* 10%, setelah titik tersebut *adhesivitas* logam pelapis yang didapat menurun. Nilai *adhesivitas* terbesar rata-rata yang di dapat adalah 10,269 MPa.

- ✓ **Darmawan isak, 2005.** Pengaruh Laju Aliran Larutan Elektrolit dan Waktu Pelapisan terhadap Kerekatan dan Ketebalan Lapisan pada Proses *Electroplating Hard Chromium*.

Ringkasan: Ketebalan hasil pelapisan akan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya laju aliran dan waktu pelapisan, dimana ketebalan maksimal diperoleh pada laju aliran $\frac{1}{4}$ liter/detik dan waktu pelapisan 90 menit (0,056 mm). Sedangkan kerekatan lapisan hanya di pengaruhi oleh laju aliran saja, pada laju aliran $\frac{1}{4}$ liter/detik diperoleh kerekatan yang maksimum nilainya berkisar pada 37 MPa.

- ✓ **Husnu Rofik, 2004.** Pengaruh rapat Arus dan Konsentrasi Larutan Elektrolit Terhadap *Adhesivitas* Logam Pelapis Hasil Pelapisan Krom Keras.

Ringkasan: Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa *adhesivitas* logam pelapis pada proses pelapisan krom keras semakin baik seiring dengan penambahan besar rapat arus dan konsentrasi larutan elektrolit, dengan nilai *adhesivitas* maksimal yang dicapai 4,88 MPa pada kondisi rapat arus 30 A.dm^{-2} dan konsentrasi larutan elektrolit 300 g.l^{-1} .

2.2. Pelapisan Logam

Pelapisan permukaan logam diperlukan pada logam yang mudah mengalami korosi, misalnya baja yang memiliki sifat mekanik yang baik, tetapi mudah korosi sehingga perlu dilakukan proses pelapisan.

Banyak benda disekitar kita yang diberi sentuhan akhir berupa lapisan logam baik untuk melindungi maupun untuk memperindah logam dibaliknya yang menyediakan kekuatan, kekakuan dan sifat dapat dibentuk (Chamberlain,1991:269).

Lapisan metalik merupakan penghalang yang sinambung antara permukaan logam dan lingkungan sekelilingnya. Sifat-sifat ideal bahan pelapis dari logam ini dapat diringkaskan sebagai berikut:

1. Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan dibanding logam yang dilindungi.
2. Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
3. Sifat-sifat fisik, seperti kekuatan, keuletan dan kekerasannya, harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur/komponen bersangkutan.
4. Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori (persyaratan ini hampir tidak mungkin terpenuhi).

2.3. Metode-metode Pelapisan dengan Logam

2.3.1. Pencelupan Panas (*hot dipping*)

Dalam metode ini, struktur dicelupkan ke dalam bak berisi lelehan logam pelapis. Antara logam pelapis dan logam yang dilindungi terbentuk ikatan metalurgi yang baik karena terjadinya proses perpaduan antar muka (*interface alloying*). Pengaturan tebal lapisan dalam proses ini cukup sulit karena lapisan cenderung tidak merata, yaitu tebal pada permukaan sebelah bawah tetapi tipis pada permukaan sebelah atas. Meskipun demikian, seluruh permukaan yang terkena lelehan logam itu akan terlapis. Proses ini terbatas untuk logam-logam yang memiliki titik lebur rendah misalnya timah, seng dan aluminium.

2.3.2. Pelapisan dengan Penyemprotan

Logam pelapis berbentuk kawat diumpankan pada bagian depan penyembur api, dan begitu meleleh segera dihembus dengan tekanan tinggi menjadi butir-butir yang halus. Butir-butir halus yang terlempar dengan kecepatan 100 hingga 150 meter perdetik itu menjadi pipih ketika membentur permukaan logam dan melekat disitu. Sampai ketebalan tertentu, lapisan dengan cara ini lebih berpori dibanding yang diperoleh dari pencelupan atau penyaluran listrik. Tetapi dengan penyemprotan lapisan

yang tebal lebih mudah dibuat. Proses pelapisan dapat dilakukan di tempat (*on site*) yaitu sesudah struktur selesai didirikan. Logam pelapis biasanya bersifat anodik terhadap logam yang dilindungi; aluminium atau seng dapat dilapiskan pada baja dengan metode ini.

2.3.3. Pelapisan dengan Penempelan (*clad coating*)

Kulit dari logam yang tahan korosi dapat dilapiskan ke logam lain yang sifat-sifat rekayasanya dibutuhkan untuk struktur tetapi tidak mempunyai ketahanan terhadap korosi di lingkungan kerjanya. Kulit tadi dipasang dengan cara *rolling*, dan membuat lapisan pengelasan diatas logam, suatu proses yang disebut *buttering*. Biasanya, difusi yang meliputi daerah antar muka antara kedua logam menghasilkan suatu lapisan paduan yang adhesinya baik sekali. Kesulitan utama dalam mendapatkan ikatan yang baik adalah kurangnya difusi bila permukaan logam masih kotor, kebanyakan oleh kotoran berupa oksida. Tekanan yang diberikan oleh roda penggiling dalam metode *rolling* harus cukup besar untuk memecahkan oksida.

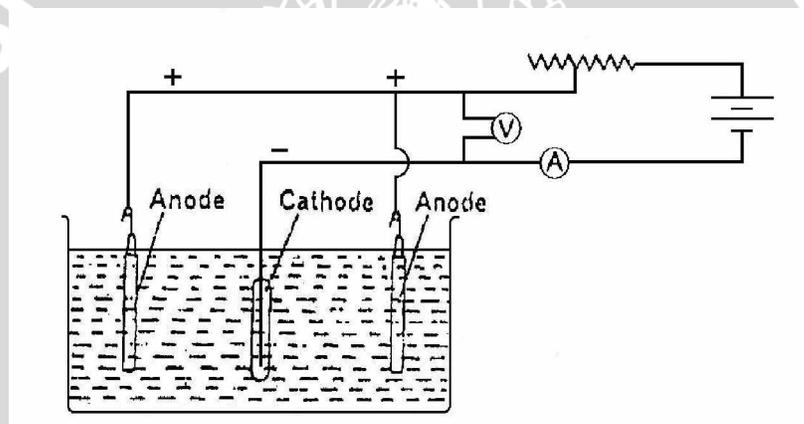
2.3.4. Pelapisan Difusi

Kita mengenal sejumlah cara untuk mendifusikan logam pelapis, atau pelapis bukan logam, kedalam lapisan permukaan logam yang dilindungi untuk membuat selapis logam paduan pada komponen. Ikatan yang terjadi kuat sekali, tetapi proses ini hanya untuk benda-benda yang relatif kecil. Komponen yang hendak diproses mula-mula dibersihkan dari kotoran dan lemak, kemudian dipanaskan entah dalam keadaan kontak dengan tepung pelapis diudara lembab (*solid route*), atau dalam aliran gas senyawa mudah menguap dari logam pelapis (*gaseous route*).

Dalam teknik *solid route*, komponen dan tepung logam dicampur dengan pasir dan ditutup rapat dalam sebuah drum. Kemudian semua itu dipanaskan sampai sedikit diatas titik didih logam pelapis dan diputar selama beberapa jam. Teknik ini digunakan untuk melapisi baja dengan seng. Teknik *gaseous route* menggunakan senyawa-senyawa halida untuk melapisi baja dengan krom (suatu proses yang disebut *cromizing*), atau dengan silicon. Kedua macam pelapisan ini meningkatkan ketahanan terhadap korosi; krom juga meningkatkan ketahanan terhadap keausan sedangkan silicon menambah ketahanan terhadap serangan asam.

2.3.5. Pelapisan Logam dengan Listrik (*Electroplating*)

Electroplating adalah proses pelapisan logam yang menggunakan prinsip elektrokimia. Dalam metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan logam yang akan dilapisi, direndam dalam suatu larutan elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis (Chamberlain,1991:270). Apabila suatu potensial diberikan ke dalam sel itu sehingga komponen menjadi katoda dan batangan atau lempengan logam penyalut menjadi anoda, ion-ion logam penyalut dari larutan akan mengendap ke permukaan komponen sementara dari anoda ion-ion juga terus terlarut seperti terlihat dalam gambar 2.1. Dalam metode ini kita mengenal istilah *throwing power* yang diartikan dengan kemampuan logam penyalut untuk menghasilkan ketebalan merata sejalan dengan terus berubahnya panjang lintasan antara anoda dan permukaan komponen selama pelapisan.



Gambar 2.1. Proses *Electroplating*

Sumber : The Canning Handbook on Electroplating,1978:273

Pada *electroplating* terdapat dua buah elektroda, dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda dan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda.

Ciri –ciri dari elektroda tersebut sebagai berikut :

- a. Anoda
 1. Kutub positif
 2. Terjadi reaksi oksidasi
 3. Terjadi pelepasan elektron keluar sirkuit.
- b. Katoda
 1. Kutub negatif.

2. Terjadi reaksi reduksi
3. Menerima elektron dari sirkuit luar.

Arus yang digunakan pada proses pelapisan listrik adalah arus searah (*Direct Current/DC*). Arus ini didapat dari sumber arus yang bermacam-macam, yaitu Baterai kering, *Accumulator*, *DC Power Supply*. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan maka sumber arus yang paling baik adalah *DC Power Supply* (Catu daya Arus searah).

2.3.5.1. Anoda

Anoda yang sering digunakan dalam proses *electroplating* ada dua macam yaitu anoda yang dapat larut dan anoda yang tidak dapat larut. Maksud anoda yang dapat larut adalah anoda yang selama proses memberikan ion-ion logamnya kepada katoda. Sehingga anoda jenis ini makin lama makin habis terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), timah putih (Sn), perak (Ag), dll. Penggunaan anoda jenis ini mempunyai keuntungan yaitu membantu pengoperasian dalam menjaga konsentrasi larutan agar tetap dalam batas yang diinginkan secara otomatis. Akan tetapi anoda jenis ini mempunyai kelemahan yaitu dalam jangka waktu yang relatif panjang akan menghasilkan kotoran dan memerlukan pengontrolan kondisi apakah anoda masih berfungsi dengan baik untuk pegoperasian.

Sedangkan anoda yang tidak dapat larut adalah anoda yang selama proses tidak terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah karbon (C), platina (Pt), timah hitam (Pb), dll. Penggunaan anoda jenis ini tidak membutuhkan pengontrolan kondisi anoda secara khusus.

2.3.5.2. Katoda

Katoda adalah logam yang akan dilapisi yaitu baja (besi = Fe). Logam-logam dapat disusun dalam suatu deret menurut kenaikan potensial elektrodanya yang disebut Deret Volta yaitu :

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

Semakin ke kiri posisi logam dalam deret volta potensial elektrodanya makin kecil. Makin kecil potensial elektrode suatu logam makin mudah logam itu mengalami oksidasi, sebaliknya makin besar potensial elektrode suatu logam makin mudah logam itu mengalami reduksi. Dalam suatu reaksi elektrokimia potensial elektrode didapatkan dari potensial reduksi dikurangi potensial oksidasi.

2.4. Elektrolisis dan Ionisasi

Jika arus listrik dihubungkan pada larutan *Natrium chloride* maka larutan tersebut akan dapat menghantarkan arus listrik dan kemudian larutan akan terurai menghasilkan endapan pada katoda. Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut larutan elektrolit sedang proses penguraian ion-ion dari larutan tersebut disebut ionisasi. Proses ionisasi yang diakibatkan oleh adanya arus listrik tersebut dinamakan proses elektrolisis.

Contoh larutan elektrolit ialah

- Asam : H_2SO_4 , HCl , HNO_3
- Basa : NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, KOH
- Hampir semua garam

Contoh ionisasi dari larutan elektrolit adalah sebagai berikut:

- $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
- $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
- $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + (\text{SO}_4)^{2-}$

Dimana ion-ion H^+ , Na^+ , Cu^{2+} merupakan ion positif atau disebut kation, sedangkan Cl , $(\text{SO}_4)^{2-}$, merupakan ion negatif atau disebut anion.

2.5. Teori Tumbukan

Teori ini memberikan dasar anggapan bahwa bila suatu reaksi kimia terjadi, maka partikel-partikel harus bertumbukan. Sebagai contoh senyawa A bereaksi dengan senyawa B, maka Partikel-partikel A yang mungkin berupa molekul-molekul, ion-ion, atau atom-atom mengadakan tumbukan dengan partikel B.

Di dalam tumbukan molekul-molekul dapat menembus satu terhadap yang lain hingga penolakan elektron dapat diatasi dan dalam keadaan ini elektron dapat diatur kembali dan satu jenis baru atau lebih dapat dibentuk. Untuk menghasilkan tumbukan diperlukan energi tambahan guna menghasilkan reaksi kimia, energi tambahan ini disebut energi aktivasi.

Sesuai dengan teori tumbukan, kelajuan dari setiap langkah dalam suatu reaksi adalah berbanding lurus dengan (1) jumlah tumbukan per detik antara partikel-partikel yang bereaksi dalam langkah itu dan (2) bagian dari tumbukan itu yang efektif.

2.6. Tumbukan Dalam Satu Dimensi

Tumbukan dibedakan menurut kekal-tidaknya energi kinetik selama proses. Jika energi kinetiknya kekal, tumbukan tersebut bersifat lenting (elastik), jika tidak disebut tak-lenting (*inelastik*), (D Halliday & R Resnick, 1996:280). Sampai taraf tertentu tumbukan antar benda-benda besar selalu bersifat tak lenting, tetapi sebagai pendekatan seringkali dianggap lenting, misalnya tumbukan antara dua bola gading dan kaca. Jika setelah tumbukan kedua benda menempel menjadi satu, tumbukan disebut sama sekali tak-lenting. Istilah sama sekali tak-lenting, tidak berarti bahwa semua energi kinetiknya hilang, tetapi energi kinetiknya hilang sebesar masih sejalan (tidak bertentangan) dengan kekekalan momentum.

Jika tumbukannya tak lenting, maka menurut definisinya, energi kinetiknya tidak kekal. Energi kinetik dapat lebih kecil daripada harga awalnya, selisih energi ini diubah menjadi energi potensial deformasi (perubahan bentuk) dalam tumbukan. Energi kinetik akhir dapat pula lebih besar daripada harga awalnya, yaitu bila ada tenaga potensial yang dilepaskan selama tumbukan. Dalam hal ini kekekalan momentum dan kekekalan total tetap berlaku.

2.7. Energi Aktivasi

Energi aktivasi merupakan energi yang dibutuhkan dan harus dimiliki oleh zat-zat yang bereaksi untuk membentuk keadaan transisi.

Selama perubahan kimia, molekul-molekul yang bereaksi akan terus bertumbukan ketika molekul-molekul tersebut bergerak secara acak. Tetapi untuk banyak reaksi eksoterm tidak serta merta, pada temperatur kamar kebanyakan molekul sekedar terpental setelah bertabrakan tanpa bereaksi. Misalnya, dalam suatu campuran hidrogen dan oksigen pada temperatur kamar, molekul-molekul berulang-ulang bertabrakan satu sama lain dan terpental tanpa perubahan, tetapi jika panas di tambahkan ke dalam wadah, molekul-molekul akan memperoleh cukup energi untuk bereaksi bila mereka bertabrakan.

Sebagai contoh lain, sebuah bola yang diam dalam suatu lekukan pada meja akan melepaskan energinya jika bola itu dapat menggelinding ke bawah. Tetapi, itu tidak akan terjadi kecuali jika energinya dinaikkan dulu secukupnya agar dapat keluar dari lekukan.

2.8. Proses Pengadukan

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H_2). Selain itu juga akan timbul kotoran-kotoran akibat proses. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hal ini sering disebut “pitting”. Kadang juga kotoran akan menempel pada benda yang dilapis, sehingga permukaannya menjadi jelek dan terlapis.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut maka selama proses harus dilaksanakan pengadukan. Dengan adanya pengadukan maka gas hidrogen maupun kotoran tidak akan menempel pada permukaan benda yang dilapis sehingga tidak akan ada “pitting”. Pitting yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan menjadi tambah buruk juga menyebabkan kerapuhan hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan nampak bila benda kerja dibengkokkan maka logam pelapis menjadi patah atau retak.

Pengadukan yang dilakukan terhadap elektrolit ada 3 jenis menurut caranya:

1. Pengadukan Mekanik

Yang dimaksud dengan pengadukan mekanik disini adalah pengadukan dengan alat-alat mekanik, seperti: kipas, lempengan ayun dan lainnya.

2. Pengadukan dengan Udara

Cara pengadukan ini paling sering digunakan diindustri karena mempunyai banyak kelebihan dibandingkan pengadukan secara mekanik.

Dengan cara pengadukan udara maka bagian yang masuk kedalam elektrolit untuk melakukan pengadukan adalah hanya sebuah slang-slang plastik.

Prosesnya adalah udara dikompresikan didalam kompresor, kemudian udara kompresi dialirkan kedalam elektrolit dengan menggunakan slang plastik yang tahan bahan kimia. Karena adanya udara bertekanan tadi maka elektrolit akan teraduk. Dengan mengatur tekanan udara yang keluar dari kompresor maka besar atau kuatnya pengadukan juga dapat diatur.

3. Pengadukan Katoda

Berbeda dengan kedua cara pengadukan tadi, maka cara pengadukan katoda ini adalah tanpa mengaduk zat cair (elektrolit), disini yang bergerak adalah katodanya. Dalam beberapa proses pelapisannya, justru ada yang lebih disarankan menggunakan cara ini pada pengadukan dengan udara. Penggunaan cara pengadukan katoda

umumnya dilakukan pada proses pelapisan yang tidak banyak menimbulkan gas hidrogen atau lainnya. Proses pelapisan dengan menggunakan cara pengadukan katoda diantaranya adalah pelapisan tembaga.

2.9. Gerak Partikel

Gerak dapat didefinisikan sebagai perubahan letak secara terus-menerus. Pada kebanyakan gerak yang sesungguhnya, tiap-tiap titik pada suatu benda bergerak menurut lintasanya masing-masing.

Hukum I Newton tentang gerak menyebutkan “Setiap benda akan tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan kecuali jika ia dipaksa untuk mengubah keadaan oleh gaya-gaya yang berpengaruh padanya”. Dalam hal ini gerak suatu benda dapat dianggap merupakan gerak benda itu sebagai keseluruhan, yaitu gerak translasi, setra gerak rotasi, kalau ada. Besarnya nilai kecepatan gerak translasi dan gerak rotasi dapat dituliskan sebagai berikut.

- kecepatan pada gerak translasi

$$v = \frac{s}{t} \quad (2.1)$$

dimana s adalah jarak yang ditempuh dan t adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut.

- kecepatan gerak rotasi

$$\omega = \frac{s}{R.t} \quad (2.2)$$

dimana, s adalah panjang busur, R adalah jari-jari lingkaran, dan t adalah waktu.

Sedangkan untuk besar gaya yang bekerja pada partikel dapat ditulis berdasarkan hukum Newton II.

$$F = m.a \quad (2.3)$$

dimana m adalah masa partikel, dan a adalah kecepatan per sekon partikel.

2.10. Logam Pelapis Nikel dan Aplikasinya

Nikel sebagai bahan logam pelapis mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- Lambang : Ni
- Nomor atom : 28
- Berat atom : 58,71

- Rapat massa : 8,9 gr/cm³
- Titik leleh : 1455°C
- Bentuk kristal : Kubus pusat sisi (f.c.c)

Saat ini pelapisan nikel pada besi dan baja banyak sekali dilaksanakan. Baik untuk tujuan pencegahan karat saja ataupun untuk menambah keindahan. Dengan hasil lapisannya yang mengkilap maka dari segi ini nikel adalah yang paling banyak diinginkan untuk melapis permukaan. Dalam pelapisan nikel selain dikenal lapisan mengkilap, terdapat juga jenis pelapisan yang buram hasilnya. Tapi tampak permukaan yang buram inipun dapat juga digosok hingga halus dan mengkilap. Jenis lain dari pelapisan nikel adalah pelapisan yang berwarna hitam. Warna hitam inipun tampak menarik dan digunakan biasanya untuk melapisi laras senapan dan lainnya.

2.11. Proses Pembentukan Logam Pelapis pada Proses *Electroplating*

Pada proses pengendapan, ion-ion logam secara bersama-sama melekatkan diri ke beberapa kedudukan (lokasi) tertentu, membentuk ikatan dengan permukaan katoda dan sebagian muatannya ternetralisasi (adion). Adion-adion ini menyebar kepermukaan logam yang dilapisi dan tumbuh mengisi cacat-cacat, serta tumbuh secara lateral sampai akhirnya kisi-kisi bertetangga saling membentuk batas butiran dan terus tumbuh sehingga deposit (logam pelapis) semakin tebal (Hartomo,1992:65).

2.12. Kelekatan Logam Pelapis pada Logam Induk (*Base Metal*)

Adhesi dijelaskan sebagai pelekatan bersama dari dua material. Kekuatan adhesi dalam pengertian praktis, adalah tegangan yang di butuhkan untuk melepaskan lapisan dari logam induk. Kekuatan adhesi adalah faktor penting yang mengendalikan beberapa karakteristik fungsional seperti umur pakai yang panjang dan ketahanan korosi pada lapisan tipis (<1 μm), lapisan tebal (>1 μm), dan lapisan yang sangat besar (>25 μm) adalah adhesi antara lapisan dan logam induk (Bhusham, 1991:15.45).

Adhesi yang baik terjadi jika ikatan antara lapisan dan logam induk adalah sama atau lebih besar daripada kekuatan kohesif (ikatan antara molekul yang sejenis) diantara keduanya. Adhesi yang baik akan didapatkan jika proses electroplating dilakukan dengan benar (ASTM.1982:419).

Adhesifitas yang baik dari logam pelapis pada substrat (logam induk) adalah salah satu kebutuhan yang paling utama. Untuk adhesi yang baik, substrat harus

dibersihkan secara menyeluruh, dan bebas dari lapisan film. Untuk adhesifitas yang optimum, substrat dan lapisan logam pelapis harus saling berdifusi dengan butiran yang saling berikatan, untuk memberikan daerah pertemuan permukaan yang baik (Busham, 1991:10.26).

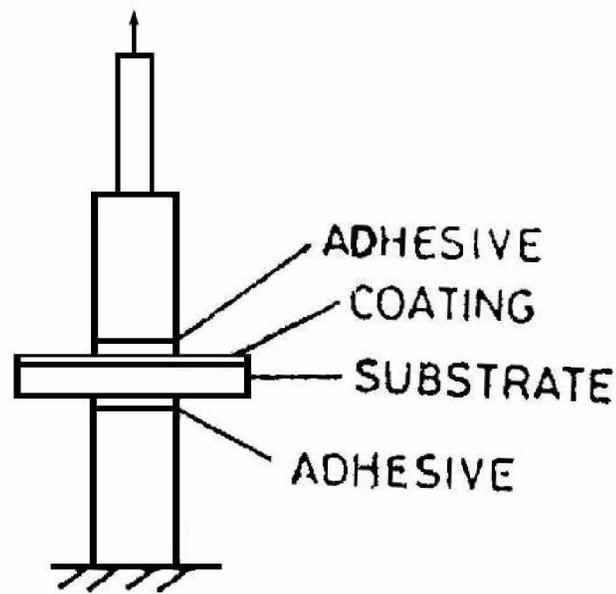
Adanya *blister* (porositas tertutup berukuran besar) dan *peeling* (porositas tertutup berukuran kecil) akan menurunkan adhesifitas. *Blister* dan *peeling* disebabkan oleh rapat arus yang terlampaui tinggi, adanya *impurities* (pengotor), konsentrasi larutan elektrolit yang terlalu tinggi, perlakuan permukaan sebelum proses pelapisan, dan kondisi substrat (logam induk) itu sendiri.

Dengan kenaikan rapat arus, kemungkinan terjadinya *blister* dan *peeling*, karena gas hidrogen yang dihasilkan disekitar katoda semakin banyak. Untuk mengurangi produksi gas hidrogen dapat dilakukan dengan menaikkan temperatur proses atau konsentrasi larutan elektrolit.

2.13. Pengujian Adhesivitas Dengan Metode *Direct Pull-Off Method*

Dasar dari pengukuran metode ini adalah seperti pada gambar 2.2 dengan memasang sejenis alat penarik (seperti batang kuningan dengan kepala datar) yang direkatkan pada permukaan benda uji dengan bantuan logam leleh atau lem yang sangat kuat, kemudian logam pelapis ditarik dengan arah normal searah permukaannya dengan menggunakan alat uji tarik. Kesulitan menggunakan metode ini adalah kepala penarik harus dipasang sejajar agar beban yang diterima oleh permukaan benda uji bisa seragam, pengujian ini juga dibatasi oleh terbatasnya kekuatan lem dan logam leleh yang ada untuk menahan gaya tarik dan kepala tarik. (Bhusan, 1991 : 15.48)

Batas dari pengujian ini adalah sesuai dengan kekuatan lem, yaitu sekitar 70 sampai 85 MPa. Nilai adhesifitas logam pelapis adalah berada pada kisaran dibawah 70 MPa (Bhusan, 1991:8.24).



Gambar 2.2. Instalasi pengujian adhesifitas metode tarik langsung (*Direct Pull-Off Methode*).

Sumber : Handbook of Tribology, 1991:15.48

2.14. Proses Elektrolisis Larutan Elektrolit

Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut larutan elektrolit, sedang proses penguraian ion-ion dari larutan tersebut disebut ionisasi. Proses ionisasi yang diakibatkan oleh adanya arus listrik tersebut dinamakan proses elektrolisis. Bila zat-zat (senyawa ion, basa atau asam) dimasukkan ke dalam air, ion-ion yang tidak bergerak menjadi terpisah dan bergerak sehingga memungkinkan larutan tersebut menghantarkan listrik. Larutan elektrolit harus mengandung bahan-bahan terlarut yang memiliki fungsi menyediakan sumber logam yang akan diendapkan, misalnya untuk pelapisan nikel maka larutan elektrolit yang digunakan harus mengandung nikel. Disamping itu juga perlu ditambah asam sebagai katalis.

Larutan yang digunakan dalam pelapisan nikel dijelaskan oleh Watts (1916) dan seringkali disebut dengan larutan Watts atau *Watts bath*. Larutan ini digunakan dalam pelapisan untuk tujuan dekoratif, dan *engineering*.

Adapun komponen-komponen yang ada dalam Watts bath ini terdiri dari nikel sulfat, nikel klorit, dan asam Boric. Tiap komponen ini memiliki peran yang penting dalam menghasilkan lapisan nikel yang baik.

- Ø Nikel sulfat (NiSO_4) adalah sumber utama ion nikel dalam larutan untuk pelapisan. Nikel sulfat ini bisa didapatkan dalam keadaan murni dan relatif murah. Anionnya bersifat stabil dan tidak tereduksi di katoda, teroksidasi di anoda ataupun menguap. Konsentrasi nikel sulfat yang tinggi digunakan bila diperlukan penggunaan arus listrik yang tinggi.
- Ø Nikel klorid (NiCl_2) yang berfungsi untuk meningkatkan korosi anoda. Selain itu juga untuk meningkatkan konduktivitas dan keseragaman distribusi ketebalan lapisan. Jumlah klorid yang banyak akan meningkatkan korosifitas dari larutan.
- Ø Asam boric (H_3BO_3) digunakan untuk menjaga konsentrasi hidrogen (pH) pada lapisan katoda.

2.15. Rapat Arus (*Current Density*)

Definisi rapat arus adalah besar arus tiap jumlah luas permukaan benda kerja yang akan dilapisi (Sanders, 1950:4). Atau dituliskan dalam bentuk persamaan :

$$CD = \frac{I}{A} \quad (\text{A/dm}^2) \quad (2.4)$$

Dengan : CD = rapat arus (A/dm^2)

I = arus yang dialirkan (A)

A = luas permukaan katoda (dm^2)

Rapat arus ini memegang peranan yang sangat penting dalam proses pelapisan listrik. Baik dan buruknya hasil pelapisan ditentukan oleh sesuai atau tidaknya rapat arus yang digunakan dalam proses pelapisan tersebut.

Ketika rapat arus yang digunakan terlalu kecil maka proses pengendapan pada katoda akan berjalan dengan lambat. Ini berarti laju pelepasan elektron, yang berhubungan pada pengendapan logam pelapis terjadi secara lambat. Tetapi tidak dapat dipakai arus sebesar-besarnya untuk mempercepat pengendapan, hal ini disebabkan karena rapat arus yang terlalu tinggi akan menyebabkan jeleknya hasil pelapisan.

Rapat arus yang tinggi akan mempercepat laju pembentukan deposit logam pelapis ke logam yang dilapisi dan rapat arus yang rendah akan memperlambat waktu pembentukan deposit, waktu pembentukan deposit yang lambat akan memberikan kesempatan butir untuk tumbuh (*growth nuclei*) daripada untuk munculnya butir baru (*fresh nuclei*) apabila pembentukan butir lebih lambat dari butir tumbuh maka logam deposit berbutir kasar dan permukaannya kasar, waktu pembentukan deposit yang

lebih cepat menyebabkan butir-butir baru daripada butir tumbuh. Apabila pembentukan butir baru lebih cepat dari butir tumbuh maka logam deposit akan berbutir kecil dan permukaannya halus (Wahyono,1996).

Bertambahnya rapat arus menyebabkan laju deposisi menjadi tinggi, tapi besar rapat arus harus dibatasi, karena arus listrik dalam proses elektroplating tidak hanya digunakan untuk pembentukan lapisan logam saja, tetapi juga dipakai untuk pembentukan gas hidrogen yang berpengaruh pada porositas dan perubahan orientasi kristal logam pelapis (Wahyono, 1996).

2.16. Hukum Faraday pada Proses *Electroplating*

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

1. Berat dari logam yang diendapkan (w) pada saat berlangsung proses elektrolisa berbanding lurus dengan jumlah kuat arus (I) dan waktu (t).
2. Untuk jumlah arus yang sama, berat dari logam yang diendapkan berbanding lurus dengan ekivalen kimianya.

Pernyataan diatas dapat dirumuskan sebagai berikut (Sanders, 1950:7) :

$$w = \frac{I \times t \times A}{z \times F} \text{ (gr)} \quad (2.5)$$

Dengan : w = berat logam yang diendapkan (gr)

I = arus yang digunakan (Ampere)

t = waktu (detik)

A = berat atom (gr/mol)

z = valensi

F = bilangan Faraday = 96500 Coulomb/mol

Dari rumus diatas, ketebalan deposit dapat diperoleh dengan asumsi deposit sepanjang permukaan seragam (Sanders,1950:7). Untuk mengetahui ketebalan deposit maka kita harus mengetahui volume dari logam, dan hubungan tersebut sebagai berikut:

$$\text{Density} = \frac{\text{Berat endapan}}{\text{Volume}} \text{ [gr / cm}^3 \text{]}$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{Berat endapan}}{\text{Density}} \text{ [cm}^3 \text{]} \quad (2.6)$$

Ketebalan endapan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas permukaan}} \text{ [cm]} \quad (2.7)$$

Hukum Faraday dapat menjelaskan pengaruh penambahan waktu pada proses pelapisan logam dengan listrik. Semakin lama waktu yang digunakan, maka deposit logam yang dihasilkan juga semakin besar.

2.17. Efisiensi Arus

Efisiensi Arus dalam proses elektroplating diartikan sebagai presentase dari total arus yang digunakan untuk proses deposisi katoda pada besi (logam yang dilapisi) dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Arus} = \frac{\text{Berat Lapisan Nyata}}{\text{Berat Lapisan Teoritis}} \times 100\%$$

Dalam Proses lektroplating kita menginginkan semua arus yang dialirkan berguna dalam proses elektroplating. Adalah suatu kerugian jika terdapat fraksi dari arus yang digunakan untuk reaksi yang lain (termasuk panas yang timbul pada bak elektroplating). Sayangnya, sangat sering terjadi bahwa arus digunakan untuk proses yang merugikan. Sebagai contoh efisiensi arus yang jelek adalah terjadi pada proses pelapisan krom keras, dimana banyak arus yang terbuang untuk pembentukan gas hidrogen.

2.18. Kerangka Berfikir Teoritis

Untuk menghasilkan suatu reaksi kimia, maka partikel-partikel harus bertumbukan. Sebagai contoh senyawa A bereaksi dengan senyawa B, maka Partikel-partikel A yang mungkin berupa molekul-molekul, ion-ion, atau atom-atom mengadakan tumbukan dengan partikel B. Dalam hal ini, untuk menghasilkan suatu tumbukan diperlukan energi tambahan, energi tambahan ini disebut energi aktivasi.

Pada proses *electroplating* penambahan energi dapat berupa kenaikan temperatur proses, penambahan rapat arus, dan melakukan pengadukan larutan elektrolit, dengan tujuan dapat mempercepat terjadinya reaksi pengendapan logam pelapis pada logam yang dilapisi.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H₂). Selain itu juga akan timbul kotoran-kotoran akibat

proses. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan, dimana keadaan ini dapat mengurangi daya rekat dari logam hasil pelapisan.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut maka selama proses harus dilakukan pengadukan. Dengan adanya pengadukan memberikan banyak kesempatan bagi molekul-molekul, ion-ion untuk saling bertumbukan, sehingga dapat mempercepat terjadinya reaksi. Selain itu pengadukan juga berfungsi untuk mengurangi adanya gas hidrogen maupun kotoran yang menempel pada permukaan benda yang dilapis, sehingga didapatkan hasil pelapisan yang memiliki daya rekat yang tinggi.

2.19. Hipotesis

Dengan adanya variasi jarak pengadukan larutan elektrolit maka hasil pelapisan akan memiliki nilai ketebalan yang tinggi dan daya rekat yang tinggi pula.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen sejati (*true experimental research*) dengan melibatkan 1 variabel bebas yaitu jarak pengadukan larutan elektrolit, dan 2 variabel terikat yaitu ketebalan dan kerekatan dari hasil pelapisan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan POLITEKNIK Negeri Malang dan Laboratorium $\alpha\beta\gamma$ Malang. Adapun waktu pengambilan data dimulai pada bulan Februari 2007 s/d selesai.

3.3. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah

a. Variabel bebas: Jarak pengadukan dari anoda divariasikan mulai dari 2 cm, 4 cm, 6 cm, dan 8 cm.

b. Variabel terikat

Adapun variabel terikatnya adalah ketebalan dan kerekatan hasil pelapisan.

c. Variabel kendali

Adapun variabel terkendalinya adalah waktu pelapisan 30 menit dan temperatur larutan elektrolit 40°C.

3.4. Peralatan dan Bahan yang digunakan

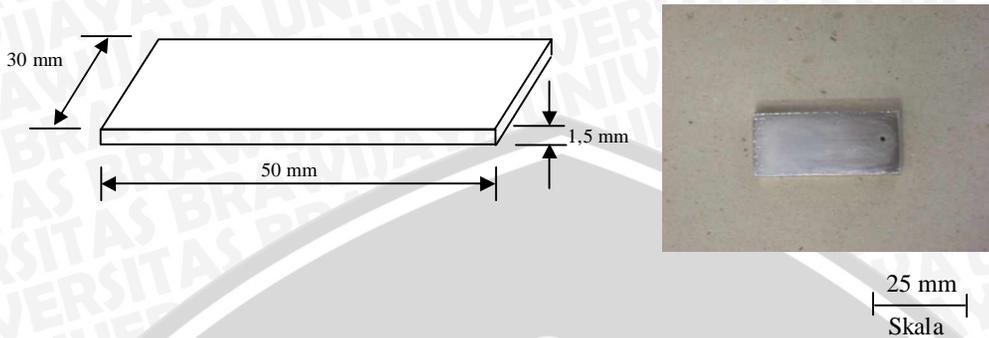
3.4.1. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1. Gergaji | 5. Kertas gosok |
| 2. Timbangan Elektrik | 6. Instalasi <i>electroplating</i> |
| 3. Gelas ukur | 7. Stop watch |
| 4. Rol meter | 8. Alat uji Tarik |

3.4.2. Bahan yang digunakan

Bahan spesimen yang digunakan adalah baja SS 40 dengan komposisi (0,02% C; 0,2% Si; 0,10% Mn; 0,05% Cr; 0,002% Ni; 0,02% S; 0,04% P; 0,02 Mo%, dan

99,525% Fe), sedangkan ukuran dan dimensi benda kerja dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Spesimen benda kerja

3.5. Prosedur penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah:

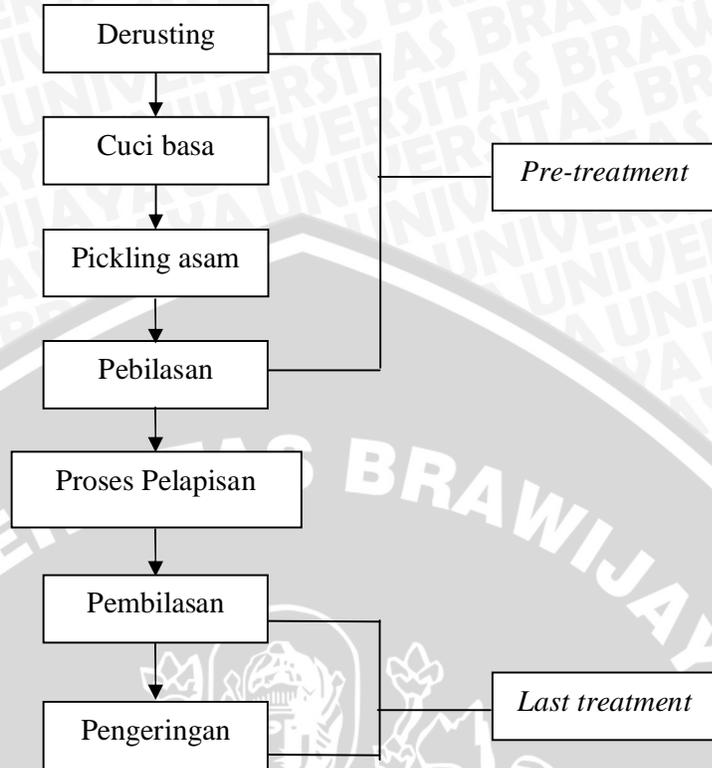
1. Menyiapkan spesimen sesuai dengan bentuk dan ukuran yang ditentukan dengan dilakukan proses pemotongan.
2. Melakukan proses perlakuan awal (*pretreatment*).
3. Menyiapkan bahan untuk pembuatan larutan elektrolit.
4. Memasukan larutan elektrolit, kemudian di ikuti proses pengadukan.
5. Menyalakan atau mempersiapkan instalasi *electroplating*.
6. Prosedur pelapisan spesimen, dengan mengatur variasi pengadukan
7. Benda kerja dikeluarkan, kemudian di ikuti proses perlakuan akhir (*last treatment*).
8. Mengukur ketebalan dan kerekatan hasil dari pelapisan.

3.6. Prosedur Proses Pelapisan

Proses pelapisan dengan *electroplating* dibagi dalam tiga tahap proses yaitu:

- Proses perlakuan awal (*Pre treatment*)
- Proses pelapisan (*Plating*)
- Proses perlakuan akhir (*Post treatment*)

Prosedur pelapisan dapat dijelaskan dalam bentuk skema seperti terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2. Skema proses pelapisan

1. Proses Perlakuan Awal (*Pre treatment*)

Perlakuan awal amat penting dalam menentukan keberhasilan pelapisan, jika perlakuan awal ini berjalan sempurna maka pelapisan akan mempunyai kualitas yang memenuhi syarat.

§ Mengatifkan permukaan benda kerja yaitu dengan menghilangkan lapisan oksida yang ada sehingga lapisan yang terjadi akan menempel dengan baik.

§ Mengeluarkan bahan-bahan yang dapat menimbulkan kontaminasi pada larutan.

Proses ini meliputi:

a. *Derasting*

Merupakan proses menghilangkan karat dan cat dari permukaan benda kerja dengan kertas gosok.

b. *Pencucian*

Digunakan untuk membersihkan permukaan benda kerja lebih lanjut. Proses yang digunakan adalah dengan membersihkan benda kerja dengan air yang telah di destilasi.

c. Pickling Asam

Digunakan untuk menghasilkan permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Lapisan oksida benda kerja akan terkikis sehingga akan mudah mereduksi nikel. Larutan yang dipakai ialah larutan H_2SO_4 pelat 40 ml + aquades 200 ml, pada proses ini benda kerja dicelupkan dalam larutan selama 1 menit.

d. Pembilasan

Digunakan untuk menetralkan sisa larutan yang menempel pada permukaan setelah dilakukan proses pickling asam. Pada proses ini benda kerja dicelupkan pada air murni (*aquades*).

2. Proses Pelapisan

- Komposisi larutan

Nikel sulphat : 300 gr/l

Nikel klorit : 50 gr/l

Asam boric : 40 gr/l

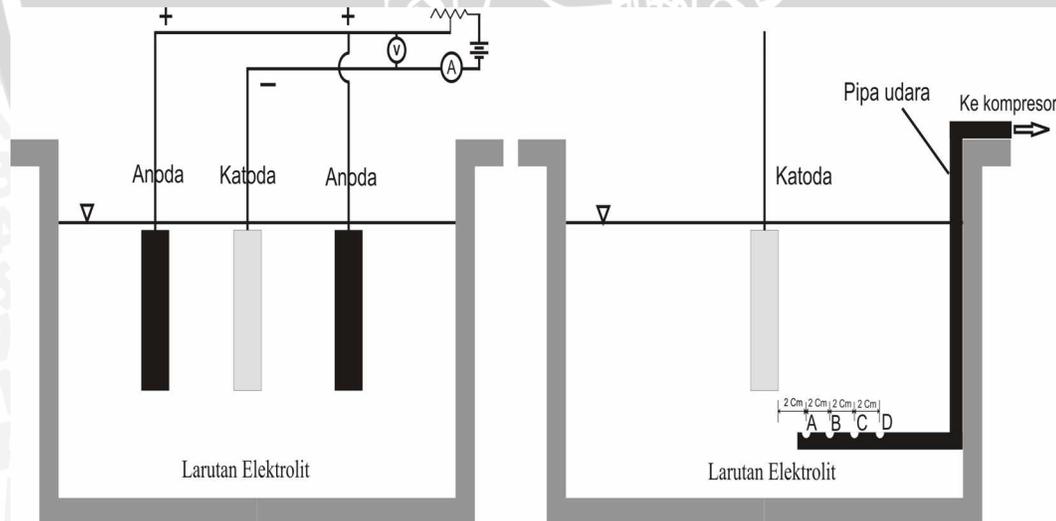
- Kondisi Operasi

Temperatur : $40^{\circ}C$

Anoda : Nikel

Katoda : Baja SS 40

Pada gambar 3.3. dapat dilihat rancangan instalasi *electroplating* yang digunakan.



Gambar 3.3. Diagram konstruksi *electroplating*

Keterangan:

- o Jarak pengadukan 2 cm bila lubang A dibuka dan lubang B, C dan D ditutup.
- o Jarak pengadukan 4 cm bila lubang B dibuka dan lubang A, C dan D ditutup.
- o Jarak pengadukan 6 cm bila lubang C dibuka dan lubang A, B dan D ditutup.
- o Jarak pengadukan 8 cm bila lubang D dibuka dan lubang A,B dan C ditutup.

3. Proses Perlakuan Akhir

Proses ini dibutuhkan setelah proses pelapisan nikel selesai, terdiri dari:

a. Pembilasan

Digunakan untuk membersihkan sisa larutan yang menempel pada permukaan setelah dilakukan proses pelapisan, pada proses ini benda kerja dibilas dengan aquades.

b. Pengeringan

Digunakan untuk mengeringkan benda kerja yang telah dibilas, pengeringan ini dapat dilakukan diruang terbuka atau dengan alat pemanas.

3.7. Metode Pengukuran Data

Pada intinya adalah mengukur ketebalan dan kerekatan lapisan nikel, adapun langkah-langkah sebagai berikut:

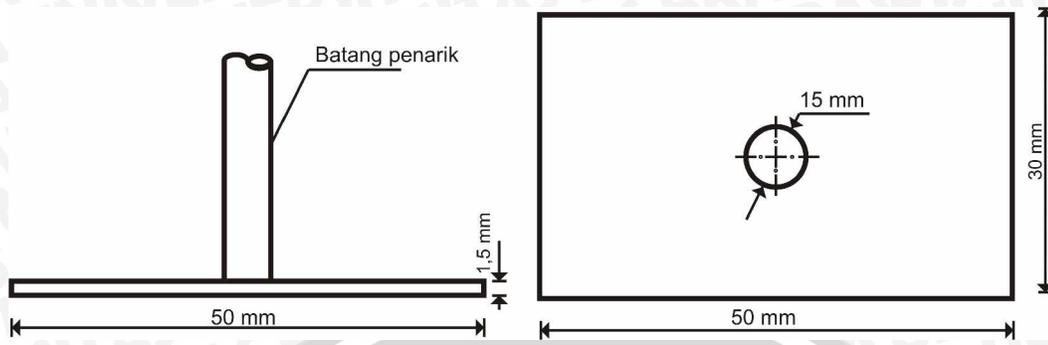
1. Benda kerja ditimbang dan dilakukan uji tarik.
2. Dilakukan perhitungan ketebalan dan kerekatan dari spesimen yang telah dilapis.
3. Diulang lagi pada spesimen dengan variasi jarak pengadukan yang lain, lalu dibandingkan.

3.8. Pengukuran Adhesifitas Lapisan Nikel

Pada intinya adalah mengukur adhesifitas lapisan nikel terhadap logam induk dengan alat uji tarik, adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan permukaan spesimen dari kotoran yang menempel dengan menggunakan air sabun.
2. Pemasangan batang penarik dengan menggunakan lem standart uji adhesifitas logam pelapis, menunggu sampai lem kering dan mempunyai kekuatan rekat yang maksimal (± 8 jam).
3. Membuat sayatan melingkar pada permukaan spesimen yang akan diuji dengan menggunakan *cutter*.
4. Pengukuran adhesifitas logam pelapis dengan alat uji tarik.
5. Mencatat data yang tertera di alat.
6. Diulangi lagi pada spesimen dengan variasi pengadukan dan waktu pelapisan yang lain, lalu dibandingkan.

Adapun bentuk spesimen uji tarik yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Spesimen uji tarik

3.9. Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan dan kerekatan lapisan. Dimana faktor variasi pengadukan tiga level, maka dalam penelitian ini digunakan model analisa varian satu arah, bertujuan untuk menduga perubahan rata-rata pada nilai ketebalan dan kerekatan lapisan akibat dari perubahan jarak pengadukan larutan elektrolit. Hasil pengujian dari ketebalan dan kerekatan lapisan ditabelkan seperti terlihat pada tabel 3.1. sebagai berikut:

Tabel 3.1. Rancangan data ketebalan lapisan Nikel

Pengulangan	Tanpa Pengadukan	Jarak Pengadukan (cm)			
		2	4	6	8
		Tebal Lapisan (mm)			
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{35}
Σ	ΣY_{i1}	ΣY_{i2}	ΣY_{i3}	ΣY_{i4}	ΣY_{i5}
Rata-rata	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5

Keterangan: Y_{ij} = nilai ketebalan lapisan

Tabel 3.2. Rancangan data kerekatan lapisan Nikel

Pengulangan	Tanpa Pengadukan	Jarak Pengadukan (cm)			
		2	4	6	8
		Kerekatan Lapisan (MPa)			
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅
3	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅
Σ	Σ Y _{i1}	Σ Y _{i2}	Σ Y _{i3}	Σ Y _{i4}	Σ Y _{i5}
Rata-rata	μ ₁	μ ₂	μ ₃	μ ₄	μ ₅

Keterangan: Y_{ij} = nilai kerekatan lapisan

Dikarenakan data yang diperoleh masih dalam satuan kilo Newton (kN), sedangkan standart satuan untuk adhesifitas logam pelapis adalah Pascal (Pa) maka diperlukan konversi satuan dari Newton ke Pascal. Sebagai dasar konversi adalah sebagai berikut:

Diketahui:

- Diameter batang penarik (D_p) = 1,5 cm = 1,5 x 10⁻² m
- Luas batang penarik (A_p) = $\frac{\pi}{4} \times D_p^2 = \frac{\pi}{4} \times (1,5 \cdot 10^{-2})^2 = 1,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Konversi satuan Newton ke pascal:

$$\text{Pascal} = \frac{\text{Newton}}{A_p} = \frac{N}{m^2}$$

3.9.1. Rancangan Analisa Interval Penduga

Berdasarkan data pada tabel 3.1 dan 3.2 diatas, maka dapat dicari interval penduga sebagai berikut:

1. Data rata – rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.1)$$

2. Standart deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

3. Standar deviasi rata-rata ($\bar{\sigma}$)

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.3)$$

4. Interval penduga rata-rata

Derajat bebas (db) = n-1 = 3-1 = 2

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha/2; db)$, nilai t didapat dari tabel.

Sehingga interval penduga rata-rata dapat diketahui dengan rumus :

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\bar{\sigma} \quad (3.4)$$

3.9.2. Rancangan Analisis Varian Satu Arah

Setelah diperoleh data dari perhitungan ketebalan hasil pelapisan, maka dilakukan analisis varian dengan menggunakan analisis varian satu arah. Dari analisis varian satu arah maka akan dapat diketahui ada tidaknya pengaruh jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan. Harga variabel dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ maka hipotesis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

(Tidak ada pengaruh nyata pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan)

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

(Ada pengaruh nyata pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan)

Adapun perhitungan statistik varian satu arah adalah sebagai berikut :

1. Jumlah Seluruh Perlakuan

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \quad (3.5)$$

2. Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$= \left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2 \quad (3.6)$$

3. Faktor Koreksi (FK)

$$= \frac{\left[\sum_{n=1}^n \sum_{k=1}^k Y_{ij} \right]^2}{nk} \quad (3.7)$$

4. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK \quad (3.8)$$

5. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$= \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK \quad (3.9)$$

6. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$= JKT - JKP \quad (3.10)$$

7. Kuarat Tengah Perlakuan (KTP)

$$= \frac{JKP}{k-1} \quad (3.11)$$

8. Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$= \frac{JKG}{N-k} \quad (3.12)$$

Ada tidaknya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dapat diuji melalui metode uji F dengan cara menghitung F_{hitung} dari rumusan :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \quad (3.13)$$

Untuk penyederhanaan analisis varian satu arah, maka dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3. Rancangan Analisa varian satu arah

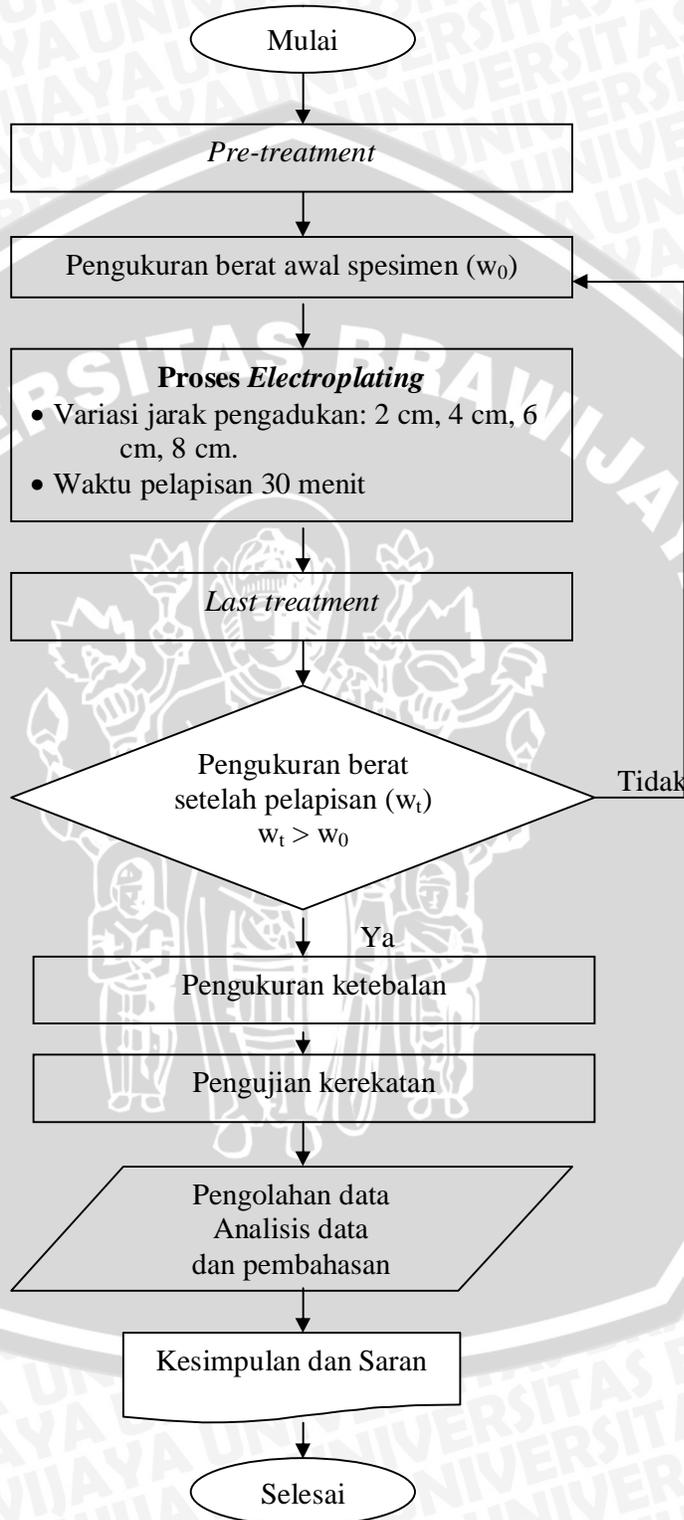
Jumlah Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	k-1	JKP	KTP	$\frac{KTP}{KTG}$	F_{tabel}
Galat	k(n-1)	JKG	KTG		
Total	nk-1	JKT			

Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- 1) Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak. Hal ini berarti dengan adanya variasi jarak pengadukan larutan elektrolit berpengaruh terhadap ketebalan dan kerekatan hasil pelapisan.
- 2) Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima. Hal ini berarti dengan adanya variasi jarak pengadukan larutan elektrolit tidak berpengaruh terhadap ketebalan dan kerekatan hasil pelapisan.



3.10. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5. Diagram alir penelitian

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan proses pelapisan nikel pada material benda kerja, maka dilakukan pengambilan data dengan pengukuran ketebalan dan pengukuran kerekatan permukaan hasil proses pelapisan.

Tabel 4.1. Berat awal spesimen sebelum proses pelapisan (gr)

Pengulangan	Tanpa Pengadukan (0)	Jarak Pengadukan (cm)			
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
		Berat Spesimen (gr)			
1	20,58	21,35	21,08	21,16	20,58
2	21,24	20,08	20,73	20,82	20,82
3	20,62	21,16	20,64	20,56	21,07
Σ	62,44	62,59	62,45	62,54	62,47
Rata-rata	20,81	20,86	20,82	20,85	20,82

Tabel 4.2. Berat spesimen setelah proses pelapisan (gr)

Pengulangan	Tanpa Pengadukan (0)	Jarak Pengadukan (cm)			
		2	4	6	8
		Berat Spesimen (gr)			
1	21,46	21,1	21,83	21,71	22,28
2	22,17	21,36	21,42	21,34	20,68
3	21,54	21,72	21,09	21,42	21,85
Σ	65,17	64,18	64,34	64,47	64,81
Rata-rata	21,72	21,39	21,45	21,49	21,60

4.2. Data ketebalan dari hasil pelapisan

Pengambilan data ketebalan dari hasil pelapisan dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dengan satuan centimeter (cm) dengan menggunakan persamaan:

$$Volume = \frac{Berat\ endapan}{Density} \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas permukaan}} \text{ [cm]}$$

Contoh perhitungan pada spesimen dengan berat 21,46 gr dan luas permukaan 32,4 cm²

$$\text{Volume} = \frac{21,46\text{gr} - 20,58\text{gr}}{8,9\text{gr.cm}^{-3}} = 0,099 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ketebalan} = \frac{0,099\text{cm}^3}{32,4\text{cm}^2} = 0,031 \text{ mm}$$

Data hasil pengukuran ketebalan dari semua spesimen uji dapat dilihat pada table 4.3

Tabel 4.3. Data ketebalan hasil pelapisan (mm)

Pengulangan	Tanpa Pengadukan (0)	Jarak Pengadukan (cm)			
		2	4	6	8
		Tebal Lapisan (mm)			
1	0,031	0,018	0,023	0,022	0,032
2	0,032	0,019	0,021	0,021	0,021
3	0,032	0,023	0,018	0,027	0,024
Σ	0,095	0,060	0,062	0,070	0,077
Rata-rata	0,032	0,020	0,021	0,023	0,026
Total Jumlah		0,363			
Kuadrat Jumlah	0,00090	0,00035	0,00039	0,00049	0,00059
Total Kuadrat Jumlah		0,00272			

4.2.1. Analisa Interval Penduga

Dari analisa statistik dapat diketahui interval penduga rata-rata. Berikut ini salah satu contoh perhitungan statistik nilai Ketebalan lapisan untuk data spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm:

1. Data rata – rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{0,060}{3} = 0,020$$

2. Standart deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,00000178}{2}} = 0,002427$$

3. Standar deviasi rata-rata ($\bar{\sigma}$)

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,002427}{\sqrt{3}} = 0,001401$$

4. Interval penduga rata-rata

$$\text{Derajat bebas (db)} = n-1 = 3-1 = 2$$

$$\text{Dengan mengambil } \alpha = 5 \% \text{ maka } t(\alpha/2; \text{db}) = (0,025; 2) = 4,303$$

Sehingga interval penduga rata-rata dapat diketahui dengan rumus:

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, \text{db}\right)\bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, \text{db}\right)\bar{\sigma}$$

$$0,020 - (4,303 \times 0,001401) < \mu < 0,020 + (4,303 \times 0,001401)$$

$$0,014 < \mu < 0,026$$

Interval penduga rata-rata nilai ketebalan spesimen dengan jarak pengadukan larutan elektrolit 2 cm adalah antara 0,014 mm sampai dengan 0,026 mm, dengan tingkat keyakinan 95%.

Dengan cara yang sama maka didapatkan interval penduga rata-rata untuk spesimen dengan jarak pengadukan larutan elektrolit yang lain, yaitu:

Tabel 4.4. Interval penduga rata-rata ketebalan lapisan

Jarak pengadukan (cm)	Ketebalan lapisan (mm)
Tanpa Pengadukan (0)	$0,029 < \mu < 0,034$
2	$0,014 < \mu < 0,026$
4	$0,015 < \mu < 0,027$
6	$0,015 < \mu < 0,031$
8	$0,011 < \mu < 0,040$

Data perhitungan ketebalan yang diperoleh untuk semua pengulangan yaitu sebanyak tiga kali untuk masing-masing variasi jarak pengadukan, data tersebut masih berada diantara batasan maksimum dan minimum interval penduga rata-rata. Interval penduga rata-rata dibuat untuk melihat apakah data pengulangan adalah seragam.

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dibuktikan bahwa data pengujian yang telah diperoleh adalah seragam.

4.2.2. Analisa Varian Satu Arah

Setelah diperoleh data dari perhitungan ketebalan hasil pelapisan, maka dilakukan analisis varian dengan menggunakan analisis varian satu arah. Dari analisis varian satu arah maka akan dapat diketahui ada tidaknya pengaruh jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan. Harga variabel dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ maka hipotesis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

(Tidak ada pengaruh nyata pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan)

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

(Ada pengaruh nyata pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan)

Adapun perhitungan statistik varian satu arah adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Seluruh Perlakuan

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 0,363430$$

2. Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$= \left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2 = 0,000919$$

3. Faktor Koreksi (FK)

$$= \frac{\left[\sum_{n=1}^n \sum_{k=1}^k Y_{ij} \right]^2}{nk} = \frac{0,000919}{15} = 0,000061$$

4. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK = 0,000919 - 0,000061 = 0,000857$$

5. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$= \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK = \frac{0,00272}{3} - 0,000061 = 0,000846$$

6. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$= JKT - JKP = 0,000857 - 0,000846 = 0,000012$$

7. Kuarat Tengah Perlakuan (KTP)

$$= \frac{JKP}{k-1} = \frac{0,000846}{4} = 0,000211$$

8. Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$= \frac{JKG}{N-k} = \frac{0,000012}{10} = 0,000001$$

Ada tidaknya pengaruh variasi jarak pengadukan terhadap ketebalan hasil lapisan dapat diuji melalui metode uji F dengan cara menghitung F_{hitung} dari rumusan :

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{KTP}{KTG} \\ &= \frac{0,0000211}{0,0000001} \\ &= 182,3676 \end{aligned}$$

Dengan menentukan tingkat kesalahan (α) sebesar 5%, maka didapat nilai F_{tabel} sebesar :

$$F_{tabel}(4 ; 10 ; 0,05) = 3,48$$

Dari hasil perhitungan statistik dihasilkan tabel analisa varian satu arah ketebalan hasil pelapisan sebagai berikut :

Tabel 4.5. Analisa varian satu arah data ketebalan lapisan

Jumlah Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	0,000846	0,000211	18,23676095	3,48
Galat	10	0,000012	0,000001		
Total	15	0,000857			

Dari tabel 4.5 analisis varian satu arah diatas dapat terlihat $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat pengaruh nyata antara jarak

pengadukan larutan elektrolit terhadap ketebalan hasil pelapisan dengan tingkat signifikansi (α) 5 % atau tingkat keyakinan 95 %.

4.3. Data Kerekatan Hasil Pelapisan

Pengambilan data kerekatan dari hasil pelapisan dilakukan dengan 3 kali pengulangan dalam satuan MPa. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada table 4.6.

Table 4.6. Data Hasil Pembebanan (kN)

Pengulangan	Tanpa Pengadukan (0)	Jarak Pengadukan (cm)			
		2	4	6	8
		Pembebanan (kN)			
1	0,54	0,6	0,59	0,58	0,56
2	0,53	0,61	0,6	0,59	0,57
3	0,53	0,62	0,59	0,59	0,56
Σ	1,6	1,83	1,78	1,75	1,69
Rata-rata	0,533	0,61	0,593	0,583	0,563

Pengambilan data pembebanan masing-masing dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Pengambilan data adhesifitas dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik dengan satuan kilo Newton (kN). Sedangkan standar untuk satuan adhesifitas logam pelapis adalah Pascal (MPa), maka data dari tabel 4.6 diatas dirubah kedalam satuan Pascal (MPa), berikut adalah contoh hubungan antara satuan kilo Newton ke Mega Pascal:

- Data $Y_{11} = 0,54 \text{ kN}$
- Luas batang penarik = $1,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Konversi satuan :

$$Y_{11} = \frac{0,54 \text{ kN} \cdot 10^3}{1,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,06 \text{ MPa}$$

Dari hasil konversi data diatas, maka diperoleh tabel data dalam satuan Mega Pascal (MPa) sebagai berikut:

Tabel 4.7. Data Adhesifitas Logam Pelapis (MPa)

Pengulangan	Tanpa Pengadukan (0)	Jarak Pengadukan (cm)			
		2	4	6	8
		Kerekatan Lapisan (MPa)			
1	3,06	3,39	3,34	3,28	3,17
2	3,00	3,45	3,39	3,34	3,23
3	3,00	3,51	3,34	3,28	3,17
Σ	9,06	10,35	10,07	9,90	9,57
Rata-rata	3,02	3,45	3,36	3,30	3,19
Total Jumlah	48,97				
Kuadrat Jumlah	82,06	107,35	101,56	98,17	91,55
Total Kuadrat Jumlah	480,69				

4.3.1. Analisa Interval Penduga

Dari analisa statistik dapat diketahui interval penduga rata-rata. Berikut ini salah satu contoh perhitungan statistik nilai kerekatan hasil pelapisan untuk data spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm:

1. Data rata – rata (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{10,35}{3} = 3,45$$

2. Standart deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0064108}{2}} = 0,0566170$$

3. Standar deviasi rata-rata ($\bar{\sigma}$)

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,0566170}{\sqrt{3}} = 0,0326870$$

4. Interval penduga rata-rata

$$\text{Derajat bebas (db)} = n-1 = 3-1 = 2$$

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha/2; db) = (0,025; 2) = 4,303$

Sehingga interval penduga rata-rata dapat diketahui dengan rumus :

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \bar{s} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \bar{s}$$

$$3,45 - (4,303 \times 0,033) < \mu < 3,45 + (4,303 \times 0,033)$$

$$3,31 < \mu < 3,59$$

Interval penduga rata-rata nilai kerekatan spesimen dengan jarak pengadukan larutan elektrolit 2 cm adalah antara 3,31 MPa sampai dengan 3,59 MPa, dengan tingkat keyakinan 95%.

Dengan cara yang sama maka didapatkan interval penduga rata-rata untuk spesimen dengan jarak pengadukan larutan elektrolit yang lain, yaitu :

Tabel 4.8. Interval penduga rata-rata kerekatan lapisan

Jarak Pengadukan (cm)	Kerekatan Lapisan (MPa)
Tanpa Pengadukan (0)	$2,88 < \mu < 3,16$
2	$3,31 < \mu < 3,59$
4	$3,28 < \mu < 3,44$
6	$3,22 < \mu < 3,38$
8	$3,11 < \mu < 3,27$

Data pengujian kerekatan yang diperoleh untuk semua pengulangan yaitu sebanyak tiga kali untuk masing-masing variasi jarak pengadukan, data tersebut masih berada diantara batasan maksimum dan minimum interval penduga rata-rata. Interval penduga rata-rata dibuat untuk melihat apakah data pengulangan adalah seragam. Berdasarkan tabel 4.8 dapat dibuktikan bahwa data pengujian yang telah diperoleh adalah seragam.

4.3.2. Analisa Varian Satu Arah

Dari analisis varian satu arah maka akan dapat diketahui ada tidaknya pengaruh jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap kerekatan hasil pelapisan. Harga variabel dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ maka hipotesis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

(Tidak ada pengaruh nyata jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap kerekatan hasil pelapisan)

$$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

(Terdapat pengaruh nyata jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap kerekatan hasil pelapisan)

Adapun perhitungan statistik varian satu arah adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Seluruh Perlakuan

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 48,973814$$

2. Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$= \left[\sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2 = 160,2460982$$

3. Faktor Koreksi (FK)

$$= \frac{\left[\sum_{n=1}^n \sum_{k=1}^k Y_{ij} \right]^2}{\sum nk} = \frac{160,2460982}{15} = 10,6830732$$

4. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK = 160,2460982 - 10,6830732 = 149,563025$$

5. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$= \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK = \frac{480,693418}{3} - 10,6830732 = 149,548066$$

6. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$= JKT - JKP = 149,563025 - 149,548066 = 0,014959$$

7. Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$= \frac{JKP}{k-1} = \frac{149,548066}{4} = 37,3870165$$

8. Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$= \frac{JKG}{N-k} = \frac{0,014959}{10} = 0,0014959$$

Ada tidaknya pengaruh variasi jarak pengadukan terhadap kerekatan hasil lapisan dapat diuji melalui metode uji F dengan cara menghitung F_{hitung} dari rumusan :

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{KTP}{KTG} \\ &= \frac{37,3870165}{0,0014959} \\ &= 24992,98 \end{aligned}$$

Dengan menentukan tingkat kesalahan (α) sebesar 5%, maka didapat nilai F_{tabel} sebesar :

$$F_{tabel}(4 ; 10 ; 0,05) = 3,48$$

Dari hasil perhitungan statistik dihasilkan tabel analisa varian satu arah kerekatan lapisan sebagai berikut :

Tabel 4.9. Analisa varian satu arah data kerekatan lapisan

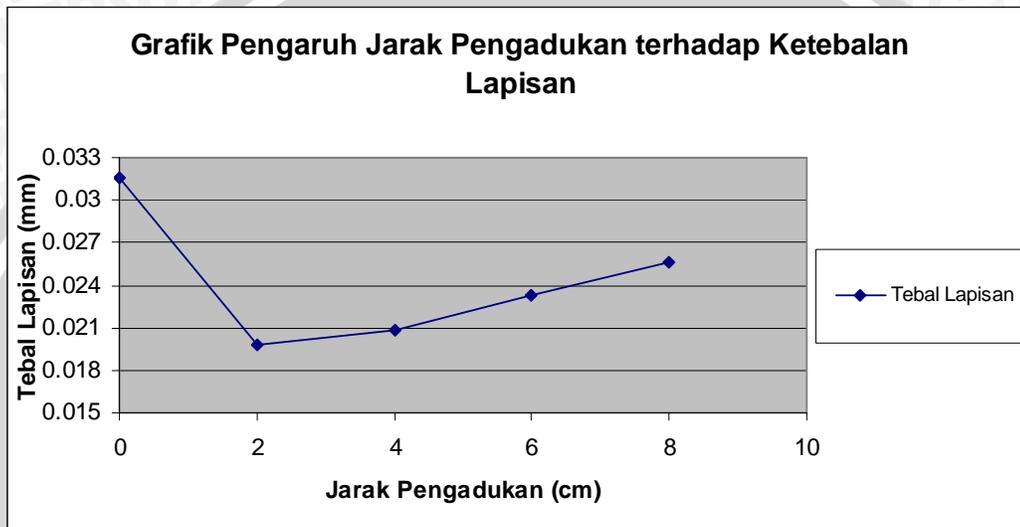
Jumlah Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	149,548	37,387	24992,98	3,48
Galat	10	0,014959	0,0014959		
Total	15	149,563			

Dari tabel 4.9 analisis varian satu arah diatas dapat terlihat $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat pengaruh nyata antara jarak pengadukan larutan elektrolit terhadap kerekatan hasil pelapisan dengan tingkat signifikansi (α) 5 % atau tingkat keyakinan 95 % faktor koreksi (f_k).

4.4. Pembahasan

Berdasarkan pengujian dan perhitungan statistik yang telah dilakukan mengenai pengaruh jarak pengadukan elektrolit terhadap ketebalan dan kerekatan hasil pelapisan nikel, maka dapat dibuatkan grafik hubungan antara jarak pengadukan elektrolit terhadap ketebalan dan kerekatan hasil pelapisan.

4.4.1. Pengaruh Jarak Pengadukan terhadap Ketebalan Lapisan



Gambar 4.1. Grafik pengaruh jarak pengadukan terhadap ketebalan lapisan

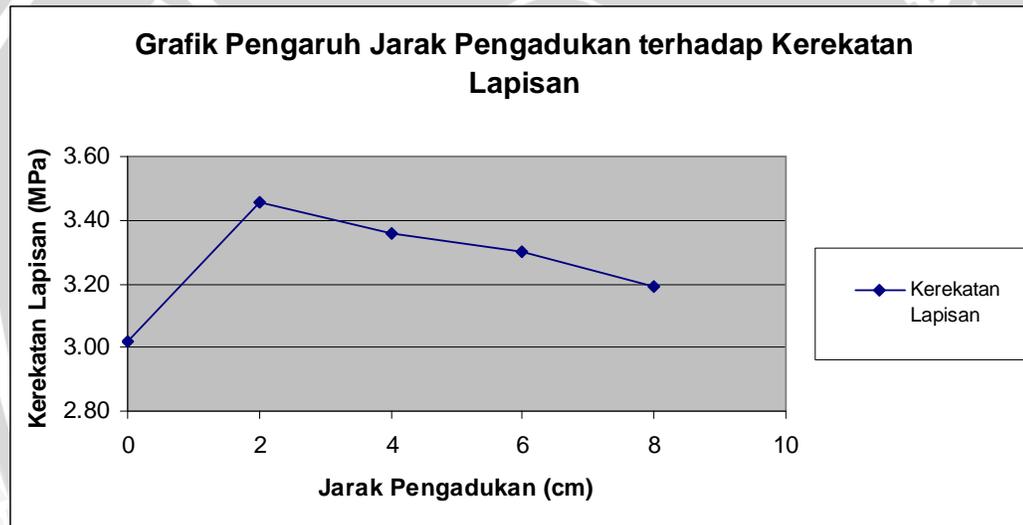
Pada gambar 4.1 diatas dapat diketahui hubungan jarak pengadukan terhadap ketebalan lapisan. Dimana terdapat kecendrungan kenaikan nilai ketebalan lapisan seiring dengan kenaikan nilai jarak pengadukan, yaitu: 0,026 mm pada jarak pengadukan 8 cm; 0,023 mm pada jarak 6 cm; 0,021 mm pada jarak 4 cm; 0,020 mm pada jarak pengadukan 2 cm, dan ketebalan maksimal di dapat pada spesimen tanpa pengadukan (0) sebesar 0,032 mm.

Pada gambar di atas, nilai ketebalan maksimum didapat pada proses *electroplating* dengan jarak pengadukan 8 cm, hal ini dikarenakan pada saat reaksi terjadi, kecepatan gerak ion dari anoda ke katoda mengikuti persamaan (2.1) yaitu $v = \frac{s}{t}$, dalam hal ini kecepatan lain berupa laju larutan elektrolit akibat pengadukan larutan elektrolit yang mempengaruhi laju ion dari anoda ke katoda semakin kecil. Sebaliknya ketebalan lapisan semakin tipis ketika jarak pengadukan semakin dekat, ketebalan minimum didapat pada spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm atau jarak

pengaduk terdekat dari katoda, hal ini terjadi karena dengan dekatnya pengadukan maka kecepatan laju larutan elektrolit di sekitar katoda semakin besar, sesuai dengan persamaan (2.2) yaitu $\omega = \frac{s}{R.t}$, jika s dan t konstan, maka kecepatan ini akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya R (jari-jari), dimana R adalah jarak pengadukan.

Dalam hal ini kecepatan gerak v berlawanan arah dengan kecepatan ω , artinya gerak ion berkecepatan v akan dihambat oleh kecepatan akibat adanya pengadukan larutan elektrolit (ω), sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan semakin besarnya ω akan mengurangi laju ion dari anoda ke katoda (v).

4.4.2. Pengaruh Jarak Pengadukan terhadap Kerekatan Lapisan



Gambar 4.2. Grafik jarak pengaruh pengadukan terhadap kerekatan lapisan

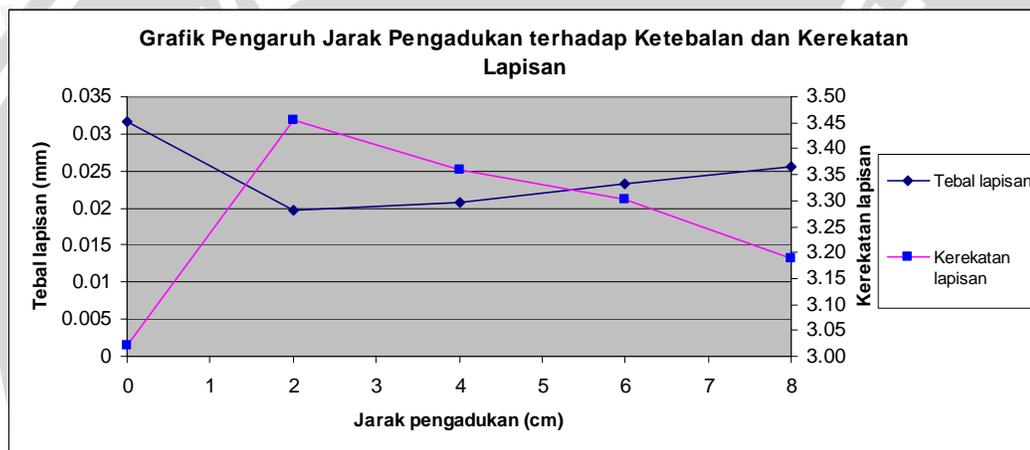
Pada gambar 4.2 dapat diketahui hubungan jarak pengadukan terhadap kerekatan lapisan. Dimana terdapat kecenderungan penurunan nilai kerekatan lapisan seiring dengan kenaikan nilai jarak pengadukan, yaitu: 3,02 MPa pada spesimen tanpa pengadukan (0), 3,19 MPa pada jarak pengadukan 8 cm; 3,30 MPa pada jarak 6 cm; 3,36 MPa pada jarak 4 cm; dan kerekatan maksimum pada jarak pengadukan 2 cm yaitu sebesar 3,45 MPa.

Daya rekat lapisan pada proses *electroplating* dipengaruhi oleh adanya porositas atau gelembung udara yang timbul akibat proses yang terdapat pada sela-sela antara logam yang dilapisi dan yang terlapis, karena terjadi reaksi pembentukan

hidrogen di daerah sekitar katoda. Porositas ini dapat dikurangi dengan melakukan pengadukan larutan elektrolit.

Pada gambar 4.2 diatas terlihat bahwa dengan semakin dekatnya jarak pengadukan maka nilai kerkatan lapisan semakin tinggi, hal ini terjadi karena dengan semakin dekatnya letak pengaduk maka laju aliran elektrolit disekitar katoda semakin besar, sesuai dengan persamaan (2.2) yaitu $\omega = \frac{s}{R.t}$, aliran elektrolit ini akan menyebabkan gelembung gas hidrogen yang menempel pada katoda akan terpecah dan terbawa aliran larutan elektrolit sehingga tidak terjadi porositas.

4.4.3. Pengaruh Jarak Pengadukan terhadap Ketebalan dan Kerekatan Lapisan



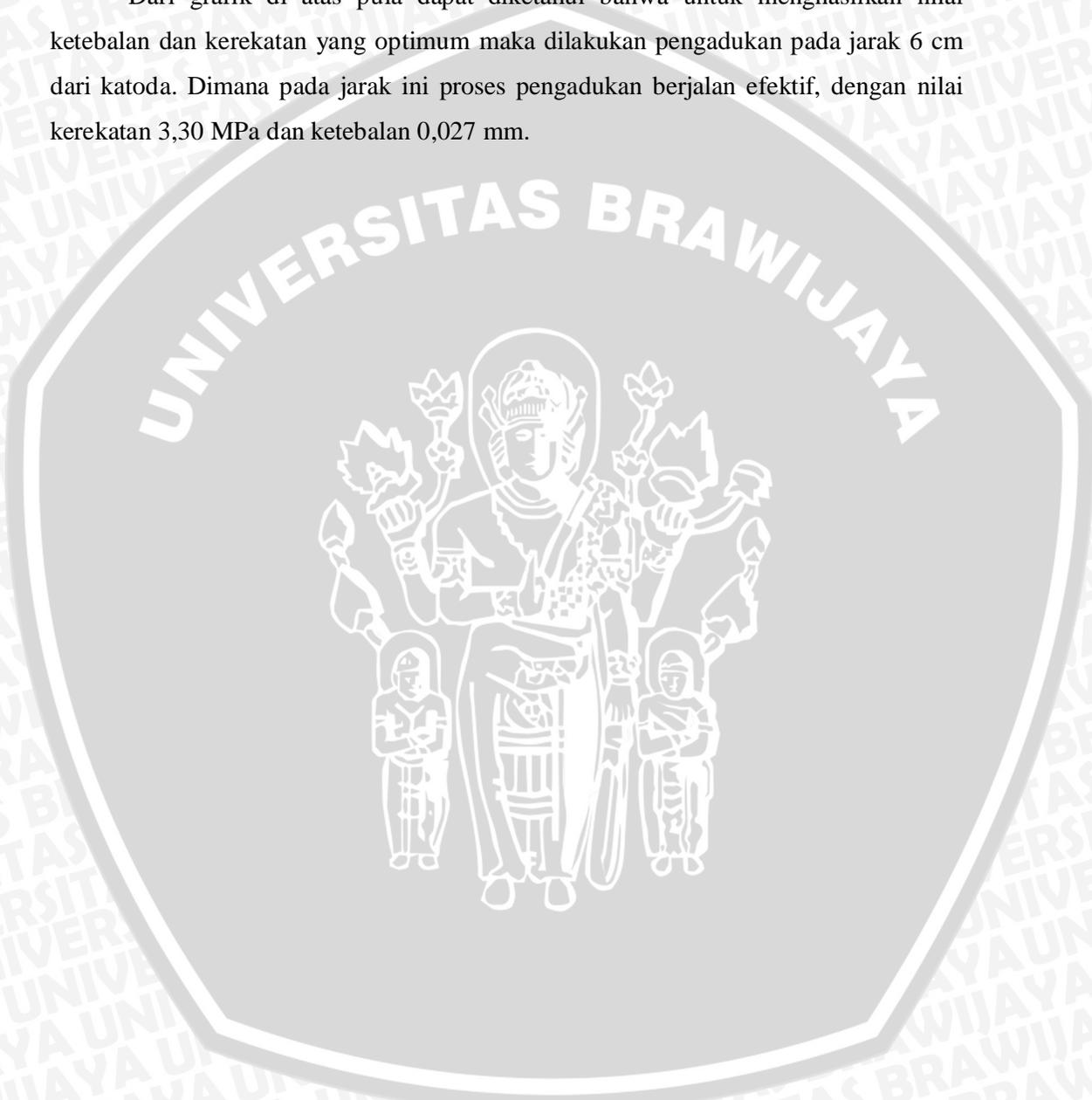
Gambar 4.3. Grafik pengaruh jarak pengadukan terhadap ketebalan dan kerekatan lapisan

Pada gambar 4.3 diatas diketahui bahwa ketebalan maksimum sebesar 0,026 mm terjadi pada spesimen dengan jarak pengadukan 8 cm, ketebalan minimum sebesar 0,020 mm terjadi pada spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm. Dari gambar juga terlihat bahwa nilai kerekatan maksimum sebesar 3,45 MPa terjadi pada spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm, dan kerekatan minimum didapat pada spesimen dengan jarak pengadukan 8 cm, sebesar 3,02 MPa.

Hal ini terjadi karena pada spesimen dengan jarak pengadukan 8 cm kecepatan laju larutan elektrolit semakin berkurang, sehingga laju ion ke katoda semakin cepat, akan tetapi dengan semakin jauh jarak pengadukan tersebut dapat meningkatkan terjadinya porositas yang menyebabkan penurunan daya rekat lapisan. Hal sebaliknya terjadi pada spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm atau jarak terdekat letak

pengaduk dari katoda, dengan semakin dekatnya jarak pengadukan ini kecepatan laju larutan elektrolit disekitar katoda semakin besar, sehingga memperlambat deposit nikel pada logam induk, tapi dengan semakin dekatnya pengadukan ini akan semakin mengurangi gas H_2 penyebab porositas, sehingga tercapai kerekatan maksimum.

Dari grafik di atas pula dapat diketahui bahwa untuk menghasilkan nilai ketebalan dan kerekatan yang optimum maka dilakukan pengadukan pada jarak 6 cm dari katoda. Dimana pada jarak ini proses pengadukan berjalan efektif, dengan nilai kerekatan 3,30 MPa dan ketebalan 0,027 mm.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa data dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan adanya variasi jarak pengadukan larutan elektrolit, memberikan ketebalan yang berbeda-beda pada hasil pelapisan. Ketebalan lapisan maksimal diperoleh pada spesimen uji dengan jarak pengadukan 8 cm sebesar 0,026 mm, sedangkan ketebalan minimum diperoleh pada spesimen dengan jarak pengadukan 2 cm sebesar 0,020 mm.
- Dengan adanya variasi jarak pengadukan larutan elektrolit, memberikan kerekatan yang berbeda-beda pada hasil pelapisan. Kerekatan lapisan maksimal diperoleh pada spesimen uji dengan jarak pengadukan 2 cm sebesar 3,45 MPa, sedangkan kerekatan minimum diperoleh pada spesimen pada jarak pengadukan 8 cm sebesar 3,02 MPa.
- Nilai ketebalan dan kerekatan optimum didapat pada spesimen dengan jarak pengadukan 6 cm dengan nilai ketebalan 0,027 mm dan nilai kerekatan 3,30 MPa.

5.2. Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh pengadukan larutan elektrolit terhadap laju korosi hasil pelapisan.
- Pemilihan lem yang tepat sangat menentukan kelancaran uji adhesifitas lapisan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Comitee. 1964. *Metals Handbook*. Ohio. American Society for Metals.
- ASTM Handbook Comitee. 1982. *1982 Annual Book of ASTM Standarts Part-9*. Philadelphia. American Society for Testing Material.
- Berman, Andreas. 2005. "Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Pickling Terhadap Adhesivitas Logam Pelapis hasil Pelapisan Nikel pada Baja". Skripsi Tidak diterbitkan. Malang: jurusan Mesin FT Unibraw
- Chamberlain, J dan Trethewey, KR. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekeyasawan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Darmawan, Isak. 2005. "Pengaruh Laju Aliran Larutan Elektrolit dan Waktu pelapisan Terhadap Kerekatan dan Ketebalan pada Proses *Elektroplating Hard Chromium*". Skripsi Tidak diterbitkan. Malang: jurusan Mesin FT Unibraw.
- Hartomo, Anton J. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam*. Yogyakarta: Andi offset.
- Halliday, David & Resnick, Robert. 1996. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Ramdali, Rakhmat. 2005. "Pengaruh Sudut dan Panjang Lintasan Penyemprotan Pada Proses *Sand Blasting* Terhadap Adhesivitas Logam Pelapis Hasil Pelapisan *Hard Chrome*". Skripsi Tidak diterbitkan. Malang: jurusan Mesin FT Unibraw
- Sanders, Robert. 1950. *The Canning Handbook on Electroplating*. New York: Mc Graw-Hill, Inc.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2001. *Kimia Dasar*. Yogyakarta. UGM Press.
- Suprpto, Wahyono. 1996. Penentuan Variabel Pelapisan Krom Keras pada Cetakan Tempa. Thesis tidak diterbitkan. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- Taufik, Dr. Tatang A dan Yani, Ir. Ahmad. 1998. *Teknologi Pelapisan Logam Secara Listrik*. <http://www.iptek.net.id>.

