

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian-penelitian mengenai *electroplating* sudah banyak dilakukan pada saat ini. Pemilihan *electroplating* sendiri dianggap mampu menambah sifat dari suatu logam dengan biaya yang terjangkau. Pelapisan dengan lapisan *nickel chrome* pada stod sepeda motor supaya stod memiliki sifat tahan karat.

Darmawan, dkk (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi kuat arus listrik dan waktu proses *electroplating* pada baja karbon terhadap kekerasan, ketebalan lapisan, dan kekuatan tarik. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh ketebalan lapisan tertinggi dengan besar kuat arus 27,3 Ampere dan waktu 15 menit adalah 0,00015 mm dengan perhitungan dan 0,483 mm hasil pengamatan mikroskop dengan pembesaran 400 kali. Kekerasan yang di hasilkan berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu dimana hasil kekerasan yg tertinggi dengan arus 27,3 Ampere dan waktu 15 menit adalah 239,58 kg/mm² atau 12,621 % lebih keras di bandingkan *raw material*.

Raharjo (2010) meneliti mengenai pengaruh tegangan listrik dan waktu terhadap kekerasan, ketebalan, dan struktur mikro pada hasil lapisan *hard chrome* untuk baja karbon rendah dengan menggunakan metode *electroplating*. Penelitian tersebut menggunakan baja karbon rendah yang dilapisi *hard chrome*, menggunakan metode *electroplating* dengan variasi tegangan listrik 4 Volt, 6 Volt, 8 Volt, 10 Volt, dan 12 Volt. Serta digunakan waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit lalu dilakukan pengujian kekerasan, ketebalan, dan struktur mikro. Adanya kenaikan nilai ketebalan yang disebabkan dengan seiringnya kenaikan tegangan listrik yang diberikan pada tiap-tiap spesimen, semakin tinggi tegangan yang diberikan maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin banyak dan menyebabkan lapisan yang dihasilkan semakin tebal.

Penelitian Paridawati (2013) menjelaskan mengenai pengaruh variasi tegangan listrik dan lama waktu *electroplating* terhadap ketebalan pada baja karbon rendah dengan pelapisan *chrome*. Penelitian ini menggunakan baja karbon rendah

yang dilapisi dengan menggunakan metode *electroplating* dengan variasi tegangan listrik 1,5 Volt, 2 Volt, 2,5 Volt, 3 Volt, 3,5 Volt serta lama waktu pelapisan 5, 10, dan 15 menit. Pelapisan terbaik adalah pelapisan dengan tegangan 3,5 Volt dengan lama waktu 15 menit, dikarenakan besar dimensi spesimen dan rapat arus yang tersedia sangat tepat. Lama waktu proses *electroplating* juga berpengaruh terhadap ketebalan hasil pelapisan. Semakin lama waktu proses *electroplating* maka semakin tebal lapisan yang terjadi. Oleh karena itu, semakin lama waktu yang diberikan maka akan memberi kesempatan kepada material pelapis mengendap pada katoda

Rasyad & Arto (2018) meneliti terkait pengaruh temperatur, waktu, dan kuat arus pada baja karbon rendah dalam proses *electroplating* terhadap kuat tarik, kuat tekuk, dan kekerasan. Diperoleh hasil atau data dengan nilai kekerasan tertinggi 100 VHN dengan proses *electroplating* pada kuat arus 6 A, temperatur 60°C dan waktu 5 jam, namun nilai kekerasan terendah 89,33 (VHN) dengan proses *electroplating* pada kondisi kuat arus 6 A, temperatur 50 °C dan waktu 5 jam.

Mulyudha (2013) melakukan penelitian mengenai pengaruh tebal lapisan *chrome* pada baja SS400 terhadap sifat mekanik dengan menggunakan *electroplating*. Proses pelapisan yang dilakukan dengan variasi waktu yang berbeda yaitu 1 jam dan 2 jam dengan kuat arus listrik 200 A. Hasil ketebalan yang didapat setelah dilakukan pelapisan yaitu dengan nilai rata-rata ketebalan pada pelapisan selama 1 jam yaitu 93,33 μm dan pelapisan selama 2 jam meningkat menjadi 164,33 μm . Setelah menghitung ketebalan, dilakukan uji tarik dimana masing-masing spesimen antara lain pelapisan selama tanpa proses pelapisan, 1 jam, dan 2 jam dan didapat sifat mekanik pada spesimen tersebut mengalami *elongation* pada tanpa proses lapisan mendapat nilai rata-rata 9,17%, kemudian pelapisan 1 jam mendapatkan rata-rata yaitu 9,55% meningkat menjadi 11,11% untuk pelapisan 2 jam.

Sutomo, dkk (2012) meneliti terkait pengaruh arus dan waktu pada pelapisan nikel dengan metode *electroplating* untuk bentuk plat. Dengan variasi kuat arus listrik dari 2,5 hingga 6 Ampere dan waktu pencelupan 600 detik sampai 2400 detik. Diperoleh semakin lama waktu pelapisan akan meningkatkan ketebalan pelapisan, begitu pula dengan penambahan arus listrik akan meningkatkan

ketebalan pelapisannya. Pada 1200 detik terlihat bahwa terjadi kenaikan ketebalan yang lebih menguntungkan saat 3 – 4 Ampere.

Penelitian mengenai variabel tegangan dalam proses pelapisan khususnya *electroplating* pada alat penyepuh logam yang telah dilakukan oleh Anwar (2008). Variasi yang digunakan diantaranya 2, 3, dan 4 Volt. Pada percobaan 2 Volt dengan waktu *plating* selama 15 menit dimana disini hasil *plating* sangat bagus dimana hasil *plating* terasa licin, mengkilat. Pada percobaan 3 Volt dengan waktu *plating* selama 15 menit dimana hasil pelapisan juga bagus yang hasil benda kerja yang dilapisi terasa agak licin dan mengkilat. Pada percobaan 4 Volt dengan waktu *plating* selama 15 menit dimana hasil *plating* agak bagus yang mana hasil benda kerja yang di-*plating* terasa juga agak licin dan agak mengkilat. Kesimpulan dari penelitian ini adalah proses *electroplating* hendaknya memiliki arus yang besar dan tegangan yang kecil dan hasil yang memiliki tegangan yang kecil akan menghasilkan hasil sepuhan yang sangat baik.

Mustopo (2011) melakukan penelitian mengenai pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan dan adhesivitas lapisan pada proses *electroplating chrome* dekoratif tanpa lapisan dasar, dengan lapisan dasar tembaga dan tembaga nikel. Variasi waktu pelapisan yakni 5, 10, dan 15 menit. Ketebalan terbesar diperoleh pada pelapisan tembaga *nickel chrome* dengan waktu pelapisan sebesar 15 menit. Lapisan yang dihasilkan adalah 9,40 μm . Lapisan dasar tembaga *nickel* membuat lapisan *chrome* akan lebih cepat menempel dibandingkan lapisan *chrome* tanpa lapisan dasar. Dapat disimpulkan dari penelitian ini semakin lama waktu pelapisan maka akan dihasilkan lapisan yang akan bertambah.

Furqon & Sulistijono (2015) meneliti pengaruh densitas arus dan waktu kontak efektif elektrolit gel terhadap ketebalan dan kekuatan lekat lapisan krom pada baja menggunakan metode *electroplating* dengan media elektrolit gel dengan penambahan 5% gelatin pada larutan elektrolit dan menganalisa pengaruh densitas arus (0,3 A/cm², 0,45 A/cm², 0,6 A/cm²) dan waktu kontak (300 detik, 600 detik dan 900 detik) dari hasil penelitian didapatkan peningkatan ketebalan dan berat dari lapisan seiring penambahan nilai parameter yang diaplikasikan. Sedangkan pada kualitas kelekatan lapisan tidak memiliki keteraturan pada hasil yang didapatkan

akan tetapi kelekatan maksimal pada penelitian ini didapatkan pada $0,6 \text{ A/cm}^2$ dan 600 s sebesar 23,15 MPa.

Setyahandana & Christianto (2017) meneliti pengaruh *hard chrome plating* dan variasi waktu pelapisan pada baja komponen kincir terhadap peningkatan kekerasan. Baja yang digunakan merupakan baja karbon rendah. Waktu pelapisan mulai dari 150 menit, 180 menit, 210 menit hingga 240 menit. Selain itu jarak anoda-katoda bervariasi dari 80, 120, 160, sampai 200 mm. Diperoleh kekerasan dengan nilai tertinggi sebesar 532 HV untuk waktu pelapisan selama 120 menit, tegangan 12 Volt, jarak anoda-katoda 150 mm, dan kuat arus listrik 10 A. Peningkatan kekerasan dari proses *hard chrome plating* naik linear sebanding dengan waktu pelapisan.

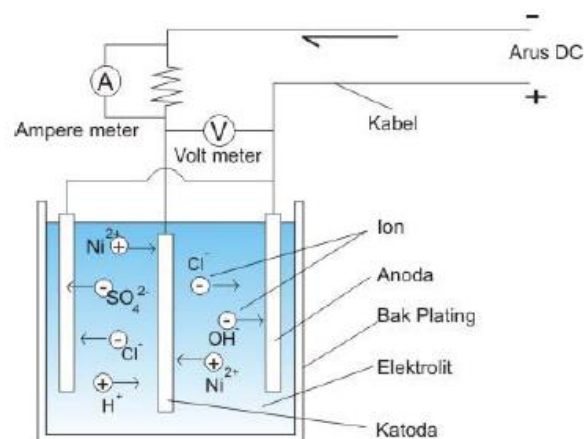
Penelitian terkait pengaruh waktu perendaman dan konsentrasi pelapisan krom terhadap laju korosi pada material *grey cast iron* telah dilakukan oleh Hardiyanti, dkk (2017). Penggunaan variasi konsentrasi CuSO_4 terdiri dari 30 %, 50 %, dan 70 % serta waktu perendaman 60, 90, serta 120 menit. Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi CuSO_4 dan waktu perendaman berpengaruh terhadap laju korosi. Semakin tinggi konsentrasi CuSO_4 , maka semakin rendah laju korosinya. Untuk waktu perendaman, laju korosi akan semakin lambat jika waktu perendaman semakin lama.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Electroplating*

Proses pelapisan logam dengan menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit disebut dengan *electroplating*. Bahan untuk melapisi atau pelapis bertindak sebagai anoda sedangkan substrat atau bahan yang akan dilapisi bertindak sebagai katoda. *Electroplating* sendiri bertujuan untuk menjadikan logam yang dilapisi menjadi tahan karat seperti pada baja yang digunakan pada bahan bangunan dan konstruksi. Arus listrik pada dasarnya adalah aliran elektron, yang dapat mengalir dari suatu atom ke atom lainnya.

Bila arah arus selalu sama setiap saat disebut sebagai arus searah (DC : *Direct Current*) dan bila terjadi arah balik terhadap arah dasarnya disebut sebagai arus bolak-balik (AC : *Alternating Current*). Arus yang dipakai pada *electroplating* adalah arus searah. Sumber arus DC dapat diperoleh dari *accumulator*, batu baterai atau dengan mengubah arus AC menjadi DC dengan menggunakan adaptor atau *rectifier*. Prinsip kerja *electroplating* adalah merupakan suatu rangkaian dari arus listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda yang membentuk satu kesatuan yang satu sama lain saling berkaitan. Larutan elektrolit berfungsi sebagai media penyuplai ion-ion logam dan harus mengandung unsur-unsur ion logam yang akan diendapkan, bersifat konduktif, sebagai *buffer*, pengatur pH dan membantu pelarutan anoda. Skema *electroplating* dapat dilihat pada **gambar 2.1**



Gambar 2.1 Proses *electroplating*

2.2.2 Rapat Arus

Rapat arus adalah harga yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir persatuan luas permukaan elektroda. Terbagi dalam dua macam rapat arus anoda dan rapat arus katoda. Pada proses pelapisan rapat arus listrik yang diperhitungkan adalah rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas permukaan benda kerja yang akan dilapis. Untuk proses *electroplating* ini faktor rapat arus memegang peranan sangat penting, karena akan mempengaruhi efisiensi pelapisan, reaksi reduksi oksidasi, dan difusi dari hasil pelapisan pada permukaan benda yang dilapisi. Nilai rapat arus dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

J = Rapat Arus Listrik (A/mm²)

I = Kuat Arus Listrik (A)

A = Luas Penampang (mm²)

2.2.3 Keasaman (pH)

pH adalah skala derajat keasaman dari suatu cairan. Skala pH dimulai dari 0-14, dimana skala 7 merupakan pH netral (pH air murni). Apabila pH berada di bawah skala 7 maka disebut cairan asam, sedangkan pH di atas 7 adalah kondisi cairan basa. pH merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses *electroplating* maka dari itu dalam prosesnya pH ini harus dipertahankan, untuk mempertahankan ini maka digunakan asam borak. Hal ini penting dipahami dalam proses *electroplating*. Sebab, konsentrasi pH ini berkaitan erat dengan daya hantar atau konduktivitas listrik dari cairan elektrolit dan kelarutan dari anoda *nickel*. pH juga memengaruhi durasi *leveling*, *brightness* dan *ductility* hasil pelapisan *nickel*. Dalam proses nikel *plating*, skala pH semakin lama akan semakin naik seiring dengan pengoperasian dan pemakaian larutan. *Range* pH ideal larutan elektrolit dalam cairan nikel ini 4,5 – 4,9 dan pH optimum sebesar 4,8.

Cara menurunkan pH larutan nikel, antara lain:

- a. Asam sulfat pekat dimasukkan ke dalam bak cairan nikel sebanyak 20 ml.
- b. Pengadukan dilakukan secara perlahan.
- c. Proses pencampuran dibiarkan selama 15 menit.
- d. Pengecekan kadar pH dengan pH *paper*/pH meter.
- e. Apabila masih belum memasuki derajat *range* pH ideal maka dilakukan kembali proses tersebut hingga pH turun.

Cara menaikkan pH larutan nikel, antara lain:

- a. 100 gr soda api dilarutkan dengan aquades atau air bersih 500 ml.

- b. Larutan ini dituangkan secara perlahan, sambil diaduk dengan *blower* maupun pompa sirkulasi.
- c. Akan terbentuklah seperti bubur putih.
- d. Larutan tersebut didiamkan dan dibiarkan selama 1x12 jam.
- e. Kemudian pengecekan dilakukan dengan menggunakan pH *paper*.

Apabila pH belum sesuai dengan yang diinginkan maka dilakukan proses ulang kembali.

2.2.4 Larutan Elektrolit

Elektrolit merupakan suatu larutan yang mengandung ion-ion sehingga dapat menghantarkan arus listrik. Larutan yang bersifat basa (alkali) yang banyak digunakan pada proses lapis listrik adalah garam kompleks sianida, karena *cyano* kompleks terdekomposisi oleh asam.

Beberapa bahan atau zat kimia sengaja dimasukkan atau ditambahkan ke dalam larutan elektrolit bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat lapisan tertentu. Sifat-sifat tersebut antara lain tampak rupa (*appearance*), kegetasan lapisan (*brittleness*), keuletan (*ductility*), kekerasan (*hardness*), dan satuan kristal logam yang terjadi (*microstructur*). Larutan elektrolit yang banyak digunakan dalam proses *electroplating* dapat bersifat asam atau basa (alkali) dan mempunyai *covering power, throwing power dan leveling* yang baik. Jenis larutan elektrolit dari setiap proses pelapisan berbeda-beda tergantung pada jenis logam pelapis yang diinginkan.

2.2.5 Konsentrasi Larutan

Dalam melaksanakan proses *electroplating* ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang dibutuhkan untuk melapis per satuan luas permukaan katoda (rapat arus), temperatur larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan. Distribusi perpindahan ion-ion logam selama proses pelapisan berlangsung akan dipengaruhi oleh besarnya arus, luas permukaan bahan yang dilapis, temperatur larutan, derajat keasaman (pH) dan kekentalan (derajat Baurne) atau konsentrasi larutan.

Jika konsentrasi ion logam dalam larutan berkurang akan dihasilkan lapisan berwarna hitam (terbakar) pada rapat arus yang rendah. Sehingga kondisi operasi seperti rapat arus, temperatur, waktu dan komposisi larutan perlu dijaga agar tetap stabil. Selain dari hal-hal diatas, kesempurnaan lapisan dipengaruhi pula oleh bentuk anoda, kemurnian anoda, daya larut anoda, jarak antara anoda ke katoda, dan kebersihan larutan (bebas pengotor).

2.2.6 Temperatur dan Waktu Pelapisan

Temperatur terlalu rendah dan rapat arus yang cukup optimum akan mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam, tetapi jika temperatur tinggi dengan rapat arus yang optimum maka hasil pelapisan menjadi tidak merata. Waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapis.

2.2.7 Penentuan Area *Low Current* dan *High Current*

Dalam proses *electroplating* pada umumnya daerah-daerah yang sulit dijangkau adalah area *low current* dan sebaliknya, area yang mudah dijangkau ialah *high current*. Namun untuk dapat menjelaskan area mana yang termasuk *low* atau *high current*, maka digunakan persamaan untuk mencari kuat arus listrik yang melapisi katoda tersebut. Persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$V = C \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

V = Volume massa yang dilepaskan (cm³)

C = Konstanta plating, tergantung pada *electrochemical equivalen* dan kerapatan (cm³/A-s)

I = Kuat arus listrik (A)

t = Waktu yang dibutuhkan (s)

Umumnya untuk proses *electroplating* tidak semua energi listrik yang terbentuk digunakan untuk proses pelapisan substrat, tetapi sebagian energi tersebut digunakan untuk membebaskan pada katoda dibagi dengan jumlah massa teoritis yang terlepas dari anoda disebut efisiensi katoda (*cathode efficiency*). Dengan memperhitungkan efisiensi ini, maka persamaan 2.2 akan berubah menjadi :

$$V = E \cdot C \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

E = Efisiensi katoda

Untuk harga E dan C sendiri dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Harga efisiensi katoda (E) dan konstanta plating (C) untuk berbagai bahan

Bahan pelapis (+)	Larutan elektrolit	Efisiensi katoda E (%)	Konstanta C (in ² /A-min)	Konstanta C (cm ³ /A-s)
Cadmium (2)	Cyanide	90	2,47 x 10 ⁻⁴	6,73 x 10 ⁻⁵
Chromium (3)	Chromium-acid sulfate	15	0,92 x 10 ⁻⁴	2,50 x 10 ⁻⁵
Copper (1)	Cyanide	98	2,69 x 10 ⁻⁴	7,35 x 10 ⁻⁵
Gold (1)	Cyanide	80	3,87 x 10 ⁻⁴	10,6 x 10 ⁻⁵
Nickel (2)	Acid sulfate	95	1,25 x 10 ⁻⁴	3,42 x 10 ⁻⁵
Silver (1)	Cyanide	100	3,90 x 10 ⁻⁴	10,7 x 10 ⁻⁵
Tin (4)	Acid sulfate	90	1,54 x 10 ⁻⁴	4,21 x 10 ⁻⁵
Zinc (2)	Chloride	95	1,74 x 10 ⁻⁴	4,75 x 10 ⁻⁵

Ketebalan lapisan dari proses *electroplating* pada katoda dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

d = Tebal lapisan (cm)

V = Volume lapisan yang menempel pada katoda (cm³)

A = Luas permukaan katoda yang mendapatkan lapisan (cm²)

2.2.8 Masalah Dalam *Electroplating*

Proses *electroplating* tentu memiliki beberapa masalah. Tidak seluruhnya dapat berjalan sesuai dengan skema dan perencanaan. Berikut merupakan beberapa permasalahan yang kerap terjadi pada proses *electroplating*.

a. *Pitting*

Pitting atau lubang kecil yang terdapat dalam permukaan pelapisan *nickel*. Kasus ini sering ditemui dalam proses *plating*. Untuk menentukan solusi, maka ada beberapa hal yang harus dianalisa dan diperhatikan, yaitu:

1. *Pitting* terjadi saat proses plating benda kerja aluminium dan besi.

Ada beberapa dugaan:

- Kontaminasi minyak

Hal ini dapat diatasi dengan dilakukannya filterisasi selama 1-2 minggu dan karbon aktif diganti dengan yang baru.

- Berkurangnya senyawa aditif *wetting agent*

Hal ini dapat diatasi dengan ditambahkan konsentrasi *wetting agent* sejumlah 50 ml ke dalam bak nikel kemudian diaduk hingga merata.

- Konsentrasi boume menurun

Hal ini dapat diatasi dengan ditambahkan konsentrasi cairan baru untuk meningkatkan jumlah volume.

2. *Pitting* terjadi hanya pada benda kerja aluminium.

Dugaan yang biasa terjadi adalah terkikisnya lapisan *Zinc* pada saat pencelupan di *active dip*. pH cairan nikel di bawah 4,8. Komposisi material komponen berupa benda kerja yang tidak homogen.

3. *Pitting* hanya terjadi pada bagian tertentu di benda kerja.

Bisa disebabkan karena udara *blower* kurang merata penyebarannya. Hal ini dapat diatasi dengan pengecekan kondisi lubang-lubang *blower*.

b. *Blister* atau Mengelupas Menggelembung

Disebabkan oleh rapat arus yang terlampau tinggi, adanya impuritis (pengotor), konsentrasi larutan elektrolit yang terlalu tinggi, perlakuan permukaan sebelum proses pelapisan, dan kondisi substrat (logam induk) itu sendiri.

c. Kasar, Kurang Mengkilap, dan Terbakar

Dikarenakan penggunaan rapat arus yang besar atau kurangnya ion logam pada rapat arus rendah yang dapat menyebabkan lapisan berwarna hitam (terbakar).