

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.

Alphanoda (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh jarak anoda katoda dan durasi pelapisan terhadap laju korosi pada hasil *electroplating hard chrome* yang menggunakan metode penelitian eksperimen sejati (*true exoeriment research*) dengan melibatkan suatu variabel dengan melibatkan satu variabel bebas yaitu jarak anoda katoda dengan variasi yang digunakan adalah 9, cm, 12 cm, 15 cm dan 18 cm. Sedangkan variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini yaitu uji laju korosi hasil *electroplating hard chrome*. Dari penelitian diperoleh hasil bahwa semakin dekat jarak anoda katoda pada proses *electroplating hard chrome* maka nilai laju korosi akan semakin menurun, dan semakin lama durasi proses *electroplating hard chrome* maka nilai laju korosi semakin menurun. Peningkatan jarak anoda katoda 9 cm sampai 18 cm akan diikuti dengan menurunnya laju korosi sebesar 0,0000089977 mpy.

Ridlwani (2016) meneliti tentang pengaruh jarak anoda katoda teknik elektroplating seng terhadap ketebalan dan kekerasan hasil lapisan. Hasil penelitian menunjukkan semakin dekat jarak anoda katoda semakin tinggi nilai ketebalan dan kekerasan lapisannya. Nilai ketebalan lapisan tertinggi pada jarak 8 cm dengan ketebalan rata-rata 4,53 μm . Nilai ketebalan lapisan terendah pada jarak anoda katoda 16 cm dengan nilai ketebalan rata-rata 3,40 μm . Nilai kekerasan lapisan tertinggi pada jarak anoda katoda 8cm dengan nilai kekerasan rata-rata 75,5 VHN. Nilai kekerasan lapisan terendah pada jarak anoda katoda 12 cm dengan nilai kekerasan rata-rata 55,5 VHN. Penelitian menunjukkan jarak anoda katoda terbaik untuk menghasilkan ketebalan dan kekerasan lapisan yang optimal adalah jarak 8 cm.

Nasution dan Sakti (2018) meneliti pengaruh jarak anoda katoda dan waktu pencelupan pada proses pelapisan nikel-krom terhadap ketebalan dan ketebalan dan kekerasan lapisan permukaan knalpot sepeda motor. Terdapat pengaruh yang sangat kuat pada variasi jarak anoda katoda dan waktu pelapisan nikel-krom terhadap ketebalan lapisan permukaan knalpot sepeda motor. Hal ini disebabkan karena semakin dekat jarak anoda katoda maka semakin cepat proses oksidasi reduksinya. Waktu pencelupan juga mempengaruhi ketebalan lapisan, semakin lama waktu yang dipakai maka deposit logam yang menempel pada spisemen semakin banyak. Nilai ketebalan lapisan terendah sebesar 16,2 μm pada jarak anoda katoda 30 cm dengan waktu pencelupan 20 menit. Nilai ketebalan lapisan tertinggi sebesar 20,5 μm pada jarak anoda katoda 20 cm dengan waktu pencelupan 40 menit. Terdapat pengaruh yang sedang dan rendah pada variasi jarak anoda katoda dan waktu pelapisan nikel-krom terhadap kekerasan lapisan permukaan knalpot sepeda motor. Nilai kekerasan permukaan terendah sebesar 82,9 HRB pada jarak anoda katoda 30 cm. dengan waktu pencelupan 20 menit. Nilai kekerasan permukaan terendah sebesar 82,9 HRB pada jarak anoda katoda 30 cm dengan waktu pencelupan 20 menit. Nilai kekerasan permukaan tinggi sebesar 87,1 HRB pada jarak anoda katoda 20cm dengan waktu pencelupan 40 menit.

Andayani dkk (2016) meneliti tentang analisa pengaruh jarak katoda dan anoda dalam proses elektroplating aluminium terhadap ketebalan lapisan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran yang nyata pengaruh jarak anoda dan katoda pelapisan nikel pada proses *chromate coating* logam aluminium terhadap daya ikatan lapisan dan ketebalan lapisan. Spesimen yang dilapisi adalah logam aluminium berbentuk lingkaran diameter 50 mm dan tebal 3 mm. Spesimen dilapisi nikel dengan proses *electroplating* dalam larutan nikel dan larutan krom dengan variasi jarak katoda 10, 15, dan 20 cm. Proses *electroplating* nikel dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit Watts, dengan arus 5 Ampere dan tegangan 2 Volt dengan waktu 30 menit, sedangkan pada *electroplating* krom dilakukan dengan arus 30 Ampere, dan tegangan 12 Volt selama 4 detik. Data yang diperoleh secara eksperimen,

kemudian dilakukan pengukuran ketebalan untuk melihat pengaruh jarak katoda dan anoda terhadap ketebalan lapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh jarak anoda terhadap tampilan dekoratif permukaan dan ketebalan lapisan. Hasil terbaik diperoleh pada jarak anoda dan katoda 15 cm, yaitu ketebalan 11,712 μm dan tampilan spesimen lapisan lebih rata dan lebih mengkilat.

Andayani dkk (2017) meneliti tentang analisa pengaruh jarak katoda dan anoda dalam proses elektroplating aluminium terhadap daya lekat. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jarak katoda dan anoda 10 cm, 15 cm, dan 20. Pengujian daya lekat dilakukan dengan mengacu pada tabel intruksi kerja LIPI, berdasarkan klasifikasi hasil uji daya lekat, hasil pengujian pada proses elektroplating aluminium 1100 dengan elektroplating Nikel dan Krom termasuk ke dalam Rating Number ASTM D-335 kriteria 5B dimana sisi goresan masih halus, tidak ada sisi yang rusak, tetapi hasil yang terbaik terjadi pada jarak katoda dan anoda 15 cm, menunjukkan sisi goresan yang lebih halus dibanding pada jarak 10 cm dan 20 cm.

Amrulloh dan Palupi (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda proses pelapisan nikel krom terhadap karakteristik baja ST 42. Dalam penelitian ini menggunakan baja ST 42 dengan diameter 40 mm dan tebal 10 mm dengan memvariasikan tegangan listrik dan jarak elektroda pada proses pelapisan nikel-krom. Variasi tegangan listrik sebesar 6 Volt, 9 Volt dan 12 Volt. Variasi jarak elektroda sebesar 4 cm, 6 cm dan 8 cm. Kuat arus 15 Ampere dan suhu proses pelapisan dikontrol sebesar 50°C dengan durasi pelapisan selama 20 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan listrik dan jarak elektroda mempunyai pengaruh terhadap karakteristik baja St 42. Nilai statistik untuk ketebalan lapisan, dengan nilai *P value* 0,00 dan *Fhitung* 35,70. Kekasaran dengan nilai *P value* 0,0002 dan *Fhitung* 8,29, sedangkan kekerasan dengan nilai *P value* 0,00 dan *Fhitung* 26,90. Variabel-variabel terikat antara lain: ketebalan, kekerasan, dan kekerasan yang paling erat hubungannya adalah antara ketebalan dan kekerasan dengan nilai *P value* 0,00 dan *pearson correlation* 0,98. Hasil

pelapisan yang optimal adalah pada tegangan 6 Volt dan jarak 6 cm dengan nilai rata-rata kekasaran sebesar 0,28 μm , 0,75 μm dan 0,67 μm , karena dari segi tampilan dan kehalusan permukaan mendukung untuk tujuan dekoratif pelapisan nikel krom.

Putra dan Sakti (2018) meneliti tentang analisa variasi jarak anoda katoda dan waktu pelapisan logam nikel-krom terhadap proses pengujian tekan material ruji (*spoke*). Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimen kuantitatif deskriptif. Dalam penelitian ini menggunakan variable bebas dengan variasi waktu pelapisan 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan variasi jarak anoda-katoda 15 cm, 25 cm, sedangkan variable terikatnya adalah pengujian tekan. Penelitian yang dilakukan menggunakan standar pengujian tekan ASTM E-9. Hasil penelitian ini diperoleh nilai uji tekan tertinggi adalah dengan variasi jarak anoda-katoda 15 cm, dengan waktu lama pencelupan pelapisan 25 menit sebesar 748,53 MPa, pada hasil foto mikro divariasi ini logam pelapis nikel-krom paling tebal melapisi material dengan tebal lapisan sebesar 20,05 μm , dan ion-ion pelapis lebih masuk ke dalam pori-pori dan mengisi celah-celah pada permukaan material. Adapun specimen yang mengalami kenaikan paling sedikit adalah pada variasi jarak anoda-katoda 25 cm dengan waktu lama pencelupan pelapisan 15 menit sebesar 702,91 Mpa dengan hasil ketebalan lapisan yang tipis pada hasil foto mikronya yaitu 1,98 μm . pada hasil foto mikro divariasi ini ion-ion pelapis kurang masuk ke dalam pori-pori permukaan material dan kurang mengisi celah-celah yang ada pada permukaan material. Pada hasil uji tekan dan foto mikro menunjukkan bahwa semakin lama proses pencelupan maka semakin banyak ion-ion logam pelapis yang melapisi material yang dapat meningkatkan ketebalan lapisan logam pelapis, dan semakin dekat jarak anoda-katoda maka pergerakan ion-ion semakin cepat dan logam pelapis lebih masuk untuk mengisi celah-celah pada permukaan material, yang mengakibatkan kenaikan kuat tekan pada suatu material.

Rasyad dan Arto (2018) meneliti terkait pengaruh temperature, waktu, dan kuat arus pada baja karbon rendah dalam proses *electroplating* terhadap kuat

tarik, kuat tekuk, dan kekeringan. Variasi temperature sebesar 50°C, 55°C dan 60°C. Variasi waktu sebesar 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Variasi kuat arus sebesar 4 Ampere, 5 Ampere dan 6 Ampere. Diperoleh hasil atau data dengan terjadi peningkatan nilai kekerasan 100 VHN (tertinggi) dengan proses *electroplating* pada kuat arus 6 A, temperature 60°C dan waktu 5 jam. Namun nilai kekerasan terendah 89,33 (VHN) dengan proses *electroplating* pada kondisi kuat arus 6 A, temperature 50 °C dan waktu 5 jam.

Sutomo dkk (2010) 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.

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.

Mulyudha (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh tebal *chrome* pada baja SS400 terhadap sifat mekanik dengan menggunakan *electroplating*. Proses pelapisan yang dilakukan dengan memvariasikan waktu yang berbeda yaitu, 60 menit dan 120 menit dengan arus 200 Ampere. Dari hasil pengamatan dilihat hasil ketebalan yang didapat setelah dilakukan pelapisan yaitu dengan nilai rata-rata ketebalan pada pelapisan selama 60 menit yaitu 93,33 µm dan pelapisan selama 120 menit meningkat menjadi 164,33 µm. setelah

menghitung ketebalan dilakukan uji tarik dan didapat sifat mekanik pada spesimen tersebut mengalami elongation pada tanpa proses lapisan mendapat nilai rata-rata 9,17% kemudian pelapisan 60 menit mendapatkan rata-rata yaitu 9,55% meningkat menjadi 11,11% untuk pelapisan selama 120 menit.

2.2. Deskripsi Teori

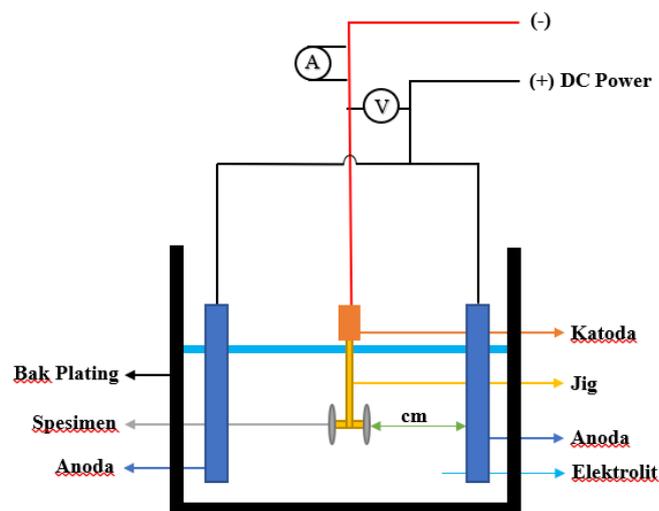
2.2.1. Dasar – dasar Elektroplating

Elektroplating didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Ion logam didapatkan dari elektrolit yang berasal dari pelarutan anoda logam ke dalam elektrolit, pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Lapisan logam yang mengendap disebut sebagai deposit. Dalam pembahasan selanjutnya digunakan istilah plating atau lapis listrik atau pelapisan logam. Plating termasuk salah satu cara menanggulangi korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan. Disamping itu plating juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi, yaitu warna dan tekstur tertentu, serta untuk mengurangi tahanan kontak serta meningkatkan konduktivitas permukaan atau daya pantul (Suarsana, 2008)

Elektroplating termasuk proses pelapisan logam dengan logam lain di dalam suatu larutan elektrolit dengan pemberian arus listrik. Konsep yang digunakan dalam proses electroplating adalah konsep reaksi reduksi dan oksidasi dengan menggunakan sel elektrolisa. Prinsip dasar pelapisan logam secara listrik ini adalah penempatan ion-ion logam yang ditambah electron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus listrik yang mengalir dari sumber maka elektron dialirkan melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negative (katoda) dan adanya ion⁰ion logam yang didapat dari elektrolit makamenghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi (Widodo, 2014).

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

Dalam pelaksanaan proses pelapisan listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu jarak anoda dan katoda, arus yang dibutuhkan untuk melapis (rapat arus), temperature larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan. Plating termasuk salah satu cara menanggulangi korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan. Disamping itu plating juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi.



Gambar 2.1 Skema proses pelapisan *electroplating*

Gambar 2.1 menjelaskan penelitian ini, bahwa proses pelapisan logam dapat terjadi dengan adanya sumber listrik, bak plating, kabel (penghantar listrik), anoda (logam pelapis), katoda (logam yang dilapisi), dan jig (alat bantu). Rangkaian pelapisan untuk penelitian ini adalah anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik, katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik, dan selanjutnya anoda dengan jig direndam

dalam elektrolit. Katoda pada penelitian ini menggunakan jig dan diberi cabang untuk pemasangan 2 spesimen. Jarak antara anoda dengan katoda diatur sesuai dengan variasi jarak yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 15 cm, 17,5 cm, dan 20 cm. Proses terjadinya pelapisan, yaitu arus listrik searah yang dialirkan antara kedua elektroda (anoda dan katoda) dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sedangkan ion bermuatan negatif berpindah menuju anoda. Ion-ion tersebut dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada katoda.

2.2.2. Bahan Pelapis

Nikel (*nickel*) adalah logam yang banyak digunakan pada industri kimia, akumulator dan pelapisan logam, karena sifatnya yang tahan korosi dan lunak. Nikel berwarna putih keperak-perakan, berkristal halus, sehingga bila dipoles dan sebagai lapis lindung akan tampak rupa yang indah dan mengkilap. Nikel memiliki kekerasan dan kekutan sedang, keuletannya dan daya hantar listrik baik (Saleh, 1995).

Khrom (*chromium*) adalah suatu logam yang mempunyai kekerasan yang tinggi, sehingga memberikan tampak rupa yang indah. *Chromium* banyak digunakan untuk lapis lindung alat-alat kecepatan tinggi (*high speed tool*), cetakan (*die*) dan bahan pemandu dalam buatan *stainless steel*. *Chromium* dapat diendapkan/dilapisi dengan cara lapis listrik (*electroplating*) dan semprot logam (*metal spraying*) (Hartomo dan Kaneko, 1995).

2.2.3 Pelapisan dan *Throwing*

a) Pelapisan logam

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja, dimana benda tersebut

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja, dimana

benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro maupun ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Proses pelapisan logam ini dilakukan dengan sistem elektroplating dimana logam pelapis, yaitu nikel bertindak sebagai anoda dan benda kerja yang dilapisi sebagai katoda, kedua elektroda tersebut dicelupkan dalam suatu elektrolit yang mengandung nikel sulfat pada saat pelapisan nikel. Pelapisan bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya.

b) Pelapisan krom

Pelapisan krom adalah salah satu jenis proses elektroplating dengan menggunakan bahan kromium. Pelapisan dengan menggunakan bahan krom dapat dilakukan dengan berbagai jenis logam seperti besi, baja, atau tembaga. Pelapisan krom juga dapat dilakukan pada plastik atau jenis benda lain yang bukan logam, dengan persyaratan bahwa benda tersebut harus dicat dengan cat yang mengandung logam sehingga dapat mengalirkan arus listrik. Pelapisan krom menggunakan bahan dasar asam kroma (H_2CrO_4) dan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai bahan pemicu arus dengan perbandingan campuran yang tertentu. Perbandingan yang umum bisa 100:1 sampai 400:1. Jika perbandingannya menyimpang dari ketentuan biasanya akan menghasilkan lapisan yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Faktor lain yang dapat berpengaruh pada proses pelapisan krom ini adalah temperatur larutan dan besar arus listrik yang mengalir sewaktu melakukan pelapisan. Temperatur lapisan bervariasi antara (35 s/d 60) $^{\circ}\text{C}$ dengan besar perbandingan besar arus (0,14 s/d 0,43) A/cm². Bahan elektroda yang digunakan pada jenis pelapisan ini adalah krom (Cr) sebagai anoda (kutub positif) dan benda yang dilapisi sebagai katoda (kutub negatif). Jarak antara elektroda tersebut antara (9 s/d 29) cm. Sumber listrik yang digunakan adalah arus searah dengan beda potensial berkisar antara 2 s/d 25 Volt.

c. *Throwing*

Throwing didefinisikan sebagai kemampuan larutan untuk menghasilkan ketebalan lapisan yang rata pada permukaan logam yang dilapisi (katoda) termasuk pada bagian logam yang sulit dan bentuknya tidak merata. Juga diharapkan larutan mempunyai resistivitas rendah agar arus mengalir tidak hanya ke bagian logam di depan elektroda, tetapi juga pada bagian belakang logam yang dilapisi. Faktor-faktor yang mempengaruhinya, antara lain:

- Bentuk geometri elektroda dan jarak elektroda
 - Komposisi larutan, PH larutan, kotoran yang terlarut dan aditif
 - Konduktivitas larutan dan efisiensi larutan

2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Proses Electroplating

a) Konsentrasi Elektrolit

Elektrolit terdiri dari dua komponen, yakni komponen utama yang berupa senyawa logam yang akan melapisi katoda dalam bentuk garam terlarut, serta asam atau basa yang berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas atau daya listrik.

Selama proses electroplating berlangsung setimbang, maka konsentrasi elektrolit akan tetap terjaga. Akan tetapi pada prakteknya terjadi perubahan konsentrasi yang dikarenakan adanya penguapan dan ketidakseimbangan proses yang mengakibatkan mengendapnya ion logam elektroda ke katoda.

Pada umumnya konsentrasi logam yang terlalu tinggi pada elektrolit akan mengakibatkan menurunnya kekilapan dan ketidakrataan permukaan lapisan. Sementara jika kadar logam dalam elektrolit terlalu rendah akan menyebabkan proses berjalan lambat.

b) Sirkulasi Elektrolit

Distribusi ion-ion di dalam elektrolit seringkali tidak merata yang disebabkan adanya kelebihan ion negatif di sekitar katoda, sedangkan di sekitar anoda sering terjadi kelebihan ion positif. Untuk

memeratakan distribusi ion-ion baik positif maupun negatif di dalam elektrolit diperlukan sirkulasi elektrolit sehingga terjadinya polarisasi dapat dihindari. Sirkulasi elektrolit dapat dilakukan dengan menggunakan pompa atau dengan hembusan udara dari *blower* melalui pipa-pipa yang dipasang di dasar dan tepi tangki.

c) Rapat Arus

Berdasarkan hukum Faraday, banyaknya endapan sebanding dengan kuat arus. Akan tetapi kenyataan berbicara sedikit berbeda, di mana besaran yang diperlukan dalam proses elektropating adalah rapat arus, yaitu arus per satuan luas, yang dinyatakan dalam Amper/dm² (A/dm²). Agar kualitas endapan pada katoda berkualitas baik dan tidak sampai terbakar, maka perlu diperhatikan besaran rapat arus katoda.

d) Tegangan

Tegangan yang dipakai dalam proses electroplating bergantung pada jenis, komposisi, dan kondisi elektrolit. Pada dasarnya, rapat arus dapat dinaikkan dengan menaikkan tegangan, akan tetapi hal ini dapat mengakibatkan terjadinya polarisasi dan tercapainya tegangan batas, kondisi dimana tidak terjadi lagi aliran arus melalui elektrolit

e) Jarak Anoda-Katoda

Jarak anoda-katoda menentukan besarnya hantaran arus listrik dan sangat berpengaruh terhadap keseragaman tebal lapisan. Besarnya hantaran berbanding terbalik dengan jarak. Apabila jarak anoda-katoda kecil, maka hambatan menjadi kecil dan konduktivitas besar sehingga untuk menghasilkan arus yang sama diperlukan tegangan yang lebih rendah.

f) Rasio dan Bentuk Anoda-Katoda

Perbandingan permukaan anoda-katoda sangat penting untuk menjaga agar ion-ion yang terlibat dalam proses selalu seimbang. Penentuan standar rasion anoda-katoda tergantung pada jenis elektroplating yang digunakan.

g) Distribusi Arus

Lintasan arus dari anoda ke katoda tidak semuanya lurus, melainkan cenderung melengkung, terutama yang berasal dari ujung anoda ke katoda. Keadaan ini mengakibatkan rapat arus pada ujung-ujung elektroda menjadi lebih besar sehingga endapan yang terbentuk pada bagian ujung cenderung lebih tebal. Pada proses *electroplating* untuk benda-benda yang rumit sering dihasilkan permukaan yang tidak rata, terutama di daerah-daerah yang berlekuk. Untuk mengatasinya, biasanya digunakan anoda sekunder untuk daerah-daerah tersebut. Sedangkan pada daerah dengan rapat arus tinggi (biasanya dibagian ujung) dapat dipasang pemecah arus yang biasanya berupa plastik berbentuk sikat gigi.

h) Temperatur dan waktu pelapisan

Temperature terlalu rendah dan rapat arus yang optimum akan megakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam, tetapi jika temperature 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 dilapisi. Kenaikan temperature akan menyebabkan naiknya konduktifitas dan difusitas larutan elektrolit, berarti tahanan elektrolit akan mengecil sehingga potensial dibutuhkan untuk mereduksi ion-ion logam berkurang.

i) Agitasi

Yaitu terdiri dari dua macam, yaitu jalannya katoda dan jalannya larutan. Agitasi yang besar mungkin akan merusak, dan agitasi seharusnya disalurkan dengan tujuan untuk menghindari bentuk/struktur, penampilan dan ketebalan pelapisan yang tidak seragam.

j) Pasivitas

Gejala ini sering ditemui pada logam yang mengalami korosi, dimana hasil korosi menjadi lapisan pasif. Bila hal ini terjadi pada

anoda, maka ion-ion logam pelapis terus menurun, sehingga akan mengganggu proses.

k) *Epitaxy* dan *Leveling*

Expitaxy didefinisikan sebagai lapisan mengikuti bentuk dan struktur dari benda kerja sebagai katoda, sehingga benda kerja kasar akan menghasilkan permukaan lapisan yang kasar. Sedangkan *leveling* adalah kebalikan dari *exipitaxy*, dimana lapisan meratakan bagian-bagian benda kerja yang cekung, sehingga menghasilkan permukaan lapisan yang rata (selevel). *Leveling* dapat diperoleh dengan penambahan aditif pada proses elektroplating.

l) Aditif

Aditif merupakan zat tambahan dengan jumlah kecil yang dimaksudkan untuk mengatur pertumbuhan kristal sehingga diperoleh hasil plating dengan kualitas yang baik meliputi kecerahan dan kekilapan (*bright*) dan kekerasan (*hard*). Pemeberian aditif dapat pula memperbaiki *leveling*. Aditif umumnya berupa senyawa organik yang bekerja pada rentang temperature tertentu dan dapat rusak selama proses berlangsung.

m) Kontaminasi

Keberadaan benda padat yang melayang-layang, tersuspensi maupun terlarut dalam elektrolit dapat menyebabkan kontaminasi bagi elektrolit yang berpengaruh terhadap kualitas elektroplating. Padatan tersebut dapat pula mengendap di katoda, sehingga hasilnya menjadi kasar, terjadi noda-noda, atau bitnik-bintik pada permukaan lapisan. Akibat lain dari adanya kontaminan pada elektrolit adalah elektrolit menjadi rusak, sehingga proses pengendapan ion logam pada katoda menjadi terganggu.

2.3. Elektrolisis

Elektrolisis adalah penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik. Pada elektrolisis reaksi kimia akan terjadi jika arus listrik dialirkan melalui larutan elektrolit, yaitu energi listrik diubah menjadi energi kimia, ciri utama dari elektrolisis yaitu:

1. Ada larutan elektrolit yang mengandung ion bebas. Ion-ion ini dapat memberikan atau menerima elektron sehingga elektron dapat mengalir melalui larutan.
2. Ada sumber arus listrik dari luar, seperti baterai yang menghasilkan arus listrik searah (DC).
3. Ada dua larutan elektroda dalam elektrolisis. Elektroda yang menerima elektron dari sumber arus listrik luar disebut katoda, sedangkan elektroda yang mengalirkan elektron kembali ke sumber arus listrik disebut anoda. Katoda adalah tempat terjadinya reaksi oksidasi yang elektrodanya negatif (-) dan anoda adalah tempat terjadinya reaksi oksidasi yang elektrodanya positif (+).

Elektroda yang digunakan untuk elektrolisis merupakan elektroda inert, seperti Grafit (C), Platina (Pt) dan Emas (Au). Elektroda berperan sebagai tempat berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda sebab memerlukan elektron dan kutub positif sumber arus mengarah pada anoda. Akibatnya katoda bermuatan negative dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang teroksidasi menjadi gas. Terlihat jelas tujuan elektrolisis adalah untuk mendapatkan endapan logam di katoda dan gas di anoda.

Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain adalah:

1. Penggunaan katalisator

Misalnya H_2SO_4 dan KOH berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hydrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion H dan OH-

yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktif.

2. Luas permukaan tercelup

Semakin banyak luas yang menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit, sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.

3. Sifat logam bahan elektoda

Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio rapat arus terhadap kuat medan listrik.

4. Konsentrasi pereaksi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Ini dikarenakan dengan presentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit dan dapat ditarik garis lurus bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap presentase katalis dengan transfer elektron.

Pada proses elektrolisis ada beberapa komponen yang terdapat di dalamnya yaitu: katoda, anoda dan larutan elektrolit.

a) Katoda

Katoda adalah elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana pada katoda ini terjadi penempelan ion-ion yang tereduksi dari anoda. Pada proses elektrolisis katoda dapat diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi. Katoda bertindak sebagai logam yang akan dilapisi atau produk yang bersifat menerima ion. Katoda dihubungkan ke tutup negatif dari arus

listrik. Katoda harus bersifat konduktor supaya prosesnya dapat berlangsung dan logam pelapis menempel.

b) Anoda

Anoda adalah terminal positif dalam larutan elektrolit, fungsi dari anoda adalah sebagai sumber bahan baku yang akan dibawa melalui elektrolit kepada permukaan katoda. Anoda biasanya dipilih dari logam murni yaitu untuk menjamin kebersihan elektrolit pada saat proses elektrolisis. Adanya arus (DC) yang mengalir melalui larutan elektrolit diantara anoda dan katoda, maka pada anoda akan terjadi pelepasan ion-ion logam dan oksigen (reduksi) selanjutnya ion-ion tersebut diendapkan pada katoda.

c) Larutan Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektron bias berupa air, asam, basa atau garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identic dengan asam, basa dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam yakni garam dapur. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk solid atau padatan senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar sehingga dapat menghantarkan arus listrik.

2.4. Teori Dasar PH

Derajat keasaman (pH) digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa, sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat

keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaaan tinggi. Umumnya indikator sedrhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamaanya rendah.

Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian elektroda pengukuran pH, larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH colorimeter (Paridawati, 2013). Pada prinsipnya pengukuran suatu pH didasarkan pada elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hydrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektro kimia dari ion hydrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan elektroda pembanding. Sebagai catatan alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan. Istilah pH berdasarkan dari “p” lambang matematika dari negative logaritma, dan “H” lambang kimia dari unsur hydrogen.

2.5. Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukan besar kecilnya gesekan internal fluida. Viskositas fluida berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida ketika satu lapisan bergerak melewati lapisan lain. Pada zat cair, viskositas disebabkan terutama oleh gaya kohesi antar molekul, sedangkan pada gas, viskositas muncul karena tumbukan antar molekul. Viskositas dapat dengan mudah dipahami dengan meninjau satu lapisan tipis fluida yang ditempatkan diantara dua lempeng logam yang rata. Nilai kuantitatif dari viskositas dapat dihitung dengan membandingkan gaya tekan persatuan luas terhadap gradient kecepatan aliran fluida

2.6. Penentuan Area *Low Current* dan *High Current*

Pada saat melakukan proses elektroplating pastinya ditemukan permasalahan dimana tidak semua bagian spesimen dapat dilakukan pelapisan atau lebih tepatnya ada segmen atau bagian yang memiliki kesulitan dalam pelapisan, sehingga lapisan yang didapat nilainya lebih kecil dari pada bagian yang lain, hal ini disebut dengan istilah *low current* (area yang sulit dijangkau larutan) dan *high current* (area yang mudah dijangkau larutan). Untuk menentukan dimana area *high current* dan *low current* dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = C \cdot I \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

V = Volume massa yang diperlukan (cm³)

C = Konstanta plating, yang tergantung pada chemical equivalen dan kerapatan (cm³/A-s).

I = Kuat arus listrik (A)

t = Waktu yang digunakan (s)

Umumnya untuk proses elektroplating tidak semua energi listrik yang terbentuk digunakan untuk proses pelapisan substrat, tetapi sebagian energi tersebut digunakan untuk membebaskan hidrogen (H₂) dari substrat (katoda). Jumlah massa aktual yang menempel pada katoda dibagi dengan jumlah massa teoritis yang terlepas dari anoda disebut efisiensi katoda (*cathode efficiency*).

Dengan memperhitungkan efisiensi ini, maka persamaan (2.1) akan berubah menjadi:

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

Dengan:

E = Efisiensi katoda. Harga efisiensi E dan konstanta plating C untuk berbagai bahan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Efisiensi katoda (E) dan harga 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 pada katoda dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan:

d = Tebal lapisan (cm)

V = Volume lapisan yang menempel pada katoda (cm³)

A = Luas permukaan yang dilapisi (cm²)