

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Manufaktur

Manufaktur berasal dari bahasa latin, yaitu manu *factus* yang berarti dibuat dengan tangan. Kata *manufacture* sendiri muncul pertama kali pada tahun 1576, dan kata *manufacturing* muncul pada tahun 1683.(Supriyanto, 2020)

Jika melihat kata “manufaktur”, dalam arti yang luas, adalah proses merubah bahan baku menjadi suatu produk. Proses merubah bahan baku menjadi suatu produk ini meliputi 1. Perancangan produk, 2. Pemilihan material, 3. Tahap-tahap proses dimana produk tersebut dibuat. Pada era modern, manufaktur terlibat dalam pembuatan produk dari bahan baku melalui macam-macam proses, mesin dan operasi, mengikuti perencanaan yang terorganisasi dengan baik untuk setiap aktifitas yang diperlukan (Supriyanto, 2020).

Secara garis besar, ada beberapa jenis proses manufaktur, *additive manufacturing* proses yang dengan prinsip penambahan material, *3D Printing* termasuk dalam proses *additive manufacturing*, sedangkan *subtractive manufacturing* proses menghilangkan sebagian dari dimensi benda kerja, contoh proses pemesinan yang termasuk adalah proses membubut (*turning*), proses mengebor (*drilling*), dan proses mengefraisi (*milling*).

2.1.1 Additive Manufacturing

Additive manufacturing adalah teknologi yang digunakan untuk membuat objek tiga dimensi dengan cara menambahkan bahan secara bertahap dan berlapis. Terdapat beberapa contoh yang umum di temui dalam *additive manufacturing* adalah teknologi pencetakan tiga dimensi untuk membuat *prototype* berbagai produk, sebelum dilakukan produksi secara massal

Teknologi ini berkembang pesat di berbagai sektor industri, seperti penerbangan, otomotif, pertahanan, peralatan medis, dan farmasi. Bahkan, saat ini penggunaan *additive manufacturing* juga telah merambah ke sektor makanan dan minuman.

Additive manufacturing telah ada lebih dari 40 tahun. Teknologi ini pertama kali digunakan pada tahun 1981 ketika Dr. Hideo Kodama dari Jepang mematenkan

perangkat untuk membuat prototipe melalui sistem penyemprotan resin menggunakan teknologi laser. Namun, pengajuan hak paten tersebut gagal karena masalah pendanaan, yang menyebabkan proses penelitian tidak dapat diselesaikan.

Cara kerja *additive manufacturing* adalah dengan menambahkan material secara bertahap. Hal ini berbeda dengan proses manufaktur tradisional yang cenderung mengurangi atau menghilangkan sebagian material untuk mencapai bentuk akhir produk yang diinginkan.

2.1.2 3D Printing

3D *Printing* merupakan teknologi modern pembuatan suatu produk yang mulai dikembangkan pada akhir – akhir tahun ini, mesin cetak ini dapat membuat suatu produk dengan hasil data berupa bentuk tiga dimensi berbasis FFF (*Fused Filament Fabrication*). (Saputra *et al.*, 2023).

Teknik yang paling sering digunakan dalam teknologi 3D *printing* adalah FDM (*Fused Deposition Modeling*), karena metode ini mudah digunakan dan biayanya relatif rendah. Prinsip kerja teknik ini adalah dengan mencetak objek secara lapis demi lapis. Salah satu komponen utama dalam proses ini adalah heater nozzle, yang berfungsi untuk memanaskan filament hingga meleleh, kemudian mencetaknya di atas bottom plate. Agar proses pencetakan berjalan dengan baik, mesin perlu dijalankan pada suhu tertentu yang sesuai dengan titik lebur *filament* yang digunakan. (Pristianyah & Herianto, 2018)

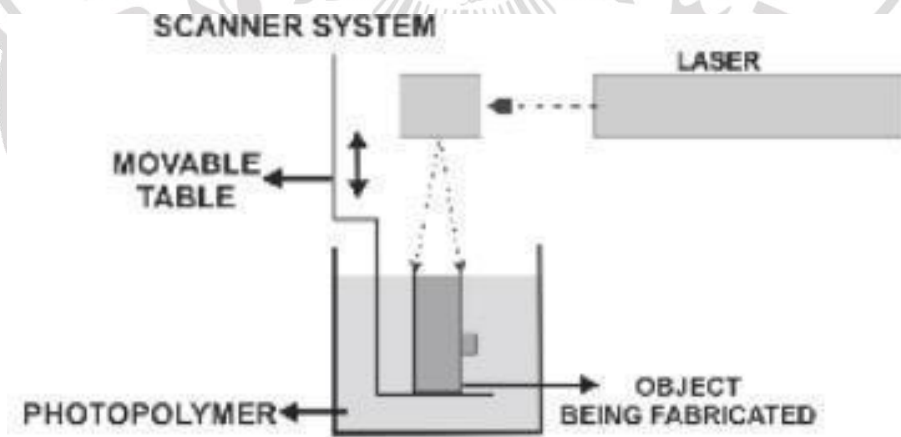
Seiring dengan perkembangan teknologi, 3D *printing* semakin menjadi pilihan utama untuk mencetak objek dengan bentuk rumit atau detail kompleks. Di bidang medis, misalnya, 3D *printing* FDM mampu mencetak hampir seluruh organ tiruan (prototipe) yang ada pada tubuh manusia, seperti jantung, hati, rahang palsu, sendi, dan kulit, dengan menggunakan jenis *filament* yang transparan. Selain itu dalam dunia industri, objek yang transparan juga dibutuhkan, misalnya untuk mencetak *cover* tempat oli mesin-mesin manufaktur supaya sirkulasi oli dan volume oli dapat langsung diketahui, serta dapat juga dijadikan *trainer kit* untuk pembelajaran tentang mekanisme pelumasan untuk keperluan studi. (Pristianyah & Herianto, 2018)

Mesin 3D Printer SLA



Gambar 2. 1 Mesin 3D *Printing* berbasis SLA (Laksono,2016)

SLA (Sterelithography) merupakan teknik yang pertama kali digunakan pada 3D *printing*. Prinsip kerja dari Teknik ini adalah dengan cara memadatkan cairan berupa resin dengan menggunakan sinar *UV (Ultraviolet)*. Teknologi ini mengubah cairan menjadi padat dengan cara menambahkan lapisan demi lapisan, teknologi ini memerlukan wadah *photopolymer resin* yang kemudian terdapat *platform* yang dapat digerakkan kebawah dan keatas lalu sinar *uv* membangun objek lapisan demi lapisan saat platform menempelkan pada wadah resin(P.N, 2022). Skema prosedur *sterelithography* bisa dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Diagram skema prosedur Sterelithography

Beberapa kelebihan dari 3D *Printing* dengan menggunakan teknologi *SLA (Sterelithography)* adalah memiliki hasil keakuratan yang sangat tinggi, memiliki hasil mekanik yang tinggi, dan juga hasil permukaan yang sangat halus. Namun 3d *Printing* ini terdapat beberapa kelemahan, diantaranya adalah memerlukan proses

curing, bahan baku yang dibutuhkan relative mahal dan peralatan yang dibutuhkan juga termasuk mahal(P.N, 2022).

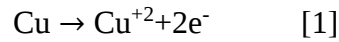
2.2 *Electroplating*

Electroplating adalah suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda (negatif) dengan cara elektrolisis. Hasil dari elektrolisis tersebut akan mengendap pada elektroda negatif (katoda). Terjadinya suatu endapan pada proses ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektrolit. Endapan yang terjadi bersifat adhesif terhadap logam dasar(Fuad Muttaqin Hasan & Abidin, 2022). Selama proses *electroplating* atom metal pada anoda kehilangan elektron yang disebut oksidasi. Sementara di permukaan elektroda katoda ion logam mendapatkan elektron yang disebut reduksi. Tingkat kation yang dilepaskan dari anoda sama dengan tingkat deposisi pada katoda. (Kadari, 2017)

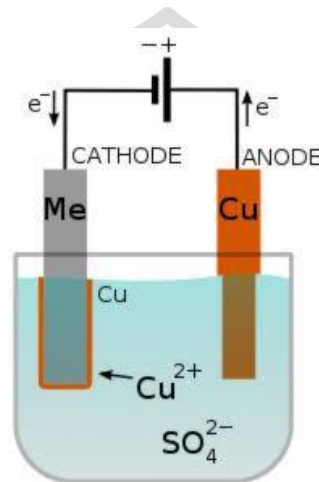
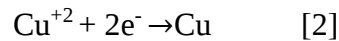
Bagian inti dari proses elektroplating adalah sel elektrolit (*electroplating unit*). Pada sel ini, arus listrik mengalir melalui *bath* yang mengandung elektrolit, dengan anoda dan katoda sebagai elemen utamanya. Selain itu, dalam proses industri, tahap pre-treatment dan post-treatment biasanya juga diperlukan. Benda kerja yang akan dilapisi berfungsi sebagai katoda (kutub negatif), sementara anoda dapat berupa salah satu dari dua jenis, yaitu anoda korban (yang akan larut) atau anoda permanen (*inert*). Anoda korban terbuat dari logam yang kemudian dideposisikan pada katoda, sementara anoda permanen hanya berfungsi untuk melengkapi rangkaian listrik tanpa menyediakan sumber logam untuk dideposisikan. Platinum dan karbon biasanya digunakan sebagai anoda inert.(Industri, 2016)

Dalam karya ini dari *electroplating* tembaga, kami menggunakan elektrolit yang mengandung larutan berair dari CuSO_4 dan H_2SO_4 (Kadari, 2017). Elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik, pencampuran dua zat atau lebih yang dicampur secara homogen yang salah satunya bertindak sebagai zat pelarut yang mempunyai sifat dapat menghantarkan listrik (elektrolit) dan tidak dapat menghantarkan listrik (non elektrolit).(Bengi et al., 2018)

Elektrodeposisi didasarkan pada dua reaksi elektrokimia seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2. Reaksi oksidasi pada anoda diberikan oleh persamaan 1.



Reaksi pengurangan pada katoda diberikan persamaan (Kadari, 2017)



Gambar 2. 3 Skema *Electroplating* Sederhana

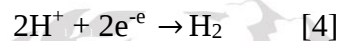
Gambar 2.3 menunjukkan skematik elektroplating dengan sumber tegangan yang terhubung ke anoda dan katoda. Kepadatan saat ini adalah faktor vital dalam *electroplating*. Dalam proses ini, kepadatan arus berdampak pada tingkat deposisi, penanganan kepatuhan, dan kualitas yang diberikan oleh persamaan 3. Tingkat deposisi elektroplating berhubungan langsung dengan kepadatan arus, sedangkan kualitas adhesi dan pelapisan berbanding terbalik dengan kepadatan saat ini.

$$\text{kepadatan arus} = \frac{\text{arus elektroplating}}{\text{luas permukaan benda kerja}} \quad [3]$$

Elektrodeposisi logam pada katoda dan pembubaran logam pada anoda dapat terjadi hanya jika sistem dipindahkan dari ekuilibrium. Reaksi elektroda ini hanya bisa terjadi bila potensi eksternal diberikan. Overpotential didefinisikan sebagai perbedaan antara potensi ekuilibrium dan potensi operasinya potensi elektroda pada elektroda saat arus mengalir. Jembatan yang menunjuk energi tambahan yang dibutuhkan untuk memaksakan reaksi elektroda untuk mengalami tingkat yang diperlukan. Selanjutnya, potensi operasi anoda selalu lebih positif dari potensi ekuilibriumnya. Potensi operasi katoda selalu lebih negatif dari

potensi ekuilibriumnya. Jika terlalu banyak saat kepaatan meningkat. Nilai overpotential juga tergantung pada kecepatan intrinsik reaksi elektroda. Reaksi lambat yang memiliki kerapatan arus pertukaran kecil memerlukan jembatan yang lebih tinggi untuk kepadatan arus yang diketahui daripada reaksi cepat yang memiliki kepadatan arus pertukaran besar. Overpotential juga disebut sebagai polarisasi elektroda. Reaksi elektroda selalu terjadi di leih dari satu langkah dasar, dan memiliki kelebihan hubungan yang terkait dengan setiap langkahnya.

Apabila voltase overpotential kecil diterapkan, ada pertumbuhan eksponensial dalam katoda dan anoda. Pada overpotential yang lebih tinggi, elektrolisis air terjadi yang mengembangkan hydrogen dalam bentuk gelembung di katoda. Selama proses *electroplating*, di katoda ada kemungkinan terjadinya reaksi yang disebutkan pada persamaan 4

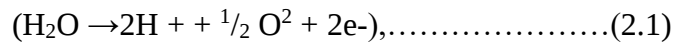


Penyerapan hidrogen terjadi pada logam substrat seperti atom H tapi tidak sebagai molekul H_2 , dalam void atau lowongan, gelembung molekul mungkin berkumpul. Difusi gelembung menuju katoda akan membantu dalam pergerakan ion Cu^{2+} melalui konveksi dan memanfaatkan resistensi rendah pada elektrolit, yang menyebabkan arus tinggi. Tingkat pertumbuhan meningkat secara substansial karena pembentukan untaian ternak tembaga pada kepadatan rendah bila dibandingkan dengan tembaga compact. Dalam keadaan teradsedis, gelembung hidrogen berpindah ke permukaan yang mengarah pada pertumbuhan pori-pori sebelum dilepaskan.(Kadari, 2017)

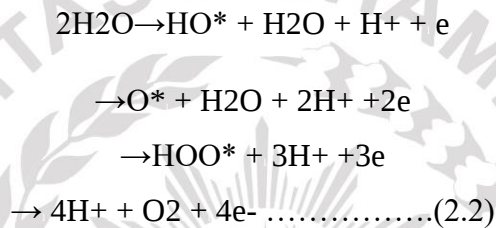
2.2.1 Proses Elektrolisis

Sel plating sederhana ini menggambarkan apa yang terjadi selama proses elektroplating. Dalam proses *electrogalvanizing* (EG), anoda terbuat dari seng, katoda terbuat dari baja, dan elektrolit berupa seng sulfat (proses yang sama juga dapat menggunakan seng klorida). Daya listrik disediakan oleh sumber DC. Pada anoda, seng teroksidasi (kehilangan 2 elektron) dan larut sebagai kation dalam elektrolit. Di katoda baja, kation seng menerima 2 elektron (proses reduksi) dan membentuk unsur seng, yang kemudian terdeposit pada permukaan baja.(Dallin, 2014)

Tahapan elektroplating ialah sebagai berikut dan skema elektroplating sederhana seperti gambar 2.4



Bagian anoda mengalami reaksi oksidasi yang menghasilkan elektron. Elektron yang dihasilkan kemudian mengalir melalui rangkaian elektrolisis menuju katoda. Anoda yang digunakan merupakan anoda inert, yang memungkinkan aliran arus menuju anoda dan memicu reaksi oksidasi (dekomposisi) air, yaitu perubahan air menjadi ion oksigen untuk menjaga keseimbangan listrik. Proses ini menghasilkan pembentukan gas oksigen. Reaksi yang terjadi dapat dijelaskan dengan persamaan reaksi 2.2.



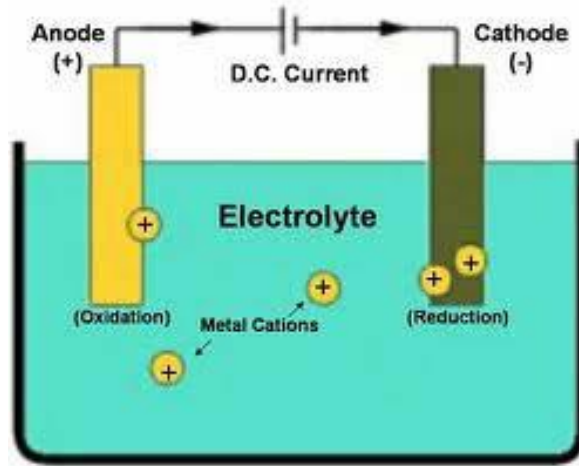
Bagian katoda mengalami proses menerima elektron dari anoda, sehingga terjadi reaksi reduksi di katoda akibat penambahan elektron. Reaksi reduksi yang terjadi melibatkan ion hidrogen, seperti yang dijelaskan dalam persamaan reaksi 2.3.



Selanjutnya, kation seng dalam larutan elektrolit bergerak menuju katoda yang kaya akan elektron, lalu bereaksi membentuk logam seng dan menempel pada permukaan katoda.



(Industri, 2016)



Gambar 2. 4 Skema *Electroplating* sederhana

2.3 Kegunaan dan Sifat-sifat Tembaga

Tembaga atau *Cuprum* (Cu) adalah logam yang sangat sering digunakan karena memiliki konduktivitas arus dan panas yang tinggi. Tembaga digunakan sebagai pelapisan dasar karena kemampuannya menutupi permukaan bahan yang dilapisi dan memiliki kemampuan *leveling* yang baik. Pelapisan dasar tembaga diperlukan sebelum pelapisan lanjut dengan nikel, yang kemudian dilanjutkan dengan pelapisan akhir menggunakan krom, kuningan, perak, atau emas. (Purwanto & Diponegoro, 2022)

Plating tembaga dilakukan menggunakan larutan sianida, pirofosfat, atau larutan asam. Tahapan pertama dimulai dengan plating tembaga sianida, kemudian dilanjutkan dengan plating tembaga asam atau pirofosfat. (Purwanto & Diponegoro, 2022)

2.3.1 Sifat-sifat Fisika Tembaga

1. Logam yang berwarna kemerah-merahan dan berkilauan
2. Dapat ditempa, dibengkokkan dan merupakan penghantar panas dan listrik
3. Titik leleh : 1.083°C , titik didih : 2.301°C
4. Berat jenis tembaga sekitar $8,92 \text{ gr/cm}^3$

2.3.2 Sifat-sifat Kimia Tembaga

1. Dalam udara kering sukar teroksidasi, akan tetapi jika dipanaskan akan membentuk oksida tembaga (CuO)

2. Dalam udara lembab akan diubah menjadi senyawa karbonat atau karat basa, menurut reaksi :

$$2 \text{Cu} + \text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CuOH})_2\text{CO}_3$$
3. Tidak dapat bereaksi dengan larutan HCl encer maupun H_2SO_4 encer
4. Dapat bereaksi dengan H_2SO_4 pekat maupun HNO_3 encer dan pekat

$$\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$$

$$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \text{ pekat} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$$

$$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \text{ encer} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$$

2.4 **Plating Tembaga Sianida**

Aplikasi paling penting dari pelapisan tembaga sianida (*Cyanide Copper Plating*) adalah sebagai lapisan dasar (*undercoat*) pada pelapisan baja sebelum dilapisi tembaga dari larutan asam, yang biasanya diikuti dengan pelapisan nikel dan krom. Tembaga sianida digunakan sebagai lapisan awal untuk mendapatkan pelekatan yang baik dan melindungi baja dari serangan larutan tembaga sulfat. Pemilihan plating tembaga sianida untuk aplikasi ini didasarkan pada sifat-sifatnya, seperti kemampuan penutupan lapisan yang baik, daya tembus (*throwing power*) yang tinggi, dan dilanjutkan dengan proses *buffing* pada lapisan tembaga hasil plating sianida. (Purwanto & Diponegoro, 2022)

Jika pelapisan tembaga pada baja dilakukan menggunakan larutan tembaga asam secara langsung, lapisan yang terbentuk akan memiliki kelekatan yang kurang baik. Plating sianida memiliki kemampuan penutupan yang sangat baik, sehingga cekungan pada permukaan baja dapat tertutup secara merata. Keunggulan ini menjadikannya sebagai lapisan dasar untuk pelapisan berikutnya, baik menggunakan tembaga lagi atau logam pelapis lainnya. Lapisan setebal 0,25 hingga 0,50 μm dapat dicapai dengan plating sianida dalam waktu 1 menit pada suhu ruangan. (Purwanto & Diponegoro, 2022).

2.5 **Larutan Elektrolit**

Larutan elektrolit adalah salah satu media yang dapat digunakan untuk proses pelapisan listrik yang dapat menyalurkan arus listrik dan ion-ion logam yang berbentuk pada anoda, harus mengandung bahan-bahan terlarut yang sangat diperlukan dalam proses lapis listrik. Seperti garam-garam logam yang akan

digunakan untuk pelapisan, bahan sebagai *buffer* dan bahan tambah sebagai adiktif. Juga ditambahkan bahan-bahan tertentu untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dari proses pelapisan(Hilmi & Sutarno, 2020)

