

# Elektroplating Timah dengan Penambahan Aditif Organik dan Aditif Komersial: Telaah Pustaka

Fenti Meyola, Muhammad Alvin Reagen, Avidlyandi, Morina Adfa\*

Didaftarkan: [27 Desember 2024] Direvisi: [28 Desember 2024] Terbit: [31 Desember 2024]

**ABSTRAK:** Elektroplating timah memiliki banyak keunggulan sehingga menarik untuk diteliti lebih lanjut, penelitian lainnya telah menunjukkan hasil yang baik untuk pelapisan timah dengan penambahan senyawa organik sebagai inhibitor. Aditif yang digunakan dapat berupa aditif organik atau aditif komersial. Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengkaji hasil-hasil penelitian elektroplating timah yang telah dilaporkan pada jurnal terdahulu, baik jurnal nasional maupun internasional. Hasil elektroplating dipengaruhi oleh aditif dan larutan elektrolit yang digunakan pada proses plating. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran bagaimana perkembangan dari penelitian mengenai elektroplating logam sehingga dapat dijadikan rujukan untuk penelitian dengan topik sejenis di kemudian hari.

## PENDAHULUAN

Pelapisan dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah elektroplating, *electroless deposition*, anodisasi, galvanisasi dan pengecatan. Metode elektroplating dipilih karena memiliki banyak keuntungan seperti mempunyai resolusi yang tinggi, laju deposisi yang tinggi, ketepatan bentuk, skalabilitas yang sederhana, bahan menghasilkan sifat yang beragam dapat diperoleh dengan mudah seperti ukuran butir, komposisi [1]. Pada skala kecil elektroplating dapat diaplikasikan untuk seni dekoratif sedangkan untuk skala besar mampu memenuhi kebutuhan industri seperti otomotif, elektronik, peralatan rumah tangga hingga peralatan medis. Salah satu logam yang dapat digunakan dalam elektroplating adalah timah, timah memiliki sifat yang menguntungkan untuk industri seperti memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi, titik leleh rendah, daya rekat pada logam dan tidak beracun [2]. Dalam elektroplating untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu adanya penambahan aditif, sebagai inhibitor anti korosi, pengkilap dan menjaga ketahanan substrat. Selain itu, peningkatan konsentrasi aditif organik menyebabkan peningkatan kandungan karbon pada lapisan, kemudian arus listrik berperan dalam penguraian aditif yang menghasilkan penggabungan karbon dalam deposit [3]. Senyawa organik ditetapkan sebagai salah satu metode penghambatan korosi yang paling efektif dan menguntungkan karena keterkaitannya dengan efisiensi, ekonomi, ekologi dan ramah lingkungan [4]. Senyawa organik memiliki potensi sebagai aditif pada elektroplating dan hasil morfologi substrat dapat disandingkan terhadap hasil elektroplating dengan penambahan aditif komersial. Contoh aditif organik gelatin, senyawa turunan fenolik, turunan benzaldehida, histidin, pepton, limbah kulit tomat dan limbah cangkang udang kemudian dikomparasikan

dengan aditif komersial. Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengkaji hasil-hasil penelitian elektroplating timah yang telah dilaporkan pada jurnal terdahulu, baik jurnal nasional maupun internasional. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran bagaimana perkembangan dari penelitian mengenai elektroplating logam timah sehingga dapat dijadikan rujukan untuk penelitian dengan topik sejenis di kemudian hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Elektroplating merupakan metode pelapisan suatu logam yang memanfaatkan arus listrik dan melibatkan 2 elektroda, hasil elektroplating memberikan perbaikan sifat pada logam yang dilapisi seperti ketebalan, morfologi, kekerasan dan warna [5]. Salah satu elektroplating yang diminati adalah elektroplating timah, karena memiliki banyak keunggulan seperti sifat timah yang tahan korosi, ramah lingkungan, lentur, tidak beracun dan bersifat konduktor listrik sehingga menarik untuk dikaji dan dikembangkan. Beberapa penelitian menunjukkan hasil elektroplating timah dengan penambahan senyawa organik sebagai aditif memberikan hasil yang baik pada substrat. Penelitian tersebut diuraikan dan dibandingkan dengan aditif komersial sebagai berikut.

### Aditif Organik

Senyawa organik yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya adalah turunan benzaldehida yaitu vanillin, etil vanilin dan veratraldehida sebagai aditif *brightener* pada elektroplating timah dalam pembuatan sirkuit tembaga. Hasil elektroplating menunjukkan ketiga aditif tersebut memiliki reaktivitas tinggi, sebagai penyangga adsorpsi ketiga pengkilap menunjukkan sifat yang berbeda pada permukaan kristal timah dimana etil vanillin memiliki ketahanan korosi yang lebih baik karena penghambatan yang kuat pada timah dan cukup konduktif untuk menerima lapisan mikro dengan energi pengikatan yang relatif tinggi yaitu 51,64 kkal/mol. Sehingga diketahui etil vanillin memiliki efek terbesar dalam peningkatan polarisasi katoda dan penurunan laju pengendapan timah [6].

Aditif senyawa organik lainnya yang digunakan untuk elektroplating timah adalah gelatin, natrium glukonat, dan beta-naftol. Percobaan ini dilakukan dengan larutan sulfat asam. Gelatin diperoleh dari bagian tubuh hewan yang terbentuk dari hidrolisis kolagen. Hidrolisis tersebut menghasilkan koloid gelatin sebagai inhibitor dalam elektrodposisi logam. Sodium glukonat adalah aditif non-korosif, tidak beracun, dapat terurai secara hayati. Bahan ini juga efektif untuk proses elektroplating logam berat dan alloy.  $\beta$ -naftol (2-naphtol) adalah padatan kristal yang tidak berwarna yang sedikit larut dalam air tetapi larut dengan baik dalam etanol. Hasil elektroplating tersebut menunjukkan perubahan yang signifikan pada morfologi timah dari kristal polihedron (tanpa aditif) melalui pelat persegi panjang ( $\beta$ -naftol) dan pelat tipis (glukonat) menjadi butiran bulat (gelatin) tetapi tanpa perubahan pada kisi kristal [2].

Aditif organik selanjutnya adalah glikol, penambahan aditif glikol pada elektroplating timah bereaksi dengan teradsorpsi pada katoda dan permukaan timah yang melapisi substrat. Adsorpsi glikol pada katoda menyebabkan tertutupnya sebagian permukaan katoda sehingga meningkatkan polarisasi katodik dan mengendalikan laju deposisi. Hasilnya permukaan lapisan menjadi lebih halus dan seragam. Terlihat bahwa efisiensi arus katodik dan ketebalan meningkat hingga 84,8% pada kerapatan arus  $\sim 30 \text{ mA cm}^{-2}$ . Hal ini dikarenakan saat kerapatan arus rendah, probabilitas reaksi evolusi hidrogen dapat diabaikan. Selain itu, lapisan timah yang dihasilkan lebih cerah atau mengkilap [7].

Pelapisan timah dengan aditif organik selanjutnya menggunakan  $\beta$ -naftol teralkoksilasi (ABN) yang merupakan bentuk stabil dari  $\beta$ -naftol karena gugus hidroksil diganti dengan gugus alkoksi yang lebih stabil. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa penambahan aditif ABN pada elektrolit berbasis klorida terjadi perubahan struktur pada partikel. Perubahan struktur tersebut dapat dilihat dengan membandingkan permukaan film timah yang diendapkan tanpa aditif. Struktur film timah tanpa aditif terlihat kasar dari tepi yang tajam dengan struktur seperti garis-garis. Sebaliknya dengan penambahan aditif ABN, permukaan lebih halus, partikel berubah menjadi bentuk polygon, batas partikel lebih jelas dan ukuran partikel mengecil. Ukuran partikel terkecil diperoleh dengan penambahan aditif ABN sebanyak 1,56 mg/L. Dari perubahan struktur partikel ini disimpulkan bahwa penambahan ABN dapat menghambat proses katodik [8].

Selanjutnya penggunaan mekanisme pelapisan dan pembentukan timah dengan kombinasi hidrokuinon (HQ) dan gelatin sebagai bahan Aditif organik. Aditif menciptakan penghalang kimiawi yang seragam untuk pelapisan timah, sehingga memperlambat laju pelapisan dan memungkinkan film memiliki struktur mikro yang seragam. Hasil penambahan aditif dengan perbedaan rasio konsentrasi dapat memberikan morfologi partikel yang sangat berbeda pada film timah. Aditif Hidrokuinon 6,67 g/L yang ditambahkan pada elektrolit dapat sebagai antioksidan, mengubah medan listrik dan konsentrasi ion sekitar katoda sehingga memberikan pertumbuhan partikel lebih bulat dan seragam dengan adanya partikel-partikel halus saling menyatu. Sedangkan, penambahan aditif gelatin 3,33 g/L pada larutan elektrolit menunjukkan pertumbuhan partikel lebih kecil yaitu 20-700 nm, sebagian besar hasil pelapisan tampak seragam, morfologi bulat dan penggabungan partikel yang lebih baik. Selanjutnya penambahan aditif dengan kombinasi hidrokuinon dan gelatin ditemukan bahwa ukuran partikel tumbuh hingga 5-7  $\mu\text{m}$  tanpa lubang kecil. Kombinasi aditif ini membentuk senyawa kompleks dan teradsorpsi pada permukaan katoda dan dapat bekerja secara terpisah pada waktu bersamaan sehingga mampu mengontrol kinetika proses elektroplating. Hasilnya terbentuk permukaan film yang lebih halus dan seragam dan jangkauan pelapisan lebih luas [9].

Penelitian lainnya telah mempelajari pengaruh S-dodecylmercaptobenzimidazole (DMBI) sebagai aditif terhadap mekanisme elektrodposisi timah dari elektrolit berbasis asam.

Morfologi endapan timah menunjukkan bahwa elektrodeposisi yang diperoleh menjadi teratur, halus dan padat dengan adanya DMBI. Ditemukan bahwa efek DMBI lebih baik pada potensial yang lebih negatif [10].

Aditif selanjutnya adalah kombinasi 2 aditif yaitu turunan fenolik dan surfaktan. Hasil morfologi timah dibandingkan dengan hasil elektroplating tanpa penambahan aditif kemudian dilakukan variasi arus selama voltametri siklik. Morfologi timah yang telah dilapisi dengan larutan tanpa aditif menunjukkan permukaan yang tidak beraturan dengan partikel yang kasar, terlapisi secara acak dan tersebar diseluruh permukaan timah. Ketika larutan elektrolit ditambahkan zat aditif surfaktan 0,2 g/L dan turunan fenolik 0,4 g/L dengan potensial konstan - 0,45 V selama 1 jam. Hasilnya timah terlapisi secara homogen dan permukaan yang lebih rata dan partikel terlihat lebih halus dengan perbesaran 5000x. Morfologi ini disebabkan oleh kombinasi tingkat pembentukan inti yang rendah dan tingkat pertumbuhan atau pelapisan yang tinggi. Karakteristik ini diperoleh dari kerapatan arus yang rendah [11].

Limbah kulit tomat dari pabrik juga telah diteliti sebagai sumber potensial untuk produksi pektin dan aplikasi sebagai inhibitor korosi timah. Uji pektin tomat ini dilakukan dengan penambahan larutan 2% NaCl, 1% asam asetat dan 0,5% asam sitrat pada suhu 25 derajat celcius. Hasilnya menunjukkan bahwa pektin yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai penghambat katodik. Hasil penambahan aditif menyebabkan perubahan mekanisme proses korosi, adanya pektin membantu penghalangan kontak langsung antara logam dan lingkungan yang korosif karena molekul pektin teradsorpsi secara fisik pada permukaan timah. Sehingga terjadi peningkatan efisiensi inhibisi yang secara maksimal diperoleh sebesar 73% [12].

Selanjutnya pemanfaatan limbah cangkang udang dan kerang akan disintesis menjadi kitosan yang larut dalam air (WSC) sebagai inhibitor korosi pada tinplate dalam 2% NaCl. Hasilnya Efisiensi inhibisi maksimum dengan metode kehilangan berat WSC yang berasal dari limbah cangkang udang dan cangkang kerang adalah 72,73% dan 54,55%. Efisiensi penghambatan maksimum diperoleh dengan penambahan 1300 mg/L WSC. Studi penurunan berat badan menunjukkan bahwa WSC bertindak sebagai jenis inhibitor campuran dan mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich. Efisiensi inhibisi WSC yang berasal dari cangkang udang lebih tinggi daripada WSC yang berasal dari cangkang kerang. Jadi, efisiensi inhibisi WSC cangkang udang dengan metode penurunan berat dikonfirmasi dengan metode polarisasi potensiodinamik yaitu sebesar 91,41% [13].

Efek aditif minyak biji rami pada pelapisan timah untuk baja ringan. Substrat baja biasa yang dilapisi dan tidak dilapisi timah secara elektrodeposisi dilakukan dengan dan tanpa aditif dalam 3% NaCl selama satu jam pencelupan. Hasilnya menegaskan bahwa pelapis ini dapat digunakan untuk aplikasi perlindungan korosi di lingkungan asin. Penggunaan aditif

meningkatkan kualitas deposisi timah dan hasil yang baik pada 1 mL. Karakteristik reduksi timah diamati pada konsentrasi timah 0,14M. Hasil voltametri siklik menunjukkan bahwa reduksi Sn (II) menjadi Sn tidak dapat dipulihkan dan berlangsung melalui proses transfer dua langkah dua elektron. Pengujian ketahanan korosi dengan kurva polarisasi, spektroskopi impedansi elektrokimia mengkonfirmasi bahwa Sn yang diendapkan secara elektrodeposisi yang diperoleh dengan minyak biji rami memberikan ketahanan korosi yang lebih baik. Peningkatan ketahanan korosi disebabkan oleh struktur mikro yang kompak dan adanya aditif minyak biji rami pada lapisan yang dimasukkan selama proses elektrodeposisi. Aditif ini dapat mendukung pembentukan lapisan pasif yang lebih tahan terhadap serangan klorida sehingga meningkatkan ketahanan korosi [14].

Turunan 1,8-naftalimida juga telah diuji pada elektrodeposisi timah dan dipelajari efek struktur pada kinerja aditif tersebut. Sebelum itu senyawa (NI1 ~ 4) disintesis dari 1,8-naftalimida melalui reaksi alkilasi dan pengenalan gugus amonium kuarterner. Hasilnya menunjukkan penambahan aditif menyebabkan kerapatan arus oksidasi menurun dan potensial puncak bergeser secara negatif. Ketika konsentrasi aditif meningkat, kerapatan arus di bawah kondisi NI1 atau NI2 hampir tidak lagi menurun, sedangkan kerapatan arus di bawah kondisi NI3 atau NI4 menurun tajam hingga konsentrasi aditif mencapai 160  $\mu\text{mol/L}$ , yang mungkin terkait dengan kejenuhan aditif yang teradsorpsi pada permukaan elektroda kerja. Selain itu, dapat ditemukan bahwa NI4 memiliki efek penghambatan yang paling baik, dan pada dasarnya mencapai kerapatan arus tertinggi setelah konsentrasi 160  $\mu\text{mol/L}$  sementara arus puncak dapat dikurangi hingga 10% dari elektrolit dasar. Dalam segi morfologi ditampilkan bahwa lapisan *plating* setelah menambahkan 160  $\mu\text{mol/L}$  NI4, lapisan *plating* seragam dan rata di area kerapatan arus tinggi dan rendah [15].

### Aditif Komersial

Penggunaan aditif komersial seperti decyl glukosida pada elektrodeposisi timah dalam medium asam sulfat. Hasil morfologi dari deposit dari dua elektrolit yaitu, elektrolit tanpa aditif menunjukkan deposit timah berbentuk seperti porous, dendritik dengan bentuk tidak beraturan dan ukuran kristal yang lebih besar. Sedangkan pada larutan elektrolit dengan penambahan zat aditif deposit lebih cerah, padat dengan bentuk yang seragam dan ukuran partikel lebih kecil. Aditif tersebut diketahui memberikan efek adsorpsi pada permukaan elektroda untuk mempercepat proses pertumbuhan atau pelapisan [16].

Selanjutnya penggunaan teknik deposisi aditif aerosol pada film timah, film timah diendapkan pada substrat kuningan dan diekspos pada suhu kamar 25 derajat celsius selama 30 hari, diikuti dengan proses laser photosintering. Penambahan aditif jet aerosol dalam penelitian ini menunjukkan potensi untuk mendepositkan film timah yang berkualitas tinggi, dimana hasil deposit cenderung bebas dari pertumbuhan lapisan tipis [17].

Aditif tri-amonium sitrat juga digunakan pada pelapisan timah. Pada pelapisan ini konsentrasi tri-amonium sitrat sangat mempengaruhi hasil deposisi, percobaan dilakukan pada kerapatan arus yang rendah yaitu  $5 \text{ mA/cm}^2$  dengan konsentrasi tri-amonium sitrat  $0,31\text{-}0,41 \text{ mol/L}$  dan  $0,22 \text{ mol/L}$   $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan endapan timah yang baik, seragam dan padat dengan laju pelapisan yang tinggi pada substrat [18]. Ilustrasi morfologi dari endapan timah dapat dilihat pada Gambar 1. Selain aditif tri-amonium sitrat, tiga aditif yaitu polietilen glikol, polipropilen glikol, dan fenolftalein dalam larutan metanesulfonat timah asam menghasilkan endapan timah yang halus [19].

Aditif dari tiga senyawa, surfaktan nonionik Triton X-100 (TX100), asam organik lemah (aditif A  $(-\text{CO}-\text{O}-)$ ) dan garam natrium organik (aditif B  $(-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-)$ ), telah diuji untuk mengetahui pengaruhnya dalam elektrodeposisi. Penggunaan aditif komposit dapat menyebabkan polarisasi katodik yang kuat selama elektrodeposisi timah, yang mungkin disebabkan oleh efek sinergis aditif komposit. Oleh karena itu, aditif komposit yang terdiri dari TX100, aditif A dan B, sangat menguntungkan untuk meningkatkan polarisasi katodik dan mendapatkan lapisan timah ukuran partikel kecil atau berbutir halus [20].

Pelapisan timah juga dilakukan dengan etilen glikol (EG) dan propilen glikol (PG). Hasil yang diperoleh dari elektrolit glikolat dengan asam borat adalah terbentuknya butiran yang bulat dan padat dengan ukuran rata-rata dan ukuran maksimal masing-masing  $1,5\text{-}3,0$  dan  $20\text{-}30 \mu\text{m}$ . Butiran-butiran tersebut terhubung dalam jaringan yang padat. Lapisan yang diperoleh dari larutan elektrolit butiran lebih halus, memiliki banyak lapisan tipis atau serabut dan dendrit. Selain itu, lapisan terdiri dari kristal lonjong yang tersusun dalam gumpalan *flower-type* yang membuat lapisan berpori dan longgar [21].

Aditif selanjutnya asam sitrat poli (vinil alkohol) dan betain pada elektrodeposisi alloy yaitu timah-bismuth. Penambahan aditif asam sitrat, polivinil alkohol, dan betain menekan laju deformasi timah dan bismut. Sifat pengompleks dari asam sitrat dan perilaku penghambat permukaan PVA menekan pembentukan fitur-fitur besar seperti gulungan benang. Bahan ini juga secara signifikan meningkatkan daya rekat deposit. Namun, menghasilkan endapan yang kaya akan timah karena reduksi timah (II) meningkat. Aditif menekan pembentukan kristalit besar dengan struktur seperti jarum, dan mendukung pembentukan film tipis yang sangat homogen dengan cakupan permukaan yang baik [22].

Aditif diuji pengaruhnya pada rendaman klorida, Pada studi ini diteliti bagaimana pengaruh beberapa aditif yaitu gelatin,  $\beta$ -naftol, polietilena glikol, histidin dan pepton dalam rendaman pelapisan untuk meningkatkan morfologi permukaan, ukuran butir, kehalusan dan ketahanan korosi dari endapan timah. Morfologi permukaan timah yang diendapkan diperiksa dengan pemindaian mikroskop elektron (SEM). Hasilnya, elektroda timah yang diperoleh dari Rendaman-B yang mengandung gelatin memiliki morfologi permukaan yang lebih teratur dan halus, menunjukkan bahwa pelapisannya cukup padat tanpa ada kecenderungan pembentukan dendrit. Selanjutnya aditif  $\beta$ -naftol menunjukkan

perubahan dari blok ukuran butir menjadi ukuran butir halus yang menunjukkan bahwa bertindak sebagai penghalus butir atau partikel. Aditif polietilen glikol (PEG-6000), menunjukkan morfologi permukaan yang berbeda dengan ukuran blok yang direduksi menjadi ukuran butiran halus dan ditandai dengan kelompok bintil besar yang tidak seragam yang tumbuh di permukaan deposit. Pada aditif histidin, deposit menunjukkan morfologi permukaan dengan batas-batas yang tersebar di seluruh permukaan, kelompok kristal yang dihasilkan berukuran lebih kecil dibandingkan dengan elektrolit tanpa aditif. Aditif pepton menghasilkan morfologi permukaan dengan ukuran blok yang benar-benar berkurang menjadi struktur berbutir sangat halus yang menunjukkan sifat padat pada deposit [23].

Penggunaan aditif serupa juga dilakukan pada penelitian lainnya seperti aditif PEG, tiourea, Triton X-100 dan kombinasi ketiganya. Penambahan aditif tidak hanya mempengaruhi orientasi butiran tetapi juga memperhalus ukuran kristalit. Diamati bahwa tanpa adanya aditif menghasilkan butiran berukuran submikron yang lebih besar dengan kilau permukaan hitam. Larutan yang mengandung Triton X-100 (larutan D dan larutan B + C + D) memperbaiki ukuran kristalit meskipun tidak terlalu banyak, dibandingkan dengan larutan lain yang mengandung tiourea (larutan C dan larutan B + C). Larutan B + C terbukti paling efektif dalam memperbaiki ukuran kristalit, contohnya dari 175 menjadi 58 nm dengan permukaan yang lebih luas. Perlu dicatat bahwa larutan B + C + D menciptakan efek yang signifikan pada permukaan yang menghasilkan warna putih dan cerah yang sangat halus. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa PEG bertindak sebagai pemurni butiran moderat, namun memberikan tampilan permukaan yang abu-abu [24].

Studi lainnya telah menganalisa peran aditif, termasuk asam tartarat, aseton benziliden, polioksietilen oktilfenol eter, dan formaldehida, dalam reduksi stannous pada rendaman asam sulfat dengan menggunakan metode elektrokimia dan analisis morfologi deposit. Hasilnya menunjukkan deposit timah lebih seragam dan halus. Hasil ini menunjukkan bahwa aditif campuran yang terdiri dari 30 g/L asam tartarat, 0,6 g/L benziliden aseton, 8 mL/L formaldehida, dan 10 mL/L polioksietilen oktilfenol eter, memiliki efek yang besar terhadap morfologi dan ukuran butir endapan timah dalam rendaman sulfat asam [25].

Aditif benzethonium klorida (BZT), cetylpyridinium klorida (CPC), cetyltrimethylammonium klorida (CTAC), dan heksil trimetilamonium bromida (CTAB). Mikromorfologi SEM dari elektroda Sn/Ni yang dibuat dengan elektroplating  $\text{SnCl}_2$  dengan adanya surfaktan kationik. Hasil menunjukkan geometri yang lebih baik dari partikel Sn dengan penambahan CPC dan BZT, yang masing-masing mengandung cincin piridin dan benzena. Pada CMC rendah, CPC memodifikasi Sn sebagai kristal dipiramid tunggal. Dengan peningkatan konsentrasi CPC, aspek tambahan berkembang ke arah yang berbeda, yang mengarah ke polihedron kristal di atas permukaan timah [26].

## KESIMPULAN

Metode elektroplating timah digunakan dalam berbagai industri baik skala kecil maupun skala besar. Hasil elektroplating memiliki beberapa keunggulan seperti ukuran pori, ketebalan permukaan, keteraturan dan kepadatan dapat diatur dengan penambahan zat aditif. Zat aditif yang digunakan pada proses ini dapat berasal dari aditif organik maupun aditif komersial. Aditif organik yang dibahas pada studi ini diantaranya turunan benzaldehida yaitu vanillin, etil vanilin dan veratraldehida sebagai aditif *brightener*, aditif lainnya yang memberikan perubahan pada morfologi secara signifikan seperti gelatin mengubah partikel menjadi bulat, natrium glukonat menghasilkan pelat tipis,  $\beta$ -naftol menghasilkan pelat berbentuk persegi panjang, aditif glikol memberikan lapisan timah yang cerah atau mengkilap (*brightener*) Alkoksilasi  $\beta$ -naftol (ABN) menghasilkan partikel bentuk polygon, permukaan halus dan ukuran partikel kecil, aditif kombinasi hidrokuinon (HQ) dengan gelatin membentuk permukaan film yang lebih halus dan seragam dan jangkauan pelapisan lebih luas, aditif S-dodecylmercaptobenzimidazole (DMBI), aditif turunan fenolik serta surfaktan dan turunan 1,8-naftalimida menghasilkan morfologi teratur, halus dan padat, selanjutnya kulit tomat, cangkang udang, kerang, minyak biji rami dapat bekerja sebagai inhibitor korosi yang baik pada elektrolit timah. Selanjutnya dapat dibandingkan dengan aditif komersial diantaranya decyl glukosida menghasilkan deposit lebih cerah, padat dengan bentuk yang seragam dan ukuran partikel lebih kecil, aerosol menghasilkan deposit cenderung bebas dari pertumbuhan lapisan tipis, tri-amonium sitrat menghasilkan endapan timah yang baik, seragam dan padat dengan laju pelapisan yang tinggi, aditif etilen glikol, polietilen glikol, polipropilen glikol, fenolftalein, polivinil alkohol, dan Triton X-100 menghasilkan endapan timah yang halus, selanjutnya aditif tiourea, asam tartarat, aseton benziliden, polioksietilen oktilfenol eter, formaldehida, benzethonium klorida (BZT), cetylpyridinium klorida (CPC), cetyltrimethylammonium klorida (CTAC), heksil trimetilamonium bromida (CTAB) mampu memodifikasi morfologi dan ukuran partikel atau kristal. Jadi, masing-masing aditif baik aditif organik maupun komersial menunjukkan hasil elektroplating timah dengan bentuk morfologi, ukuran partikel dan warna yang berbeda-beda, sehingga penelitian mengenai elektroplating timah dapat terus dikembangkan.

## PROSEDUR PENELITIAN

Review ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai pustaka terkait dengan topik sintesis, karakterisasi dan kemungkinan adanya potensi aditif organik untuk elektroplating timah dari kumpulan jurnal nasional maupun jurnal internasional. Pustaka-pustaka tersebut dipelajari dan dilakukan telaah, sehingga didapatkan gambaran kekuatan, kekurangan, dan prospek pengembangan penelitian yang mungkin masih terus bisa ditumbuhkembangkan oleh peneliti-peneliti di Indonesia.

## DEKLARASI

Para Penulis tidak memiliki konflik dalam hal penulisan dan pendanaan.

## PERSANTUNAN

FM berterima kasih kepada Program Studi Magister (S2) Kimia FMIPA Universitas Bengkulu yang telah memberikan kesempatan untuk menempuh pendidikan magister, dan seluruh penulis berterima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan pendanaan dalam kegiatan Penelitian Tesis Magister. Publikasi ini merupakan luaran tambahan yang diperoleh selama tahun penelitian utama dilakukan.

## INFORMASI TENTANG PENULIS

Penulis Rujukan:

Morina Adfa  
Laboratorium Kimia Organik  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)  
Universitas Bengkulu

Para Penulis

Fenti Meyola  
Program Studi Magister (S2) Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)  
Universitas Bengkulu  
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu

M. Alvin Reagen  
Laboratorium Kimia Anorganik  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)  
Universitas Bengkulu

Avidlyandi  
Laboratorium Kimia Organik  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)  
Universitas Bengkulu

## PUSTAKA

- [1] Schlesinger, M.; Paunovic, M. *Fundamentals of Deposition*. **2006**.
- [2] Rudnik, E.; Chowaniec, G. Effect of Organic Additives on Electrodeposition of Tin from Acid Sulfate Solution. *Metallurgy and Foundry Engineering*, **2018**, 44(1):41. DOI: 10.7494/mafe.2018.44.1.41.
- [3] Fabro, M. A.; Mena, M. Effect of Organic Plating Additives Concentration on Carbon Content and Donor Density of Electroplated Tin. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **2019**, 540(1). DOI: 10.1088/1757-899X/540/1/012002.
- [4] Alhaffar, M. T.; Umoren, S. A.; Obot, I. B.; Ali, S. A. Isoxazolidine Derivatives as Corrosion Inhibitors for Low Carbon Steel in HCl Solution: Experimental, Theoretical and Effect of KI Studies. *RSC Advances*, **2018**, 8(4):1764–1777. DOI: 10.1039/c7ra11549k.

- [5] Rakiman; Hanif; Menhendry; Maimuzar; Yetri, Y. Analisa Kekerasan dan Ketebalan Permukaan Lapisan Hasil Elektroplating Kuningan Pada Baja. *Jurnal Sains Terapan*, **2021**, 7(1):43–48. DOI: 10.32487/jst.v7i1.1114.
- [6] Huang, Y.; et al. Benzaldehyde Derivatives on Tin Electroplating as Corrosion Resistance for Fabricating Copper Circuit. *Nanotechnology Reviews*, **2022**, 11(1):3125–3137. DOI: 10.1515/ntrev-2022-0497.
- [7] Sharma, A.; Jang, Y. J.; Jung, J. P. Effect of Current Density on morphology of Electroplated Tin. *Surface Engineering*, **2015**, 31(6):458–464. DOI: 10.1179/1743294414Y.0000000427.
- [8] Zajkoska, S. P.; Mulone, A.; Hansal, W. E. G.; Klement, U.; Mann, R.; Kautek, W. Alkoxylated  $\beta$ -naphthol as an Additive for Tin Plating from Chloride and Methane Sulfonic Acid Electrolytes. *Coatings*, **2018**, 8(2). DOI: 10.3390/coatings8020079.
- [9] Arafat, Y.; Sultana, S. T.; Dutta, I.; Panat, R. Effect of Additives on the Microstructure of Electroplated Tin Films. *Journal of The Electrochemical Society*, **2018**, 165(16):D816–D824. DOI: 10.1149/2.0801816jes.
- [10] Bakkali, S.; Touir, R.; Cherkaoui, M.; Ebn Touhami, M. Influence of S-dodecylmercaptobenzimidazole as Organic Additive on Electrodeposition of Tin. *Surface and Coatings Technology*, **2015**, 261:337–343. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2014.11.003.
- [11] Collazo, A.; Figueroa, R.; Nóvoa, X. R.; Pérez, C. Electrodeposition of Tin from a Sulphate Bath: An EQCM study. *Surface and Coatings Technology*, **2015**, 280:8–15. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.08.052.
- [12] Grassino, A. N.; Halambek, J.; Djaković, S.; Rimac Brnčić, S.; Dent, M.; Grabarić, Z. Utilization of Tomato Peel Waste from Canning Factory as A Potential Source for Pectin Production and Application as Tin Corrosion Inhibitor. *Food Hydrocolloids*, **2016**, 52:265–274. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.06.020.
- [13] Harmami, H.; Ulfir, I.; Sakinah, A. H.; Ni'mah, Y. L. Water-Soluble Chitosan from Shrimp and Mussel Shells as Corrosion Inhibitor on Tinplate in 2% NaCl. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, **2019**, 15(2):212–217. DOI: 10.11113/mjfas.v15n2.972.
- [14] Benabida, A.; Galai, M.; Zarrouk, A.; Cherkaoui, M. Effects of Linseed Oil Additive on The Electroplating of Tin on Mild Steel. *Der Pharma Chemica*, **2014**, 6(6):285–293.
- [15] Xie, Y.; Du, L.; Li, X.; Yuan, B.; Bao, G.; Wang, L. Influence of 1,8-Naphthalimide Derivatives as Additives on The Electrodeposition of Tin from Methanesulfonic Acid System. *Dyes and Pigments*, **2022**, 207. DOI: 10.1016/j.dyepig.2022.110691.
- [16] Bakkali, S.; et al. Theoretical and Experimental Studies of Tin Electrodeposition. *Surfaces and Interfaces*, **2020**, 19(1):1–10. DOI: 10.1016/j.surfin.2020.100480.
- [17] Fortier, A.; Liu, Y.; Ghamarian, I.; Collins, P. C.; Chason, E. Investigation of Tin (Sn) Film Using an Aerosol Jet Additive Manufacturing Deposition Process. *Journal of Electronic Materials*, **2017**, 46(8):5174–5182. DOI: 10.1007/s11664-017-5524-7.

- [18] He, A.; Liu, Q.; Ivey, D. G. Electrodeposition of Tin: A Simple Approach. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, **2008**, 19(6):553–562. DOI: 10.1007/s10854-007-9385-3.
- [19] Martyak, N. M.; Seefeldt, R. Additive-Effects During Plating in Acid Tin Methanesulfonate Electrolytes. *Electrochimica Acta*, **2004**, 49(25):4303–4311. DOI: 10.1016/j.electacta.2004.03.039.
- [20] Long, J. M.; Zhang, Z.; Guo, Z. C.; Zhu, X. Y.; Huang, H. Electrochemical Study of The Additive-Effect on Sn Electrodeposition in A Methansulfonate Acid Electrolyte. *Advanced Materials Research*, **2012**, 460(2):7–10. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.460.7.
- [21] Maltnava, H. M.; Vorobyova, T. N.; Vrublevskaia, O. N. Electrodeposition of Tin Coatings from Ethylene Glycol and Propylene Glycol Electrolytes. *Surface and Coatings Technology*, **2014**, 254(15):388–397. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2014.06.049.
- [22] Rajamani, A. R.; Jothi, S.; Datta, M.; Rangarajan, M. Electrodeposition of Tin-Bismuth Alloys: Additives, Morphologies and Compositions. *Journal of The Electrochemical Society*, **2018**, 165(2):D50–D57. DOI: 10.1149/2.1281714jes.
- [23] Sekar, R.; Eagammai, C.; Jayakrishnan, S. Effect of Additives on Electrodeposition of Tin and Its Structural and Corrosion Behaviour. *Journal of Applied Electrochemistry*, **2010**, 40(1):49–57. DOI: 10.1007/s10800-009-9963-6.
- [24] Sharma, A.; Das, K.; Fecht, H. J.; Das, S. Effect of Various Additives on Morphological and Structural Characteristics of Pulse Electrodeposited Tin Coatings from Stannous Sulfate Electrolyte. *Applied Surface Science*, **2014**, 314(14):516–522. DOI: 10.1016/j.apsusc.2014.07.037.
- [25] Xiao, F. X.; Shen, X. N.; Ren, F. Z.; Volinsky, A. A. Additive Effects on Tin Electrodepositing in Acid Sulfate Electrolytes. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, **2013**, 20(5):472–478. DOI: 10.1007/s12613-013-0753-0.
- [26] Shih, Y. J.; Wu, Z. L. Electroplating of Surfactant-Modified Tin Catalyst Over A Nickel Foam Electrode (Sn/Ni) For Selective N<sub>2</sub> Yield From Nitrate Reduction as Affected by Sn(200) and Sn(101) Crystal Facets. *Applied Catalysis B: Environmental*, **2021**, 285(21):1-10. DOI: 10.1016/j.apcatb.2020.119784.