

ELEKTROPLATING ALLOY SENG-NIKEL PADA BAJA DENGAN MENGGUNAKAN BAK ALKALI

Yeni Stiadi dan Riza Febrina
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh voltase, waktu dan konsentrasi larutan plating untuk memperoleh kondisi optimum dari elektroplating paduan seng-nikel dalam larutan alkali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi yang memberikan hasil plating yang optimum diperoleh pada voltase 4 volt, lama plating 30 menit, dengan konsentrasi 20,13 g/L $ZnSO_4$, 7,0178 g/L $NiSO_4$, 2 g/L Na_2CO_3 , 12 g/L NaOH dan 0,01 ppm tiourea serta nilai kekerasan 100,8424 VHN. Perbandingan antara jumlah seng dan nikel pada kondisi optimum adalah 3: 1. Elektrodeposisi yang dihasilkan mempunyai bentuk permukaan lebih merata, mengkilat, terang dan pori-pori yang dihasilkan lebih halus.

ABSTRACT

Research about the influences of voltage, plating time, and concentration of plating solution has been done to obtain the optimum condition on the electroplating of zink-nickel alloy into alkaline solution. The results show that the condition which give the optimum plating result is obtained on voltage of 4 volt, time of plating is 30 minutes with the concentration of solution containing 20.13 g/L $ZnSO_4$, 7.0178 g/L $NiSO_4$, 2 g/L Na_2CO_3 , 12 g/L NaOH and 0.01 ppm tiourea with the hardness value is 100.8424 VHN. The proportion between zink and nickel in the optimum condition is 3 : 1. The result of electrodeposition have more uniform surface, more sparkle, brighter and smoother pore.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sejalan dengan semakin berkembangnya perindustrian dalam berbagai bidang, baik pada industri otomotif, industri logam dan juga industri tekstil. Umumnya industri yang bergerak dalam bidang tersebut, menggunakan peralatan-peralatan yang berasal dari logam. Logam ini sangat mudah untuk mengalami korosi, sehingga diperlukan suatu proses "finishing" (penyelesaian akhir) logam untuk mengubah sifat permukaan dari logam.

Berbagai macam produk yang berasal dari logam dapat dilihat sehari-hari seperti komponen mobil, peralatan pabrik, peralatan dapur, dan komponen elektronik telah mengalami proses finishing sebagai tahap akhir penyelesaiannya. Proses

finishing ini bermacam-macam, ada yang sekedar dipoles supaya halus dan mengkilat, ada yang dicat, dipernis atau dilapisi dengan logam lain. Salah satu proses finishing yang banyak digunakan dan terus berkembang yaitu proses elektroplating.^(3,4)

Berbagai jenis logam pelapis telah banyak diteliti untuk mendapatkan kualitas pelapisan yang lebih baik dan tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu logam pelapis yang sedang dikembangkan saat ini adalah gabungan antara logam seng dan nikel. Gabungan logam seng dan nikel ini diharapkan akan memiliki ketahanan korosi yang tinggi dan lebih keras dibandingkan pelapisan dengan seng murni, serta merupakan alternatif yang murah daripada pelapisan dengan kromium dan timah. Berdasarkan masalah tersebut maka dilakukan penelitian elektroplating paduan seng nikel dalam larutan alkali.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum dari plating paduan seng-nikel pada substrat tembaga dengan memperhatikan berbagai parameter yang sangat mempengaruhi hasil plating yakni voltase yang digunakan, waktu, serta variasi konsentrasi larutan plating untuk mendapatkan komposisi yang tepat. Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan kondisi operasi yang cocok dari pelapisan paduan seng-nikel sehingga diperoleh logam yang memiliki permukaan yang halus, merata dan mengkilat serta kekerasan yang lebih baik.

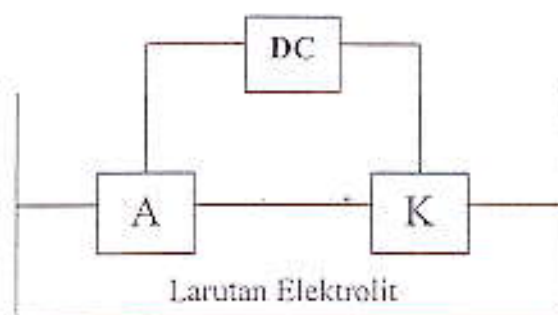
Elektroplating merupakan pembentukan deposit suatu unsur logam kepada logam lain yang terjadi dengan bantuan arus listrik. Elektroplating dapat juga didefinisikan sebagai elektrodposisi logam pada suatu elektroda yang akan memberikan permukaan dengan sifat yang berbeda dengan logam dasar yang dilapisinya. Elektroplating ini sudah digunakan secara luas dengan berbagai macam teknologi, dimana sekarang ini substrat yang akan dilapisi tidak hanya logam dan alloy, tapi dapat juga digunakan untuk polimer, keramik dan komposit.^(1,2)

Umumnya elektroplating hanya bisa digunakan untuk logam-logam yang mempunyai titik lebur tinggi seperti : tembaga, nikel, perak, emas dan radium. Tujuan dari elektroplating adalah untuk memberikan lapisan pelindung pada logam dasarnya sebagai pencegah korosi. Tujuan dekoratif dari elektroplating adalah untuk memperoleh bentuk fisik yang lebih baik pada permukaannya, seperti mengkilap, cemerlang, dan memiliki sifat teknis dan mekanis yang lebih baik. Keuntungan

utama dari elektroplating ini dibandingkan dengan proses pelapisan yang lain yaitu ketebalan lapisannya bisa dikontrol dalam ukuran mikron.^(1,3)

Komponen utama sistem elektroplating terdiri dari : Larutan elektroplating, katoda, anoda, dan sirkuit luar.^(1,4) Sasaran dari proses elektroplating adalah mempersiapkan deposit yang menempel baik pada substrat dan mempunyai sifat mekanik, kimia dan fisik yang dikehendaki.

Elektroplating merupakan proses elektrolitik deposisi logam pada sebuah permukaan. Skema peralatan elektroplating dapat dilihat pada Gambar 1. di bawah ini :



Gambar 1. Skema Peralatan Elektroplating

Keterangan : DC = arus DC , A = Anoda , K = Katoda

Pembentukan deposit ion logam selama proses elektroplating akan menghasilkan kristal-kristal logam. Kualitas akhir dari elektroplating dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya arus yang digunakan, temperatur percobaan, ada tidaknya zat aditif, sifat anion dari larutan ion logam, konsentrasi elektrolit serta jenis ion logam yang akan dilapisi.^(1,4)

Besarnya arus yang digunakan akan mempengaruhi bentuk deposit pada katoda. Bila arus yang digunakan kecil, maka penetralan ion akan terjadi dengan lambat sehingga akan dihasilkan deposit yang kasar, akan tetapi bila arus diperbesar maka akan terbentuk deposit yang halus. Penambahan arus yang lebih besar lagi akan terbentuk deposit yang menggumpal, berbentuk pohon dan hasil pelapisannya akan berpori akibat pengeluaran gas hidrogen. Akan tetapi hal ini punya batasan tertentu sehingga butuh limit tertentu dalam peningkatan arus untuk mendapatkan deposit yang baik.

Kualitas pelapisan pada substrat dapat ditentukan dari sifat elektrodosisinya, misalnya ketahanan, tegangan internal dan kekerasan. Uji kekerasan merupakan salah satu cara untuk menentukan mutu lapisan yang terbentuk pada substrat. Kekerasan merupakan ketahanan suatu benda (benda kerja) terhadap penetrasi / daya tembus dari benda lain yang lebih keras (penetrator). Ada beberapa metoda yang dapat digunakan untuk menguji kekerasan logam, seperti metoda Brinell, Rockwell dan Vickers.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan-Bahan

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi : stopwatch, kertas amplas, power supply (sumber arus DC), mikroskop optik, neraca analitik, oven, spatula dan Vickers hardness tester serta peralatan gelas. Sedangkan bahan kimia terdiri dari : $ZnSO_4$, $NiSO_4$, HNO_3 , $NaOH$, Tiourea ($CS(NH_2)_2$), Na_2CO_3 , aquadest, plat seng serta substrat tembaga yang akan dilapisi.

Persiapan

Plat tembaga yang akan dilapisi dipotong potong dengan ukuran 1,5 x 5 cm. Plat tembaga diamplas dengan kertas amplas halus lalu dicelupkan kedalam larutan HNO_3 2 M selama 2 menit, lalu dicuci dengan aquadest dan dikeringkan dalam oven selama 3 menit dengan suhu 40 °C.

Penyiapan larutan plating dilakukan dengan cara mencampurkan bahan-bahan di atas dari masing-masing larutan induknya dan diencerkan dengan aquadest sampai volume 50 ml. Konsentrasi larutan induk $ZnSO_4$ 287,54 g/L, $NiSO_4$ 140,355 g/L, $NaOH$ 120g/L, Na_2CO_3 20 g/L, dan tiourea 100 ppm.

Cara Kerja

Plat tembaga yang sudah dikeringkan, ditimbang sebagai berat awal. Plat tersebut dipasang pada katoda dan plat seng pada anoda. Kemudian katoda dan anoda dihubungkan dengan alat elektrolisis yang telah dilengkapi power supply arus DC. Selanjutnya kedua plat ini dicelupkan ke dalam larutan plating dan dilakukan proses elektroplating paduan seng-nikel dengan variasi kondisi. Dalam

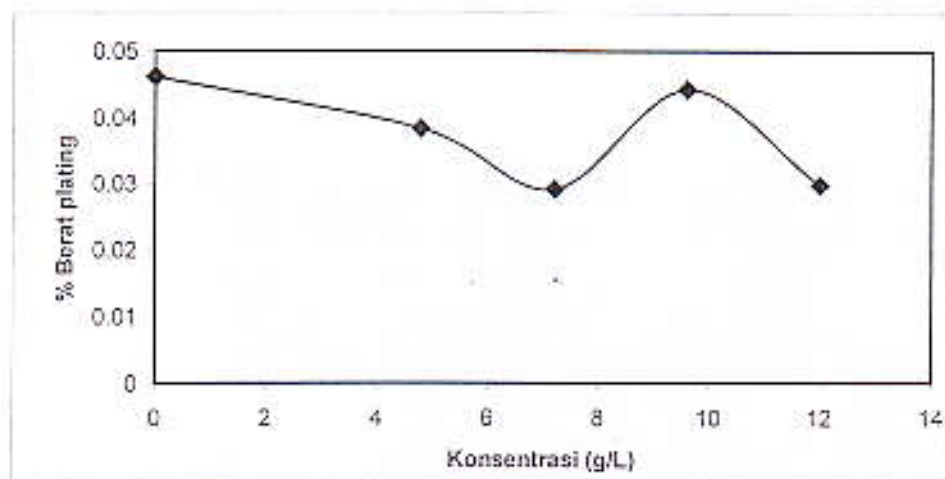
hal ini variasi kondisi tersebut meliputi pengaruh konsentrasi NaOH, Na_2CO_3 , Na_2CO_3 , NiSO_4 , ZnSO_4 , tiourea, voltase dan waktu terhadap % berat plating.

Hasil deposit kemudian dibilas dengan aquadest dan dikeringkan dalam oven pada suhu 38°C . Ditimbang kembali berat plat untuk menentukan berat pelapisan, dan dihitung % berat dari deposit. Selanjutnya dilakukan uji kekerasan dengan menggunakan metoda Vicker.

HASIL DAN DISKUSI

Pengaruh NaOH terhadap % Berat Hasil Plating

Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap % pertambahan berat plating dapat dilihat pada Gambar 2. NaOH didalam larutan plating ini berfungsi sebagai pemberi suasana basa. Tanpa pemberian NaOH didalam larutan, maka deposit yang terbentuk menjadi tebal dan hitam yang disebabkan oleh pH yang lebih rendah sehingga evolusi hidrogen didalam larutan menjadi meningkat⁽¹⁾.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap % berat hasil plating dengan komposisi ZnSO_4 28,754 g/L; NiSO_4 7,0178 g/L; Na_2CO_3 2g/L voltase 4 volt,waktu plating 30 menit.

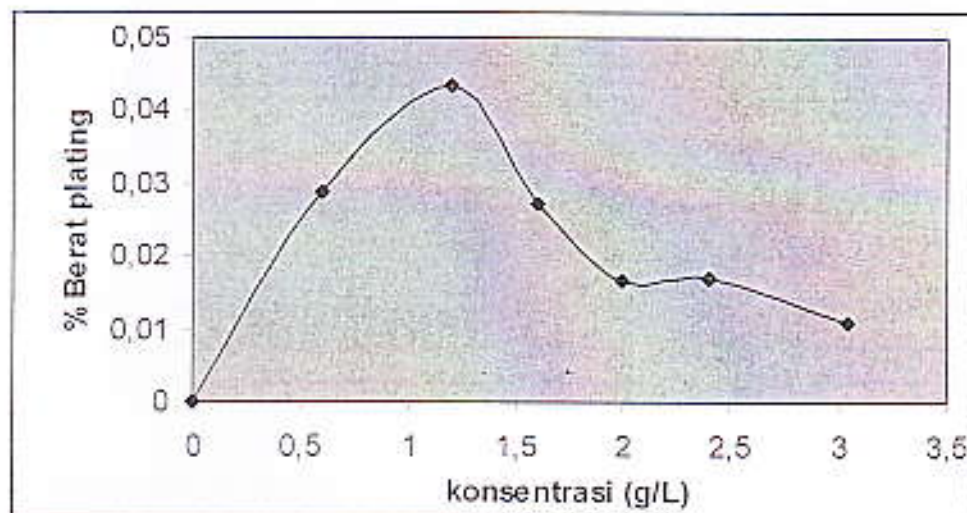
Kemudian % pertambahan berat plating semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Secara teori, pada deposisi Zn-Ni, semakin meningkat kebasaaan, maka absorpsi H-Zn juga akan meningkat dan pada deposisi Zn-Ni ini selalu diiringi oleh evolusi hidrogen oleh Ni. Hal tersebut

dapat menyebabkan turunnya % berat plating. % berat plating kembali meningkat dan mencapai % berat maksimum pada konsentrasi NaOH 9,6 g/L, disini deposit yang terbentuk dapat menempel dengan baik tetapi warna deposit yang dihasilkan agak kehitaman. Hasil plating yang lebih baik diperoleh pada saat konsentrasi NaOH 12-g/L dengan warna deposit yang dihasilkan lebih terang.

Pengaruh Konsentrasi Na_2CO_3 terhadap % berat hasil plating

Pertambahan % berat hasil plating dipengaruhi oleh konsentrasi Na_2CO_3 . Na_2CO_3 berfungsi sebagai larutan elektrolit yang dapat meningkatkan konduktivitas larutan plating dan sebagai larutan buffer. Tanpa pemberian Na_2CO_3 maka proses plating berlangsung sangat lambat karena kurangnya konduktivitas larutan sehingga pembentukan kristal logam pada elektroda berlangsung sangat lambat dan tidak teramati.

Pengaruh konsentrasi Na_2CO_3 terhadap % pertambahan berat plating dapat dilihat pada Gambar 3. Persen berat maksimum diperoleh saat konsentrasi Na_2CO_3 1,2 g/L. Tetapi bentuk permukaan yang lebih terang dihasilkan pada konsentrasi Na_2CO_3 2 g/L, walaupun deposit yang terbentuk lebih tipis dibandingkan konsentrasi 1,2 g/L yang memiliki permukaan yang lebih menghitam dan tebal.

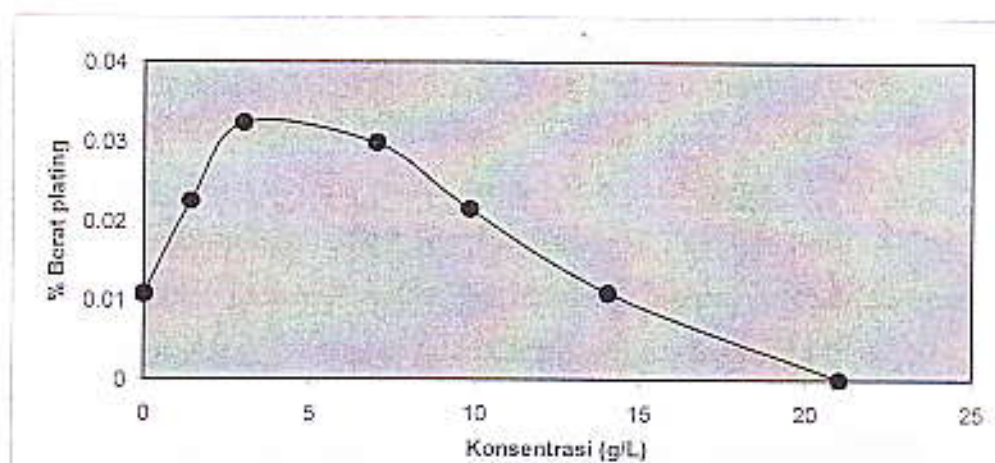


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi Na_2CO_3 terhadap % berat hasil plating dengan komposisi larutan ZnSO_4 28,754 g/L, NiSO_4 7,0178 g/L dan NaOH 12 g/L dengan waktu plating 30 menit, voltase 4 volt

Pengaruh konsentrasi NiSO_4 terhadap % berat plating

Pengaruh konsentrasi NiSO_4 berhubungan dengan konsentrasi ZnSO_4 karena dengan perbandingan komposisi nikel dan seng yang tepat akan dihasilkan bentuk deposit paduan logam yang dapat menempel baik pada permukaan elektroda.

Pertambahan % berat hasil plating yang dipengaruhi oleh konsentrasi NiSO_4 dapat dilihat pada Gambar 4. Persen pertambahan berat maksimum diperoleh saat konsentrasi NiSO_4 3 g/L. Disini perbandingan jumlah Zn dan Ni adalah 10 : 1. Kemudian setelah konsentrasi tersebut, % pertambahan berat menjadi turun yang disebabkan komposisi campuran yang tidak tepat. Pada konsentrasi 21,053 g/L, tidak lagi terjadi pembentukan kristal logam dikatoda, karena larutan disekitar katoda tidak dapat terion sempurna untuk menetralkan kelebihan elektron pada katoda, dan juga disebabkan oleh banyaknya gelembung-gelembung gas sewaktu terjadinya proses plating. Hasil pelapisan yang lebih baik diperoleh pada saat konsentrasi NiSO_4 7,0178 g/L, dimana perbandingan antara jumlah seng dan nikelnya 4 : 1.

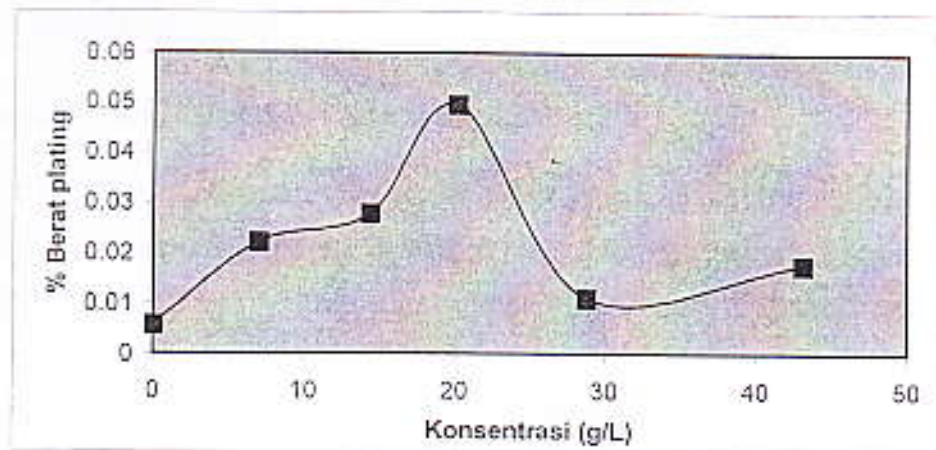


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi NiSO_4 terhadap % berat hasil plating dengan komposisi ZnSO_4 28,754 g/L, NaOH 12 g/L, dan Na_2CO_3 2 g/L, waktu plating 30 menit dan voltase 4 volt.

Pengaruh konsentrasi ZnSO_4 terhadap % berat hasil plating

Pengaruh konsentrasi ZnSO_4 terhadap persen pertambahan berat plating dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi ZnSO_4 maka % berat hasil plating semakin besar dan mencapai % berat maksimum pada konsentrasi 20,13 g/L. Perbandingan jumlah Zn dan Ni pada komposisi ini yaitu 3 : 1. Pada

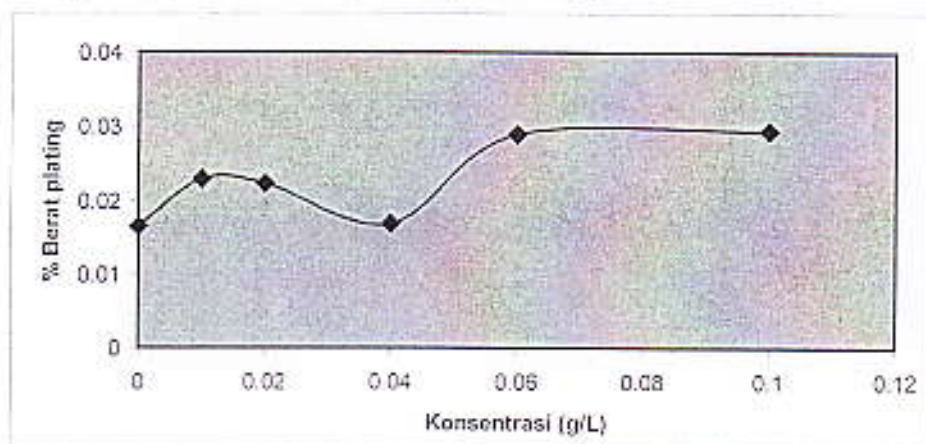
konsentrasi ini deposit logam yang terbentuk pada permukaan substat tembaga menempel dengan baik, merata, lebih terang dan lebih mengkilat. Setelah menapai konsentrasi tersebut, terjadi penurunan pertambahan berat hasil plating. Secara teori, pada deposisi Zn-Ni, konsentrasi Zn yang terlalu tinggi akan menyebabkan absorpsi H-Zn lebih banyak sehingga Zn yang tereduksi jadi berkurang dan menyebabkan penurunan % berat plating.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi $ZnSO_4$ terhadap % berat hasil plating dengan komposisi $NiSO_4$ 7,0178 g/L, NaOH 12 g/L dan Na_2CO_3 2 g/L, waktu plating 30 menit dan voltase 4 volt

Pengaruh konsentrasi tiourea terhadap % berat hasil plating

Penambahan tiourea sebagai aditif akan mempengaruhi kualitas hasil plating. Tanpa penambahan tiourea, pertumbuhan inti kristal kurang merata, pori-pori menjadi besar serta kurang mengkilat dibandingkan dengan menggunakan tiourea.

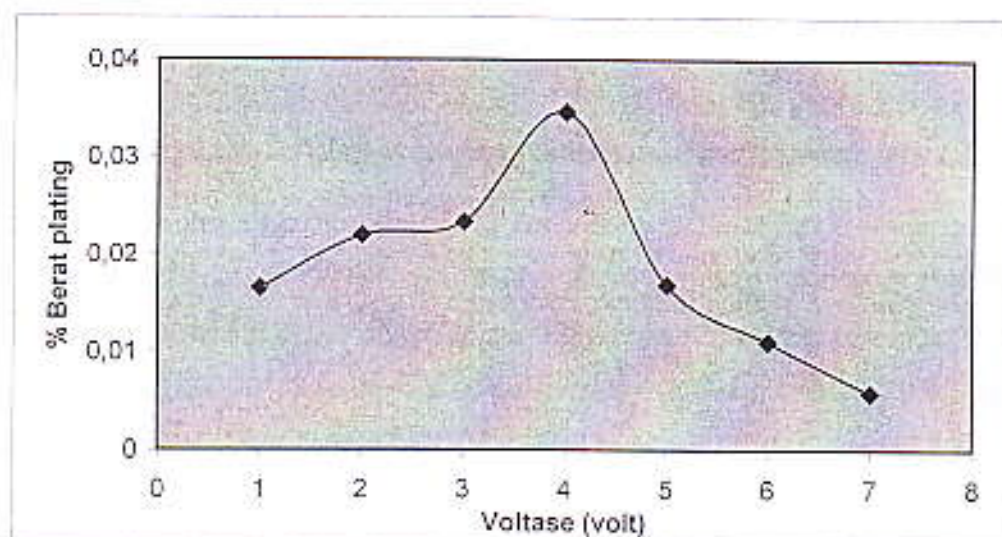


Gambar 6. Pengaruh konsentrasi tiourea terhadap % berat hasil plating dengan komposisi $ZnSO_4$ 20,13 g/L, $NiSO_4$ 7,0178 g/L, NaOH 12 g/L dan Na_2CO_3 2 g/L, waktu plating 30 menit dan voltase 4 volt

Pertambahan berat hasil plating dengan pemakaian tiourea dapat dilihat dalam Gambar 6. Dengan meningkatnya konsentrasi tiourea maka pertambahan berat plating cenderung meningkat. Tiourea dapat mengurangi terbentuknya gas H_2 yang mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kurang merata. pelapisan yang lebih baik diperoleh pada konsentrasi tiourea 0,01 ppm, walaupun % berat maksimum diperoleh pada konsentrasi 0,1 ppm tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi bentuk deposit yang dihasilkan semakin tidak mengkilat dan menjadi kurang terang.

Pengaruh voltase terhadap % berat hasil plating

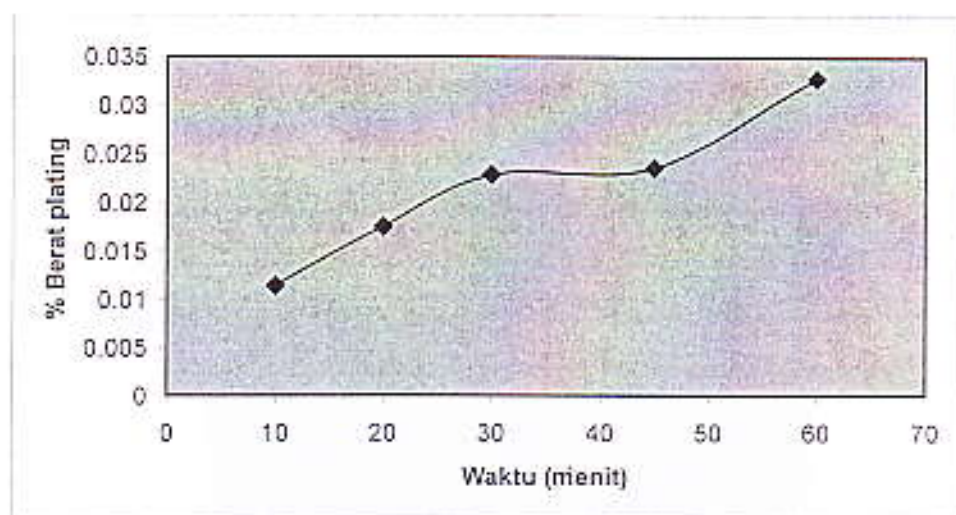
Pengaruh voltase terhadap % pertambahan berat plating diperlihatkan pada Gambar 7. Dari gambar terlihat bahwa % berat awalnya meningkat sejalan dengan semakin bertambahnya voltase hingga diperoleh voltase maksimumnya 4 volt. Setelah mencapai voltase tersebut %pertambahan berat plating mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya voltase spesifik logam untuk mereduksi logam lain⁽¹⁾ Pada voltase 4 volt, bentuk permukaan yang dihasilkan lebih terang dan merata, kemudian ketika voltase dinaikkan sampai 7 volt maka permukaan substrat yang dihasilkan menjadi tidak merata dan berpori, hal ini disebabkan oleh kecepatan difusi yang lebih rendah dibandingkan transfer elektron. Disamping itu pada voltase yang lebih tinggi dari 4 volt, terjadi pengeluaran H_2 yang menutupi permukaan katoda, sehingga menghasilkan kristal-kristal berpori.



Gambar 7. Pengaruh voltase terhadap % berat hasil plating dengan komposisi $ZnSO_4$ 20,13 g/L, $NiSO_4$ 7,0178 g/L, NaOH 12 g/L dan Na_2CO_3 2 g/L, tiourea 0,01 ppm waktu plating 30 menit.

Pengaruh waktu terhadap % berat hasil plating

Dari Gambar 8. di bawah ini dapat dilihat pengaruh lamanya waktu plating terhadap penambahan % berat plating. Semakin lama waktu plating, maka % penambahan berat deposit semakin meningkat. Data memperlihatkan bahwa hasil pelapisan lebih terang dan mengikat pada voltase 30 menit, dan ketika lamanya proses plating ditingkatkan maka hasil pelapisan terlihat lebih menghitam karena terlalu tebal dan suhu yang semakin tinggi, sedangkan pada proses plating yang lebih pendek yaitu 10 dan 20 menit, pertumbuhan kristal logam pada permukaan masih belum merata dan terlalu tipis sehingga masih terlihat logam awal yang akan dilapisi.

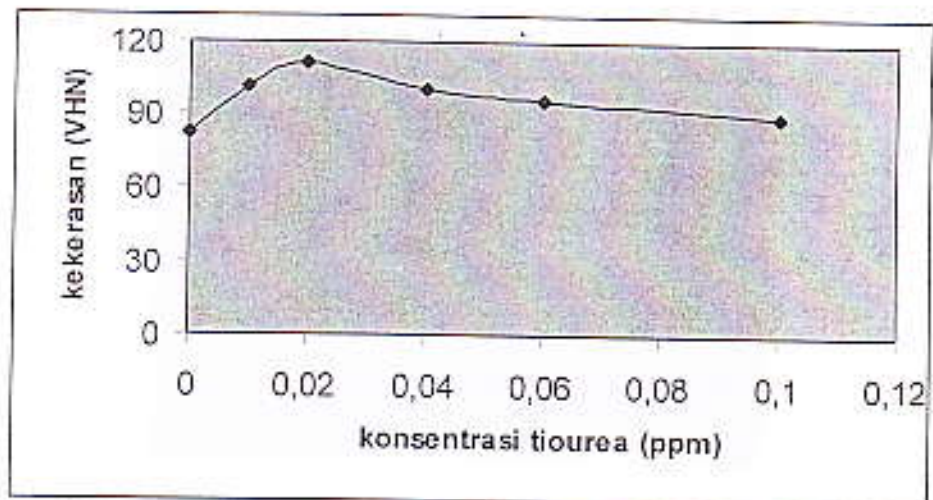


Gambar 8. Pengaruh waktu terhadap % berat hasil plating dengan komposisi $ZnSO_4$ 20,13 g/L, $NiSO_4$ 7,0178 g/L, NaOH 12 g/L dan Na_2CO_3 2 g/L, tiourea 0,01 ppm dan voltase 4 volt.

Pengaruh penambahan tiourea terhadap kekerasan hasil plating

Penambahan tiourea kedalam larutan plating akan mempengaruhi kekerasan dari hasil plating, karena tiourea berfungsi sebagai aditif. Semakin meningkat konsentrasi tiourea yang ditambahkan maka harga kekerasan menjadi meningkat. Nilai kekerasan maksimum diperoleh saat penambahan konsentrasi 0,02 ppm dengan harga kekerasan rata-rata 110,5647 VHN.

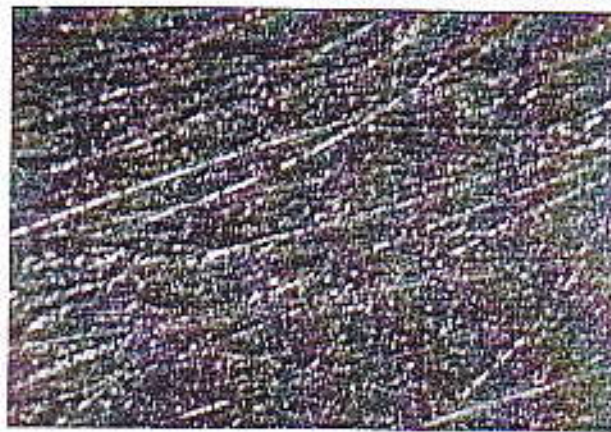
Setelah mencapai kekerasan maksimum, terjadi penurunan harga kekerasan deposit dengan bertambahnya konsentrasi tiourea. Hal ini disebabkan oleh pemberian konsentrasi yang terlalu tinggi akan membuat deposit menjadi rapuh.



Gambar 9. Pengaruh konsentrasi tiourea terhadap kekerasan hasil plating

Foto mikro plat tembaga

Dari Gambar 10a, dapat dilihat foto mikro plat tembaga sebelum dilakukan pelapisan. Terlihat bahwa permukaan tembaga yang belum dilapisi mempunyai bentuk permukaan yang kasar dan berpori. Bentuk struktur yang berpori akan menyebabkan tembaga mudah terkorosi karena tembaga merupakan logam aktif.



Gambar 10.a. Plat tembaga sebelum dilakukan pelapisan

Pelapisan tembaga dengan paduan seng-nikel akan memberikan perlindungan katodik pada tembaga sehingga pori-pori tembaga yang terbuka akan terlapisi dengan aduan logam seng-nikel. Pelapisan tembaga larutan plating seng-nikel tanpa tiourea, menghasilkan permukaan lapisan yang tidak merata serta pori-pori yang belum terisi penuh. Hasil pelapisan tembaga dengan paduan logam seng-nikel tanpa pemakaian tiourea dapat dilihat pada Gambar 10b.



Gambar 10b. Plat tembaga yang telah dilakukan pelapisan tanpa penambahan tiourea



Gambar 10c. Plat tembaga yang telah dilapisi dengan penambahan tiourea

Setelah penambahan tiourea kedalam larutan plating seng-nikel, struktur lapisan menjadi lebih halus dan merata. Hasil pelapisan setelah menggunakan tiourea juga terlihat lebih mengkilat. Bentuk plat tembaga setelah penambahan tiourea dapat dilihat pada Gambar 10c.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum yang didapatkan pada proses elektroplating paduan seng nikel adalah 20,13 g/L untuk pengaruh $ZnSO_4$, 7,0178 g/L untuk pengaruh $NiSO_4$, 12 g/L untuk pengaruh NaOH dan 2 g/L untuk pengaruh Na_2CO_3 , 0,01 ppm untuk penambahan tiourea yang optimum, dengan voltase 4 volt, lama plating 30 menit. Perbandingan konsentrasi

Zn dan Ni yang tepat akan menghasilkan bentuk pelapisan yang baik, dan terang dimana perbandingan seng dan nikel yang memberikan kondisi optimum dalam proses plating ini adalah 3 : 1.

Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan selanjutnya akan dilakukan prosesing elektroplating dengan menggunakan jenis zat aditif lain dan menggunakan peralatan lain yang lebih dapat mengkarakterisasi sifat dan bentuk permukaan dari hasil plating paduan logam.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. A.J. Hartomo dan T. Kancko, *Mengenal pelapisan logam (Elektroplating)*, edisi I, Andy Offset, Yogyakarta, 1992, hal. 1-48.
2. A.H. Sanders, *Electroplating*, International Textbook Company, Scantor, PA, 1950, pp. 22-25, 39-44.
3. P.H. Rieger, *Electrochemistry*, 2nd edition., Chapman and Hall, London, 1995, pp. 396-402.
4. D. Pletcher, and F.C. Walsh, *Industrial electrochemistry*, second edition, Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, London, pp. 386-404.
5. T.S. Kusuma, *Elektrokimia*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas, Padang, 1981, hal. 76-77 dan 85-87.
6. K.W. Whitten, R.E. Davis, and M. L. Peck, *General Chemistry*, 6th ed., Saunders College Publishing, New York, 2001, pp. 294-297.
7. A.I. Vogel, *Buku teks analisa anorganik kualitatif makro & semimikro*, Edisi ke-5, PT Kalman, Media Pustaka, Jakarta, 1985, hal. 107-132.
8. H. Rivai, *Asas pemeriksaan kimia*, Universitas Indonesia Press, Jakarta, 1993, hal. 319.
9. R.A. Day, and A.L. Underwood, *Analisa kimia kuantitatif*, Edisi IV, Erlangga, Jakarta, 1993, pp. 364-366.
10. Y.P. Lin, and J.R. Selman, Electrodeposition of corrosion-resistant, Ni-Zn alloy, *J. Electrochem. Soc.*, 1993, 140 (5), pp. 1299-1303.
11. R. Baldwin, C.J.E. Smith, and M. J. Robinson, Study into the electrodeposition mechanism of zinc-nickel alloys from an acid-Sulphate bath, *Trans. I. M. F.*, 1994, 72(2), pp. 79-88.
12. E. Garcia , M. Sarret, C. Muller, and J.A. Ortega, Zink-nikel plating for automotif from alkaline electrolytes, *J. Galvanotechnik*, 2001, 92(8), pp. 2088-2094.
13. Anonim, Job Sheet Laboratorium, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Politeknik Engineering, Universitas Andalas, Padang.