

PELAPISAN FOIL URANIUM-TARGET DENGAN Ni DAN Zn SECARA *ELECTROPLATING*

M. Husna Al Hasa dan Asmedi Suropto

Pusat Pengembangan Teknologi Bahan Bakar Nuklir dan Daur Ulang (P3TBDU) - BATAN
Kawasan Puspittek Serpong 13541, Banten

ABSTRAK

PELAPISAN FOIL URANIUM TARGET DENGAN Ni DAN Zn SECARA *ELECTROPLATING*.

Foil-U hasil perolan dikenai proses preparasi dan kemudian proses *electroplating*. Proses *electroplating* menghasilkan lapisan pada permukaan foil hingga mencapai ketebalan tertentu. Pelapisan secara *electroplating* dilakukan pada foil berukuran panjang 71 mm dan lebar 46 mm menggunakan pelapisan nikel dan seng. Pelapisan foil ini bertujuan sebagai pengungkung *recoil* fragmen fisi yang timbul pada saat diiradiasi. Hasil pengukuran diperoleh ketebalan lapisan Ni 8,9 mm menggunakan metoda mikrometer dan 11,4 mm dengan metoda penimbangan berat. Sementara itu, ketebalan lapisan Zn sekitar 16,2 mm dengan mikrometer dan 13,7 mm dengan metoda penimbangan berat. Hasil analisis memperlihatkan efisiensi arus berkisar 62 % untuk pelapisan Ni dan 80 % untuk pelapisan Zn. Hasil pengamatan eksperimen dan analisis menunjukkan bahwa pencapaian kondisi optimum tebal lapisan sangat dipengaruhi oleh bahan logam pelapis, waktu pelapisan dan rapat arus. Kondisi optimum tebal lapisan permukaan foil hingga mencapai 7-15 mm diperoleh pada rapat arus 15 mA/cm² untuk pelapis Ni dan 10 mA/cm² untuk pelapis Zn dengan waktu pelapisan sekitar 60 menit.

Kata Kunci :

ABSTRACT

ELECTROPLATING OF URANIUM-FOIL TARGET WITH Ni AND Zn. The uranium foil target, which was produced by rolling, was subjected to preparation treatment prior to the *electroplating*. The *electroplating* produced certain plate thickness on the foil surface. The *electroplating* was applied to the uranium foil of 71 mm long and 46 mm wide using plating materials of Ni and Zn. The plating is intended to serve as barrier for fission fragment recoils, which are produced during irradiation. The plate thickness produced by the *electroplating* was measured by a micrometer and an analytical balance. The *electroplating* with Ni produced plate-thickness of 8.9 mm when measured by the micrometer, or 11.4 mm when measured by the analytical balance, while the Zn *electroplating* produced greater plate-thickness, i.e. 16.2 mm by the micrometer measurement or 13.7 mm by the analytical balance measurement. The current efficiency of the *electroplating* was 62 % for Ni and 80 % for Zn. It was observed that the optimum condition for the *electroplating* depended on the plating materials, plating time, and current density. The plate-thickness produced under the optimum condition was 7-15 mm at 15 mA/cm² for Ni and 10 mA/cm² for Zn with plating time of 60 minutes.

Key word :

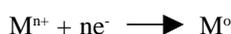
PENDAHULUAN

Foil *uranium-target* merupakan lembaran uranium tipis dari hasil proses fabrikasi yang dikembangkan untuk produksi isotop ⁹⁹Mo. Foil-U dirakit bersama dengan tabung-dalam dan tabung-luar menjadi suatu paket rakitan yang akan dikenai iradiasi. Pelepasan kembali foil-U dari rakitan tabung setelah diiradiasi mengalami kesukaran bila antara foil dan tabung tanpa ada penghalang (*barriers*). Permasalahan ini timbul akibat terjadi ikatan antara uranium dengan tabung karena penggabungan ion yang disebabkan oleh pelepasan fragmen fisi dari foil uranium. Berkenaan dengan itu,

diupayakan suatu solusi guna mengatasi kondisi tersebut di atas, yaitu dengan memberikan lapisan logam penyerap sebagai penghalang antara foil-U dan tabung melalui proses *electroplating*. Proses *electroplating* ini dilakukan sebelum foil dirakit kedalam tabung. Proses *electroplating* tersebut akan menghasilkan suatu lapisan pada permukaan foil yang berfungsi sebagai pengungkung *recoil* fragmen fisi yang timbul pada saat foil-U diiradiasi. Selain itu, lapisan foil ini sekaligus berfungsi menghalangi terjadinya ikatan logam antar foil dengan tabung. Lapisan foil hasil *electroplating* yang

terbentuk diharapkan memiliki ketebalan berkisar 7-15 mm [1]. Sistem *electroplating* merupakan suatu rangkaian yang terdiri dari bak berisi larutan elektrolit, filter beserta pompa, sumber arus listrik searah, anoda dan katoda. Anoda dan katoda terendam dalam larutan elektrolit yang masing-masing berhubungan dengan sumber arus listrik. Anoda berhubungan dengan kutub positif sumber listrik dan katoda (sebagai benda kerja) berhubungan dengan kutub negatif sumber listrik.

Proses *electroplating* merupakan proses pelapisan logam dengan bantuan arus listrik yang berlangsung secara reaksi reduksi oksidasi dari logam pelapis (sebagai anoda korban teroksidasi) ke benda kerja (sebagai katoda yang dilapisi). Pada katoda terjadi proses penangkapan elektron sedangkan pada anoda terjadi reaksi pelepasan elektron, sehingga proses pengendapan berlangsung di katoda yang berdampak terhadap penambahan ketebalan dan berat benda kerja [2]. Proses pelapisan dari logam pelapis ke logam yang dilapisi (foil-U sebagai katoda) berlangsung secara reaksi reduksi oksidasi (redoks), yaitu:



dan untuk mengimbangi reaksi tersebut pada anoda berlangsung pelepasan elektron dengan reaksi sebagai berikut:



Pelapisan dengan metoda *electroplating* mengikuti hukum *Faraday*, yaitu jumlah logam yang terdekomposisi karena elektrolisis berbanding langsung dengan jumlah arus yang melewati larutan dan sebanding dengan berat *ekuivalen* kimia logam pelapis[3]. Dengan demikian berat dan ketebalan rata-rata dari suatu lapisan *electroplating* dari suatu logam dapat dihitung dengan menggunakan parameter arus, waktu pelapisan, luas permukaan logam yang dilapisi dan berat *ekuivalen* kimia logam pelapis. Berat lapisan secara teoritis (Bt) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut, yaitu

$$Bt = I \times t \times \frac{Wa}{F}$$

dan ketebalan lapisan secara teoritis (Kt) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$Kt = \frac{Bt}{r} \quad A[3]$$

Dimana :

- I adalah arus (Amper),
- t adalah waktu pelapisan (detik)
- Wa adalah berat *ekuivalen* kimia logam pelapis (gram)
- F adalah konstanta *Faraday* (Coulombs)
- r adalah densitas logam pelapis (g/cm³)
- A adalah luas permukaan logam yang akan dilapisi (cm²)

Efisiensi arus dapat diketahui melalui perbandingan berat lapisan hasil eksperimen (Be) dengan berat lapisan hasil analisis perhitungan (Bt), yaitu:

$$\text{Efisiensi arus} = \frac{Be}{Bt} \times 100\%$$

Rapat arus dan waktu pelapisan merupakan variabel utama yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan lapisan. Rapat arus semakin tinggi dan waktu pelapisan semakin lama akan menghasilkan peningkatan ketebalan lapisan. Ketebalan dan kualitas lapisan foil dapat diketahui dengan tiga metoda. Pertama menggunakan metoda pengukuran berat yang hasilnya dapat digunakan untuk menghitung ketebalan lapisan rata-rata. Kedua dengan metoda pengukuran ketebalan lapisan menggunakan mikrometer yang dihitung secara rata-rata. Ketiga dengan metoda pengamatan mikrostruktur secara metalografik menggunakan peralatan mikroskop optikal. Pada pengamatan ini, pengukuran tebal lapisan foil dilakukan dengan dua cara, yaitu: metoda pengukuran berat menggunakan timbangan analitik dan menggunakan alat mikrometer. Analisis perhitungan dilakukan pada berbagai rapat arus dan waktu pelapisan guna mengetahui dampak penambahan berat dan ketebalan lapisan dari nikel dan seng. Penambahan berat dan ketebalan lapisan hasil analisis ini dibandingkan dengan hasil eksperimen dan akan diperoleh besaran efisiensi arus. Efisiensi arus yang semakin tinggi mendekati satu menunjukkan bahwa proses pelapisan logam terjadi sempurna.

TATA KERJA

Bahan foil yang akan dilapisi berupa logam uranium terdepleksi dan sebagai bahan pelapis adalah nikel (Ni) dan seng (Zn). Proses *electroplating* dilakukan setelah foil terlebih dahulu dikenai proses preparasi. Proses preparasi terhadap foil berupa pembersihan permukaan foil yang dilakukan secara berturut-turut mulai dari *degreasing*, *pickling*, *etching*, *drying* sampai *activating* dan kemudian dilanjutkan dengan proses *electroplating*.

Degreasing dilakukan untuk membersihkan debu dan *grease/oil* yang menempel pada permukaan foil. *Degreasing* ini menggunakan trikloroetilena, metanol dan air. Foil dicelupkan ke dalam gelas berisi trikloroetilena dan dibiarkan selama 4 menit di dalam bak *ultrasonic cleaner*. Kemudian berturut-turut foil dicelupkan ke dalam gelas berisi metanol selama 2 menit dan kedalam air selama 2 menit.

Proses *pickling* dilakukan untuk membersihkan permukaan foil dari lapisan oksida. Foil hasil *degreasing* diletakkan dalam kawat platina yang akan berfungsi sebagai katalis kemudian dicelupkan kedalam larutan 8 M HNO₃ selama 1,5 menit. Foil hasil *pickling* diamati permukaannya dan kemudian dicelupkan kembali bila

masih ada lapisan oksida. Permukaan foil selanjutnya dibersihkan dengan kain yang bersih hingga larutan yang menempel hilang. Kemudian foil tersebut dicelupkan secara berturut-turut ke dalam tiga gelas yang berisi air masing-masing selama 2 menit.

Etching dilakukan untuk memberikan kekasaran permukaan foil guna meningkatkan kekuatan ikatan lapisan *barrier* (hasil *electroplating*) pada permukaan foil. Foil hasil *pickling* dicelupkan ke dalam larutan 5,33 M FeCl_3 yang telah dipanaskan pada suhu 40°C selama 2 menit. Kemudian foil tersebut dicelupkan ke dalam enam gelas yang berisi air secara berturut-turut selama 2 menit. Foil hasil *etching* ditimbang dan diukur ketebalannya menggunakan timbangan dan mikrometer.

Activating foil hasil *etching* yang telah dilakukan penimbangan dan pengukuran ketebalan diaktifkan permukaannya sebelum *electroplating* dengan mencelupkan foil tersebut kedalam larutan 8 M HNO_3 selama 10-15 detik. Kemudian dibilas di dalam gelas yang berisi air. Selanjutnya foil yang telah dipersiapkan dikenai proses *electroplating* dengan mencelupkan foil kedalam larutan elektrolit Zn dan Ni.

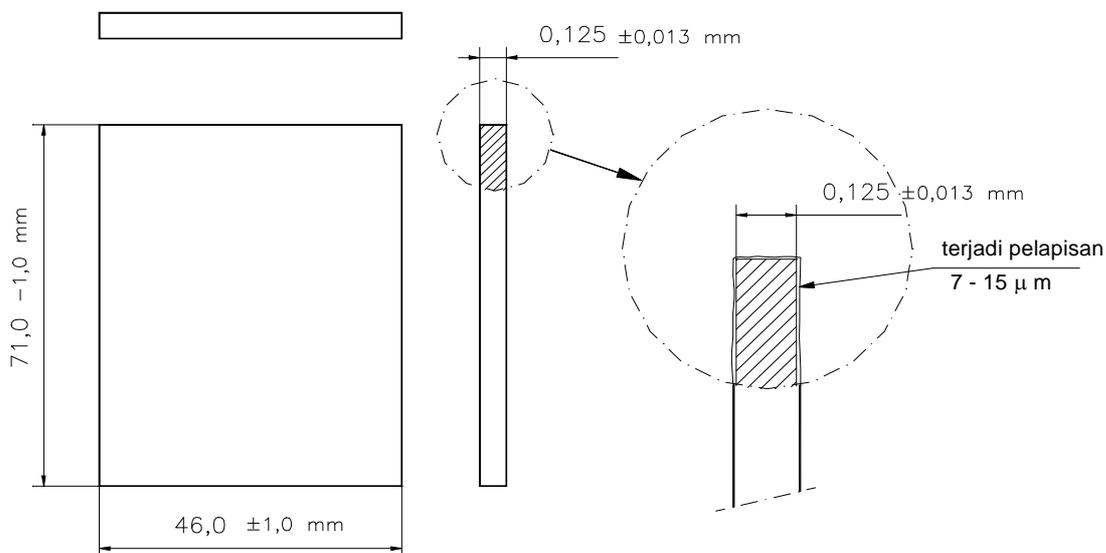
Proses *electroplating* dilakukan pada foil *half-size* berukuran panjang 71 mm dan lebar 46 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Bak *electroplating* dilengkapi dengan tiga batang tembaga berbentuk silindris yang terletak di tengah, kiri dan kanan pada bagian atas bak. Batangan tembaga berfungsi sebagai konduktor dan batangan tembaga pada bagian tengah digunakan sebagai tempat gantungan foil yang akan diberi pelapisan permukaan. Batangan tembaga bagian kiri dan kanan digantung anoda nikel atau seng berkemurnian tinggi (99,99 %) yang berbentuk batangan balok. Larutan *electroplating* dengan pelapisan Ni yang digunakan sebagai elektrolit Nikel adalah larutan Nikel sulfamat, Nikel bromida, sedangkan pada pelapisan Zn sebagai elektrolit seng dipakai larutan *alkaline* yang mengandung *sodium*

zincate, *sodium hydroxide* dan aditif. Besar tegangan dan arus diatur, yaitu masing-masing adalah 1,19 V dan 0,964 A untuk pelapisan dengan nikel, dan 0,46 V dan 0,661 A untuk pelapisan dengan seng. Proses pelapisan diawali dengan memasukkan foil ke dalam bak yang berisi larutan elektrolit yang dialiri arus searah. Foil berada pada posisi vertikal dengan cara menggantung foil pada salah satu batangan tembaga bagian tengah. Foil didiamkan di dalam larutan elektrolit masing-masing selama 60 menit dengan rapat arus $0,015 \text{ A/cm}^2$ dengan nikel dan $0,01 \text{ A/cm}^2$ dengan seng. Ketebalan lapisan Ni dan Zn yang terbentuk pada permukaan foil diukur dengan mikrometer dan timbangan analitik. Penambahan berat serta ketebalan lapisan Ni dan Zn juga dianalisis pada berbagai rapat arus dan waktu pelapisan berdasarkan teori perhitungan mengikuti hukum *Faraday*. Ketebalan dan berat lapisan hasil analisis perhitungan dibandingkan dengan hasil eksperimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

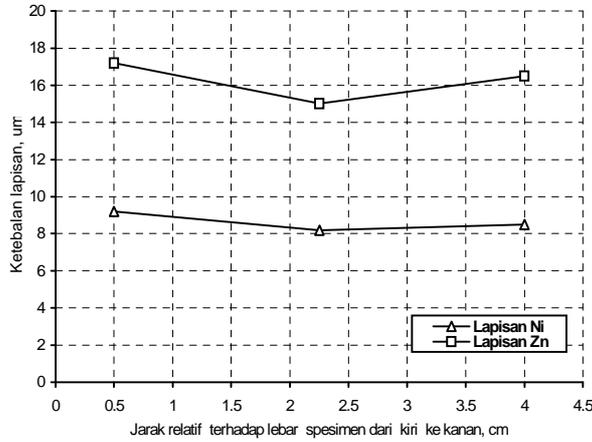
Proses *electroplating* terhadap foil uranium dilakukan dengan menggunakan dua metoda larutan elektrolit, yaitu nikel dan seng. Hasil *electroplating* dengan nikel dan seng tersebut membentuk pelapisan permukaan yang mengakibatkan terjadi penambahan berat dan ketebalan foil. Hasil pelapisan foil menggunakan nikel dan seng ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Ketebalan lapisan foil hasil *electroplating* yang diukur dengan metoda pengukuran menggunakan mikrometer dan metoda penimbangan berat ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Hasil analisis perhitungan yang dilakukan pada berbagai rapat arus dengan waktu pelapisan selama satu jam menunjukkan bahwa pelapisan menggunakan nikel dan seng memberi dampak penambahan berat dan ketebalan foil yang tidak sama, seperti ditunjukkan pada

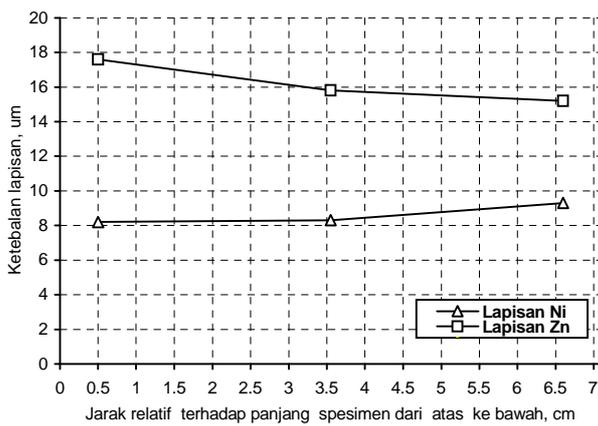


Gambar 1. Foil-U untuk *electroplating*

Gambar 4 dan 5. Analisis terhadap pelapisan dengan menggunakan nikel yang dilakukan pada berbagai rapat arus dan waktu pelapisan ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7, sedangkan pelapisan menggunakan seng diperlihatkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 2. Ketebalan relatif lapisan terhadap posisi lebar spesimen



Gambar 3. Ketebalan relatif lapisan terhadap posisi panjang spesimen

Gambar 2 dan 3 memperlihatkan variasi ketebalan lapisan Zn dan Ni hasil *electroplating* pada rapat arus 10 mA/cm² dan 15 mA/cm² dengan waktu pelapisan 60 menit. Ketebalan lapisan yang diukur pada tiga titik pengukuran dengan jarak 0,5 cm, 2,25 cm dan 4 cm terhadap posisi lebar dan jarak 0,5 cm, 3,6 cm dan 6,6 cm terhadap posisi panjang spesimen menunjukkan bahwa pembentukan lapisan Ni dan Zn tidak sama yang ditandai dengan perbedaan ketebalan lapisan pada setiap titik pengukuran. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pengaruh kekasaran permukaan foil yang tidak sama dan memiliki tingkat kekasaran yang berbeda. Permukaan foil yang memiliki tingkat kekasaran tertentu akan semakin baiknya proses pelapisan yang terjadi dan kekuatan ikatan lapisannya semakin meningkat. Kekasaran permukaan foil yang relatif rendah atau halus akan berdampak terhadap proses pelapisan yang kurang sempurna dan kekuatan ikatan lapisan kurang kuat. Perbedaan tingkat kekasaran permukaan foil ini akan berdampak terhadap ketebalan

lapisan hasil *electroplating* yang menghasilkan ketebalan yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 serta Tabel 1.

Pengukuran ketebalan lapisan foil dengan menggunakan mikrometer dan penimbangan berat yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 memperlihatkan hasil yang berbeda untuk masing-masing lapisan Ni dan Zn. Ketebalan lapisan Ni rata-rata sebesar 8,9 mm menggunakan metoda pengukuran mikrometer, dan 11,4 mm dengan metoda penimbangan berat. Ketebalan lapisan Zn rata-rata adalah 16,2 mm menggunakan pengukuran mikrometer dan 13,7 mm menggunakan metoda penimbangan. Perbedaan hasil pengukuran kedua metoda tersebut terhadap ketebalan lapisan hasil *electroplating* dimungkinkan terjadi karena masing-masing metoda memiliki kelebihan dan kekurangan. Hal ini dapat diakibatkan oleh tingkat akurasi peralatan serta keterbatasan/kelemahan manusia dalam pengamatan pembacaan digital alat ukur. Tebal lapisan Ni hasil eksperimen yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 berkisar 8,9-11,4 mm dan masih dalam batas yang diinginkan, yaitu 7-15 mm. Ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan foil-U diharapkan memenuhi ketentuan spesifikasi di atas minimal 7 mm dan maksimal 15 mm. Hal ini karena jarak *recoil* fragmen fisi yang mungkin terjadi maksimum berkisar 7 mm dan untuk faktor keselamatan diupayakan ketebalan lapisan mencapai dua kali jarak *recoil*, yaitu 15 mm [4]. Tebal lapisan yang terbentuk lebih kecil dari 7mm tidak diinginkan karena memungkinkan *recoil* fragmen fisi lepas dan berpeluang terjadinya proses interdifusi antara foil dengan tabung yang berpotensi terbentuknya ikatan [5]. Pembentukan ikatan antar foil dan tabung tidak diharapkan terjadi karena akan mempersulit pelepasan foil secara utuh/semurna pada saat pembongkaran target. Tebal lapisan yang terbentuk lebih besar dari 15 mm tidak diharapkan pula karena akan berdampak terhadap pengecilan rongga (*clearance*) antara foil dan tabung. Hal ini akan cenderung mempersulit pemasukan foil ke dalam tabung pada saat perakitan target.

Tebal lapisan Zn hasil eksperimen yang diukur menggunakan dua metoda di atas diperoleh masing-masing 13,7 mm dan 16,2 mm. Tebal lapisan Zn hasil pengukuran mikrometer sebesar 16,2 mm adalah relatif lebih tinggi dari yang diharapkan, yaitu 15 mm. Berdasarkan analisis perhitungan yang ditunjukkan pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa pelapisan Zn dengan rapat arus diatas 10 mA/cm² dan pelapisan Ni di atas 15 mA/cm² akan menghasilkan tebal lapisan Zn 25,6 mm pada 15 mA/cm² dan tebal lapisan Ni 24,6 mm pada 20 mA/cm². Tebal lapisan ini relatif tinggi dan tidak dikehendaki karena relatif jauh dengan yang dipersyaratkan, yaitu maksimal 15 mm. Demikian pula halnya apabila pelapisan Zn dilakukan pada rapat arus di bawah 10 mA/cm² dan pelapisan Ni di bawah 15 mA/cm² akan menghasilkan tebal lapisan yang relatif rendah. Kondisi di atas ini dapat dianalisis kembali dengan

mengatur waktu pelapisan dan rapat arus agar hasil eksperimen *electroplating* diperoleh tebal lapisan sesuai dengan yang diharapkan di bawah 15 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Penambahan berat dan tebal lapisan foil hasil eksperimen *electroplating* yang ditunjukkan pada Tabel 2 dibandingkan dengan hasil analisis perhitungan yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 memperlihatkan nilai berat dan tebal lapisan hasil eksperimen relatif rendah daripada hasil analisis teori. Perbedaan ini menunjukkan bahwa besaran efisiensi arus tidak mencapai hingga 100 % dan hanya dapat dicapai sekitar 62 % untuk lapisan nikel dan 80 % untuk lapisan Zn. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh tahanan sebagai hambatan penghantar arus yang terjadi relatif dominan dalam larutan elektrolit yang mengandung Br dan sulfamat dengan kondisi operasi proses *electroplating* di atas. Selain itu dimungkinkan juga akibat terjadi reaksi sampingan yang melibatkan beberapa elektron bergabung dengan ion H^+ membentuk gelembung hidrogen (gas H_2). Gas H_2 ini memiliki hambatan listrik relatif tinggi yang berdampak terhadap penurunan arus listrik [4]. Sebagai akibatnya efisiensi arus yang dicapai masih di bawah 100 %.

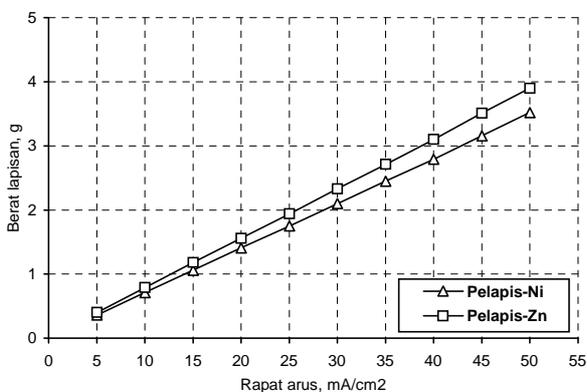
Efisiensi arus dengan logam pelapis Ni relatif rendah daripada logam pelapis Zn. Hal ini diperkirakan karena potensial elektroda Ni lebih rendah daripada Zn sehingga kecepatan reaksi yang berlangsung pada pelapisan Ni relatif rendah daripada Zn. Kondisi ini

memungkinkan kemampuan Ni melepaskan ion-ionnya lebih sukar dan Zn relatif mudah. Sebagai akibatnya pengendapan yang terjadi pada logam yang dilapisi relatif lebih banyak Zn daripada Ni pada waktu yang sama. Selain itu, dimungkinkan juga pengaruh tahanan penghambat hantaran arus pada pelapisan Ni relatif tinggi daripada Zn yang berdampak terhadap kestabilan arus.

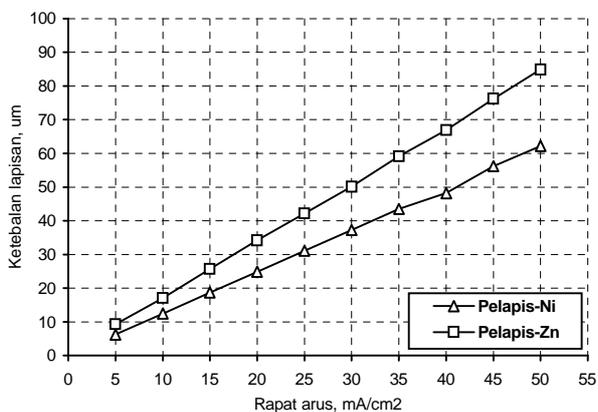
Gambar 4 dan 5 memperlihatkan hubungan antara berat dan tebal lapisan dengan rapat arus pada waktu pelapisan selama satu jam. Rapat arus sangat besar pengaruhnya terhadap pembentukan lapisan selama *electroplating*. Penambahan berat serta tebal lapisan Ni dan Zn semakin meningkat dengan semakin besar rapat arus, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Pelapisan Ni dan Zn dengan rapat arus 5 mA/cm² hingga 50 mA/cm² yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 memperlihatkan terjadi penambahan berat dan tebal lapisan masing-masing, yaitu; dari 0,18 g dan 3,1 mm hingga mencapai 5,28 g dan 92,3 mm. Hal ini karena rapat arus semakin besar energi-pun semakin tinggi dan relatif lebih besar daripada energi ionisasi yang dibutuhkan untuk mengerakkan elektron. Kondisi ini semakin memacu mempercepat gerakan elektron dari ion positif menuju ke ion negatif, sehingga ion yang mengendap di permukaan bahan semakin meningkat.

Gambar 4 dan 5 memperlihatkan pula bahwa berat dan tebal lapisan Zn yang terbentuk cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan Ni pada kondisi rapat arus yang sama. Hal ini karena lapisan Zn memiliki masa atom lebih besar, sehingga berat *ekuivalen* kimia Zn relatif tinggi daripada Ni dan kondisi ini sangat mempengaruhi terhadap pembentukan lapisan. Dengan kata lain, karena massa atom Ni lebih rendah dari Zn dan elektron valensi Ni relatif dekat ke inti atom mengakibatkan pergerakan/pelepasan elektron memerlukan energi yang relatif besar [6]. Kondisi ini menyebabkan mobilitas gerakan elektron Ni dan kecepatan reaksi ion membentuk logam relatif rendah daripada Zn.

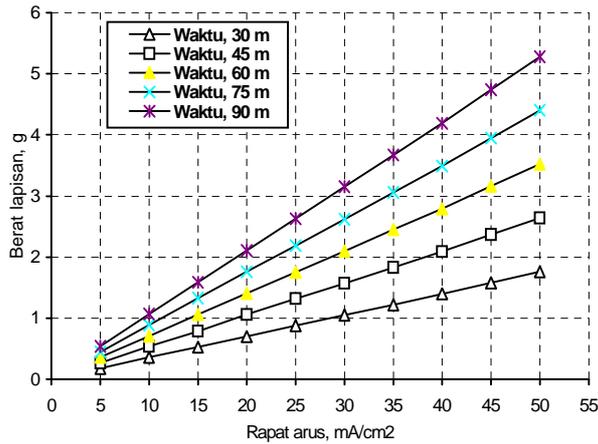
Berat dan ketebalan lapisan selain dipengaruhi oleh rapat arus juga sangat dipengaruhi oleh waktu pelapisan. Waktu pelapisan yang semakin lama akan berdampak terhadap peningkatan berat dan ketebalan lapisan, seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7 untuk lapisan Ni serta Gambar 8 dan 9 untuk lapisan Zn. Pelapisan Ni dengan waktu 30 menit hingga 90 menit pada Gambar 6 dan 7 berturut-turut memperlihatkan penambahan berat dan tebal lapisan masing-masing, yaitu: dari 0,18 g dan 3,1 mm pada 5 mA/cm² hingga mencapai 5,28 g dan 92,3 mm pada 50 mA/cm². Sementara itu, pelapisan Zn dengan waktu 30 menit hingga 90 menit pada Gambar 8 dan 9 memperlihatkan penambahan berat dan tebal lapisan semakin meningkat dari 0,20 g dan 4,3 mm pada 5 mA/cm² hingga mencapai 5,86 g dan 127,6 mm pada 50 mA/cm². Penambahan berat dan ketebalan ini dimungkinkan karena rapat arus semakin tinggi yang memacu mempercepat pelepasan elektron. Sementara itu, waktu pelapisan semakin lama akan memperbesar



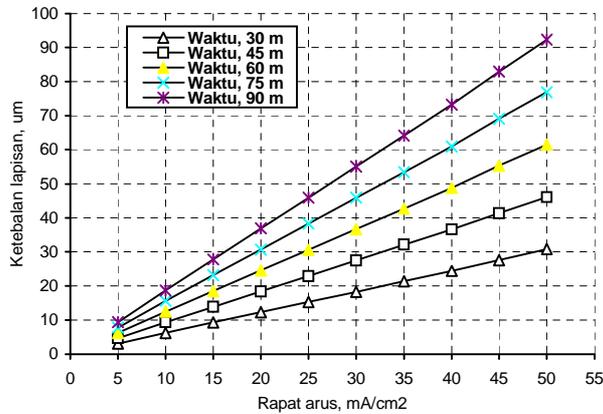
Gambar 4. Hubungan antara berat pelapisan dan rapat arus.



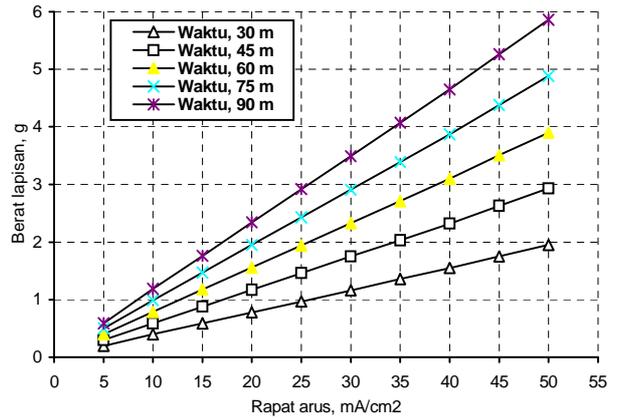
Gambar 5. Hubungan antara ketebalan lapisan dan rapat arus.



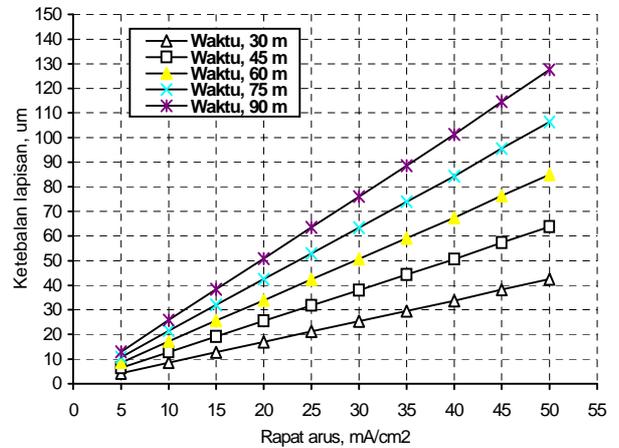
Gambar 6. Berat lapisan Ni sebagai fungsi rapat arus dan waktu pelapisan.



Gambar 7. Ketebalan lapisan Ni sebagai fungsi rapat arus dan waktu pelapisan.



Gambar 8. Berat lapisan Zn sebagai fungsi rapat arus dan waktu pelapisan.



Gambar 9. Ketebalan lapisan Zn sebagai fungsi rapat arus dan waktu pelapisan.

kesempatan proses reaksi reduksi dari ion positif ke logam pelapis dan memperbesar waktu transportasi gerakan ion positif menuju kutub negatif (permukaan logam yang dilapis). Sebagai akibatnya pengendapan ion yang terjadi pada permukaan logam yang dilapis akan semakin

meningkat. Pengendapan ion ini semakin banyak seiring dengan semakin lama waktu pelapisan dan akhirnya akan berdampak terhadap penambahan berat dan tebal lapisan.

Tabel 1. Ketebalan lapisan foil hasil electroplating yang diukur dengan metoda mikrometer.

Titik ukur	Tebal Lapisan Ni, μm				Tebal lapisan Zn, μm			
	Posisi atas	Posisi tengah	Posisi bawah	Tebal rerata	Posisi atas	Posisi tengah	Posisi bawah	Tebal rerata
1	9	9	9,5	8,6 μm	21	16,5	14	16,2 μm
2	7	7,5	10		16,5	14	14,5	
3	8,5	8,5	8,5		15,5	17	17	

Tabel 2. Ketebalan lapisan foil hasil electroplating yang diukur dengan metoda penimbangan.

Media pelapis	Berat sebelum electroplating, g	Berat sesudah electroplating, g	Berat lapisan, g	Volumelapisan, B/ρ (cm^3)	Tebal lapisan, V/A (μm)
Lapisan Ni	8,2427	8,8953	0,6526	0,073	11,4
Lapisan Zn	5,4700	6,0992	0,6292	0,088	13,7

KESIMPULAN

Pelapisan dengan Zn relatif lebih rendah pemakaiannya dibandingkan pelapisan Ni untuk mencapai ketebalan lapisan sekitar 15 μm pada permukaan foil-U. Efisiensi arus dengan pelapisan Zn relatif tinggi daripada pelapisan dengan Ni yang hanya sekitar 80 % yang menunjukkan bahwa proses pelapisan Zn relatif lebih sempurna. Pencapaian tebal lapisan berkisar 15 μm dapat diperoleh dengan logam pelapis Zn pada rapat arus 10 mA/cm^2 dan 15 mA/cm^2 dengan Ni dengan waktu pelapisan 60 menit. Pencapaian ketebalan hingga berkisar 7-15 μm relatif lebih cepat waktu pelapisan dengan menggunakan logam pelapis Zn daripada Ni.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak yang telah meluangkan waktu memberi bantuan guna mendukung kelancaran eksperimen ini terutama kepada C. Conner, G.F. Vandegrift dan T.C. Winck.

DAFTARACUAN

1. GEORGE FV, CONNER C, *Modification of Targets and Processes for Conversion of Mo-99 Production from High-to Low-Enriched Uranium*, ANL, USA, (1998).
2. ANONIM, *Lapis Listrik*, Lembaga Metalurgi Nasional-LIPI, Bandung.
3. CARTER.V.E, *Metallic Coatings for Corrosion Control*, Butterworth & Co, London, (1997).
4. SMAGA. J. A, *Electroplating Fission-Recoil Barriers onto LEU-Metal Foil for 99Mo Production Targets*, International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors, USA, (1997).
5. CONNER,C., at.al, *Progress In Developing Processes For Converting 99Mo Production From High-To Low-Enriched Uranium*, International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors, Sao Paulo, Brazil, (1998).
6. LAWRENCE H.VAN VLACK, *Element of Materials Science and Engineering*, 5th Edition, Addison-Wesley Publishing Company, USA, (1985).