

PREPARASI TARGET PADAT TELURIUM UNTUK PEMBUATAN RADIOISOTOP ^{123}I

Daya Agung Sarwono, Cahyana Amiruddin, Triani Widyaningrum dan Triyanto
Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR)-BATAN
sarwono@batan.go.id

ABSTRAK

PREPARASI TARGET PADAT TELURIUM UNTUK PEMBUATAN RADIOISOTOP ^{123}I . Radioisotop Iodium-123 (^{123}I) dapat digunakan sebagai bahan sediaan radiofarmaka untuk pencitraan dengan alat SPECT. Hal ini disebabkan ^{123}I memancarkan sinar gamma dengan energi 159 keV dengan waktu paro ($t_{1/2}$) 13,2 jam. Radioisotop ^{123}I dapat dibuat dari bahan sasaran berupa lapisan tipis target padat telurium (Te), kemudian, diradiasi menggunakan siklotron. Salah satu teknologi untuk pembuatan lapisan tipis target padat Te adalah elektroplating. Untuk pembuatan lapisan tipis target padat telurium secara elektroplating pada keping Cu diperlukan lapisan logam sebagai *interface*. Hal ini disebabkan logam telurium tidak dapat menempel secara langsung pada keping Cu. Bahan yang dapat dipakai sebagai *interface* adalah logam nikel sebagai lapisan perekat antara keping Cu dengan target telurium. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mencari kondisi yang optimal elektroplating nikel dalam keping Cu dan elektroplating telurium dalam keping Cu yang telah dilapisi nikel. Elektroplating nikel dilakukan pada variasi kuat arus dalam suasana asam (pH 4) dan suasana basa (pH 10) sedangkan elektroplating telurium dilakukan dengan variasi kuat arus dalam suasana basa (pH 10). Dari hasil kegiatan diperoleh bahwa elektroplating nikel pada kuat arus 200 mA dalam suasana asam (pH 4) memberikan hasil yang optimal dengan efisiensi sebesar 88,86%. Elektroplating telurium pada kuat arus 100 mA pada suasana basa (pH 10) memberikan hasil yang optimal. Telurium melekat kuat pada keping Cu yang telah dilapisi nikel dengan hasil yang halus dan rata serta efisiensi terbesar 56,97 %.

Kata kunci : Iodium-123, target padat telurium , elektroplating.

ABSTRACT

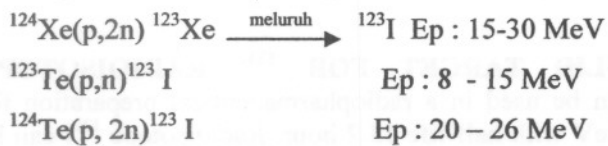
PREPARATION OF TELLURIUM SOLID TARGET FOR ^{123}I RADIOISOTOPE PRODUCTION. Radioisotope of iodine-123 (^{123}I) can be used in a radiopharmaceutical preparation for SPECT imaging. ^{123}I emits positron, gamma rays 159 keV with half-life 13.2 hour. Radioisotope ^{123}I can be made by cyclotron irradiation from a thin layer of tellurium (Te) solid targets. One of the methods for preparation of thin layers of solid targets Te is electroplating. A thin layer of solid material is required on the Cu metal surface as an interface, since the tellurium can not be attached directly to the Cu. Materials that can be used as an interface is nickel metal, as an adhesive layer between Cu and tellurium. The purpose of this experiments is to find the optimal conditions in the nickel electroplating on Cu and tellurium electroplating on Cu surface coated with nickel. Nickel electroplating was performed in acid (pH 4) and alkaline (pH 10) with electric current variation. Electroplating of tellurium was performed on current variation under alkaline (pH 10). The results showed that nickel with currents of 200 mA under acidic (pH 4) provided optimal results with an efficiency of 88.86%. Tellurium electroplating with 100 mA of electric current in alkaline conditions (pH 10) provided optimal results. Tellurium is strongly attached to the Cu coated with nickel. The electroplated Te is smooth and flat with the greatest efficiency of 56.97%.

Key-words: Iodine-123, tellurium solid target, electroplating

PENDAHULUAN

Iodium-123 merupakan salah satu radionuklida untuk pencitraan dengan SPECT (*single photon emission computerized tomography*). Hal ini disebabkan karena radioisotop ^{123}I memancarkan sinar gamma dengan energi 159 keV dengan waktu paro ($t_{1/2}$) 13,2 jam meluruh dengan jalan menangkap elektron (*electron capture*) menjadi telurium-123 yang stabil[1]. Radioisotop ^{123}I mudah bereaksi melalui reaksi adisi, substitusi atau melalui reaksi pertukaran dengan bahan sediaan radiofarmaka. Beberapa sediaan radiofarmaka ^{123}I antara lain ^{123}I dalam kapsul untuk pencitraan kelenjar tiroid dan ^{123}I *meta-iodobenzylguanidine* (^{123}I -*mIBG*) untuk diagnosa kelainan hati[2].

Untuk membuat ^{123}I dengan sistem siklotron dapat dilakukan dengan beberapa cara. Berikut ini beberapa reaksi nuklir untuk pembuatan ^{123}I [1]:



Dari reaksi nuklir di atas, ^{123}I dapat dihasilkan dari target gas Xe-124 serta target padat Te-123 dan Te-124. Kendala yang dihadapi untuk pembuatan ^{123}I dari target gas Xe adalah perlunya fasilitas yang memadai berupa *xenon loop*. Kendala lain yang dihadapi adalah potensi terlepasnya gas dari sistem ke lingkungan, sehingga dari segi keselamatan perlu fasilitas dengan tingkat keamanan yang tinggi. Selain itu mahalnya gas xenon-124 diperkaya menjadi pertimbangan pula untuk menentukan pemilihan bahan sasaran ini. Target yang relatif aman dipakai adalah target dalam bentuk logam atau padatan. Selain relatif mudah dalam persiapan juga

fasilitas iradiasi target padat telah tersedia di mesin siklotron CS-30 di Batan.

Telurium di alam tersusun dari 8 jenis isotop yaitu: ^{120}Te (0,09%), ^{122}Te (2,55%), ^{123}Te (0,89%), ^{124}Te (4,74%), ^{125}Te (7,07%), ^{126}Te (18,84%), ^{128}Te (31,74%), dan ^{130}Te (34,08%)[3]. Kandungan ^{123}Te dan ^{124}Te sangat kecil di alam yaitu masing-masing sebesar 0,89 % dan 4,74 %. Untuk mendapatkan radioaktivitas iodium-123 yang tinggi serta pengotor yang kecil maka perlu digunakan target diperkaya dengan pengayaan di atas 98 % .

Siklotron CS-30 Batan memiliki kemampuan untuk memproduksi Radioisotop Iodium-123 karena dapat menghasilkan berkas proton sampai pada energi 27 MeV. Fasilitas iradiasi Siklotron CS-30 dilengkapi pula dengan sistem *degrader* energi yang dapat menurunkan energi berkas menjadi 19, 17, 15, 12, 11 MeV sesuai kebutuhan. Pada mesin siklotron ini dilengkapi pula sistem transfer target padat eksternal yang digunakan untuk mengirim target dari stasiun penerima ke stasiun iradiasi atau sebaliknya. Proses transportasi ini dinamakan dengan *rabbit system*. Untuk dapat diiradiasi di Mesin Siklotron CS-30 Batan maka target harus memenuhi syarat yang sesuai dengan fasilitas Siklotron. Target yang akan diiradiasi harus diletakkan pada *target holder* yang terbuat dari keping Cu. Untuk itu target sasaran berupa telurium harus ditempelkan atau direkatkan pada keping Cu.

Hal yang terpenting dalam pembuatan bahan sasaran padat adalah harus rata dan menempel kuat pada penyangga sasaran yang terbuat dari keping Cu. Bahan sasaran harus tipis, kuat dan tahan

terhadap panas yang timbul selama iradiasi berlangsung. Salah satu metoda untuk pembuatan bahan sasaran adalah elektroplating. Elektroplating adalah pelapisan tipis pada logam terhadap logam jenis yang lain[4]. Proses pelapisan elektroplating sering disebut juga dengan elektrodposisi, yaitu suatu proses pengendapan atau deposisi logam di atas logam lain dengan cara elektrolisa. Hasilnya berupa lapisan tipis yang menempel pada penyangga sasaran sehingga dapat didinginkan dengan sirkulasi air selama iradiasi berlangsung.

Salah satu kendala pembuatan target telurium menggunakan elektroplating adalah proses penempelan telurium pada keping tembaga (Cu). Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan *interface* yaitu berupa lapisan nikel agar telurium dapat menempel pada keping Cu [5]. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mencari kondisi yang optimum elektroplating nikel dalam keping penyangga sasaran Cu dan mencari kondisi yang optimum elektroplating telurium dalam keping Cu yang telah dilapisi nikel. Elektroplating nikel dalam keping Cu sebagai penyangga sasaran akan dilakukan dalam suasana asam (pH 4) dan suasana basa (pH 10). Sedangkan elektroplating telurium dalam keping Cu yang telah dilapisi nikel akan dilakukan dalam suasana basa (pH 10). Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperolehnya kondisi yang optimal elektroplating untuk menghasilkan target telurium yang menempel kuat dan rata pada keping Cu, sebagai sasaran untuk pembuatan Radioisotop I-124.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Bahan kimia yang digunakan adalah: $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck); $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck); H_3BO_3 (E. Merck), TeO_2 , HCl 5 N, amonia, larutan H_2SO_4 5 N, larutan NaOH 5N. Peralatan gelas yang digunakan dalam kegiatan ini terbuat dari jenis *pyrex*. Peralatan yang digunakan adalah sel elektroplating lengkap dengan catu daya *TS3021S Power Supply*, timbangan analitik dari *ACCULAB ALC-1104*, alat penguji kerontokan *Cellery*, Mikroskop *Dino Lite* dengan pembesaran sampai dengan 200 x.

Pembuatan larutan NiSO_4 suasana asam

Pembuatan larutan elektroplating NiSO_4 dalam suasana asam dilakukan sebagai berikut: Sebanyak 40 gram $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 5 gr $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 gram H_3BO_3 dimasukkan dalam *beaker glass* 250 ml. Dalam *beaker glass* tersebut dimasukkan air demineral sebanyak 200 ml diaduk dengan menggunakan pengaduk *stirrer* hingga larut sempurna. Selanjutnya larutan diatur pada pH 4. Bila pengaturan pH larutan sudah tercapai selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambah air demineral hingga batas. Larutan dimasukkan dalam botol polietilen dan diberi nomor *batch* dan tanggal.

Pembuatan larutan NiSO_4 suasana basa

Pembuatan larutan elektroplating NiSO_4 dalam suasana basa dilakukan sebagai berikut: sebanyak 40 gram $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 5 gr $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan dalam *beaker glass* 250 ml. Dalam

beaker glass tersebut dimasukkan air demineral sebanyak 200 ml diaduk dengan menggunakan pengaduk *stirrer* hingga larut sempurna. Selanjutnya larutan diatur pada pH 9 dengan menambahkan amonia dalam larutan. Bila pengaturan pH larutan sudah tercapai selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambah air demineral hingga batas. Larutan dimasukkan dalam botol polietilen dan diberi nomor *batch* dan tanggal.

Pembuatan Larutan plating Te

Ditimbang 6,25 g TeO₂ lalu dilarutkan dalam 15 ml NaOH 5 N sambil dipanaskan dan diaduk-aduk selama 20 menit. Setelah dingin, ditambahkan air sampai volume 100 ml. Kemudian larutan disaring dengan kertas Whatman 41, diatur pH-nya sekitar 10 dengan HCl 5 N dan diencerkan dengan air sehingga volumenya kira-kira 150 ml.

Pembuatan larutan plating Te dengan bahan aditif

Prosedur preparasi larutan plating dengan bahan aditif sama dengan preparasi larutan plating Te. Hanya saja sebelum pengenceran akhir, ke dalam larutan ditambahkan bahan KAl(SO₄)₂ dengan konsentrasi 2 mg/ml sebanyak 10 ml.

Elektroplating Nikel pada keping Cu

Keping target yang telah dibersihkan ditimbang dan dicatat. Kemudian dipasang di bejana elektroplating. Uji kebocoran sel elektroplating dilakukan dengan jalan memasukkan air demineral ke dalam sel elektroplating, diamati jika terjadi kebocoran. Jika tidak terjadi kebocoran, air demin

dikeluarkan. Selanjutnya larutan elektroplating dituangkan ke dalam sel elektroplating, sampai batas yang ditentukan. Kabel *power supply* dari kutub negatif dihubungkan dengan katoda, dan kabel dari kutub positif dihubungkan dengan anoda. Regulator arus dan *voltage* listrik dihidupkan. Arus diatur 100 mA, 200 mA, 300 mA, 400 mA, elektroplating dilakukan selama 1 jam. Larutan elektroplating dikeluarkan dari sel elektroplating dengan pemvakuman ke dalam *header*, kemudian disimpan dalam botol polietilen. Keping target dilepaskan dari sel elektroplating, dicuci dengan air *demineral*, kemudian dikeringkan dengan *hair dryer*. Keping target ditimbang kembali untuk mengetahui berat deposit nikel yang diperoleh dan dicatat berat deposit yang diperoleh.

Elektroplating telurium pada keping Cu

Prosedur elektroplating telurium dalam keping Cu sama dengan prosedur plating nikel dalam keping Cu. Kuat arus diatur sebesar 40 mA, 50 mA, 80mA, 100 mA, elektroplating dilakukan selama 30 menit.

Pengujian hasil Elektroplating nikel dan telurium

Hasil elektroplating nikel dan telurium dalam bentuk lapisan tipis diuji kehalusannya secara visual dengan diraba. Sedang kerataan sasaran nikel dan telurium diuji dengan melihatnya dari arah samping. Kekuatan daya lekat sasaran pada penyangga sasaran diuji dengan ketukan atau dengan menggunakan alat penguji kerontokan *Cellery*. Caranya dengan memberi vibrasi bagian punggung penyangga sasaran yang telah ditemeli nikel dan telurium .

Pengujian dengan alat mikroskop dilakukan dengan cara memasukkan preparat hasil elektroplating nikel dan telurium. Kemudian ditentukan perbesaran yang dikehendaki dan dilihat bagian-bagian yang hendak diamati dengan mikroskop. Perbesaran diubah-ubah untuk mendapatkan hasil foto yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara teoritis yang berperan dalam perolehan berat deposit dalam proses elektroplating adalah konsentrasi larutan, kuat arus, dan waktu. Pada sisi anoda terjadi reaksi oksidasi sedang pada sisi katoda terjadi reaksi reduksi. Berat nikel dan telurium yang menempel pada keping Cu dalam proses elektroplating ini dapat dihitung dengan persamaan *Faraday* berikut ini :

$$W = \frac{e \cdot i \cdot t}{F}$$

W : berat deposit atau endapan yang dihasilkan (gr)

e : massa ekivalen zat (gek)

i : kuat arus (amper)

t : waktu (detik)

F : bilangan faraday = 96.500 Coulomb.

Hasil elektroplating nikel dalam kondisi asam berbeda dari elektroplating dalam kondisi basa. Dalam suasana asam konsentrasi ion-ion H⁺ lebih besar dibanding pada suasana basa sehingga akan mempengaruhi berat deposit nikel. Ion-ion H⁺ akan tereduksi menjadi gas H₂ yang akan berpengaruh pada hasil deposit yang diperoleh. Dalam suasana basa berat deposit nikel yang diperoleh akan lebih besar dibanding dari suasana asam.

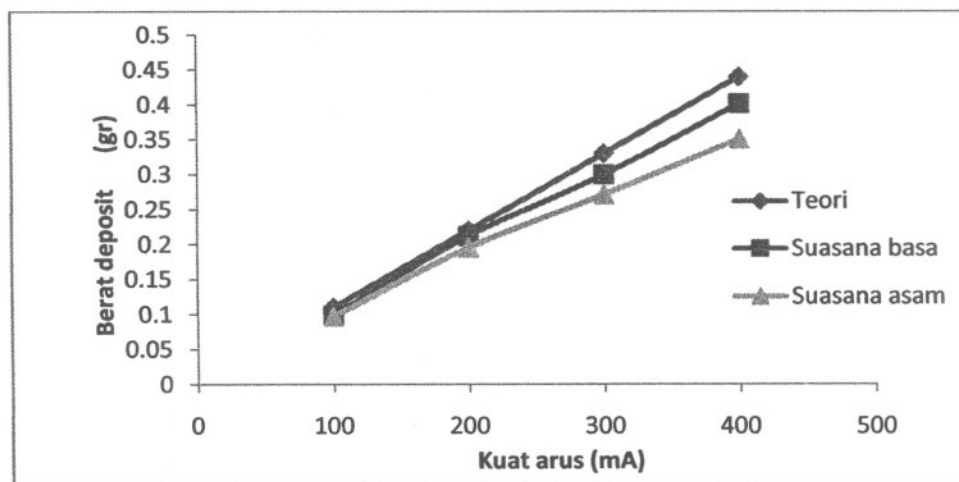
Hasil elektroplating nikel pada keping Cu dapat dilihat secara visual baik kerataannya maupun kehalusannya. Secara visual elektroplating nikel baik suasana asam maupun suasana basa memberikan hasil yang rata dan halus. Berat deposit yang diperoleh pada variasi arus dan variasi pH dapat dilihat pada Table 1 berikut ini

Tabel 1. Hasil perolehan deposit nikel di keping tembaga pada variasi arus dan pH

No	No Batch Larutan	Volume Larutan (ml)	pH	Lama Plating (menit)	Kuat Arus (mA)	Berat Deposit (gram)	Berat Deposit Teoritis (gram)	Efisiensi (%)
1	Ni-5-2	100	4	60	100	0,097	0,1101	88,14
2	Ni-5-1	100	4	60	200	0,1956	0,2201	88,86
3	Ni-5-1	100	4	60	300	0,2716	0,3302	82,26
4	Ni-5-2	100	4	60	400	0,3512	0,4402	79,78
5	Ni-5-5	100	9	60	100	0,099	0,1101	89,77
6	Ni-5-5	100	9	60	200	0,212	0,2201	96,09
7	Ni-5-4	100	9	60	300	0,300	0,3302	90,80
8	Ni-5-4	100	9	60	400	0,402	0,4402	91,22

Tabel 1 di atas memberikan hasil bahwa besar kuat arus mempengaruhi berat deposit yang diperoleh. Semakin besar kuat arus maka semakin besar berat deposit yang diperoleh. Pengaruh keasaman atau pH dari larutan memberikan hasil bahwa pada suasana basa

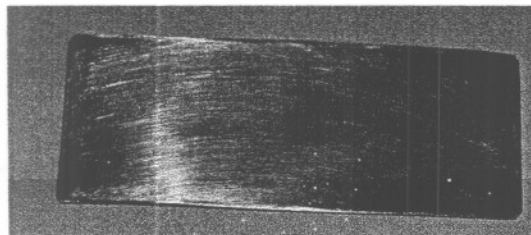
perolehan deposit nikel lebih besar dibanding pada suasana asam. Bila data di atas dibuat grafik serta dibandingkan dengan berat teoritis dari besarnya kuat arus, maka dapat dilihat dari grafik berikut ini.



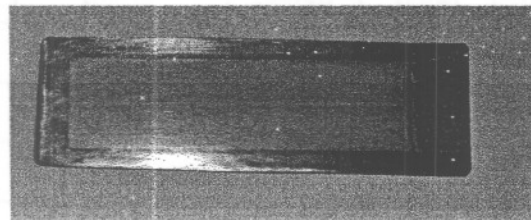
Gambar 1. Grafik perolehan deposit nikel di keping tembaga pada variasi arus dan pH.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa berat deposit pada kuat arus 100 mA dan 200 mA memberikan hasil yang optimal. Pada suasana asam kuat arus 100 mA memberikan efisiensi

deposit sebesar 88,14 % sedang pada suasana basa memberikan efisiensi sebesar 89,78 %. Kuat arus 200 mA pada suasana asam memberikan efisiensi sebesar 88,88 % dan pada suasana basa diperoleh efisiensi 96,09 %. Pada kuat arus 300 dan 400 mA efisiensi perolehan deposit mulai terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena pada kuat arus 300 dan 400 mA terjadi peningkatan jumlah gelembung yang menghambat deposit nikel sehingga efisiensi perolehan deposit nikel mulai terjadi penurunan.



(a)

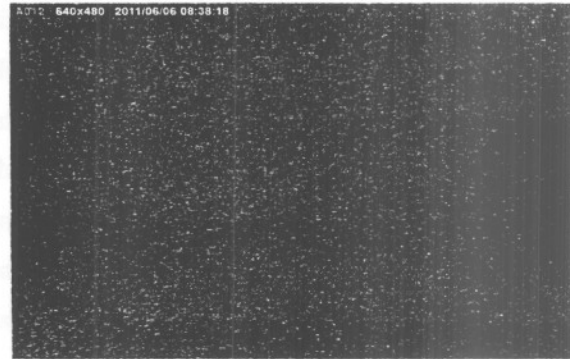


(b)

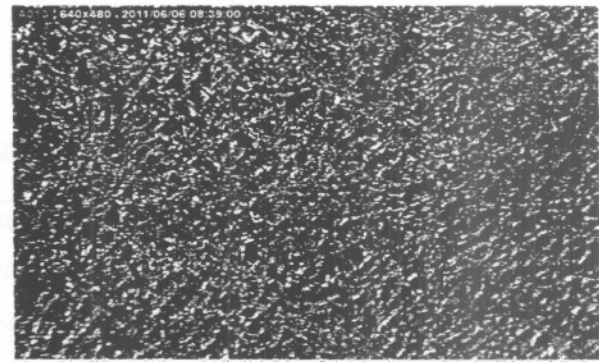
Gambar 2. Foto keping Cu sebelum elektroplating (a) dan setelah proses electroplating (b)

Untuk menguji kerataan dan kehalusan hasil elektroplating pada kuat arus 200 mA pada suasana asam (pH 4) dan basa (pH 10) maka dilakukan pengujian dengan mikroskop dengan pembesaran 200 x. Pada Gambar 3 disajikan

hasil pengujian elektroplating yang dilakukan pada suasana asam dan basa dengan mikroskop.



(a)



(b)

Gambar 3. Hasil pemeriksaan deposit nikel dengan mikroskop perbesaran 200 x,
(a) Deposit nikel pada pH 4, Arus 200 mA,
(b) Deposit nikel pada pH 9, Arus 200 mA

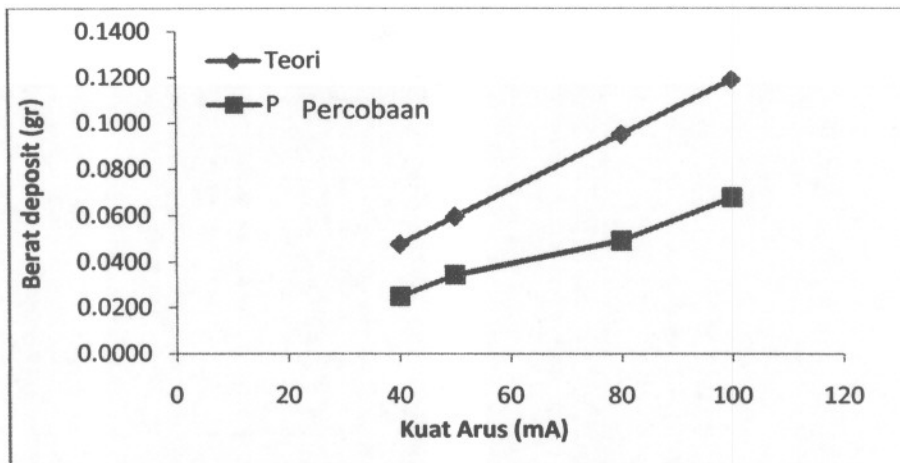
Dari Gambar 3 terlihat hasil permukaan deposit nikel dengan pengamatan mikroskop pada suasana asam (pH 4) lebih halus dan rata bila dibanding pada suasana basa (pH 9). Pada permukaan deposit nikel pada suasana asam (pH 4) diperoleh permukaan yang halus dan rata, sedang pada permukaan deposit nikel pada suasana basa (pH 10) terjadi permukaan yang kasar serta tidak merata. Hasil elektroplating telurium tanpa penambahan bahan aditif tidak

memberikan hasil sebab telurium tidak bisa menempel di keping Cu yang terlapis nikel.

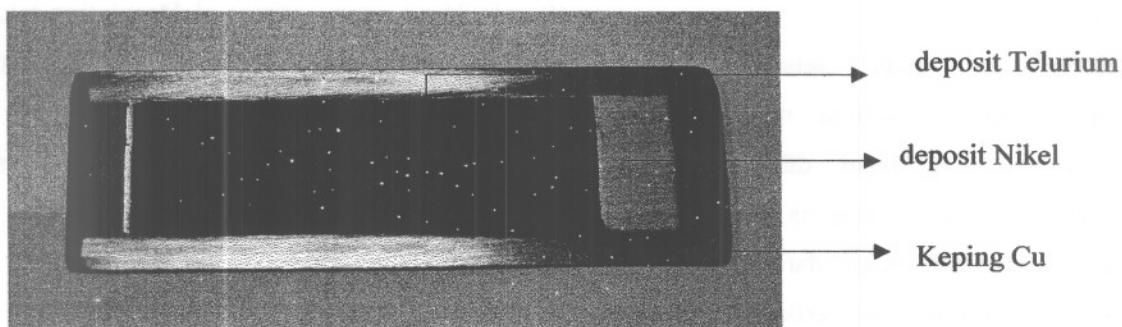
Hasil elektroplating dengan penambahan bahan aditif $KAl(SO_4)_2$ ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan bahwa besar kuat arus mempengaruhi berat deposit telurium yang diperoleh. Semakin besar kuat arus maka semakin besar berat deposit yang diperoleh. Bila data di atas dibuat grafik serta dibandingkan dengan berat teoritis dari besarnya kuat arus dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Hasil perolehan deposit telurium di keping tembaga yang dilapisi nikel

No	No Batch Larutan	Volume Larutan (ml)	pH	Lama Plating (menit)	Kuat Arus (mA)	Berat Deposit (gram)	Berat Deposit Teoritis (gram)	Efisiensi (%)
1	Te-08-01	50	10	30	40	0,0249	0,0476	52,30
2	Te-08-01	50	10	30	50	0,0343	0,0595	57,64
3	Te-09-02	50	10	30	80	0,0491	0,0952	51,57
4	Te-09-02	50	10	30	100	0,0678	0,1190	56,97



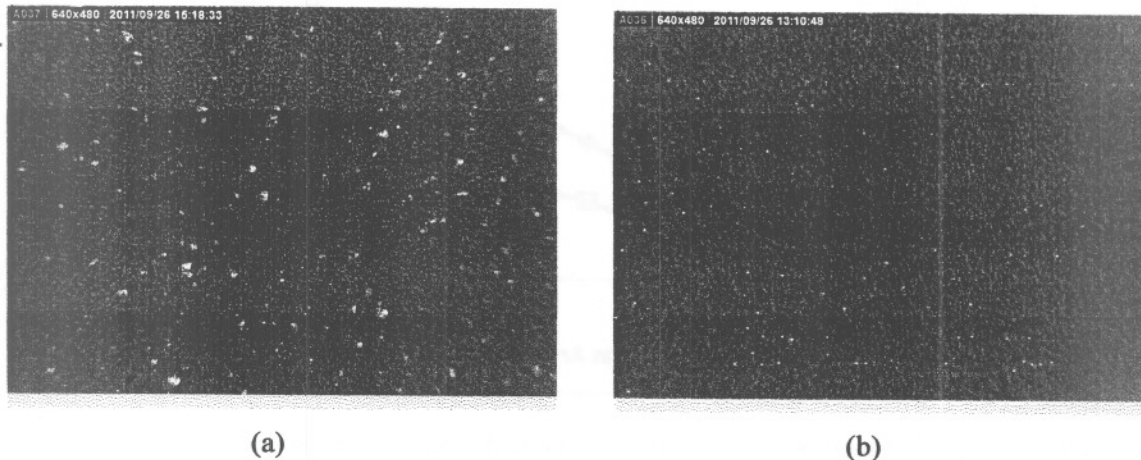
Gambar 4. Grafik perolehan deposit telurium pada keping tembaga yang terlapisi nikel.



Gambar 5. Foto hasil elektroplating Telurium dalam keeping Cu yang telah dilapisi Nikel.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa berat deposit telurium pada kuat arus 50 mA memberikan hasil yang optimal. Pada kuat arus 80 dan 100 mA efisiensi perolehan deposit telurium mulai terjadi penurunan. Hal ini disebabkan pada kuat arus 80 dan 100 mA terjadi peningkatan jumlah gelembung sehingga efisiensi perolehan deposit telurium mulai terjadi penurunan. Untuk menguji kerataan dan

kehalusan hasil elektroplating pada kuat arus 200 mA maka dilakukan pengujian dengan mikroskop dengan pembesaran 200x. Hasil pengamatan dengan mikroskop menunjukkan bahwa kondisi permukaan deposit telurium pada suasana basa (pH 10) pada kuat arus 100 mA lebih halus dan rata bila dibanding pada suasana basa (pH 10) pada kuat arus 40 mA.



Gambar 6. Hasil pemeriksaan deposit telurium dengan mikroskop pembesaran 200 x. (a) Deposit telurium pada kuat arus 40 mA (b) Deposit telurium pada kuat arus 100 mA

KESIMPULAN

Elektroplating nikel sebagai lapisan *interface* antara target telurium dengan bahan penyangga sasaran Cu dapat dilakukan pada suasana asam dan basa. Perolehan deposit nikel pada suasana basa lebih besar daripada suasana asam. Besarnya kuat arus memberikan hasil yang sebanding dengan berat deposit yang terbentuk. Dari pengamatan kerataan dengan mikroskop hasil dari suasana asam lebih halus dibanding dari hasil suasana basa. Hasil yang optimal elektroplating nikel dilakukan pada suasana asam pada pH 4 dan kuat arus 400 mA. Pada kondisi ini diperoleh lapisan tipis yang rata dan kuat serta memberikan efisiensi perolehan deposit sebesar 88,86 %.

Elektroplating telurium dapat dilakukan pada suasana basa (pH 10). Besarnya kuat arus memberikan hasil yang sebanding dengan deposit yang terbentuk. Dari pengamatan kerataan dengan mikroskop, hasil elektroplating pada kuat arus 100 mA lebih halus dan rata dibanding pada kuat arus

40 mA. Hasil yang optimal elektroplating telurium dilakukan pada suasana basa pH 10 dan kuat arus 100 mA. Pada kondisi ini diperoleh lapisan tipis yang rata dan kuat serta memberikan efisiensi deposit telurium sebesar 56,97 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Technical Reports Series No. 468, "Cyclotron Produced Radionuclides: Physical Characteristic and Production Methods", IAEA, Vienna 2009.
2. JACOBSON A. F., *et al* , Myocardial Iodine-123 Meta-Iodobenzylguanidine Imaging and Cardiac Events in Heart Failure, *Journal of the American College of Cardiology* Volume 55, No 20, May 2010.
3. KOEHLER L., *et .al* , "Iodine-124: A Promising Positron Emitter for Organic PET Chemistry ", *Molecules*, April 2010.

-
4. FREDERICK A.L. OWENHEIM, "Modern Electroplating", John Willey and Sons, 3rd edition (1974). coated copper substrate for ^{124}I production", *Applied Radiation and Isotopes*, 66 (2008) 1281-1286.
 5. SADEGHI M., DASTAN M., ENSAF M.R., "Thick Tellurium Electrodeposition on nickel-