

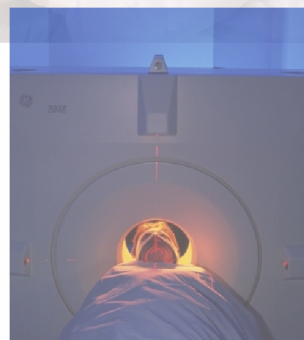
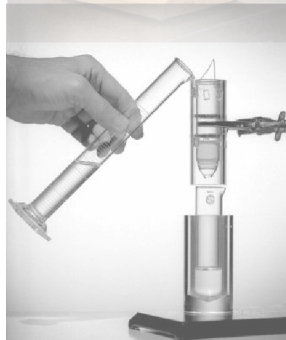


PROSIDING

PERTEMUAN ILMIAH RADIOISOTOP, RADIOFARMAKA, SIKLOTRON DAN KEDOKTERAN NUKLIR

Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre
Siloam Hospitals Semanggi - Jakarta
8 - 9 November 2013

*"Advanced Development of Radiopharmaceuticals,
Molecular Imaging and Targeted Radionuclide Therapy"*



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA**

GEDUNG 11, KAWASAN PUSPIPTEK, TANGERANG SELATAN, BANTEN
TELP/FAX : (021) 756 3141
email : prr@batan.go.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya sehingga prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir 2013 ini dapat disusun dan diterbitkan sesuai dengan tenggat waktu yang telah ditentukan oleh panitia. Seluruh makalah yang ada dalam prosiding ini merupakan kumpulan makalah yang telah lolos proses seleksi yang dilakukan tim reviewer dan telah disampaikan dalam kegiatan Pertemuan Ilmiah Tahunan 2013 yang diselenggarakan pada tanggal 8 – 9 Nopember 2013 di Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre (MRCCC) Siloam Hospitals Semanggi, Jakarta.

Prosiding ini dimaksudkan untuk menyebarluaskan informasi berupa kajian dan hasil-hasil penelitian dan pengembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka dan siklotron serta aplikasinya dalam bidang kesehatan maupun kedokteran nuklir di Indonesia. Sesuai dengan tema Pertemuan Ilmiah Tahunan 2013 “Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Therapy”, diharapkan prosiding ini dapat menjadi media bagi para peneliti, pemikir, pemerhati kesehatan untuk saling bertukar ide dalam perkembangan bidang kesehatan untuk mencapai kemandirian bangsa.

Prosiding ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, namun dengan mengesampingkan kekurangan tersebut, terbitnya prosiding ini diharapkan dapat membantu para peneliti, pemikir dan pemerhati kesehatan dalam mencari referensi dan menambah motivasi untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang radioisotop, radiofarmaka, siklotron dan kedokteran nuklir.

Jakarta, Desember 2013
Tim editor

PENASEHAT

Prof. DR. Dr Johan S Masjhur, SpPD-KEMD, SpKN	(PKNI/PKBNI)
Dr. A Hussein S Kartamihardha, SpKN, MHKes	(PKNI/PKBNI)
DR. Abdul Mutalib	(Universitas Padjajaran)

PENGARAH

Dra. Siti Darwati MSc	(PRR-BATAN)
Dr. Trias Nugrahadi, SpKN	(PKNI/PKBNI)

TIM EDITOR

Dr. Basuki Hidayat, SpKN	(RSHS-Bandung)
DR. Rohadi Awaluddin	(PRR-BATAN)
DR. Martalena Ramli	(PRR-BATAN)
Drs. Hari Suryanto, M.Sc	(PRR-BATAN)
Dr Resnaldy, SpKN	(PKNI/PKBNI)

Prosiding

Fath Priyadi, V. Yulianti Susilo, Wira Y. Rahman

LAPORAN KETUA PANITIA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas ijin-Nya Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 ini dapat terwujud. Penyelenggaraan Pertemuan Ilmiah Tahunan ini merupakan kolaborasi antara Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka - BATAN dan PKNI/PKBNI dengan mengangkat tema : "Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Radionuclide Therapy".

Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi perkembangan terbaru mengenai radiofarmaka, molecular imaging, dan targeted radionuclide therapy, meningkatkan intensitas interaksi antara pelaku kegiatan litbang di bidang radioisotop, radiofarmaka, dan siklotron dengan para klinisi Kedokteran Nuklir serta mitra industri, sehingga terbentuk kegiatan yang saling bersinergi dari tahap litbang sampai pada tahap pemanfaatannya secara luas khususnya dalam bidang kedokteran nuklir.

Sebagaimana kita ketahui bersama bahwa Kedokteran nuklir saat ini merupakan salah satu pelayanan kesehatan yang berperan penting dibidang kesehatan dan kedokteran di Indonesia yang dibuktikan dengan adanya peningkatan penggunaan modalitas diagnosis dan terapi di pusat pelayanan kedokteran nuklir beberapa rumah sakit di Indonesia baik rumah sakit pemerintah maupun swasta.

Pertemuan ilmiah tahunan 2013 ini dihadiri kurang lebih 200 orang dengan acara yang mencakup plenary session berupa presentasi dari keynote speaker yang berasal dari dalam maupun luar negeri, workshop dan presentasi secara oral dari peserta penyaji serta diskusi yang diikuti oleh lembaga litbang, mitra pengguna/rumah sakit maupun mitra industri, akademisi serta pengambil kebijakan.

Besar harapan kami kegiatan Pertemuan Ilmiah Tahunan ini dapat berlanjut untuk masa yang akan datang. Akhir kata, kami mohon maaf apabila ada kekurangan dalam penyelenggaraan kegiatan ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Ketua Panitia Pelaksana
Didik Setiaji

KATA SAMBUTAN
KEPALA PUSAT RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya sehingga acara Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, Siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 dapat dilaksanakan dengan baik sampai dengan terbitnya prosiding. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Editor dan semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian prosiding ini.

Kami berharap prosiding ini dapat digunakan sebagai dokumentasi karya ilmiah para peneliti dan praktisi dalam bidang kesehatan khususnya kedokteran nuklir yang telah dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan Radioisotop, Radiofarmaka, siklotron dan Kedokteran Nuklir Tahun 2013 pada tanggal 8 – 9 Nopember 2013 di *Mochtar Riady Comprehensive Cancer Centre Siloam Hospitals Semanggi*, Jakarta. Pertemuan ilmiah ini mengangkat tema **“Advanced Development of Radiopharmaceuticals, Molecular Imaging and Targeted Therapy”** dengan melibatkan para peneliti dari Pusat Radioisotop Dan Radiofarmaka (PRR) dan beberapa Satker dilingkungan BATAN maupun perguruan tinggi, para praktisi kedokteran nuklir serta pembicara tamu dari luar negeri yaitu USA/Korea, Singapura, China dan Australia.

Harapan kami semoga prosiding ini dapat dijadikan referensi bagi berbagai pihak terutama para peneliti, pemikir dan pemerhati kesehatan dalam penelitian dan pengembangan radioisotop, radiofarmaka dan siklotron, serta aplikasinya dalam bidang kedokteran nuklir sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan bagi masyarakat luas.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Kepala Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka
Dra. Siti Darwati, M.Sc

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Penasehat, Pengarah, Tim Editor	ii
Laporan Ketua Panitia	iii
Kata Sambutan Kepala Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka	iv
Daftar Isi	v
Optimising Radiation Safety Practices in Nuclear Medicine Departement : a Study From Australian Hospital	1
<i>Nur Rahmah Hidayati</i>	
Unjuk Kerja Kolom Generator ⁹⁰Sr/⁹⁰Y Berbasis Fasa Diam Alumina	11
<i>Sulaiman, Adang H.G., Karyadi, Sri Aguswarini, A. Mutalib, Gatot S.</i>	
Penggunaan Ra-223 Dalam Targeted Alpha Therapy untuk Kanker Prostat	17
<i>Hilary Reinhart</i>	
Identifikasi Radionuklida Hasil Iradiasi Ytterbium Alam	26
Menggunakan Spektrometer Gamma	
<i>Triani W., Endang S., Umi NS., Triyanto, Sunarhadijoso S.</i>	
Simulasi Dosis Radial Sumber Brakiterapi Iridium-192 Tipe H-01	33
dengan Menggunakan MCNPX 2.6.0	
<i>Anik Purwaningsih</i>	
Penatalaksanaan Kesehatan untuk Pekerja Radiasi	39
yang Menerima Dosis Berlebih	
<i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, Rimin Sumantri</i>	
Elektroplating Nikel pada Keping Emas	44
untuk Produksi Radioisotop Cu-64 Menggunakan Cyclotron	
<i>Herlan Setiawan, Cahyana A, Daya Agung, M Subechi, Hotman L, Sriyono, Wira YR</i>	
Produksi Renium-188 Menggunakan Bahan Sasaran Tungsten Alam dan Diperkaya	51
<i>Indra Saptiama, Herlina, Hotman Lubis, Sriyono, Hambali</i>	
Kajian Keselamatan pada Pengawasan Proses Produksi ¹⁸FDG	59
di Rumah Sakit Kanker Dharmais	
<i>Rr.Djarwanti RPS, Rohmansyur, Hadirahman, Uteng, Herta, Nurhuda</i>	
Sintesis dan Uji Stabilitas Senyawa Nukleotida Bertanda [γ-³²P]ATP	64
<i>Wira Y Rahman, Endang Sarmini, Herlina, Triyanto, Hambali, Abdul Mutalib, Santi Nurbaiti</i>	
Optimasi Preparasi Nanopartikel Emas (AuNPs)	70
Terbungkus PAMAM Dendrimer Generasi 4	
<i>Anung Pujiyanto, Herlan Setiawan, Mujinah, Hotman Lubis, Dede K, Adang Hardi G, Rien Ritawidya, Abdul Mutalib</i>	

Validasi Parameter Medan Gaya Program ChemBio3D 11.0	78
untuk Disain Molekuler Senyawa Kompleks Radiofarmaka ^{99m}Tc	
<i>Maiyesni</i>	

Elektroplating Nikel pada Keping Emas untuk Produksi Radioisotop Cu-64 Menggunakan Cyclotron

Herlan Setiawan, Cahyana A, Daya Agung, M Subechi, Hotman L, Sriyono, Wira YR

*Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka - BATAN
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan*

herlan.setiawan@batan.go.id

ABSTRAK

ELEKTROPLATING NIKEL PADA KEPING EMAS UNTUK PRODUKSI Cu-64 MENGGUNAKAN CYCLOTRON. Cu-64 merupakan salah satu isotop tembaga yang banyak dikembangkan untuk dunia kesehatan. Isotop Cu-64 adalah pemancar β^- (beta) dan β^+ (positron) sehingga dapat digunakan untuk pencitraan menggunakan PET sekaligus sebagai radioterapi. Pembuatan isotop Cu-64 menggunakan akselerator (cyclotron) dilakukan dengan mengiradiasi Ni-64 melalui reaksi (p,n). Preparasi target nikel pada keping target (target face) dilakukan dengan metode elektroplating. Kuat arus optimum pada proses elektroplating permukaan keping emas adalah 100mA atau kerapatan arus 15 mA/cm² dengan persentase deposit nikel 86, 31% dari teoritis. Penggunaan sirkulasi pada larutan elektroplating membantu meningkatkan kerataan distribusi deposit nikel pada permukaan keping emas. Setelah proses elektroplating dan pelarutan nikel massa keping emas berkurang 0,019% sampai 0,042%. Sehingga pemberian lapisan emas pada keping target cyclotron sangat baik untuk mencegah kerusakan pada keping target pasca iradiasi dan pelarutan.

Kata kunci :Elektroplating, Cu-64, Nikel, cyclotron, keping emas

ABSTRACT

NICKEL ELECTROPLATING ON GOLD SURFACE FOR THE PRODUCTION OF Cu-64 ISOTOPE USING CYCLOTRON. Cu-64 is one isotope of copper that are developed to world health. Cu-64 isotope is emitting β^- (beta) and β^+ (positron) so it can be used for imaging using PET as well as radiotherapy. For production Cu-64 isotope with accelerator (cyclotron) performed by irradiating Ni-64 by reaction (p, n). Nickel target preparation on-chip targets (target face) done by electroplating method. Optimum currents in the electroplating process on gold foil is 100mA or 15 mA/cm² current density with the percentage 86.31% of the nickel deposit theoretical. The use of circulation in the electroplating solution helps improve the flatness nickel deposits distribution on gold surface. After the electroplating process and the dissolution of nickel, gold pieces reduced mass 0.019% to 0.042%. Thus use of the gold layer on the target face cyclotron can prevent damage to the target surface after irradiation and dissolution.

Kata kunci :Elektroplating, Cu-64, Nikel, cyclotron, keping emas

PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang biokimia dan biologi molekular telah berpengaruh besar pada kemajuan bidang kesehatan dan obat. Teknologi pengobatan berbasis molekuler

(Molecular Medicine) menjanjikan proses deteksi dini suatu penyakit , screening secara tepat dan tertutup serta pengamatan biomarker suatu penyakit. Hal tersebut sangat penting dalam penentuan metode pengobatan suatu penyakit secara personal

dan untuk evaluasi proses pengobatan terhadap kemajuan kesembuhan pasien. Teknik pengobatan berbasis molekuler dibagi menjadi 3 kelompok yaitu *screening* secara in Vitro, pencitraan secara molekuler (*Molecular imaging*) dan terapi berbasis molekul (*Molecular Therapy*), yang merupakan aplikasi pengobatan berbasis molekuler.

Terapi berbasis molekul tidak dapat lepas dari proses pencitraan berbasis molekul, karena kedua bidang tersebut saling berhubungan. Syarat utama pencitraan berbasis molekul adalah resolusi dan sensitifitas. Teknik pencitraan berbasis nuklir seperti *single photon emission computer tomography* (SPECT) dan *positron emission tomography* (PET) memiliki sensitifitas yang sangat baik, namun memiliki resolusi yang kurang baik. Sedangkan pencitraan menggunakan *computer tomography* (CT) dan *magnetic resonance imaging* (MRI) memiliki resolusi yang sangat baik, namun sensitifitas rendah. Dengan berkembangnya teknologi pencitraan molekuler maka kombinasi PET/CT maupun SPECT/CT telah dikembangkan untuk mencapai hasil pencitraan yang optimal. [1]

Isotop tembaga (II) atau Cu^{2+} merupakan ion radiologam yang sangat bermanfaat untuk berbagai aplikasi diagnosis dan terapi. Radioisotop Cu-64 merupakan salah satu isotop tembaga yang banyak dikembangkan. Radioisotop Cu-64 merupakan pemancar β^- (38,5%) dengan energi 578 KeV, pemancar β^+ (17,7%) dengan energi 651 KeV serta elektron capture (43,8%). Sebagai pemancar β^- (beta) dan β^+ (positron), maka Cu-64 sangat baik digunakan untuk pencitraan menggunakan PET dan sekaligus digunakan sebagai radioterapi. [2]

Proses produksi isotop Cu-64 dapat dilakukan menggunakan reaktor atau *cyclotron*. Produksi Cu-64 dengan

menggunakan reaktor dapat dilakukan dengan iradiasi Cu-63 dengan reaksi (n, γ) atau iradiasi Zn-64 dengan reaksi (n,p). Iradiasi Cu-63 diperkaya dengan reaksi (n, γ) akan menghasilkan Cu-64 dengan aktifitas jenis yang rendah, selain itu produk yang dihasilkan tidak bebas pengemban, sehingga akan sulit dalam proses pemisahan dan pemurnian Cu-64 dari isotop target Cu-63. Proses iradiasi Zn-64 diperkaya dengan reaksi (n,p) memerlukan neutron cepat dalam proses iradiasinya dan hasil produksi yang diperoleh bebas pengemban, sehingga akan lebih mudah dalam proses pemisahan Cu-64 dari target Zn-64 yang digunakan. Namun demikian fasilitas Reaktor Serbaguna G.A.Siwabesy tidak memiliki fasilitas untuk iradiasi menggunakan neutron cepat. Alternatif lain dalam produksi isotop Cu-64 adalah menggunakan *cyclotron* dengan Ni-64 diperkaya sebagai target, melalui reaksi (p,n). [3]

Proses iradiasi Ni-64 diperkaya pada fasilitas *Cyclotron* (akselerator) merupakan iradiasi zat padat, sehingga memerlukan preparasi untuk menempelkan target pada keping target (*target face cyclotron*). Proses penempelan target Ni-64 pada keping target dilakukan dengan metode elektroplating. Pada penelitian ini digunakan Nikel alam (Ni-58 dan Nikel 60) sebagai bahan baku untuk simulasi elektroplating sebelum menggunakan Ni-64 diperkaya. Larutan nikel yang dapat digunakan dalam proses elektroplating diantaranya adalah larutan nikel klorida (NiCl_2), larutan "Watt" yaitu campuran antara NiCl_2 dan NiSO_4 , dan larutan nikel sulfamat ($\text{Ni}(\text{SO}_3\text{N}_2)_2$). [4]

Pada penelitian ini dipilih penggunaan larutan Nikel klorida, dengan pertimbangan nikel hasil pelapisan relatif homogen dan tidak mudah rontok atau lepas dari keping target karena memiliki internal stress yang paling tinggi. Keping penyangga target yang digunakan pada sistem iradiasi menggunakan *Cyclotron* biasanya terbuat

dari tembaga. Namun karena dikhawatirkan keping tembaga akan ikut larut dalam proses pelarutan pasca iradiasi, maka dilakukan simulasi penggunaan lapisan emas 99,99% pada keping penyangga target. [5] Keping emas yang digunakan untuk simulasi berdimensi 2,3 x 2,9 cm dan ketebalan 0,25 mm. Untuk menyesuaikan proses elektroplating dibuat juga chamber elektroplating dan bejana pelarutan mengikuti dimensi keping target. Selisih berat keping emas sesudah dan sebelum elektroplating dianggap massa deposit nikel.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , HCl pekat yang berasal dari Merck. Foil emas 99,99% dan grafit 99,9% digunakan sebagai elektroda pada proses elektroplating, serta aqua demineralisasi sebagai pelarut. Proses elektroplating menggunakan sumber arus DC merk DEK tipe PS-305 DM dan dibantu pompa peristaltik merk Longer Pump tipe YZ1515x untuk proses sirkulasi larutan elektroplating.

Cara Kerja

Pembuatan larutan elektroplating

Ditimbang sebanyak 33,75 g $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 4,5 g H_3BO_3 , kemudian campuran dilarutkan dalam 100 mL aqua demineralisasi. Setelah campuran larut sempurna, kemudian ditambahkan aqua demineralisasi hingga total larutan menjadi 150 mL, sehingga diperoleh larutan nikel dengan konsentrasi 134 g/L dan pH larutan dibuat antara 1 sampai dengan 3.

Penyiapan bejana elektroplating

Proses elektroplating dilakukan pada bejana yang tahan terhadap asam, sehingga digunakan bahan *flexyglass*. Permukaan emas yang akan dilapisi memiliki dimensi 2,3 cm x 2,9 cm, sehingga

dibuat bejana khusus untuk menyesuaikan luas area keping emas tersebut. Sistem elektroplating dihubungkan dengan sumber arus DC, dengan grafit sebagai anoda dan foil emas yang disangga dengan keping target sebagai katoda. Dilakukan proses sirkulasi pada larutan elektroplating menggunakan pompa peristaltik yang terhubung dengan selang silikon pada bejana.

Proses Elektroplating

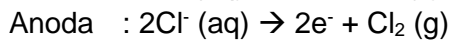
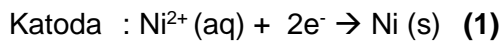
Keping target disiapkan pada bejana elektroplating, kemudian pada bagian atas diletakkan lembar emas yang akan dilapisi. Sebelum larutan plating dimasukkan ke dalam bejana, dilakukan proses uji kebocoran menggunakan aqua demineralisasi. Setelah diyakinkan tidak ada kebocoran pada sistem, larutan nikel dimasukkan ke dalam bejana. Bejana dihubungkan dengan pompa peristaltik dan sumber arus DC. Sirkulasi larutan diatur pada aliran 30mL/menit. Dilakukan variasi kerapatan arus yang digunakan mulai 8 mA/cm^2 , 10 mA/cm^2 , 12 mA/cm^2 , 15 mA/cm^2 , 18 mA/cm^2 . Proses elektroplating dilakukan selama 5 jam untuk masing-masing rapat arus.

Proses pelepasan nikel dari keping emas

Pelepasan nikel dilakukan dengan cara pelarutan nikel menggunakan HCl 8 M. Proses pelarutan dilakukan pada bejana pelarutan yang juga terbuat dari *flexyglass* yang memiliki bagian pemanas dibagian bawahnya. Proses pelarutan lapisan nikel dibantu dengan H_2O_2 sebagai katalisator. Setelah proses pelepasan nikel, dihitung perubahan massa emas yang bertujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan emas sebagai permukaan target elektroplating.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses elektroplating dilakukan pada permukaan lempeng emas 99,9% berdiameter 2,3 cm x 2,9 cm yang sekaligus berperan se-bagai katoda, sedangkan bagian anoda digu-nakan elektroda grafit 99,9%. Rangkaian pro-ses elektroplating ditunjukkan pada Gambar 1. Reaksi yang terjadi pada proses elektroplating adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Rangkaian proses elektroplating

Selama proses elektroplating berlangsung, ternyata timbul gelembung gas Cl_2 , sehingga proses dipindahkan ke dalam *fumehood*. Setelah proses selesai nikel akan menempel pada keping emas yang berada di bagian bawah bejana elektroplating. Fungsi pompa peristaltik pada proses elektroplating bertujuan untuk menjaga homogenitas larutan NiCl_2 selama proses berlangsung, sehingga diharapkan nikel yang menempel pada keping emas memiliki distribusi partikel yang merata. Banyaknya deposit nikel yang menempel pada keping emas dipengaruhi oleh kuat arus, waktu, massa ekuivalen dari ion logam serta valensi ion. Jumlah nikel yang menempel pada keping emas secara teori dapat dihitung menggunakan persamaan Faraday 1, yang ditunjukkan pada persamaan (2) :

$$W = e . i . t / 96.500 \quad \dots\dots (2)$$

dengan :

W = massa zat yang dihasilkan (g)

e = berat ekuivalen = Ar/ Valensi

i = kuat arus listrik (A)

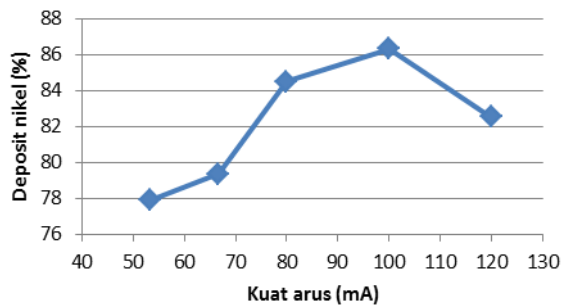
t = waktu (s)

q = muatan listrik (coulomb)

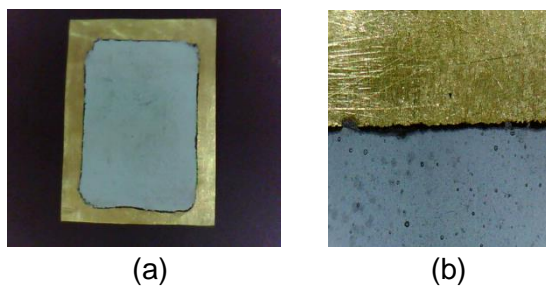
Dengan menggunakan kuat arus yang bervariasi mulai 53,3 mA sampai dengan 120 mA diperoleh deposit nikel pada keping emas seperti ditunjukkan pada tabel 1. Pada Tabel 1 tersebut menunjukkan deposit nikel secara percobaan juga ditunjukkan deposit nikel secara teoritis. Dari hasil percobaan tersebut diperoleh bahwa kuat arus 100mA memiliki persentase hasil yang paling tinggi, yaitu 86,31% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada penggunaan kuat arus 120mA persentase deposit lebih rendah, hal ini kemungkinan disebabkan karena makin tebalnya deposit yang terbentuk pada keping emas mengakibatkan tingkat reduksi ion $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ menjadi $\text{Ni}(\text{s})$ terhambat. Hal ini dapat dilihat dari massa nikel yang terbentuk sekitar 535,8 mg atau 15% lebih banyak dari massa nikel yang menggunakan arus 100mA. Sedangkan pada kuat arus lebih rendah dari 100mA memiliki persentase deposit lebih rendah karena faktor banyaknya gelembung yang terbentuk pada elektroda, yang menghambat proses penempelan $\text{Ni}(\text{s})$. Terbentuknya gelembung pada keping emas ditunjukkan pada permukaan nikel yang terlihat adanya rongga berbentuk bulatan kecil seperti pada Gambar 3.

Tabel 1. Deposit nikel pada variasi kuat arus

Kuat Arus (mA)	Deposit nikel (mg)	Teoritis (mg)	%
120	535,8	649,1	82,54
100	466,9	540,9	86,31
80	365,7	432,7	84,51
66,7	286,4	360,8	79,36
53,3	224,2	288,3	77,9



Gambar 2. Kurva deposit nikel terhadap kuat arus



Gambar 3. (a) hasil elektroplating nikel pada keping emas (b) perbesaran permukaan nikel

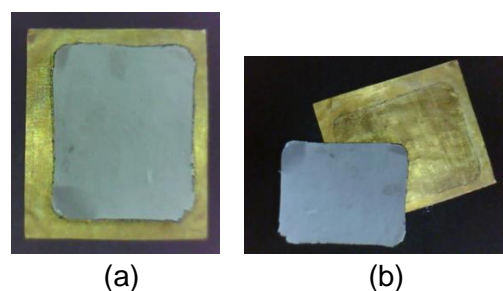
Penggunaan kuat arus pada penelitian ini didasarkan pada kenaikan arus per luas permukaan keping emas yang digunakan, sehingga diperoleh kerapatan arus mulai 18 mA/cm² hingga 8 mA/cm². Penggunaan kerapatan arus diharapkan dapat diaplikasikan pada berbagai dimensi permukaan yang berbeda sesuai luas area target yang akan dilapisi. Dimensi keping emas pada penelitian ini adalah (2,3 x 2,9) cm², sedangkan dimensi permukaan keping target untuk cyclotron adalah (2,5 x 5,5) cm² sehingga bila percobaan berikutnya akan menggunakan keping target yang sesungguhnya, maka kuat arus dapat disesuaikan dengan luas permukaan tersebut. Kenaikan kerapatan arus secara otomatis akan menaikkan kerapatan dari deposit nikel yang menempel pada keping emas seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Pada Gambar 4. Ditunjukkan kerapatan nikel paling rendah adalah 41,1 mg/cm² pada penggunaan rapat arus sebesar 8 mA/cm², sedangkan kerapatan nikel yang paling tinggi ditunjukkan pada penggunaan

rapat arus sebesar 15 mA/cm² yaitu 80,33 mg/cm².

Tabel 2. Kerapatan nikel terhadap kenaikan kerapatan arus

Kuat arus (mA)	Rapat arus (mA/cm ²)	Deposit nikel (mg)	Kerapatan nikel (mg/cm ²)	Kerapatan teoritis (mg/cm ²)
120	18	535,8	80,33	97,3
100	15	466,9	70	81,1
80	12	365,7	54,8	64,8
66,7	10	286,4	42,9	54,1
53,3	8	224,2	41,1	43,2

Jika dihubungkan dengan persentase deposit nikel optimum pada kuat arus 100mA, maka rapat arus optimum untuk proses elektroplating pada keping target adalah 15 mA/cm², sehingga diharapkan akan memiliki kerapatan nikel optimum pada 70 mg/cm². Pada percobaan menggunakan kuat arus 53,3 mA, deposit nikel pada keping emas tidak menempel dengan baik ditunjukkan pada Gambar 5. Elektroplating menggunakan rapat arus 8 mA/cm² menghasilkan kerapatan nikel yang relatif lebih tipis dari yang lain, yang mengakibatkan lapisan nikel mudah terlepas. Sehingga untuk proses elektroplating pada keping target, rapat arus yang sebaiknya digunakan adalah lebih dari 8 mA/cm².



Gambar 5. (a) Hasil elektroplating menggunakan rapat arus 8 mA/cm² (b) deposit nikel lepas dari keping emas

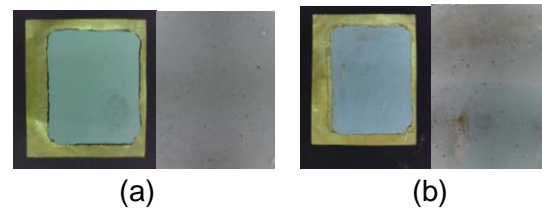
Setelah proses elektroplating, nikel dilepaskan dari keping emas dengan cara pelarutan menggunakan HCl 8M dan dengan bantuan reduktor H₂O₂ sebagai katalisator. Proses ini sekaligus untuk simulasi proses pelepasan Cu-64 hasil

iradiasi Ni-64 dari keping target menggunakan HCl pekat. Setelah semua nikel dipastikan larut seluruhnya, keping emas ditimbang ulang untuk mengetahui perubahan massa keping emas terhadap proses pelarutan menggunakan HCl. Hasil penimbangan keping emas setelah proses elektroplating dan pelepasan nikel ditunjukkan pada Tabel 3. Pengurangan massa keping emas setelah perlakuan elektroplating dan pelepasan nikel menggunakan HCl 8M adalah 0,019% dan 0,042%. Hal ini menunjukkan bahwa keping penyangga target *cyclotron* yang dilapisi dengan emas merupakan pilihan yang tepat.

Tabel 3. Pengurangan massa keping emas setelah elektroplating dan pelarutan nikel dengan HCl 8M

No	Massa keping emas		Selisih massa (g)	% massa (%)
	Sebelum elektroplating (g)	Setelah elektroplating (g)		
1	3,0712	3,0706	0,0006	0,019
2	3,0746	3,0733	0,0013	0,042

Penelitian ini juga dilakukan perbandingan sirkulasi larutan elektroplating menggunakan pompa peristaltik. Sirkulasi yang digunakan adalah 30mL/menit. Diharapkan proses sirkulasi tersebut membantu tingkat kerataan deposit nikel yang menempel di keping emas. Perbandingan elektroplating menggunakan sirkulasi dan tanpa sirkulasi ditunjukkan pada gambar 6. Proses elektroplating menggunakan sirkulasi menunjukkan permukaan yang lebih merata dibandingkan proses elektroplating tanpa proses sirkulasi. Distribusi deposit nikel pada hasil proses elektroplating tanpa sirkulasi menunjukkan adanya perbedaan ketebalan ditandai dengan adanya warna kekuningan pada bagian yang lebih tipis akibat keping emas yang ada dibelakangnya.



Gambar 6. (a) tampilan permukaan hasil elektroplating menggunakan sirkulasi (b) tampilan permukaan hasil elektroplating tanpa menggunakan sirkulasi

KESIMPULAN

Penggunaan keping target sebagai lapisan elektroplating sudah tepat karena tidak akan larut dalam proses pelarutan deposit. Perubahan massa keping emas setelah proses elektroplating dan pelarutan menggunakan HCl 6M adalah 0,019 % dan 0,042%. Kuat arus optimum untuk proses elektroplating nikel adalah 100mA atau kerapatan arus 15mA/cm², sehingga memberikan persentase deposit nikel sebesar 86,31% dan kerapatan nikel 70 mg/cm². Penggunaan sirkulasi larutan selama proses elektroplating membantu meningkatkan kerataan deposit nikel yang terbentuk.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya parameter yang diperoleh dapat digunakan untuk proses elektroplating pada keping target Cyclotron yang telah dilapisi oleh emas dengan ketebalan 30µm. Parameter yang bisa dijadikan acuan adalah kerapatan arus elektroplating, mengingat dimensi permukaan elektroda/target deposit nikel berbeda antara keping emas yang digunakan pada penelitian ini dengan keping target *cyclotron*.

DAFTAR PUSTAKA

1. SUZANNE V. SMITH., (2004), Molecular imaging with Copper-64. *Journal of Inorganic Biochemistry* 98: 1874–1901.

2. THIEME S, WALTHER M, PIETZSCH H. J., (2012), Module-assisted preparation of ^{64}Cu with high specific activity. *Applied Radiation and Isotopes* 70 : 602–608

3. SUNARHADIJOSO SOENARJO, WIRA Y. RAHMAN, SRIYONO, TRIYANTO, (2011). Simulations On Nickel Target Preparation and Separation Of Ni(II)-Cu(II) Matrix for Production of Radioisotope ^{64}Cu

4. DMITRI KOPELIOVICH, Nickel electroplating. Available from: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=nickel_electroplating#watts_nickel_plating_solutions . Diakses 24 Juni 2013.

5. DEBORAH W. MCCARTHY, RUTH E. SHEFER, ROBERT E. KLINOWSTEIN, LAURA A. BASS, WILLIAM H. MARGENEAU, CATHY S. CUTLER, CAROLYN J. ANDERSON, MICHAEL J. WELCH., (1997), Efficient Production of High Specific Activity ^{64}Cu Using A Biomedical Cyclotron. *Nuclear Medicine & Biology*, Vol 24 : 35-43