

## Studi Pengikatan Cadmium (II) pada Resin Anorganik Titanium Oksida dan Zirkonium Oksida

SUNARHADIJO SOENARJO<sup>1</sup>, TITIEK MARTATI<sup>2\*</sup>, MURTI WINANTI<sup>3</sup>,  
ATMI WIRASTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengembangan Radioisotop dan Radiofarmaka, BATAN, Serpong

<sup>2</sup>Fakultas Farmasi Universitas Pancasila, Srengseng sawah-Jagakarsa, Jakarta 12640

<sup>3</sup>Akademi Kimia Analisis, Bogor

Diterima 4 November 2004, Disetujui 3 Januari 2005

**Abstract:** Immobilization of Cd-(II) in production technology of indium medical radioisotopes ( $^{111}\text{In}$  or  $^{115\text{m}}\text{In}$ ) by means of  $^{112}\text{Cd}$  (p, 2n)  $^{111}\text{In}$  or  $^{114}\text{Cd}$  (n,  $\gamma$ )  $^{115}\text{Cd} \rightarrow ^{115\text{m}}\text{In}$  nuclear reaction is an important step regarding to the quality of the produced radioactive indium and efficiency of the utilization of the enriched targets ( $^{112}\text{Cd}$  or  $^{114}\text{Cd}$ ). The phenomena and capacity of Cd-(II) immobilization were studied using two kinds of inorganic oxide resins, i.e. titanium oxide and zirconium oxide. The aim of this study is gaining experimental data supporting the utilization of the resins in the production of  $^{111}\text{In}$  and  $^{115\text{m}}\text{In}$ . The immobilization of Cd-(II) was proceeded by treating standard solutions of Cd-(II) with the resins followed by measurement of Cd-(II) content of the treated solution before and after treatment. The separation of the treated Cd-(II) solution from the resin was performed by means of centrifugation, while the measurement of Cd-(II) was performed by means of Ultra Violet spectrophotometry. The ready-used titanium oxide from Merck did not bind Cd-(II) even after being treated with several kinds of activating media. Zirconium oxide synthesized from the reaction of  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  with a basic solution of NaOH was in the form of the hydrate compound formulated as  $\text{ZrO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  with the value of  $n = (1.7034 \pm 0.0186)$  and showed a capability to bind Cd-(II) higher than that of zirconium oxide synthesized with a basic solution of  $\text{NH}_4\text{OH}$  or of the ready-used  $\text{ZrO}_2$ . In general the Cd-(II)-binding capacity of  $\text{ZrO}_2$  tends to decrease with increasing of the amount of  $\text{ZrO}_2$ .

**Key words:** Cd-(II)-binding capacity, inorganic oxide resins, titanium oxide, zirconium oxide

### PENDAHULUAN

Pengikatan Cd-(II) merupakan proses penting dalam teknologi produksi radioisotop indium ( $^{111}\text{In}$  atau  $^{115\text{m}}\text{In}$ ) yang menggunakan  $^{112}\text{Cd}$  atau  $^{114}\text{Cd}$  pengkayaan tinggi sebagai bahan sasaran. Radioisotop indium, baik  $^{111}\text{In}$  maupun  $^{115\text{m}}\text{In}$ , merupakan radioisotop medis yang dapat direaksikan dengan berbagai macam senyawa ligan untuk menghasilkan preparat radiofarmaka yang digunakan dalam diagnosis berbagai tumor dan deteksi kerusakan hematologik<sup>(1)</sup>. Radioisotop  $^{111}\text{In}$  dihasilkan dari reaksi inti  $^{112}\text{Cd}$  (p,2n)  $^{111}\text{In}$  di dalam siklotron<sup>(2)</sup>, sedangkan radioisotop  $^{115\text{m}}\text{In}$  dibuat dari reaksi inti  $^{114}\text{Cd}$  (n, $\gamma$ )  $^{115}\text{Cd} \rightarrow ^{115\text{m}}\text{In}$  di dalam reaktor diikuti dengan pemisahan dalam suatu generator radioisotop<sup>(3)</sup>. Walaupun kedua jenis radioisotop indium tersebut potensial untuk dibuat di lingkungan

domestik, namun potensi tersebut belum didukung dengan kapabilitas teknologi proses yang cukup, sehingga aplikasi radioisotop indium di lingkungan domestik juga belum populer.

Dalam upaya penguasaan dan pengembangan teknologi produksi radioisotop  $^{111}\text{In}$  ataupun  $^{115\text{m}}\text{In}$ , imobilisasi atau pengikatan Cd-(II) mempunyai peran penting berkaitan dengan kualitas produk akhir ataupun dengan efisiensi penggunaan bahan sasaran  $^{112}\text{Cd}$  atau  $^{114}\text{Cd}$  pengkayaan tinggi. Dari sisi kualitas produk akhir, radioisotop  $^{111}\text{In}$  dan  $^{115\text{m}}\text{In}$  yang dihasilkan harus bersih dari cemaran Cd secara kimia ataupun secara radionuklida, karena spesi kimia Cd bersifat toksik dan spesi radionuklida  $^{115}\text{Cd}$  mempunyai karakter radiomedik yang sangat berbeda dengan radionuklida  $^{115\text{m}}\text{In}$ . Dari sisi efisiensi penggunaan bahan sasaran, diperlukan teknik pemungutan ulang bahan sasaran  $^{112}\text{Cd}$  atau  $^{114}\text{Cd}$  pengkayaan tinggi dari limbah proses mengingat bahan sasaran pengkayaan tinggi masih harus diimpor dengan harga yang sangat mahal.

\* Penulis untuk korespondensi, Hp. 081513032387,  
e-mail: farmasi@ffup.org

Salah satu teknik pengikatan isotop yang populer dewasa ini, untuk tujuan pemurnian radioisotop produk ataupun pemungutan ulang bahan sasaran pengkayaan tinggi, adalah teknik kromatografi dalam kolom resin anorganik<sup>(4)</sup>. Berbagai macam senyawa anorganik oksida logam, misalnya aluminium oksida<sup>(5,6)</sup>, dan serium oksida<sup>(7,8)</sup>, serta garam rangkap, misalnya timah-(IV)-siliko-molibdat<sup>(9)</sup> dan zirkonium molibdo-arsenat<sup>(10)</sup>, telah dikenal sebagai senyawa anorganik sintetik yang digunakan sebagai resin dalam proses radioisotop. Tinjauan tentang perkembangan jenis dan aplikasi resin anorganik yang dipublikasikan pada dua sampai tiga dasawarsa yang lalu<sup>(11,12)</sup>, sampai sekarang masih sangat relevan dan banyak digunakan sebagai acuan dalam studi preparasi dan aplikasi resin anorganik sintetik. Di dalam teknologi proses radioisotop pemakaian resin anorganik mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan resin organik maupun pelarut pengeksrak<sup>(4,11,12)</sup>, terutama berkaitan dengan sifat kestabilan serta karakter pemisahan matriks pada sistem proses.

Dalam penelitian ini dipelajari kemungkinan imobilisasi Cd-(II) pada resin anorganik TiO<sub>2</sub> (titanium oksida), dan ZrO<sub>2</sub> (zirkonium oksida), dua macam senyawa oksida yang juga telah digunakan dalam proses pemisahan dan imobilisasi unsur<sup>(13,14,15,16)</sup>. Di sisi lain, karakteristik serapan larutan Cd-(II) pada daerah panjang gelombang ultra violet<sup>(17,18)</sup> dapat dimanfaatkan untuk penetapan kuantitatif spesi Cd-(II) karena spesi Cd-(II) memberikan puncak serapan tunggal yang spesifik, stabil dan proporsional terhadap konsentrasi, pada panjang gelombang 301 nm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari fenomena dan kapasitas pengikatan Cd-(II) pada resin anorganik TiO<sub>2</sub> dan ZrO<sub>2</sub>. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran kemungkinan penggunaan resin oksida anorganik tersebut sebagai komponen pengikat Cd-(II) dalam teknologi produksi radioisotop indium dan dalam teknologi pemungutan ulang bahan sasaran Cd pengkayaan tinggi.

## BAHAN DAN METODE

**BAHAN.** Bahan utama adalah logam Cd (Merck 102001.0250), TiO<sub>2</sub> siap pakai produksi Merck (100808.1000), ZrO<sub>2</sub> siap pakai (100 – 200 mesh, Atomergic Chemetals Corp., L0626), ZrOCl<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O (Merck, B.372317.051). Bahan-bahan kimia lainnya digunakan produksi Merck dengan tingkat kemurnian p.a. Air bebas mineral (aqua DM) diperoleh dari fasilitas pemurnian air di P2TRR, BATAN, Serpong.

**Alat.** Perangkat spektrofotometer UV/Visibel model V-550 dari JASCO yang dilengkapi dengan program perangkat lunak *Spectra Manager for Windows* (versi 961105) digunakan untuk penetapan kandungan Cd-(II) dalam larutan percobaan. Perangkat spektrofotometer FT-IR model 410 dari JASCO dan perangkat Difraksi Sinar X (X-Ray Research Goniometer) model VG-108R dari SHIMADZU digunakan untuk pemeriksaan kualitatif resin ZrO<sub>2</sub> hasil sintesis dengan pembanding resin ZrO<sub>2</sub> siap pakai.

**Pembuatan larutan Cd-(II) standar<sup>(17,18)</sup>.** Sebanyak kira-kira 5 g serbuk logam Cd ditimbang teliti di dalam sebuah bejana gelas dan apakemudian ditetesi dengan HNO<sub>3</sub> pekat hingga serbuk Cd larut sempurna. Sebanyak 10 ml air ditambahkan dengan disertai pengadukan agar homogen, dan kemudian dikisatkan di bawah temperatur didihnya untuk mendapatkan endapan putih Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Endapan yang dihasilkan dilarutkan kembali dalam 10 ml air, dikisatkan kembali dan residunya dilarutkan lagi dalam air. Larutan Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> yang dihasilkan disaring secara kuantitatif dan dipindahkan ke dalam labu takar 25 ml, selanjutnya diencerkan sampai tanda batas untuk menghasilkan larutan induk Cd-(II) dengan konsentrasi kira-kira 200.000 bpi. Larutan standar Cd-(II) dibuat melalui pengenceran larutan induk ini. Beberapa faktor pengenceran digunakan untuk memperoleh konsentrasi Cd-(II) sesuai yang dibutuhkan.

**Penyiapan resin titanium oksida.** Serbuk TiO<sub>2</sub> dari Merck ditapis dengan pengayak 100 mesh untuk memisahkan butiran di atas 100 mesh dan di bawah 100 mesh. Serbuk yang lolos dari penapisan (lebih halus dari 100 mesh) dibagi dalam beberapa bagian dan masing-masing bagian diperlakukan dengan media pengaktif yang berbeda, yaitu larutan NaOH 1 M, larutan NH<sub>2</sub>OH 2,5 %, larutan HCl 1 M, dan larutan HNO<sub>3</sub> 1 M, selama kira-kira 1 jam. Fraksi yang mengambang dibuang dan resin kemudian dicuci dan dikeringkan di oven pada suhu kira-kira 100°C sampai diperoleh bobot yang relatif konstan, kemudian disimpan dalam desikator sampai saat digunakan. Disediakan juga sebagian resin TiO<sub>2</sub> yang tidak diperlakukan dengan media pengaktif.

**Penyiapan resin zirkonium oksida.** Sejumlah tertentu ZrOCl<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O ditimbang dengan teliti, kemudian dilarutkan dalam air dengan bantuan pemanasan dan pengadukan. Kemudian ditambahkan sedikit demi sedikit larutan NaOH 5 M sambil diaduk secara kontinyu, sampai diperoleh endapan sempurna. Campuran dibiarkan semalam pada temperatur kamar dan kemudian endapan yang diperoleh disaring dan dicuci dengan air panas dan kemudian air dingin



sampai air cucian menunjukkan uji negatif untuk pemeriksaan klorida serta mempunyai pH netral. Endapan dikeringkan dalam oven pada suhu kira-kira 100°C sampai diperoleh bobot yang relatif konstan. Kemudian serbuk kering tersebut digerus dan ditapis menggunakan pengayak 100 mesh. Bagian yang lolos dari pengayak disimpan dalam desikator sampai saat digunakan. Untuk resin ZrO<sub>2</sub> siap pakai dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu kira-kira 100°C sampai diperoleh bobot yang relatif konstan. Kemudian dilakukan penggerusan dan penapisan menggunakan pengayak 100 mesh. Bagian yang lolos dari pengayak disimpan dalam desikator sampai saat digunakan.

#### Analisis hasil sintesis zirkonium oksida.

Analisis zirkonium oksida hasil sintesis meliputi pemeriksaan difraksi sinar X dan spektrofotometri infra merah. Kedua pemeriksaan tersebut dilakukan dengan pembandingan senyawa zirkonium oksida dari *Atomergic Chemetals Corp.* Pemeriksaan difraksi sinar X dilakukan dengan panjang gelombang sumber cahaya 1,54056 Å, rentang sudut difraksi antara 5 – 70°, dan kecepatan terhadap penyinaran sebesar 2° per menit. Untuk pemeriksaan spektrofotometri infra merah, contoh zirkonium oksida digerus homogen dengan serbuk KBr dalam perbandingan bobot kira-kira 1 : 100, kemudian dipres menjadi tablet tipis transparan dan dibuat spektrumnya pada rentang bilangan gelombang 4000 sampai 400 cm<sup>-1</sup>.

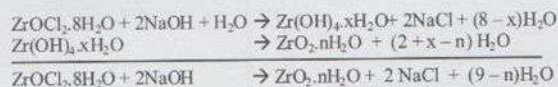
**Penentuan kapasitas pengikatan Cd-(II) pada resin.** Sejumlah tertentu masing-masing resin diperlakukan dengan 10 ml larutan standar Cd-(II) dengan pengadukan selama tidak kurang dari 30 menit. Kemudian campuran disentrifus dan sentratnya dicuplik dan diencerkan dengan faktor pengenceran yang teliti untuk penetapan kandungan Cd-(II) yang tersisa di dalam sentrat tersebut. Kandungan Cd-(II) ditetapkan dengan spektro-

fotometri ultra violet<sup>(17,18)</sup> setelah sebelumnya diperiksa pola spektrum serapannya pada daerah panjang gelombang ultra violet (200 – 400 nm) untuk meyakinkan bahwa larutan Cd-(II) setelah dan sebelum perlakuan dengan resin masih mempunyai pola spektrum serapan yang sama, yang mengindikasikan tidak terjadi perubahan spesi kimiawi dari Cd-(II) selama dan sesudah perlakuan dengan resin. Dipergunakan persamaan regresi linier kurva baku yang dihasilkan dari pengukuran serapan larutan standar Cd-(II) dengan berbagai konsentrasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sintesis resin zirkonium oksida diasumsikan memberikan hasil akhir senyawa dengan rumus molekul ZrO<sub>2</sub>. Dengan asumsi tersebut ternyata rendemen sintesis diperoleh lebih dari 100%, yaitu sekitar 124%, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Pencapaian rendemen sintesis yang lebih dari 100% menunjukkan bahwa produk akhir yang diperoleh merupakan senyawa hidrat yang dapat dinyatakan sebagai ZrO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O. Dengan demikian proses sintesis mengikuti alur reaksi kimia seperti terlihat pada Gambar 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa harga n diperoleh sebesar (1,7034 ± 0,0816). Hasil ini bersesuaian dengan acuan<sup>(15)</sup> yang menyatakan bahwa komposisi zirkonium oksida (= *zirkonia*) dirumuskan sebagai ZrO<sub>2</sub>.1,7H<sub>2</sub>O.

Keberadaan molekul air yang terikat pada molekul ZrO<sub>2</sub> terlihat pula pada spektrum infra merah yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat bidang puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 3.000 sampai 3.500 cm<sup>-1</sup> yang merupakan kontribusi akumulatif serapan molekul air dan gugus hidroksil<sup>(7)</sup> serta pada daerah bilangan gelombang 1.600 sampai 1.650 cm<sup>-1</sup> yang



Gambar 1. Persamaan reaksi sintesis zirkonium oksida.

Tabel 1. Rendemen sintesis zirkonium oksida

Ulangan Sintesis	Bobot ZrOCl <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O (gram)	Bobot Hasil Sintesis ZrO <sub>2</sub> (gram)	Rendemen Sintesis (%)	Kandungan Air Per Mol Produk (mol)
1	10,0082	4,7686	124,60	1,6838
2	15,0002	7,1646	124,91	1,7057
3	10,0173	4,7945	125,15	1,7208
Hasil rata-rata			(124,89 ± 0,28)	(1,7034 ± 0,0816)

merupakan kontribusi serapan vibrasi tekuk molekul air. Serapan pada daerah bilangan gelombang 1.000 sampai 1.200  $\text{cm}^{-1}$  diperkirakan berasal dari vibrasi ikatan Zr - O atau Zr - O - H.

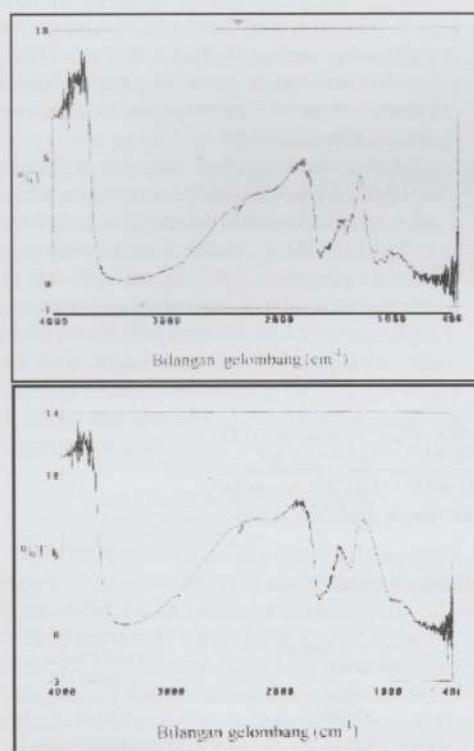
Spektrum infra merah yang dihasilkan tidak memberikan informasi puncak transmisi atau puncak serapan yang tajam dan spesifik karena senyawa yang diukur memang tidak mempunyai gugus fungsi yang spesifik seperti dalam senyawa organik umumnya. Tetapi kemiripan pola spektrum hasil sintesis dengan senyawa pembandingnya (Gambar 2) cukup memberikan gambaran bahwa zirkonium oksida hasil sintesis dan zirkonium oksida pembandingnya mempunyai struktur yang sama yaitu senyawa oksida hidrat  $\text{ZrO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Pemeriksaan difraksi sinar X juga menunjukkan kesesuaian antara zirkonium oksida hasil sintesis dengan zirkonium oksida pembandingnya (Gambar 3). Tidak terdapat puncak spesifik pada spektrum difraksi sinar X yang dihasilkan, menunjukkan bahwa dalam bentuk zirkonium oksida hidrat  $\text{ZrO}_2 \cdot 1,7\text{H}_2\text{O}$ , senyawa ini tidak mempunyai struktur kisi kristal, melainkan struktur amorf. Didapatkan informasi bahwa zirkonium oksida yang dipanaskan sampai suhu 1.200°C menghasilkan struktur kristal *baddeleyite* yang stabil<sup>(15)</sup>, walaupun dapat bertransformasi ke bentuk kristal lain pada kalsinasi dengan unsur logam lain.

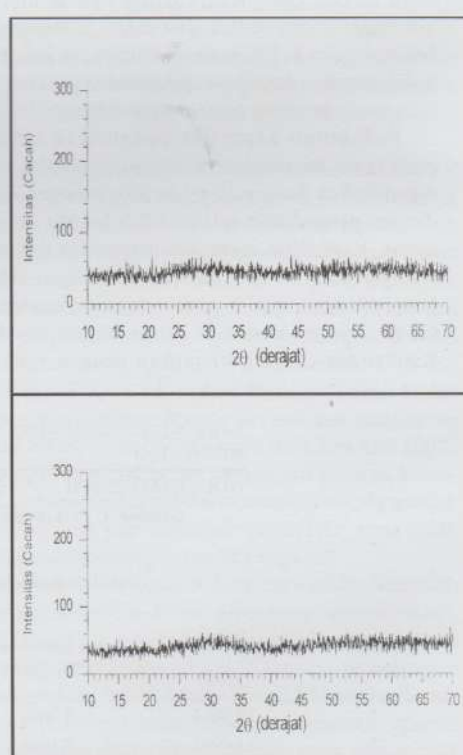
Pola pelepasan air dan penurunan endapan hasil sintesis pada tiga kali pengulangan sintesis,

Tabel 2. Beberapa karakter fisika Ti, Zr dan Cd<sup>(19)</sup>

No	Karakter Fisika	Ti	Zr	Cd
1	Jari-jari atom (Å)	1,32	1,45	1,41
2	Volume atom ( $\text{cm}^3/\text{mol}$ )	10,64	13,97	13,07
3	Jari-jari ion (Å)	0,68 ( $\text{Ti}^{4+}$ )	0,74 ( $\text{Zr}^{4+}$ )	0,97 ( $\text{Cd}^{2+}$ )



Gambar 2. Spektrum infra merah  $\text{ZrO}_2$  pembanding (atas) dan  $\text{ZrO}_2$  hasil sintesis (bawah).



Gambar 3. Spektrum difraksi sinar X dari  $\text{ZrO}_2$  pembanding (atas) dan  $\text{ZrO}_2$  hasil sintesis (bawah).



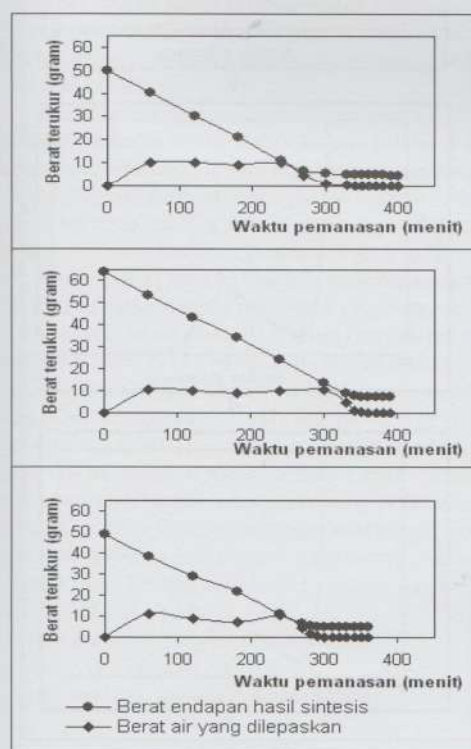
menunjukkan kemiripan antara proses yang satu dengan yang lain seperti ditunjukkan Gambar 4. Kurva pelepasan air mengindikasikan bahwa selama pemanasan terjadi pelepasan air secara kontinyu sampai tersisa sejumlah molekul air yang tetap terikat pada struktur senyawa oksidanya sebagai suatu hidrat yang tidak terlepas pada pemanasan sampai 100°C.

Larutan standar Cd-(II) yang telah diperlakukan dengan resin TiO<sub>2</sub> ataupun resin ZrO<sub>2</sub> tidak mengalami perubahan pola spektrum serapan ultra

violet, menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan kimiawi spesi Cd-(II) dalam larutan. Perlakuan larutan Cd-(II) dengan resin titanium oksida (kira-kira 500 mg) ternyata tidak menghasilkan pengikatan Cd-(II) secara signifikan. Upaya mengaktifkan resin dalam berbagai media pengaktif, juga tidak memberikan dampak pengikatan Cd-(II) pada resin TiO<sub>2</sub>, diindikasikan dengan tidak berubahnya nilai puncak serapan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 3. Hasil penetapan kapasitas pengikatan Cd-(II) pada resin ZrO<sub>2</sub>

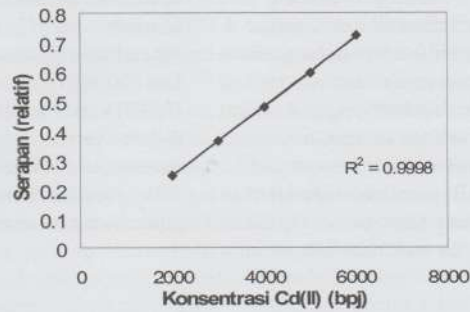
Jenis Resin	Kandungan Cd-(II) Awal, C <sub>0</sub> (mg)	Bobot Resin (mg)	Jumlah Pengulangan Percobaan	Kapasitas Pengikatan (mg Cd-(II) /mg Resin)
ZrO <sub>2</sub> hasil sintesis	40,0432	± 300	3 ×	$(70,936 \pm 0,250) \times 10^{-3}$
		± 500	3 ×	$(56,241 \pm 0,067) \times 10^{-3}$
		± 700	3 ×	$(42,230 \pm 0,012) \times 10^{-3}$
ZrO <sub>2</sub> siap pakai	40,0432	± 300	3 ×	$(15,373 \pm 0,314) \times 10^{-3}$
		± 500	3 ×	$(9,449 \pm 0,092) \times 10^{-3}$
		± 700	3 ×	$(6,789 \pm 0,002) \times 10^{-3}$



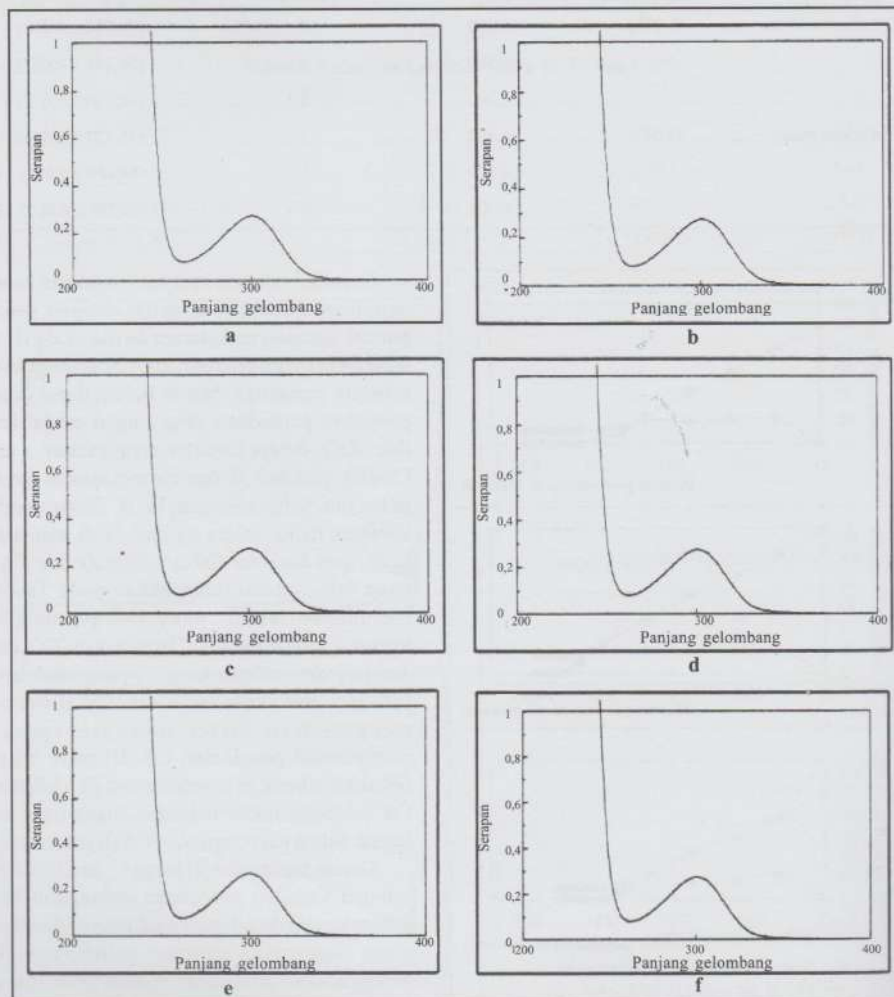
Gambar 4. Penurunan bobot endapan zirkonium oksida hasil sintesis dan pelepasan air pada pemanasan 100°C (tiga kali pengulangan proses).

Sebaliknya, resin ZrO<sub>2</sub> menunjukkan kapabilitas pengikatan Cd-(II), ditandai dengan penurunan puncak serapan maksimum larutan Cd-(II) setelah diperlakukan dengan resin ZrO<sub>2</sub> dibandingkan dengan sebelum perlakuan. Masih belum dapat dipastikan penyebab perbedaan yang sangat nyata dari TiO<sub>2</sub> dan ZrO<sub>2</sub> dalam karakter pengikatannya terhadap Cd-(II), padahal Ti dan Zr merupakan unsur satu golongan, yaitu golongan IV B. Diduga perbedaan karakter fisika antara Ti dan Zr di satu sisi serta kemiripan karakter fisika antara Zr dan Cd di sisi yang lain, seperti ditunjukkan pada Tabel 2<sup>(19)</sup>, merupakan faktor penyebab perbedaan sifat interaksi pengikatan Cd-(II) pada resin TiO<sub>2</sub> dan ZrO<sub>2</sub>. Jari-jari dan volume atom Ti yang lebih kecil dari jari-jari dan volume atom Cd diperkirakan menghasilkan faktor halangan ruang yang mempersulit pengikatan Cd-(II) pada resin TiO<sub>2</sub>. Sebaliknya besaran tersebut untuk Zr lebih besar dari Cd, sehingga faktor halangan ruang tersebut tidak terjadi dalam hal pengikatan Cd-(II) pada resin ZrO<sub>2</sub>.

Dalam persamaan [i] harga C<sub>0</sub> dan W<sub>r</sub> ditetapkan sebagai variabel percobaan sedangkan harga C<sub>s</sub> ditentukan berdasarkan pengukuran spektrofotometri ultra violet pada panjang gelombang 301 nm menggunakan persamaan regresi linier kurva baku yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan memperhatikan faktor pengenceran yang sesuai. Persamaan regresi linier pada Gambar 5 tersebut cukup bersesuaian dengan yang dilaporkan



Gambar 6. Kurva baku larutan standar Cd-(II) pada panjang gelombang 301 nm.



Gambar 5. Spektrum serapan ultra violet larutan Cd-(II). (a) Sebelum diperlakukan dengan resin titanium oksida, (b) setelah diperlakukan dengan resin titanium oksida tanpa perlakuan dengan media pengaktif, (c), (d), (e), dan (f) berturut-turut setelah diperlakukan dengan resin titanium oksida yang diaktifkan dengan media pengaktif HCl 1 M, NaOH 1 M,  $\text{NH}_4\text{OH}$  2,5%, dan  $\text{HNO}_3$  1 M.

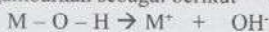


sebelumnya, yaitu  $Y = 0,0001 X - 0,0002$  <sup>(17,18)</sup>, dengan Y adalah nilai serapan dan X adalah konsentrasi Cd-(II) dalam bpj.

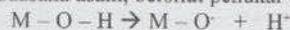
Kapasitas pengikatan Cd-(II) yang diperoleh dengan menggunakan resin ZrO<sub>2</sub> hasil sintesis dan ZrO<sub>2</sub> siap pakai ditunjukkan pada Tabel 3. Terlihat ada indikasi perbedaan yang signifikan antara kapasitas pengikatan Cd-(II) pada kedua jenis resin ZrO<sub>2</sub> tersebut. Hal yang menarik dari Tabel 3 adalah bahwa terlihat kecenderungan menurunnya kapasitas pengikatan dengan meningkatnya bobot resin yang digunakan, baik pada pemakaian resin ZrO<sub>2</sub> hasil sintesis maupun resin ZrO<sub>2</sub> siap pakai.

Hasil pengolahan data lebih lanjut menunjukkan bahwa masing-masing nilai kapasitas pengikatan yang diperoleh memang berbeda secara signifikan, sehingga pasti ada sebab-sebab tertentu yang mengakibatkan perbedaan tersebut. Diduga hal ini terjadi karena perbedaan homogenitas ukuran partikel resin cukup mempengaruhi luas permukaan total dari resin. Semakin banyak jumlah resin yang digunakan maka semakin besar kebolehhaduan tidak homogenya ukuran partikel dan semakin kecil luas permukaan resin per satuan bobot resin sehingga efektivitas pengikatan Cd-(II) pada resin juga semakin kecil. Hal ini mengakibatkan kapasitas pengikatan yang semakin kecil.

Di sisi lain, perbedaan kapasitas pengikatan Cd-(II) pada kedua jenis resin ZrO<sub>2</sub> diduga terjadi karena pengaruh perbedaan proses pembuatan resin, sebab resin anorganik dapat saja mempunyai karakteristik yang berbeda apabila dibuat dengan jenis dan komposisi bahan serta cara pembuatan yang berbeda <sup>(20)</sup>. Fenomena ini jelas terlihat bila hasil percobaan ini dibandingkan dengan percobaan yang menggunakan larutan basa lemah NH<sub>4</sub>OH pada sintesis resin ZrO<sub>2</sub>. Resin ZrO<sub>2</sub> yang dibuat dari reaksi ZrOCl<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O dengan larutan NH<sub>4</sub>OH memberikan kapasitas pengikatan Cd-(II) sekitar  $5,3 \times 10^{-3} - 8,1 \times 10^{-3}$  mg Cd-(II) per mg resin. Penggunaan basa kuat NaOH mungkin menghasilkan karakter basa resin menjadi lebih kuat sehingga karakter penukaran kation juga lebih kuat, sesuai dengan sifat penukaran ionik resin hidro-oksida logam yang secara umum digambarkan sebagai berikut <sup>(12)</sup>:



(suasana asam, bersifat penukar anion)



(suasana basa, bersifat penukar kation)

### SIMPULAN

Resin anorganik TiO<sub>2</sub> tidak memberikan indikasi pengikatan terhadap Cd-(II) bahkan setelah

diperlakukan dengan berbagai media pengaktif sekalipun. Dengan demikian resin TiO<sub>2</sub> tidak menunjukkan potensi untuk dapat digunakan sebagai komponen pemisah dalam teknologi proses radioisotop indium (<sup>111</sup>In / <sup>115m</sup>In) dari bahan sasaran <sup>112/114</sup>Cd diperkaya.

Resin anorganik ZrO<sub>2</sub> menunjukkan kapabilitas pengikatan Cd-(II) sehingga resin ini mempunyai prospek dan potensi untuk digunakan sebagai komponen pemisah dalam pemurnian dan pemisahan radioisotop indium (<sup>111</sup>In atau <sup>115m</sup>In) ataupun dalam pemungutan ulang bahan sasaran <sup>112/114</sup>Cd diperkaya.

Kapasitas pengikatan Cd-(II) pada resin ZrO<sub>2</sub> yang disintesis dalam suasana basa kuat NaOH adalah lebih besar dari kapasitas pengikatan Cd-(II) pada resin ZrO<sub>2</sub> yang disintesis dalam suasana basa lemah NH<sub>4</sub>OH maupun pada resin ZrO<sub>2</sub> siap pakai yang digunakan sebagai pembanding. Secara umum kapasitas pengikatan ini menurun dengan semakin banyaknya resin yang digunakan.

Resin ZrO<sub>2</sub> hasil sintesis mempunyai struktur senyawa hidrat ZrO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O dengan harga n = (1,7034 ± 0,0816). Ikatan hidrat ini tidak terputus pada pemanasan sampai 100°C.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Reynold JEF. Martindale the extra pharmacopoeia, 28<sup>th</sup> ed. London: The Pharmaceutical Press; 1982.
2. Macdonald NS, Nelly HH, Wood RA. *et al.* Method for compact cyclotron production of indium-111 for medical use. *Int J of Appl Rad And Isot.* 1975; 26:631 - 33.
3. Mushtaq A, Karim, HMA. Ion exchange behaviour of cadmium and indium on organic anion and cation exchanger : A <sup>115</sup>Cd/<sup>115m</sup> in generator. *Radiochem Acta.* 1993; 60:189 - 91.
4. Soenarjo S. Evolusi prosedur radiokimia dan aplikasinya dalam teknologi proses radioisotop. *Pidato Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Bidang Kimia, P2RR.* Serpong: BATAN; 2002.
5. Soenarjo S, Gunawan AH. Radionuclide impurities in pertechnetate solution eluted from <sup>99m</sup>Tc-chromatographic generator loaded with <sup>99</sup>Mo-fission product. *J Indon Appl Chem.* 1997. 7(1/2):17 - 21.
6. Knapp FF, Beets AL, Guhlke S, Zamora PO *et al.* Development of the alumina-based tungsten-188/rhenium-188 generator and use of rhenium-188-labeled radiopharmaceuticals for cancer treatment. *Anticancer Research.* 1997;17: 1783 - 96.
7. Mishra SP, Singh VK. Radiotracer technique in adsorption study. XI. adsorption of barium and strontium ions on hydrous ceric oxide. *Appl Radiat And Isot.* 1995;46(2):75 - 81.

8. Bao B, Song M. A new  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$  generator based on  $\text{CeO}_2$ . *J Radioanal Nucl Chem Letters*. 1996;21(4):233–38.
9. Yassine T. Inorganic ion exchanger based on heteropoly compounds of tetravalent metals, AECS-C/FRSR56. Damascus: Atomic Energy Commission; 1992.
10. Satyanarayana J, Reddy VN, Murty GS, Dash A. Synthesis and ion exchange properties of zirconium molybdoarsenate (ZrMAs). *J Radioanal Nucl Chem Letters*. 1994;188(5):323–30.
11. Clearfield A. (Editor). Inorganic ion exchange materials. Florida: CRC Press Inc; 1982.
12. Veseley V, Pekarek V. Synthetic inorganic ion-exchangers – I. hydrous oxides and acidic salts of multivalent metals. *Talanta*. 1972; 19:219–62.
13. Bilewicz A, *et al.* Ion exchange of alkali metal on hydrous titanium dioxide in neutral and alkali solution. *J of Radioanal Nucl Chem*. 1991;148(2):357–71.
14. Hasany S.M. Sorption of hafnium on hydrous titanium oxide using radiotracer technique. *J of Radioanal Nucl Chem*. 1997;219(1):51–4.
15. Bhattacharyya DK, Dutta NC. Immobilization of barium, cadmium and antimony cations over zirconia. *J Nucl Sci and Technol*. 1991; 28(11):1014-18.
16. Das SK, Guin R, Saha SK. Study of adsorption of zinc ions on hydrous zirconium oxide surface. *Radiochimica Acta*. 2000;88(2):107–10.
17. Soenarjo S, Yantih N, Sinambela J, *et al.* Chromatographic behaviour of cadmium-(II) in hydrous ceric oxide column. *J of Radioisot and Radiopharm*. 2000;3(1):43–53.
18. Soenarjo S, Rahman F, Yantih N, *et al.* Serapan Cd-(II) pada resin  $\text{CeO}_2$  dan pola pelepasannya melalui proses elusi pelarut. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Nuklir, P3TkN, BATAN, Bandung, 2000*; 341–52.
19. Mahan BH. *University chemistry*, 2<sup>nd</sup> ed. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company; 1971.
20. Stella R, Valentini MTG, Maggi L. Characterization of copper chromate as a new inorganic exchanger for the isolation of Sr radioisotopes from fission products. *J Radioanal Nucl Chem*. 1991;149:59–65.