

## PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES RADIOISOTOP MEDIS <sup>131</sup>I MENGGUNAKAN METODE KOLOM RESIN PENUKAR ION UNTUK APLIKASI KEDOKTERAN NUKLIR

Duyeh Setiawan<sup>1</sup>, Azmairit Aziz<sup>1</sup>, Muhamad Basit Febrian<sup>1</sup>, Yanuar Setiadi<sup>1</sup>,  
Iwan Hastiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Jl. Tamansari No.71 Bandung 40132

<sup>2</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam - Universitas  
Padjadjaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor-Sumedang, 45363  
d\_setiawan@batan.go.id

Diterima: 07-12-2016

Diterima dalam bentuk revisi: 06-02-2017

Disetujui: 06-02-2017

### ABSTRAK

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PROSES RADIOISOTOP MEDIS <sup>131</sup>I MENGGUNAKAN METODE KOLOM RESIN PENUKAR ION UNTUK APLIKASI KEDOKTERAN NUKLIR.** Penyakit kanker merupakan salah satu penyebab kematian utama di seluruh dunia. Upaya untuk mengatasi penyakit kanker dilakukan dengan cara diagnosis dan terapi. Teknik kedokteran nuklir menggunakan radioisotop iodine-131 (<sup>131</sup>I) merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan dalam diagnosis dan terapi beberapa jenis kanker terutama kanker endokrin. Diagnosis dan terapi menggunakan radioisotop <sup>131</sup>I telah banyak digunakan di beberapa rumah sakit di Indonesia, namun pasokan <sup>131</sup>I saat ini terhambat. Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional telah memiliki kemampuan untuk memproses radioisotop <sup>131</sup>I menggunakan metode destilasi basah. Untuk meningkatkan *yield* proses dan memperbaiki aspek keselamatan, perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengembangkan teknologi proses radioisotop <sup>131</sup>I. Salah satu metode yang dapat diaplikasikan pada teknologi proses adalah metode pemisahan menggunakan kolom resin penukar ion. Pada penelitian menggunakan metode kolom, target telurium hasil iradiasi dilarutkan bersama dengan <sup>131</sup>I yang terbentuk, telurium dan <sup>131</sup>I dipisahkan menggunakan kolom berisi resin penukar ion. Kondisi optimasi hasil penelitian menggunakan pelarut NaOH 2 N, jenis resin Dowex 1x8 Cl<sup>-</sup> form), 100 – 200 mesh dan eluen NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0,5 N. Karakteristik produk akhir yang memenuhi standar acuan kedokteran nuklir hasil proses pemisahan diperoleh *yield* lebih besar 70 %, kemurnian radionuklida > 99 %, kemurnian radiokimia > 95 %, radioisotop <sup>131</sup>I berupa larutan jernih pada pH 7.

**Kata kunci:** iodine-131, kolom resin penukar ion, kedokteran nuklir

### ABSTRACT

**THE DEVELOPMENT PROCESS TECHNOLOGY OF <sup>131</sup>I MEDICAL RADIOISOTOPE USING AN ION EXCHANGE RESIN COLUMN FOR NUCLEAR MEDICINE APPLICATIONS.** Cancer is one of the leading causes of death worldwide. Efforts to overcome cancer is done by means of diagnosis and therapy. Nuclear medicine techniques using iodine-131 (<sup>131</sup>I) radioisotope is one of techniques that can be used in diagnosis and treatment some types of cancer, especially cancer of endocrine. Diagnosis and therapy using <sup>131</sup>I radioisotope has been used in several hospitals in Indonesia, but the supply of <sup>131</sup>I is currently hampered. Center For Applied Nuclear Science and Technology - National Nuclear Energy Agency has the ability to process <sup>131</sup>I radioisotope using wet distillation method. To increase the yield and improve the safety aspects of the process, there should be a study to develop process technologies of <sup>131</sup>I radioisotope. One of methods that can be applied to process technology is the separation method using an ion exchange resin column. In studies using columns, tellurium irradiated targets were dissolved along with <sup>131</sup>I formed, tellurium and <sup>131</sup>I were separated using

a column containing ion exchange resin. The optimum condition of research were obtained using 2 N NaOH solvent, the resin type of Dowex 1x8 (Cl- form), 100 – 200 mesh and eluent of  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0.5 N. The characteristics of the final product that meets the standard reference of nuclear medicine, the separation process were obtained with the yield more than 70 %, radionuclide purity > 99 %, radiochemical purity > 95 %, the radioisotopes  $^{131}\text{I}$  in the form of a clear solution at pH 7.

**Keywords:** iodine-131, ion exchange resin column, nuclear medicine

## 1. PENDAHULUAN

Penyakit kanker saat ini telah menjelma menjadi salah satu penyebab kematian utama diseluruh dunia. Dari beberapa jenis penyakit kanker yang ada, kanker endokrin seperti kanker hati / hepatoma dan kanker tiroid merupakan jenis penyakit kanker yang sering ditemukan di Indonesia, menempati urutan ke-6 dan ke-9 dari 10 jenis kanker yang sering ditemukan (1-3). Sementara itu, menurut data yang dikumpulkan oleh Lindsey dkk pada tahun 2012, kanker endokrin termasuk 10 besar penyakit kanker yang menyebabkan kematian (4). Sampai saat ini metode terapi menggunakan zat radioaktif atau lazim disebut radioterapi interna masih menjadi pilihan utama untuk mengatasi penyakit kanker endokrin terutama yang memiliki tingkat keganasan tinggi. Radioisotop yang lazim digunakan dalam proses terapi kanker endokrin adalah iodine-131 ( $^{131}\text{I}$ ). Proses terapi radioiodine,  $^{131}\text{I}$  digunakan sekaligus dalam proses diagnosis kelenjar tiroid atau *thyroid uptake*. Kemampuan  $^{131}\text{I}$  untuk mendiagnosis dan menghancurkan kanker tiroid adalah berbasis pada sifat alamiah iodine sebagai unsur yang banyak diserap oleh kelenjar tiroid. Sedangkan sifat pemancar radiasi dari iodine radioaktif ( $^{131}\text{I}$ )

yang memiliki waktu paruh,  $T_{1/2} = 8$  hari bermanfaat untuk radioterapi karena mampu memancarkan partikel beta (Energi  $\beta_{\text{max}} = 0,606$  MeV) dalam proses peluruhannya (5). Interaksi antara partikel beta dan sel kanker dapat menyebabkan hancurnya sel kanker, yaitu terjadi proses ionisasi dan denaturasi DNA sel kanker dengan energi partikel beta yang cukup besar. Sedangkan kemampuan diagnosis dari  $^{131}\text{I}$  didasari kepada proses peluruhan  $^{131}\text{I}$  yang memancarkan sinar gamma secara tidak langsung.  $^{131}\text{I}$  meluruh dua tahap menjadi xenon-131 ( $^{131}\text{Xe}$ ) yang merupakan isotop stabil. Sebelum menjadi  $^{131}\text{Xe}$ ,  $^{131}\text{I}$  terlebih dahulu meluruh menjadi  $^{131m}\text{Xe}$  metastabil ( $^{131m}\text{Xe}$ ). Proses pemancaran sinar gamma (364 keV) menyertai peluruhan dari  $^{131m}\text{Xe}$  menjadi  $^{131}\text{Xe}$  stabil. Sinar gamma ini dimanfaatkan salah satunya dalam diagnosis kelenjar tiroid / *thyroid uptake*. Iodine-131 dapat diproduksi baik menggunakan reaktor nuklir maupun siklotron. Umumnya  $^{131}\text{I}$  diproduksi dengan cara melakukan iradiasi target telurium alam di dalam reaktor riset (6,7). Telurium-130 ( $^{130}\text{Te}$ , kelimpahan alam  $\theta = 34\%$ ) akan menyerap partikel neutron sehingga teraktivasi menjadi  $^{131}\text{Te}$ . Telurium-131 ( $^{131}\text{Te}$ ) akan meluruh dengan waktu paruh,  $T_{1/2} = 25$  menit menjadi  $^{131}\text{I}$ .

Radioisotop  $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan setelah iradiasi di dalam reaktor nuklir, harus dipisahkan dari sisa target telurium yang tidak bereaksi dan pengotor radionuklida lainnya. Saat ini metode yang sering digunakan dalam pemisahan  $^{131}\text{I}$  dari target telurium adalah menggunakan metode destilasi basah (7) atau destilasi kering (8). Metode destilasi lazim dilakukan karena iodine secara fisik memiliki titik didih jauh di bawah telurium sehingga mudah diuapkan dan dipisahkan dari target telurium. Namun metode ini memiliki kelemahan diantaranya *yield* yang moderat (50 % - 60 %), membutuhkan peralatan destilasi yang rumit dan kemungkinan akan kontaminasi yang besar akibat penguapan dan pelepasan iodine-131 ( $^{131}\text{I}$ ). Untuk mengatasi kelemahan yang timbul dalam metode destilasi basah, beberapa peneliti telah mencari metode alternatif di antaranya menggunakan metode pengendapan atau presipitasi (9). Metode ini sebenarnya adalah penyempurnaan metode destilasi basah yang mampu meningkatkan kemurnian radionuklida dari  $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan, namun ada kemungkinan kontaminasi yang besar karena masih memerlukan destilasi basah untuk mendapatkan  $^{131}\text{I}$ . Metode lain yang telah dikembangkan adalah pemisahan berbasis kolom berisi absorben. Beberapa absorben yang telah diteliti antara lain arang aktif / *charcoal* (10),  $^{131}\text{I}$  akan tertahan di dalam *charcoal* sementara pengotor terbawa oleh eluen. Metode ini cukup sederhana namun masih harus dikembangkan karena *yield* pemisahan radiokimia hanya 50 %.

Peneliti lainnya menggunakan serbuk alumina yang dilapisi perak sebagai pengisi kolom untuk memisahkan radioiodine dari hasil fisi uranium saat pembuatan molibdenum-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) (11), metode ini sukses untuk memisahkan  $^{131}\text{I}$  dari produk fisi lainnya, namun belum digunakan untuk memisahkan  $^{131}\text{I}$  dari telurium yang merupakan produk aktivasi. Salah satu pilihan lain untuk memisahkan  $^{131}\text{I}$  dari target telurium adalah kromatografi kolom berbasis resin penukar ion. Penggunaan resin penukar ion (dowex 1x-8) dapat memisahkan  $^{131}\text{I}$  dari telurium dengan *yield* sebesar 92 %, mempunyai kemurnian radionuklida > 99 % dan kemurnian radiokimia 99 % (12). Namun pada penelitian menggunakan resin penukar ion belum dilakukan variasi terhadap jenis pelarut dan pH larutan telurium. Selain itu, pada penelitian tersebut elusi  $^{131}\text{I}$  dilakukan menggunakan pelarut organik tetra butil ammonium bromida (TBAB) dalam metilen klorida. Oleh karena akan digunakan untuk tujuan diagnosis dan terapi pada pasien, perlu dilakukan suatu penelitian lanjutan mengenai penggunaan pelarut selain pelarut organik. Pada penelitian pengembangan metode pemisahan  $^{131}\text{I}$  berbasis kolom akan dilakukan iradiasi target menggunakan telurium oksida ( $\text{TeO}_2$ ). Selanjutnya  $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan setelah proses iradiasi dipisahkan menggunakan resin penukar ion. Dalam proses pemisahan ini akan dilakukan berbagai variasi jenis pelarut dan pH. Kemudian dalam proses elusi  $^{131}\text{I}$  akan dilakukan elusi menggunakan eluen

alternatif selain TBAB. Serangkaian proses karakterisasi hasil pemisahan akan dilakukan untuk mengetahui kemurnian radiokimia, kemurnian radionuklida, pH dan *yield* dari radioisotop  $^{131}\text{I}$ .

## 2. TATA KERJA

### 2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini semuanya dalam tingkat analitik adalah telurium dioksida (Aldrich), resin Dowex 1x8 ( $\text{Cl}^-$  form), 100 – 200 mesh (Merck), natrium hidroksida, asam klorida, etanol, etil asetat, kalium bromida, amonium nitrat, kalium nitrat, natrium sulfat, metanol, amonium bromida, dan amonium klorida (Merck). Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Dose Calibrator* (Deluxe Isotop Caleb II 139000), Geiger Muller (GM Counter) Ortec, spektrofotometer UV-Vis (Hitachi Model 200-20), penganalisis Multi Saluran (MCA) Canberra 3000 Volt dengan detektor Germanium kemurnian tinggi, neraca analitik Ainsworth 24 N, *magnetic stirrer* (Thermolyne Nouva II), oven, pH meter digital serta reaktor nuklir TRIGA 2000 Bandung dan PRSG Serpong sebagai fasilitas penunjang. Adapun alat gelas yang digunakan yaitu gelas piala, labu erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, tabung sentrifugasi, pipet volum, pipet tetes, corong saring, corong buchner, termometer, kaca arloji, dan alat-alat gelas kimia yang biasa digunakan di laboratorium, pipet mikro (Eppendorf) 100  $\mu\text{L}$  dan 5  $\mu\text{L}$ , *syring* 1 mL; 3 mL (Terumo), kertas pH universal (E.Merck), vial 10 mL (Igar), *inner - outer capsule*

aluminium (Nuclear grade), gelas kuarsa 12 mm x 75 mm (Ex ficor USA).

### 2.2. Iradiasi target $\text{TeO}_2$

Sebanyak 100 mg ( $n=2$ ) telurium dioksida alam ( $\text{TeO}_2$ ) diiradiasi di fasilitas reaktor TRIGA 2000 Bandung dengan daya 700 kWh pada flux neutron  $> 10^{13}$  neutron/ $\text{cm}^2$ /detik selama 3 hari. Selanjutnya target  $^{130/131}\text{TeO}_2$  hasil iradiasi tersebut dilarutkan dalam 8 mL larutan pada dua jenis pelarut yakni HCl 10 M dan NaOH 8 M. Kedua larutan tersebut digunakan dalam penentuan koefisien distribusi  $^{131}\text{I}$  dan  $^{130/131}\text{Te}$  pada kolom penukar ion. Selanjutnya untuk keperluan pemisahan  $^{131}\text{I}$  dari target  $^{130}\text{Te}$ , sebanyak 1 gram target  $\text{TeO}_2$  diiradiasi di reaktor serbaguna GA Siwabessy Serpong pada fluks neutron  $> 10^{14}$  n/ $\text{cm}^2$ /detik selama 4 hari. Setelah proses *decay* selama tiga hari, target  $\text{TeO}_2$  yang telah diiradiasi tersebut kemudian dilarutkan menggunakan 50 ml NaOH 2N tanpa pemanasan sehingga  $^{131}\text{I}$  yang terbentuk dapat terlarut menjadi  $\text{Na}^{131}\text{I}$ . Aktivitas  $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan diukur menggunakan *dose calibrator*.

### 2.3 Proses pemisahan $^{131}\text{I}$ dari $^{130/131}\text{Te}$ menggunakan Dowex- 1x8.

#### 2.3.1 Penentuan koefisien distribusi (Kd) $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Penentuan koefisien distribusi dilakukan pada pelarut asam klorida dan natrium hidroksida pada berbagai konsentrasi. Sebanyak 0,5 mL sediaan  $^{131}\text{I}$  (62,5  $\mu\text{Ci}$ ) dari Te hasil iradiasi (dalam HCl 10 M dan NaOH 8 M) diencerkan hingga 5

mL dalam berbagai konsentrasi pelarut (HCl 1 – 10 M dan NaOH 1 – 8 M). Larutan Te diaduk setelah ditambahkan ~ 50 mg Dowex 1x8 selama 1 jam. Dalam menentukan waktu optimum proses penyerapan, sebanyak 2 x 0,5 mL sediaan  $^{131}\text{I}$  diencerkan hingga 5 mL dalam konsentrasi pelarut masing-masing HCl 7 M dan NaOH 7 M. Larutan tersebut diaduk (setelah ditambahkan ~ 50 mg Dowex 1x8) selama 10, 20, 30, 60 dan 120 menit. Kemudian dilakukan pengukuran aktifitas  $^{131}\text{I}$  dan konsentrasi Te sesudah proses pengadukan /penjerapan pada masing-masing eluat tersebut.

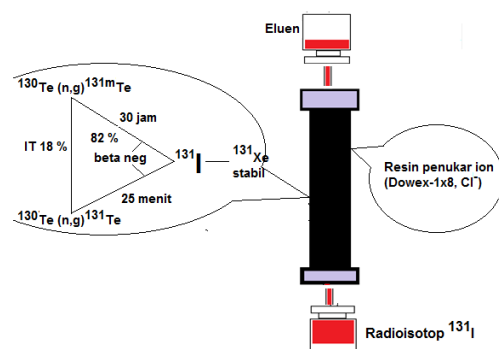
### 2.3.2 Penentuan variasi eluen pada pemisahan $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Masing-masing  $\text{TeO}_2$  hasil iradiasi ditimbang sebanyak 0,37 gram (mengandung  $^{131}\text{I}$  ~1,04 mCi) dan 0,63 gram (~1,79 mCi) dilarutkan dalam larutan natrium hidroksida masing-masing 1 dan 7 M. Kedua sediaan tersebut diserap dalam resin penukar anion Dowex 1x8 sebanyak 0,595 dan 0,511 g melalui proses pengadukan selama 1 jam. Resin penukar ion tersebut dipindahkan ke dalam kolom kromatografi (~2 cm pada kolom kromatografi  $\Phi$  1 cm) untuk dilakukan proses elusi. Proses elusi dilakukan dengan berbagai jenis eluen sebanyak 5 fraksi (5 mL/faraksi). Eluen yang digunakan dalam proses elusi adalah NaOH 1M, etanol : etil asetat (EtOH:EtOAc) 1:1, KBr 1 mM,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,5 M,  $\text{KNO}_3$  1 M,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1 M, NaOH 7M, metanol (MetOH)

70%,  $\text{NH}_4\text{Br}$  1 mM,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M, dan  $\text{NH}_4\text{Br}$  0,1 M. (lihat skema kromatografi)

### 2.3.3 Penentuan variasi konsentrasi eluen pada pemisahan $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Prosedur 2.3.2 diulangi untuk penentuan variasi konsentrasi. Eluen dilakukan menggunakan eluen  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  yang menghasilkan persentase  $^{131}\text{I}$  terelusi paling tinggi dibandingkan dengan eluen lainnya. Konsentrasi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  adalah 0,1 – 1 M dengan rentang 0,1 M.



Skema kolom resin penukar ion (Pemisahan radioisotop  $^{131}\text{I}$ )

### 2.3.4 Penentuan variasi massa resin pada pemisahan $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Prosedur 2.3.2 diulangi untuk penentuan variasi massa resin. Elusi dilakukan pada kolom ( $\Phi$  1 cm) dengan massa Dowex 1x8 seberat 2 gram (tinggi 3,4 cm); 3,5 (6 cm); dan 5 gram (8,5 cm).

## 2.4 Analisis fisiko-kimia radioisotop $^{131}\text{I}$ hasil pemisahan.

Dalam menentukan koefisien distribusi dan waktu optimum penyerapan, dilakukan dengan mengukur aktivitas  $^{131}\text{I}$

dan konsentrasi  $^{130}\text{Te}$  sesudah proses pengadukan/penyerapan dalam resin penukar ion. Dalam menentukan  $^{131}\text{I}$  yang terelusi, dilakukan pengukuran terhadap aktifitas  $^{131}\text{I}$  dan jumlah  $^{130}\text{Te}$  awal (yang terserap dalam kolom) dan hasil elusi per fraksi. Aktivitas  $^{131}\text{I}$  diukur menggunakan *Dose callibrator*.

Uji kemurnian radionuklida dilakukan menggunakan spektroskopi gamma multi saluran (MCA) dengan detector HPGe. Derajat keasaman dilakukan menggunakan kertas pH universal, kemurnian radiokimia dilakukan menggunakan metode kromatografi kertas dengan menggunakan fasa diam kertas kromatografi whatman 3MM dan fasa gerak methanol 75 % dan dianalisis menggunakan TLC-Scanner.

Penentuan jumlah telurium yang lolos diukur menggunakan metode spektrofotometri UV-VIS melalui penambahan HCL 9 M dan pengukuran pada panjang gelombang 377 nm. Langkah pemisahan telurium hasil iradiasi dilakukan menggunakan telurium oksida non radioaktif atau lazim disebut proses dingin. Eluat yang ditampung hanya mengandung telurium tanpa adanya radionuklida  $^{131}\text{I}$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Produksi radioisotop $^{131}\text{I}$ dengan aktivasi neutron target $\text{TeO}_2$

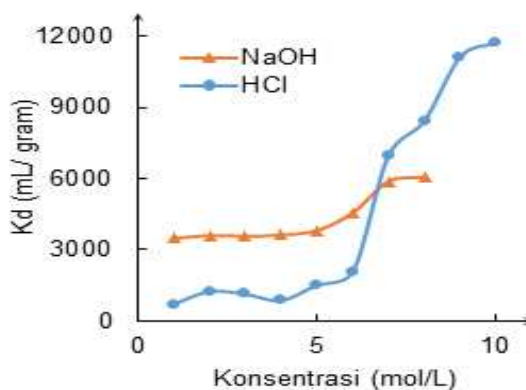
Aktivitas pada saat *End of Irradiation* (EOI) telurium dioksida alam ( $\text{TeO}_2$ ) setelah melalui proses iradiasi di reaktor TRIGA 2000 Bandung sebesar 1,219 mCi/100 mg (79 % dari aktivitas teoritis).

#### 3.2 Proses pemisahan $^{131}\text{I}$ dari $^{130/131}\text{Te}$ menggunakan Dowex- 1x8

##### 3.2.1 Penentuan koefisien distribusi (Kd)

###### $^{130/131}\text{Te}$ dan $^{131}\text{I}$

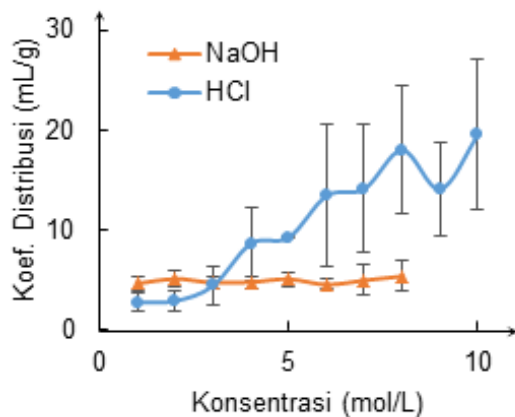
Penentuan koefisien distribusi dalam Dowex 1x8, 100 – 200 mesh menunjukkan bahwa penggunaan NaOH terdapat kenaikan Kd yang tidak signifikan pada konsentrasi 1 – 5 M, tetapi terjadi peningkatan Kd cukup tinggi pada konsentrasi 6 – 7 M. Dalam pelarut HCl, pada konsentrasi rendah Kd  $^{131}\text{I}$  lebih rendah dibanding pada pelarut NaOH, namun meningkat tajam pada penggunaan konsentrasi HCl lebih dari 7 M seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Efek konsentrasi pelarut terhadap Kd  $^{131}\text{I}$

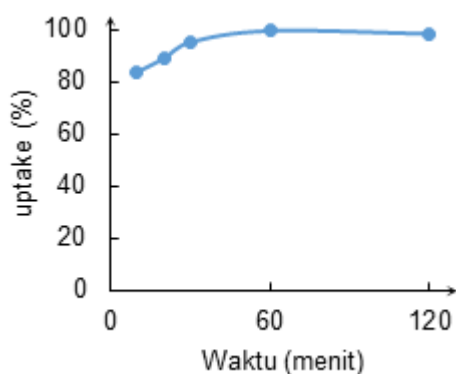
Nilai koefisien distribusi  $^{131}\text{I}$  dalam resin penukar ion Dowex 1x8 jauh lebih besar dibandingkan distribusi Te. Distribusi Te dalam pelarut NaOH mengindikasikan tidak adanya pengaruh konsentrasi NaOH terhadap nilai distribusi 4 – 6 mL/g. Sedangkan dalam media HCl, terdapat pengaruh konsentrasi HCl terhadap nilai serta konsistensi (deviasi) koefisien

distribusi Te. Secara umum nilai distribusi Te pada Dowex 1x8 dalam asam lebih tinggi dibandingkan dengan basa terutama pada penggunaan asam yang lebih tinggi (Gambar 2).



Gambar 2. Efek konsentrasi pelarut terhadap Kd Telurium (Te)

Pada penggunaan pelarut NaOH, kapasitas maksimum penyerapan terjadi pada waktu sekitar 60 menit dengan *uptake* (serapan) > 95 % (Gambar 3). Untuk selanjutnya proses penyerapan  $^{131}\text{I}$  dilakukan pada pelarut NaOH dengan waktu penyerapan 60 menit.



Gambar 3. Penentuan waktu optimum *uptake* (penyerapan)  $^{131}\text{I}$  pada NaOH

### 3.2.2 Penentuan variasi eluen pada pemisahan $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Dari hasil yang diperoleh pada penentuan Kd telurium (Te) dan  $^{131}\text{I}$ , didapatkan kondisi optimum pelarut dan waktu penyerapan untuk memisahkan Te dan  $^{131}\text{I}$  menggunakan kolom kromatografi dowex 1x8. Tabel 1 menunjukkan dengan jumlah eluen yang sama (25 mL yang terbagi dalam 5 fraksi), jumlah persentase  $^{131}\text{I}$  terelusi paling tinggi didapatkan pada penggunaan amonium nitrat sebagai eluen dengan nilai mencapai > 50 %. Hasil ini masih bisa ditingkatkan dengan melakukan variasi konsentrasi eluen pada kondisi optimum.

Tabel 1. Data hasil variasi eluen terhadap persen elusi  $^{131}\text{I}$

No	Eluen	Radioiodida ( $^{131}\text{I}$ ) terelusi (%)
1	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ 0,5 M	55,4
2	$\text{NH}_4\text{Br}$ 0,1 M	17,3
3	$\text{KNO}_3$ 1 M	7,9
4	$\text{NH}_4\text{Cl}$ 0,1 M	4,7
5	NaOH 7M	3,9
6	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ 1 M	2,2
7	$\text{NH}_4\text{Br}$ 1 mM	1,1
8	MeOH 70%	1,0
9	NaOH 1M	0,7
10	KBr 1 mM	0,6
11	EtOH:EtOAc 1:1	0,5

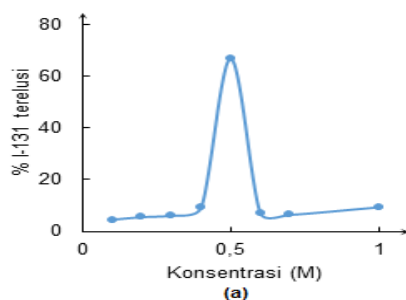
### 3.2.3 Penentuan variasi konsentrasi pada pemisahan $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Untuk mengetahui konsentrasi optimum eluen amonium nitrat yang digunakan, dilakukan proses elusi dengan variasi konsentrasi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  mulai 0,1; 0,2;



0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 dan 1 M. Konsentrasi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  yang memberikan nilai persen  $^{131}\text{I}$

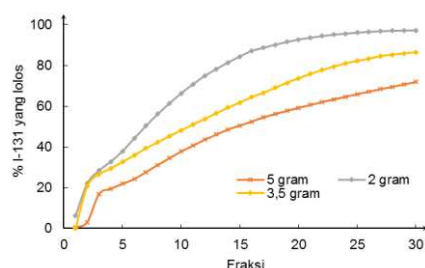
terelusi paling banyak (70 - 75 %) adalah 0,5 M (Gambar 4). Selanjutnya pelarut  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,5 M ini digunakan untuk menentukan profil elusi  $^{131}\text{I}$  dan  $^{130/131}\text{Te}$  dalam fasa diam Dowex 1x8.



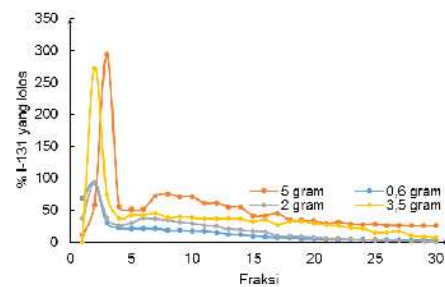
Gambar 4. Pengaruh konsentrasi  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  terhadap persentase  $^{131}\text{I}$  terelusi.

### 3.2.4 Penentuan variasi massa resin pada pemisahan $^{131}\text{I}$ dan $^{130/131}\text{Te}$ .

Semakin besar berat resin yang digunakan, dengan volume yang sama, maka persentase  $^{131}\text{I}$  yang terelusi semakin kecil (Gambar 5). Hal ini disebabkan karena dengan ukuran diameter kolom yang sama/semakin tinggi resin, maka waktu yang diperlukan  $^{131}\text{I}$  untuk keluar kolom semakin lama (Gambar 6).

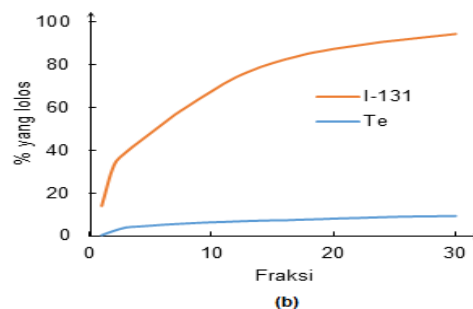


Gambar 5. Pengaruh berat resin terhadap persentase  $^{131}\text{I}$  terelusi.



Gambar 6. Pengaruh berat resin terhadap waktu  $^{131}\text{I}$  terelusi.

Profil elusi  $^{131}\text{I}$  dan Te pada kolom kromatografi dengan fasa diam Dowex 1x8 dan fasa gerak  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,5 M, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



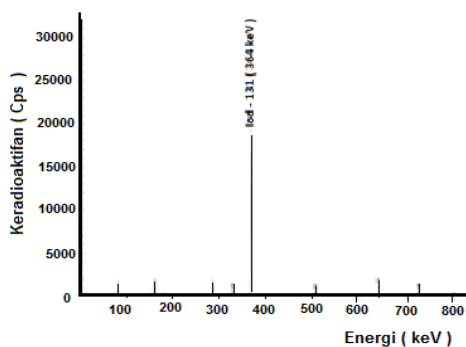
Gambar 7. Profil elusi pemisahan  $^{131}\text{I}$  dan Te

Gambar 7 menunjukkan bahwa untuk mendapatkan  $^{131}\text{I}$  > 95 % dan jumlah Te yang lolos 10 % bila dielusi dengan 150 mL eluen.

### 3.3 Analisis fisiko-kimia radioisotop $^{131}\text{I}$ hasil pemisahan

Pengukuran kemurnian radionuklida (KRN) dengan cara mengukur keradioaktifan  $^{131}\text{I}$  menggunakan MCA dan diperoleh KRN lebih besar dari 99 %, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

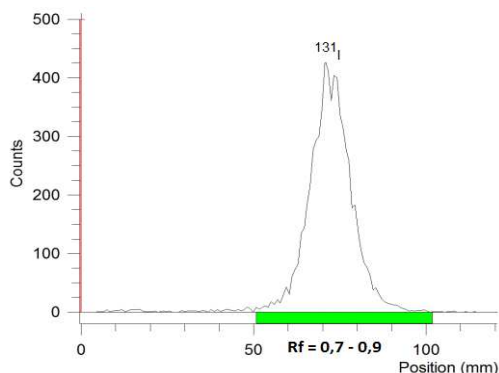




Gambar 8. Spektrum sinar gamma  $^{131}\text{I}$

Gambar 8 menunjukkan karak teristik spektrum sinar- $\gamma$  dari  $^{131}\text{I}$  pada puncak energi 364 keV (Pengukuran dengan MCA = Multi Chanel Analyzer), dan tidak terdapat spektrum dari radionuklida lainnya sebagai pengotor.

Proses pengujian kemurnian radiokimia larutan  $^{131}\text{I}$  yang telah dipisahkan dari telurium, dilakukan menggunakan metode kromatografi kertas menaik dengan fasa diam kertas kromatografi whatman 3MM dan fasa gerak metanol 75 %.  $^{131}\text{I}$  diharapkan berada dalam bentuk kimia iodida ( $\text{I}^-$ ) dan berada pada Rf 0,7 – 0,9. Sementara pengotor iodat ( $\text{IO}_3^-$ ) berada pada Rf 0,3 – 0,5 dan pengotor periodat ( $\text{IO}_4^-$ ) berada pada Rf = 0 (10).



Gambar 9. Kromatogram radioiodium,  $^{131}\text{I}$   
(Fasa gerak: MeOH 75 %, pH 5, Fasa diam: Whatman 3 MM)

Gambar 9 menunjukkan bahwa bentuk kimia  $^{131}\text{I}$  hasil pemisahan adalah iodida ( $^{131}\text{I}$ ) dengan kemurnian radiokimia (KRK) sebesar 97,86 %. Puncak kromatogram berada pada Rf 0,7 – 0,9 yang menunjukkan  $^{131}\text{I}$  berada dalam bentuk iodida ( $\text{I}^-$ ).

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pengembangan teknologi proses radioisotop medis Iodium-131 ( $^{131}\text{I}$ ) menggunakan metode kolom resin penukar ion untuk aplikasi kedokteran nuklir berhasil dilakukan. Larutan radioiod-131 ( $^{131}\text{I}$ ) yang dihasilkan dalam percobaan ini mempunyai pH, kemurnian radionuklida dan kemurnian radiokimia yang memenuhi syarat untuk pemakaian di kedokteran nuklir. Radioisotop  $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan dengan metode pemisahan kolom kromatografi penukar ion dapat menjanjikan untuk diaplikasikan dalam pengobatan atau diagnosis kanker dengan beberapa keuntungan ketersediaan  $^{131}\text{I}$  yang dapat diperoleh dengan proses berulang pada waktu yang bersamaan.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kemenristekdikti RI (INSINAS), Biro Program-BATAN, para peneliti rekayasa dan staf PSTNT-BATAN Bandung yang telah membantu baik dalam bentuk fasilitas, dana ataupun peralatan bagi keberhasilan dan kelancaran kegiatan penelitian.

## 6. REFERECE

1. Oktahermoniza, Harahap AW, Tofizal, dan Rasyid R. Analisis ketahanan hidup lima tahun kanker tiroid. *J. Fak. Kedokteran Unand* 2013; 2(3): 151–157.
2. Norahmawati E. Fine Needle aspiration biopsy has important role and high accuracy as preoperative diagnostic method for bone tumors. *J Kedokt. Brawijaya* 2009; 15(2): 77–82.
3. Kumorowulan S dan Supadmi S. Kretin endemik dan kretin sporadik (Hipotiroid Kongenital). *MGMI (Media Gizi Mikro Indonesia) Indonesian Journal of Micronutrient* 2010 ; 1(3): 105 –112.
4. Lindsey A, Torre MSPH, Freddie B, Rebecca LS, Jacques F, Joannie LT, Ahmedin J. Global cancer statistics, 2012. *CA: Cancer Journal for Clinicians* 2015; 65(2): 87-108. DOI: 10.3322/Caac.21262.
5. IAEA-TECDOC-1608. Nuclear medicine in thyroid cancer management: A Practical Approach. IAEA 2009.
6. El Bakkari B, Nacir B, El Bardouni T, El Younoussi C, Boulaich Y, and Boukhal H. Feasibility analysis of  $^{131}\text{I}$  production in the Moroccan TRIGA research reactor. *Ann. Nucl. Energy* 2015; (78): 140–145.
7. El-Absy M, El-Garhy M, El-Amir M, Fasih TW, and El-Shahat MF. Separation and purification of  $^{131}\text{I}$  from neutron irradiated tellurium dioxide targets by wet-distillation method. *Sep. Purif. Technol* 2010; 71(1):1–12.
8. Fonslet J and Kozirowski J. Dry distillation of radioiodine from  $\text{TeO}_2$  targets. *Appl. Sci.*, 2013; 3(4): 675–683.
9. Mostafa M, Ramadan HE, and El-Amir M. Radiochemical precipitation studies for separation of iodine from tellurium and other trace impurities. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2012; 295(1): 115–123.
10. Chattopadhyay S and Saha Das S. A simple and rapid technique for radiochemical separation of iodine radionuclides from irradiated tellurium using an activated charcoal column. *Appl. Radiat. Isot.*, 2009; 67(10): 1748–50.
11. Mushtaq A, Pervez S, Hussain S, Asif M, Siddique MU, Mirza, and Khan MM. Preparation and characterization of silver coated alumina for isolation of iodine-131 from fission products. *Journal of Engineering and Manufacturing Technology* 2014; 2(1): 1–9.
12. Chattopadhyay S and Saha Das S. Recovery of  $^{131}\text{I}$  from alkaline solution of n-irradiated tellurium target using a tiny Dowex-1 column. *Appl. Radiat. Isot.*, 2010; 68(10): 1967–9.