

**PEMISAHAN FRAKSI RADIOIOD DALAM PROSES  
<sup>99</sup>Mo HASIL FISI <sup>235</sup>U DAN PENGGUNAANNYA UNTUK  
PEMBUATAN HIPPURAN-<sup>131</sup>I**

Sunarhadijoso Soenarjo, Adang Hardi Gunawan, Kadarisman Wisnukaton,  
Bambang Purwadi, Ateng Sukmana, Sriyono, Rukman.

**ABSTRAK.**

**PEMISAHAN FRAKSI RADIOIOD DALAM PROSES <sup>99</sup>Mo HASIL FISI <sup>235</sup>U DAN PENGGUNAANNYA UNTUK PEMBUATAN HIPPURAN-<sup>131</sup>I.** Proses produksi radioisotop <sup>99</sup>Mo dari reaksi fisi <sup>235</sup>U menghasilkan fraksi radioaktif non-molibdenum yang dikelompokkan dalam 3 macam fraksi, yang selama ini di PPR - BATAN masih diperlakukan sebagai limbah radioaktif, yaitu fraksi radioiod, fraksi radioxenon (gas mulia) dan fraksi uranium pasca iradiasi. Fraksi radioiod diharapkan mempunyai potensi sebagai sumber pengadaan radioisotop <sup>131</sup>I, dan oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan upaya pemisahan lebih lanjut fraksi radioiod tersebut sebagai larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I. Pemisahan dilakukan melalui pemerangkapan fraksi radioiod menggunakan kolom serat tembaga, diikuti dengan pemurnian menggunakan kolom karbon. Larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I dihasilkan dengan elusi kolom karbon menggunakan larutan NaOH 0,2 N. Keradioaktifan total larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I yang dihasilkan relatif rendah, diduga antara lain karena sebagian besar fraksi radioiod lolos terlepas dari kolom serat tembaga dan terperangkap dalam "cold finger" yang sebenarnya dimaksudkan untuk menangkap fraksi radioxenon. Tetapi karakteristik pH, radiokimia dan radionuklidanya memenuhi persyaratan untuk larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I. Penggunaannya untuk menandai senyawa Hippuran menghasilkan produk Hippuran-<sup>131</sup>I dengan rendemen penandaan yang baik. Akan tetapi, penggunaan kolom resin Dowex IX8 (Cl<sup>-</sup>) 100 - 200 mesh untuk pemurnian Hippuran-<sup>131</sup>I perlu dipertimbangkan lagi karena resin tersebut mempunyai potensi cukup besar untuk mengikat spesi Hippuran-<sup>131</sup>I.

**ABSTRACT.**

**SEPARATION OF RADIOIODINE FRACTION IN THE PROCESSING LINE OF <sup>235</sup>U-FISSION PRODUCED <sup>99</sup>Mo AND ITS UTILIZATION FOR PREPARATION OF HIPPURAN-<sup>131</sup>I.** Production process of <sup>99</sup>Mo from fission of <sup>235</sup>U in RPC - BATAN produces *non-moly* radioactive fractions, which are classifiable into 3 fractions, i.e. : radioiodine fraction, radioxenon (noble gas) fraction and post-irradiated uranium fraction. The radioiodine fraction is expectable to be used as a source for providing radioisotope of <sup>131</sup>I, and, therefore, an effort for separation of the radioiodine fraction was carried out. The separation was performed by trapping the radioiodine in a copper-wool column followed by purification using charcoal column. The bulk solution of Na<sup>131</sup>I was then obtained by eluting the charcoal column with 0.2 N NaOH solution. The total activity of the resulting Na<sup>131</sup>I bulk solution was relatively low, presumable due to the escape of the radioiodine from the copper-wool column into the cold finger originally used for trapping the noble gas fraction.

However, the pH, radiochemical and radionuclidic purities satisfactorily met the specification required for Na<sup>131</sup>I bulk solution. Radioactive labeling yields on Hippuran with the resulting Na<sup>131</sup>I bulk solution were also satisfactory, but the purification of the resulting Hippuran-<sup>131</sup>I using Dowex 1X8 (Cl<sup>-</sup>) 100 - 200 mesh resin should be reconsidered because of the adsorption of Hippuran-<sup>131</sup>I by the resin.

## PENDAHULUAN.

Radiomolibdenum-<sup>99</sup>Mo dan radioiod-<sup>131</sup>I merupakan 2 macam radioisotop terpenting yang banyak dibutuhkan dalam bidang kedokteran nuklir di Indonesia [1]. Radiomolibdenum-<sup>99</sup>Mo diperlukan sebagai radionuklida induk dalam sistem generator radioisotop yang menghasilkan nuklida anak <sup>99m</sup>Tc [2,3], yang dikenal luas sebagai radioisotop medis utama untuk tujuan diagnosis. Sedangkan radioiod-<sup>131</sup>I banyak digunakan dalam bentuk larutan injeksi ataupun kapsul Na<sup>131</sup>I untuk terapi penyakit gondok, dan juga sebagai perunut penanda pada berbagai preparat radiofarmaka dengan struktur dasar organoiod [4].

Sejak dioperasikannya fasilitas Reaktor Serba Guna berikut Laboratorium Penunjangnya di Kawasan Pusat Penelitian Tenaga Atom (PPTA) Serpong, radioisotop-<sup>99</sup>Mo di Indonesia diproduksi melalui proses fisi <sup>235</sup>U diperkaya [5]. Teknologi produksi komersial melalui reaksi inti <sup>98</sup>Mo (n,γ) <sup>99</sup>Mo menggunakan sasaran MoO<sub>3</sub> alam dalam fasilitas reaktor TRIGA di Bandung mulai ditinggalkan. Sedangkan radioiod-<sup>131</sup>I diproduksi melalui reaksi inti <sup>130</sup>Te (n,γ) <sup>131</sup>Te → <sup>131</sup>I, seperti halnya pada waktu proses produksi radioisotop masih dilaksanakan dengan menggunakan fasilitas Reaktor TRIGA di Bandung.

Produksi <sup>99</sup>Mo melalui proses fisi <sup>235</sup>U [5,6] menghasilkan fraksi radioaktif non-molibdenum yang dapat dikelompokkan dalam 3 macam fraksi, yaitu fraksi radioiod, fraksi radioxenon (gas mulia) dan fraksi uranium pasca iradiasi. Ketiga fraksi non-molibdenum tersebut selama ini diperlakukan sebagai limbah radioaktif dari proses radioisotop <sup>99</sup>Mo. Fraksi radioiod sebenarnya juga mengandung spesi radioiod-<sup>131</sup>I dalam jumlah yang cukup potensial untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Dengan "yield" fisi sebesar 2,887 % untuk radioiod-<sup>131</sup>I, dibandingkan dengan "yield" fisi untuk <sup>99</sup>Mo sebesar 6,178 % [7], reaksi fisi <sup>235</sup>U dapat menghasilkan <sup>131</sup>I sampai sekitar 40 % dari keradioaktifan <sup>99</sup>Mo yang dihasilkan [8]. Atas dasar itu, dalam penelitian ini dipelajari upaya pemisahan fraksi radioiod dari proses produksi <sup>99</sup>Mo, yang selama ini memang masih diperlakukan sebagai limbah radioaktif hasil fisi, diikuti dengan pemanfaatannya untuk pengadaan sediaan radiofarmaka Hippuran-<sup>131</sup>I.

Penelitian ini merupakan langkah awal menuju kemungkinan pemanfaatan radioisotop  $^{131}\text{I}$  hasil fisi untuk produksi radiofarmaka bertanda  $^{131}\text{I}$ , sekaligus sebagai upaya mengantisipasi peningkatan kebutuhan akan radioisotop  $^{131}\text{I}$  di Indonesia, mengingat proses produksi  $^{131}\text{I}$  dari reaksi  $(n,\gamma)$  sangat dibatasi oleh karakteristik penampang lintang reaksi neutron termal dari  $^{130}\text{Te}$ , kelimpahan alami  $^{130}\text{Te}$  ataupun distribusi fluks neutron termal pada fasilitas iradiasi yang digunakan.

## **TATA KERJA.**

### **Persiapan Bahan dan Peralatan.**

Fraksi radioiod hasil fisi diperoleh dari rangkaian proses produksi radioisotop  $^{99}\text{Mo}$  yang dilakukan secara rutin di Laboratorium Produksi Radioisotop PT BATAN Teknologi, PPTA Serpong [9]. Bahan-bahan pereaksi kimia yang digunakan mempunyai tingkat kemurnian p.a.. Air untuk pelarut diperoleh dari fasilitas pembuatan air demineral di Pusat Reaktor Serba Guna, yang kemudian dilewatkan pada perangkat pemurnian air Milli-Q dari Milipore.

Untuk proses pemisahan dan pemurnian spesi radioiod- $^{131}\text{I}$  digunakan pemerangkap fraksi radioiod berupa serat tembaga dan karbon di dalam tabung kolom yang dipreparasi khusus untuk keperluan pemrosesan tersebut. Untuk pemeriksaan radionuklida digunakan perangkat analisator saluran ganda yang dilengkapi dengan detektor HP-Ge tipe N dari Tennelec, penguat spektroskopi TC-244 dari Tennelec serta catu daya model PS-ORTEC 4001 dan PS-ORTEC 495.

Perangkat elektroforesis untuk pemeriksaan radiokimia menggunakan bejana elektrolit merk CAMAG yang dilengkapi dengan catu daya model Buchler-3-1500 buatan Medi Physics Inc. Untuk keperluan pencacahan digunakan perangkat Bioscan-300 Imaging Scanner yang dilengkapi detektor pencacah proporsional dengan gas P-10 (campuran argon - metana, 90 % / 10 %) serta program perangkat lunak RS232.

### **Pemisahan dan Pemurnian Fraksi Radioiod .**

Tahapan pemisahan fraksi radioiod dilakukan dalam rangkaian proses produksi rutin radioisotop  $^{99}\text{Mo}$  hasil fisi [9], dan dilaksanakan di dalam Hot Cell proses yang dilengkapi dengan sistem manipulator mekanik. Tabung sasaran  $^{235}\text{U}$  pasca iradiasi dirangkaikan dengan kolom serat tembaga serta tabung "cold finger" yang dimaksudkan sebagai pemerangkap fraksi gas mulia, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Ketiga unit pada rangkaian tersebut terangkai pada keadaan vakum dan kran pemisah masing-masing unit dalam keadaan tertutup.

Melalui septa pada rangkaian "T-section" diinjeksikan 85 mL campuran  $H_2SO_4$  2 N -  $HNO_3$  pekat (80 : 5, v/v) ke dalam tabung kapsul target untuk melarutkan sasaran pasca iradiasi dalam kapsul target. Pada kondisi vakum serta dibantu dengan perbedaan temperatur antara tabung kapsul target dan "cold finger", fraksi radioiod dan fraksi gas mulia produk fisi dipisahkan dari larutan sasaran pasca iradiasi dengan membuka kran pemisah masing-masing unit rangkaian. Diharapkan fraksi radioiod akan terperangkap pada kolom serat tembaga sedangkan fraksi gas mulia akan terlepas dari kolom serat tembaga dan terperangkap pada tabung "cold finger".

Selanjutnya unit kolom serat tembaga dilepaskan dari sistem dan dielusi berulang dengan teknik vakum, setiap kali menggunakan 30 mL air. Eluat cucian ditampung dalam botol limbah yang berisi 25 mL larutan NaOH 7 N. Kemudian dengan teknik yang sama, kolom serat tembaga dielusi dengan 3 x 20 mL larutan NaOH 0,2 N. Eluat basa encer ini dipindahkan ke dalam botol destilasi yang berisi 1 mL larutan ammonium heksakloro rutenat (IV) dengan konsentrasi Ru sebesar 5 mg/mL dan diasamkan dengan penambahan 40 mL  $HNO_3$  8 N kemudian dihubungkan dengan rangkaian kolom charcoal (kolom karbon) dan sistem vakum seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Selanjutnya sistem divakumkan dan dipanaskan dalam penangas air di atas pemanas elektrik pada skala pemanasan 3 - 4 selama 4 - 5 jam. Visualisasi kebasahan dan paparan radiasi resin karbon dijadikan indikator dalam mengupayakan agar fraksi radioiod tertahan pada kolom karbon pertama, tidak lolos sampai kolom karbon yang kedua. Kemudian sistem dibiarkan mencapai temperatur kamar untuk kemudian unit kolom karbonnya dilepaskan dan dielusi dengan larutan NaOH 0,2 N. Eluat ditampung dalam 3 wadah yang terpisah, masing-masing sampai 20 mL.

### Pembuatan Hippuran- $^{131}I$ .

Pembuatan Hippuran- $^{131}I$  dilakukan berdasarkan metoda reaksi penukaran isotopik antara senyawa Hippuran dengan larutan "bulk"  $Na^{131}I$  yang dihasilkan. Sebanyak 250 mg Hippuran dilarutkan dalam 3 mL bufer asetat pH 5 dan dicampur dengan larutan "bulk"  $Na^{131}I$  yang telah diasamkan dengan HCl 0,5 - 1,0 N sampai pH 5. Campuran dipanaskan dalam *autoclave* selama tidak kurang dari 3 jam dan kemudian di simpan pada suhu kamar selama 1 malam.

Untuk memurnikan hasil penandaan, larutan Hippuran yang telah ditandai dinaikkan pHnya dengan penambahan 1 mL larutan bufer pospat pH 8, dan kemudian dilalukan pada kolom resin Dowex ( $\text{Cl}^-$ ) 1 X 8, 100 - 200 mesh, (150 g dalam kolom syringe 2,5 mL). Kolom kemudian dielusi dengan larutan bufer pospat pH 8.

### Analisis Fraksi Radioiod Dan Hippuran-<sup>131</sup>I.

Analisis fraksi radioiod yang dihasilkan meliputi pemeriksaan dan penentuan konsentrasi keradioaktifan, kemurnian radionuklida, kemurnian radiokimia serta pH larutan.

Konsentrasi keradioaktifan ditentukan dengan mengukur keradioaktifan sejumlah volum cuplikan (100  $\mu\text{L}$ ) dengan Dose Callibrator. Kemurnian radionuklida ditentukan dengan mencuplik larutan cuplikan yang telah diencerkan. Sebanyak 0,5  $\mu\text{L}$  cuplikan diteteskan pada sepotong kertas saring berbentuk lingkaran dengan diameter sekitar 2,5 cm. Kertas saring tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik kecil yang khusus disediakan untuk tujuan pemeriksaan spektrometri  $\gamma$  dan kemudian dibuat spektrum  $\gamma$ -nya dengan pencacahan selama 5 menit.

Kemurnian radiokimia ditentukan dengan 2 macam teknik, yaitu teknik kromatografi kertas menaik dan teknik elektroforesis. Pada teknik kromatografi kertas menaik digunakan fasa diam kertas Whatman I dan fasa gerak metanol 75 %. Elusi kromatografi dilakukan sampai didapatkan migrasi fasa gerak sepanjang kira-kira 15 cm. Pada teknik elektroforesis digunakan fasa diam kertas Whatman 3 MM dan fasa gerak larutan bufer pospat pH 9, waktu elektroforesis selama kurang-lebih 1 jam dengan menggunakan tegangan sebesar 360 Volt.

Sistem elektroforesis yang sama digunakan pula untuk pemeriksaan radiokimia sediaan Hippuran-<sup>131</sup>I. Selanjutnya kertas kromatografi dan kertas elektroforesis dikeringkan dan dicacah menggunakan perangkat Imaging Scanner.

Penentuan pH larutan ditentukan secara sederhana dengan menggunakan kertas indikator pH universal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN.

Sistem pemerangkapan fraksi radioiod merupakan satu kesatuan dengan sistem pemerangkapan fraksi limbah gas mulia (fraksi radioxenon), di mana penarikan secara vakum limbah proses berfasa gas dari tabung sasaran pasca iradiasi ke pemerangkap fraksi radioiod diteruskan dengan penarikan vakum ke suatu "cold finger" yang merupakan penangkap fraksi radioxenon (Gambar 1). Diduga hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya aktifitas total fraksi radioiod yang dihasilkan, walaupun berdasarkan perbandingan "yield" fisi dan waktu paruh sebenarnya produk radioiod-<sup>131</sup>I hasil fisi dapat mencapai 40 % dari produk <sup>99</sup>Mo [8]. Suatu perlakuan analisis pada fraksi limbah yang terperangkap pada "cold finger" kiranya akan dapat memberikan informasi yang lebih jelas mengenai kemungkinan lolosnya sebagian fraksi radioiod dari kolom serat tembaga dan tertarik hingga terperangkap ke dalam unit "cold finger" yang sebenarnya diperuntukkan untuk menangkap fraksi limbah radioxenon.

Di sisi lain, fraksi radioiod yang dihasilkan dari elusi kolom serat tembaga ternyata masih mengandung beberapa macam radionuklida selain radioiod. Antara lain teramati adanya radioisotop <sup>99</sup>Mo dan <sup>103</sup>Ru. Bersesuaian dengan selalu didapatinya pengotoran <sup>99</sup>Mo, <sup>103</sup>Ru dan <sup>131</sup>I dalam larutan radioperteknetat yang berasal dari peluruhan <sup>99</sup>Mo hasil fisi [10], agaknya ketiga macam radioisotop tersebut memang merupakan hasil fisi yang sulit dipisahkan satu sama lain. Seperti terlihat pada Gambar 3, pola spektrum  $\gamma$  fraksi radioiod dari elusi kolom serat tembaga (A) juga menunjukkan adanya kontaminasi oleh radionuklida <sup>132</sup>Te (yang menghasilkan radionuklida anaknya yaitu <sup>132</sup>I), <sup>105</sup>Rh, <sup>95</sup>Zr dan <sup>95</sup>Nb. Bahkan masih tampak adanya kontaminasi radionuklida pengotor dalam fraksi radioiod-<sup>131</sup>I limbah fisi yang telah dilewatkan ke dalam kolom karbon (B), apabila dibandingkan dengan spektrum  $\gamma$  larutan Na<sup>131</sup>I hasil reaksi (n, $\gamma$ ) yang diasumsikan sebagai sediaan radioiod-<sup>131</sup>I murni (C). Radionuklida pengotor yang masih tetap teramati setelah proses pemurnian (menggunakan sistem yang ditunjukkan pada Gambar 2), adalah <sup>99</sup>Mo ( $E_{\gamma} = 739 - 740$  keV,  $777 - 778$  keV dan  $140 - 141$  keV yang berimpit dengan puncak radionuklida anaknya, yaitu <sup>99m</sup>Tc.), <sup>105</sup>Rh ( $E_{\gamma} = 317 - 318$  keV), <sup>103</sup>Ru ( $E_{\gamma} = 497 - 498$  keV) serta <sup>95</sup>Zr ( $E_{\gamma} = 757 - 759$  keV).

Walaupun masih terdeteksi adanya beberapa radionuklida pengotor dalam hasil pemurnian melalui kolom karbon, secara keseluruhan hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan radionuklida pengotor pemancar  $\gamma$  dalam larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I tidak lebih dari 0,1 %. Di sisi lain pemeriksaan lebih lanjut dengan teknik pencacahan  $\alpha$  memperlihatkan bahwa kontaminasi oleh radionuklida pemancar  $\alpha$  bahkan lebih kecil dari kontaminasi pernah didapati dalam cuplikan larutan "bulk" <sup>99</sup>Mo hasil fisi. Kandungan total pengotoran radionuklida pemancar  $\alpha$  didapati tidak lebih dari  $10^{-8}$  uCi/mCi <sup>131</sup>I, sementara batasan maksimum yang diijinkan adalah  $10^{-6}$  uCi/mCi <sup>131</sup>I [11].

Secara umum, kemurnian radionuklida larutan "bulk"  $\text{Na}^{131}\text{I}$  yang dihasilkan dapat memenuhi batasan umum kemurnian radionuklida sediaan radioaktif  $\text{Na}^{131}\text{I}$  [11,12].

Fenomena lain yang juga sangat penting dalam karakterisasi produk radioisotop adalah fenomena kemurnian radiokimia. Gambar 4 memperlihatkan hasil pemeriksaan distribusi keradioaktifan kimia dengan teknik kromatografi kertas untuk fraksi radioiod sebelum pemurnian (hasil elusi dari kolom serat tembaga) dan sesudah pemurnian (hasil elusi dari kolom karbon). Sedangkan Gambar 5 menunjukkan hasil pemeriksaan dengan teknik elektroforesis untuk kedua contoh cuplikan yang sama. Pemisahan spesi radioiodat, radioperiodat dan radioiodida dengan teknik elektroforesis tidak menghasilkan pola pemisahan yang tajam, namun cukup memberikan gambaran posisi migrasi spesi radioiodida, yang akan digunakan sebagai pembanding dalam teknik elektroforesis untuk pemeriksaan hasil penandaan Hippuran- $^{131}\text{I}$ .

Gambar 4 dan Gambar 5 memberikan indikasi bahwa segera sesudah pelepasan dari kolom serat tembaga, fraksi radioiod hasil fisi masih mengandung radioiodat dan radioperiodat dalam jumlah yang jauh lebih besar dibandingkan spesi radioiodidanya. Akan tetapi setelah melalui proses elusi dalam kolom karbon, fraksi radioiod hampir seluruhnya merupakan spesi radioiodida (di atas 95 %) yang diperoleh pada fraksi penampungan 20 mL yang pertama, sementara keradioaktifan total dalam 2 fraksi penampungan berikutnya sudah sangat kecil dibandingkan fraksi penampungan yang pertama. Dengan karakteristik kemurnian radiokimia sebagai radioiodida di atas 95 %, berarti bahwa larutan "bulk"  $\text{Na}^{131}\text{I}$  yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan radiokimia suatu sediaan radioaktif  $\text{Na}^{131}\text{I}$  [11].

Fenomena tingkat oksidasi radioiod yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa sebagai produk proses fisi, fraksi radioiod dihasilkan dalam bentuk tingkat oksidasi tinggi (radioiodat dan radioperiodat). Tetapi kemudian terjadi transformasi reduktif dalam kolom karbon yang menurunkan tingkat oksidasi radioiod pada tingkat oksidasi iodida, yaitu -1.

Larutan "bulk"  $\text{Na}^{131}\text{I}$  yang dihasilkan dari elusi kolom karbon mempunyai kisaran pH antara 11 - 13. Harga pH ini bersesuaian dengan spesifikasi pH yang disyaratkan untuk sediaan larutan "bulk"  $\text{Na}^{131}\text{I}$  produk fisi [11]. Nilai pH sebenarnya bukan merupakan karakteristik yang kritis, karena pH sediaan dapat diatur kembali dengan mudah untuk mendapatkan pH yang dibutuhkan, seandainya larutan "bulk"  $\text{Na}^{131}\text{I}$  tersebut akan digunakan lebih lanjut.

Distribusi keradioaktifan Hippuran- $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 6, memberikan indikasi bahwa radioiod- $^{131}\text{I}$  hasil fisi dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk pembuatan preparat radiofarmaka Hippuran- $^{131}\text{I}$ .

Namun pengamatan lebih lanjut menunjukkan bahwa resin Dowex IX8 ( $\text{Cl}^-$ ) ternyata mempunyai potensi pengikatan Hippuran- $^{131}\text{I}$  yang mengakibatkan rendahnya rendemen keradioaktifan Hippuran- $^{131}\text{I}$  yang dihasilkan.

Karena itu, pemakaian resin tersebut pada proses rutin produksi radiofarmaka Hippuran-<sup>131</sup>I agaknya perlu dipertimbangkan lagi.

## KESIMPULAN.

Fraksi radioiod dapat dipisahkan dari rantai proses produksi <sup>99</sup>Mo hasil fisi melalui pemerangkapan pada kolom serat tembaga dengan teknik vakum. Namun karena sistem yang digunakan merupakan satu kesatuan dengan unit pemerangkapan fraksi limbah radioxenon, perlu diupayakan pencegahan lolosnya fraksi radioiod dari kolom serat tembaga ke dalam "cold finger" pemerangkap fraksi gas mulia, terutama apabila pemisahan dan pemanfaatan fraksi radioiod-<sup>131</sup>I memang dijadikan kebijakan kelembagaan.

Terlepas dari rendahnya keradioaktifan total, dan juga konsentrasi keradioaktifan, larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I yang dihasilkan dalam percobaan ini, larutan "bulk" Na<sup>131</sup>I tersebut mempunyai pH, kemurnian radionuklida dan kemurnian radiokimia yang memenuhi syarat untuk pemakaian lebih lanjut.

Penandaan terhadap senyawa substrat Hippuran menghasilkan Hippuran-<sup>131</sup>I dengan hasil penandaan yang cukup baik. Akan tetapi didapatkan indikasi potensi pengikatan spesi Hippuran-<sup>131</sup>I oleh resin Dowex IX8 (Cl<sup>-</sup>) 100 - 200 mesh, sehingga pemakaian resin tersebut dalam proses rutin produksi radiofarmaka Hippuran-<sup>131</sup>I perlu dipertimbangkan lagi.

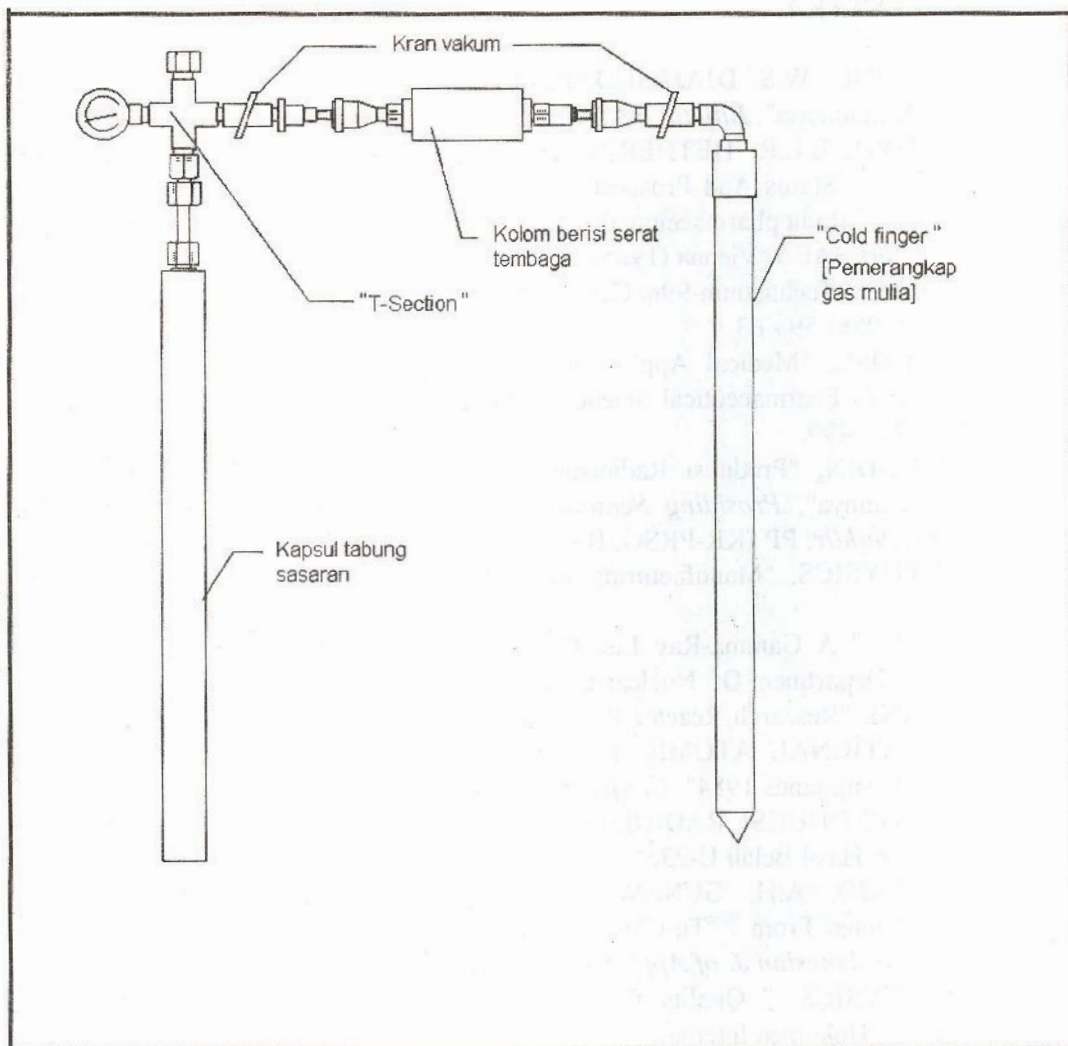
## UCAPAN TERIMAKASIH.

Terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Drs. Zahiruddin, Direktur Divisi Radioisotop PT BATAN Teknologi, yang telah mengizinkan kelompok penelitian ini untuk memanfaatkan fraksi limbah proses produksi radioisotop <sup>99</sup>Mo serta sarana dan fasilitas di Laboratorium Produksi Radioisotop PT BATAN Teknologi, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

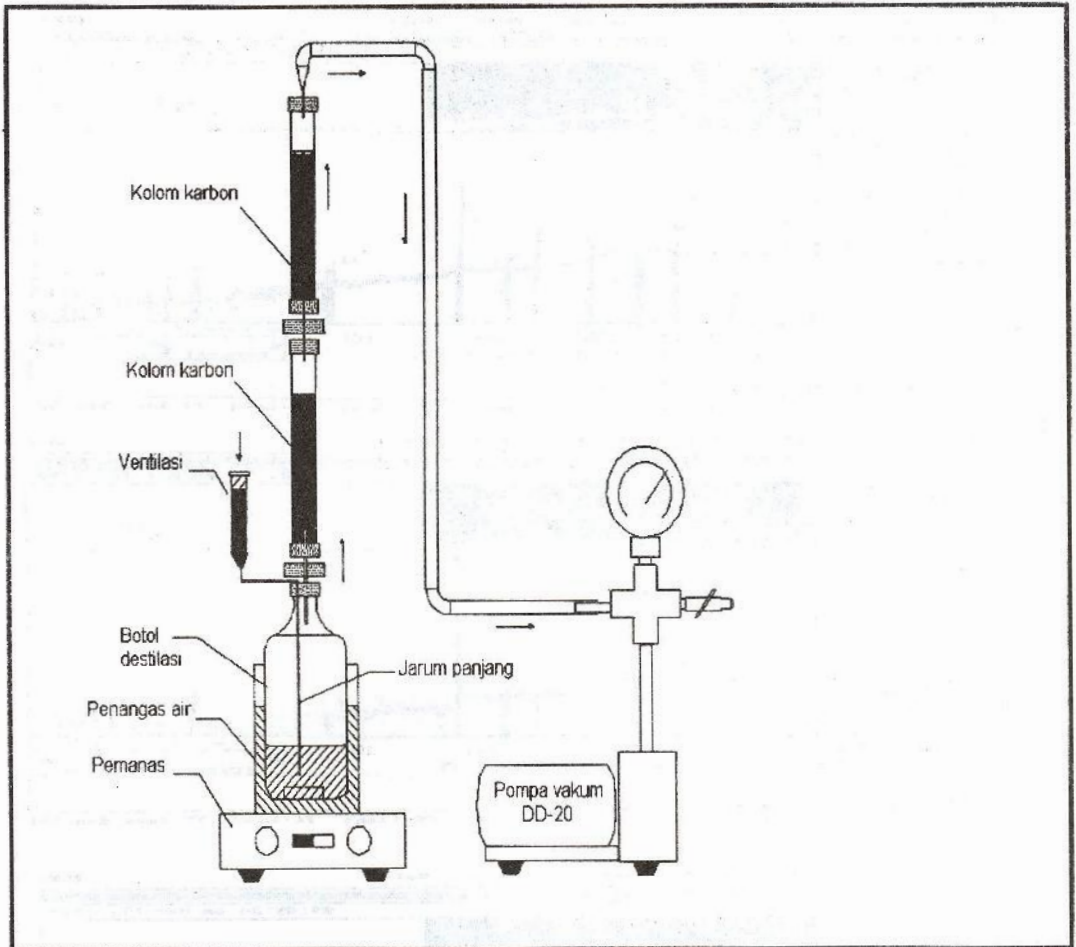


## DAFTAR PUSTAKA.

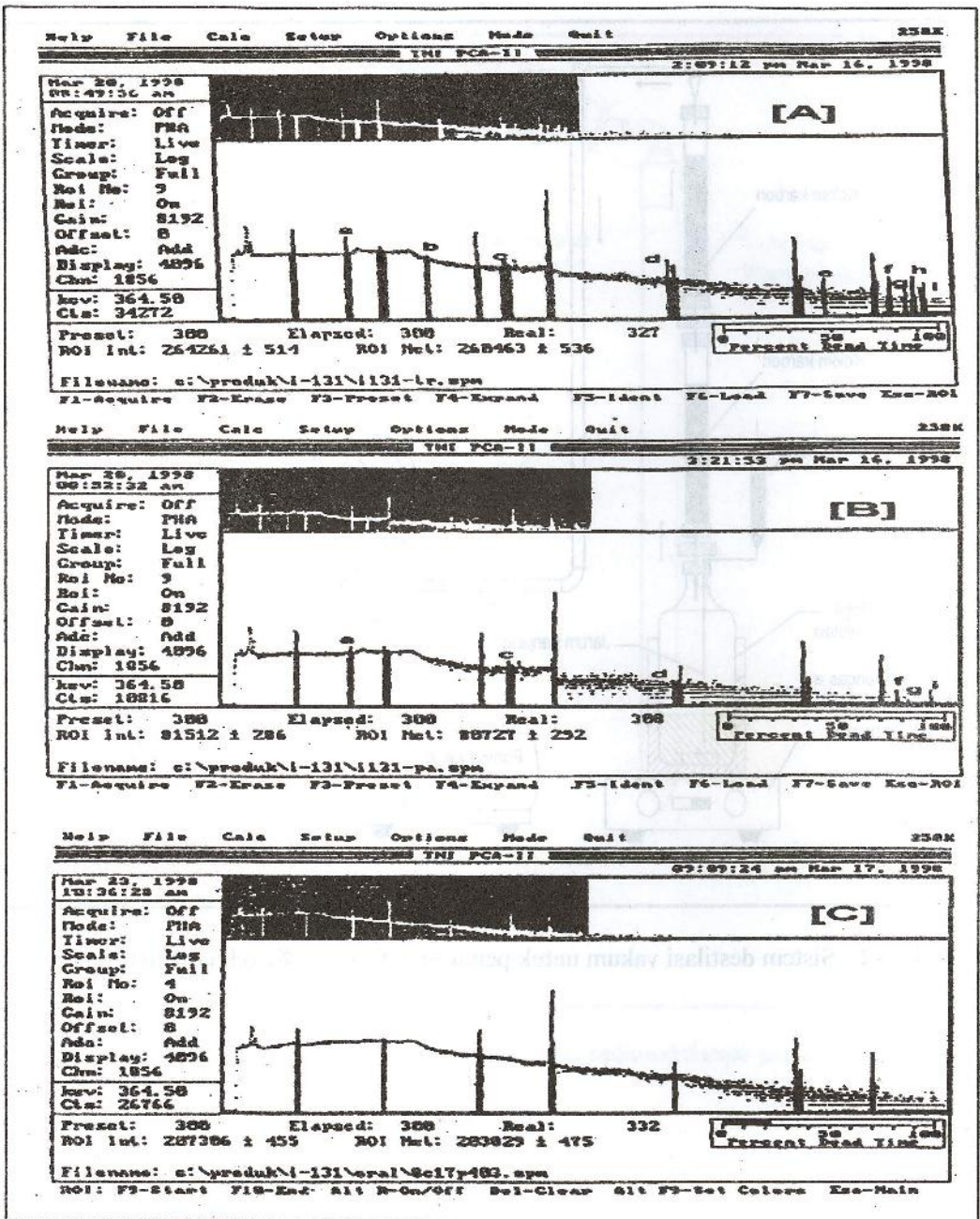
1. S.SOENARJO, W.S. DJAJASUDARMA, "Perkembangan Penggunaan Radioisotop Medik Di Indonesia", *Buletin BATAN, Tahun VIII [2]* (1987) 11 - 17.
2. R.E. BOYD, E.L.R. HETHERINGTON, P.W. MORE, "Radionuclide Generator Technology : Status And Prospects", in : INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Radiopharmaceuticals And Labelled Compounds 1984", *Conference Proceedings*, IAEA, Vienna (1985) 79 - 94.
3. R.E. BOYD, "Technetium-99m Generators : Status and Prospects", *Radiochim. Acta*, **41 [2/3]** (1986) 59 - 63.
4. G.D. CHOSE, "Medical Applications of Radioisotopes", in : A.R. GENNARO, "Remington's Pharmaceutical Sciences", ed. 17, Mack Publishing Company, Easton (1985) 471 - 499.
5. ZAHIRUDDIN, "Produksi Radioisotop  $^{99}\text{Mo}$  Dari Hasil Belah  $^{235}\text{U}$  Dan Aspek Keselamatannya", *Prosiding Seminar Teknologi Dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir*, PPTKR-PRSG, BATAN, Serpong (1993) 380 - 388.
6. MEDI PHYSICS, "Manufacturing Manual of Fission Product Mo-99", Dokumen Internal.
7. D.W. WU, " A Gamma-Ray List Of The Fission Products From Thermal U-235 Fissions", Department Of Nuclear Engineering, University Of Illinois (1995).
8. R.S. MANI, "Research Reactor Production Of Radioisotopes For Medical Use", in : INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Radiopharmaceuticals And Labelled Compounds 1984". *Conference Proceedings*, IAEA, Vienna (1985) 3 - 21.
9. PUSAT PRODUKSI RADIOISOTOP, "Petunjuk Pelaksanaan Proses Pemisahan Mo-99 Dari Hasil Belah U-235". Dokumen No. RI-15-202-006.
10. S.SOENARJO, A.H. GUNAWAN, "Radionuclidic Impurities In Pertechnetate Solution Eluted From  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Chromatographic Generator Loaded With  $^{99}\text{Mo}$ -Fission Product", *Indonesian J. of Appl. Chem.*, **7 [1-2]** (1997) 17 - 21.
11. MEDI PHYSICS, " Quality Control Manual, Fission Product Iodine-131 (Final Product)", Dokumen Internal.
12. DEPARTEMEN KESEHATAN R.I., "Farmakope Indonesia", edisi 3, Direktorat Jenderal Pengawasan Obat Dan Makanan, Jakarta (1979).



**Gambar 1.** Rangkaian sistem untuk pemisahan fraksi radioiod dalam proses  $^{99}\text{Mo}$  hasil fisi.

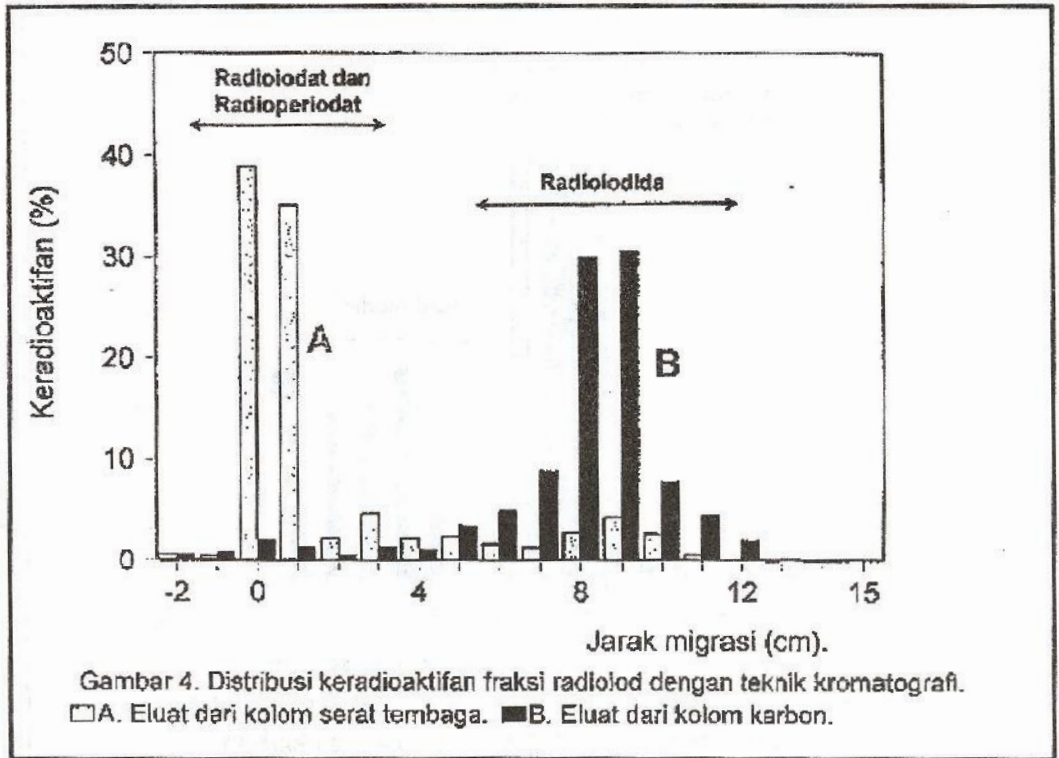


Gambar 2. Sistem destilasi vakum untuk pemurnian fraksi radioiod hasil fisi



Gambar 3. Pola spektrum  $\gamma$  fraksi radioiod eluat kolom serat tembaga [A], eluat kolom karbon [B] dan hasil reaksi (n, $\gamma$ ) [C].

a =  $^{99}\text{Mo} / ^{99m}\text{Tc}$  (140,5 keV), b =  $^{132}\text{Te}$  (228,3), c =  $^{105}\text{Rh}$  (317,6), d =  $^{103}\text{Ru}$  (497,1), e =  $^{132}\text{I}$  (667,9), f =  $^{99}\text{Mo}$  (739,8), g =  $^{95}\text{Zr}$  (758,0), h =  $^{95}\text{Nb}$  (765,9), i =  $^{99}\text{Mo}$  (778,0).



Gambar 4. Distribusi keradioaktifan fraksi radioiod dengan teknik kromatografi.  
□ A. Eluat dari kolom serat tembaga. ■ B. Eluat dari kolom karbon.

