

**STUDI PENDAHULUAN APLIKASI TEKNIK PERUNUT (*TRACER*) ISOTOP  
I-125 DENGAN METODE PENGENDAPAN AgI DALAM SAMPEL AIR  
PANAS BUMI**

Nurfadhlini dan Neneng Laksminingpuri  
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN  
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan  
Email : [fadhlini@batan.go.id](mailto:fadhlini@batan.go.id)

**ABSTRAK**

**STUDI PENDAHULUAN APLIKASI TEKNIK PERUNUT (*TRACER*) ISOTOP I-125 DENGAN METODE PENGENDAPAN AgI DALAM SAMPEL AIR PANAS BUMI.** Telah dilakukan studi pendahuluan aplikasi teknik perunut isotop I-125 dengan metode pengendapan AgI dalam sampel air panas bumi. Dalam studi ini dilakukan pengukuran cacahan larutan standar iodine-125, cacahan latar belakang (*background*) dari sampel air panas bumi dan juga cacahan dari sampel air panas bumi yang sudah di injeksikan isotop I-125. Dari data cacahan larutan standar ini diperoleh kurva kalibrasi standar I-125 dengan nilai  $r = 0,9546$ , ini menunjukkan bahwa alat *Liquid Scintillation Counter (LSC)* masih dalam kondisi yang baik untuk mengukur cacahan dari Iodine-125 dalam sampel panas bumi. Pengambilan sampel panas bumi dilakukan beberapa kali pada waktu yang berbeda. Kemudian dilakukan preparasi sampel air panas bumi dengan menggunakan metode pengendapan AgI dengan cara oksidasi reduksi oleh beberapa pereaksi kimia sehingga diperoleh endapan AgI yang akan di ukur aktivitas I-125 nya dengan menggunakan alat LSC. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa aktivitas Iodine-125 dalam sampel air panas bumi di beberapa sumur produksi di lapangan panas bumi Dieng masih bisa terdeteksi oleh alat LSC. Ini menunjukkan bahwa metode pengendapan AgI dengan cara oksidasi – reduksi oleh beberapa pereaksi kimia ini bisa digunakan untuk teknik perunut pada lapangan panas bumi.

*Kata kunci* : perunut, Iodine-125, panas bumi, pengendapan, LSC

**ABSTRACT**

**PRELIMINARY STUDY OF APPLICATION OF TRACER TECHNIQUE USING IODINE-125 WITH AgI PRECIPITATION METHOD IN GEOTHERMAL WATER SAMPLE.** Preliminary study of application of tracer technique using Iodine-125 with AgI precipitation method in geothermal water sample has been conducted. In this study, we measure I-125 standard activity, background of geothermal water sample and also geothermal water sample that has injected Isotope I-125. From this counting, we get calibration curve of I-125 standard with  $r = 0.9546$ , it indicates that *Liquid Scintillation Counter (LSC)* is still in a good condition to measure activity of Iodine-125 in geothermal water sample. Sampling was done few times at different times. After that, geothermal water sample was prepared using AgI precipitation method with oxidation – reduction by some chemical reagents to obtain AgI precipitate that will be measured its I-125 activity using LSC. The result showed that activity of I-125 in geothermal water samples from some production wells in Dieng geothermal field can be detected by LSC. It indicates that this precipitation method can be used for tracer technique in geothermal field.

*Key words* : tracer, Iodine-125, Geothermal, Precipitation, LSC

## PENDAHULUAN

Teknik perunut adalah suatu teknik untuk mempelajari dinamika suatu sistem dengan menandai atau melabel sistem tersebut dengan suatu zat yang spesifik dan mudah untuk dimonitor, baik selama masih berada dalam sistem atau setelah keluar dari sistem [1]. Beberapa syarat agar suatu zat dapat digunakan sebagai zat perunut secara umum antara lain : (1) Zat tersebut harus mempunyai sifat dan perilaku yang sesuai dengan sistem yang diselidiki. (2) Dalam konsentrasi yang rendah zat tersebut harus mudah dimonitor. (3) Selama berada didalam sistem, perunut tidak mengalami perubahan sifat atau terserap oleh matriks dari sistem.

Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam memilih radioisotop untuk digunakan sebagai perunut ialah waktu paruh, aktivitas, jenis radiasi yang dipancarkan, senyawa kimia dari zat radioisotop dan bentuk fasenya. Faktor waktu paruh dan aktivitas ini sangat penting untuk membuat asumsi berapa lama perunut berada didalam sistem agar perunut yang keluar dari sistem masih dapat dimonitor oleh peralatan yang tersedia.

Sebelum dilakukan injeksi perunut, terlebih dahulu dilakukan pengambilan contoh untuk mengetahui cacahan latar belakang (*background*). Cacahan latar belakang adalah cacahan awal sampel sebelum dipengaruhi oleh isotop yang diinjeksikan pada sumur reinjeksi. Didalam pekerjaan dengan isotop, penentuan cacahan latar belakang terhadap sampel-sampel sumur produksi merupakan bagian yang penting untuk "*justification*" muncul atau tidaknya isotop tersebut di sumur produksi. Apabila cacahan sampel dari sumur produksi secara signifikan lebih besar dari cacahan latar belakang, maka ini menunjukkan adanya anomali. Perbedaan antara cacahan anomali dan cacahan latar belakang merupakan cacahan bersih atau *net count*.

Selain cacahan latar belakang, hal lain yang perlu dilakukan adalah pengukuran kalibrasi aktivitas standar isotop yang akan digunakan sebagai perunut. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui kondisi dari alat yang akan kita gunakan dalam pengukuran aktivitas isotop tersebut. Pada penelitian ini, isotop yang akan digunakan sebagai perunut adalah isotop I-125 dalam bentuk Na<sup>125</sup>I. Isotop I-125 ini mempunyai waktu paruh 60 hari, memancarkan sinar-X dan juga memancarkan sinar  $\gamma$  energi rendah yaitu 35,5 keV, sehingga tidak bisa dilakukan pengukuran secara *in-situ*. Oleh karena itu, untuk mengukur seberapa besar aktivitas isotop I-125 yang ada didalam sampel, perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu terhadap sampel dengan cara oksidasi-reduksi menggunakan

beberapa zat kimia, dan kemudian baru dilakukan pengukuran dengan menggunakan pencacah sintilasi cair (*Liquid Scintillation Counter/LSC*).

## TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya cacahan latar belakang dari sampel air panas bumi, mengetahui kondisi alat LSC yang akan digunakan untuk mengukur aktivitas I-125 dari sampel yang bisa dilihat dari hasil pengukuran standar I-125 sehingga di peroleh kurva linearitasnya, serta untuk mengetahui apakah I-125 yang diinjeksikan ke dalam sampel dengan konsentrasi tertentu dapat dideteksi oleh alat LSC atau tidak, sehingga dapat disimpulkan apakah metode pengendapan I-125 yang digunakan bisa di aplikasikan dalam teknik perunut di lapangan panas bumi atau tidak.

## BAHAN DAN METODE

### ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan antara lain : Seperangkat alat penyaring vakum (*vacuum filter*), beaker glass, kertas saring  $0,45\mu\text{m}$ , batang pengaduk, *vacuum pump*, kertas pH, oven, *Ultrasonic Bath*, LSC.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu : Sampel air panas bumi, Larutan  $\text{Na}^{125}\text{I}$ , NaOH 1M,  $\text{KIO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  15 %,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  5 %,  $\text{KMnO}_4$  4 %, HF 40 %,  $\text{HNO}_3$  5 %,  $\text{AgNO}_3$  0,15M, Amonia 10 %,  $\text{HNO}_3$  65 %, Aquades, Thiourea, dan larutan sintillator.

### METODE

#### 1. Pengukuran Cacahan Latar Belakang

Pengambilan sampel air panas bumi dilakukan di lapangan panas bumi Dieng - Jawa Tengah. Pengambilan sampel dilakukan pada sumur HCE-7C, HCE-9B, dan HCE-28B.

Sebanyak 2 liter sampel air panas bumi yang belum diinjeksikan isotop dimasukkan kedalam beaker glass, kemudian ditambahkan larutan  $\text{KIO}_3$  ke dalam sampel. Larutan sampel selanjutnya dibasakan sampai pH=9. Selanjutnya ditambahkan larutan  $\text{KMnO}_4$  4 % dan campuran larutan asam ( $\text{HNO}_3$  pekat + HF 40% + Aquades). Setelah itu ditambahkan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  15 %, lalu diaduk dan didiamkan. Kemudian sampel disaring dengan kertas saring nitrocellulose, lalu ditambahkan larutan  $\text{AgNO}_3$  0,15M dan

diletakkan diruang gelap selama 1-2 jam. Setelah itu sampel disaring dan dicuci dengan larutan HNO<sub>3</sub> 5 % lalu dibilas dengan aquades. Kemudian Amonia 10 % ditambahkan sebanyak 10 ml, lalu dibilas dengan aquades dan HNO<sub>3</sub> 5 %. Selanjutnya ditambahkan larutan KMnO<sub>4</sub> encer dan dibilas dengan HNO<sub>3</sub> 5 % sehingga diperoleh endapan berwarna kuning, kemudian disedot. Setelah itu ditambahkan larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 5 % dan didiamkan selama 2 menit. Lalu disedot dan endapan dibilas dengan aquades. Sampel dikeringkan selama 20 menit di dalam oven, dan ditimbang bobotnya.

Kertas saring yang berisi endapan dimasukkan ke dalam vial gelas yang sudah berisi thiourea dan beberapa tetes HNO<sub>3</sub> 5 % serta larutan sintillator, kemudian sampel dikocok dan dimasukkan ke dalam *ultrasonic bath* selama 1 jam. Selanjutnya cacahan latar belakang diukur dengan menggunakan pencacah sintilasi cair.

## 2. Pengukuran Aktivitas dari Larutan Standar I-125

Untuk pengukuran aktivitas dari larutan standar I-125 ini, dilakukan dengan cara pengenceran larutan induk Na<sup>125</sup>I yang diperoleh dari Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN dengan aktivitas 4,0096 mCi dalam 10 mL. Kemudian dipipet sebanyak 2 mL dan diencerkan menjadi 1 L dan dihomogenkan dahulu selama 1 malam, lalu diukur dengan menggunakan alat LSC sehingga diperoleh aktivitasnya sebesar 2,22898 Bq/μL. Selanjutnya dibuat deret standar dengan konsentrasi aktivitas yang berbeda-beda, kemudian dilakukan proses yang sama dengan penentuan cacahan latar belakang sehingga didapatkan endapan Ag<sup>125</sup>I, lalu dilakukan pengukuran dengan pencacah sintilasi cair.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan aktivitas dari endapan Ag<sup>125</sup>I yang dihasilkan adalah :

$$A_0 = \frac{C}{2,22 \times 10^{12} \times EVR}$$

- dimana, A<sub>0</sub> : Aktivitas I-125 (curie)  
C : Nilai cacahan hasil pembacaan dengan LSC (cpm)  
2,22x10<sup>12</sup> : Faktor konversi dari desintegrasi per menit (dpm) ke curie  
E : Efisiensi dari alat yang digunakan  
V : Volume sampel yang digunakan (L)  
R : Faktor perhitungan *chemical yield*

Nilai *chemical yield* diperoleh dengan rumus :

$$R = \frac{W}{W_i} \quad \text{dimana, } W : \text{Bobot endapan Ag}^{125}\text{I yang diperoleh}$$

$W_i$  : Bobot iodida yang ditambahkan sebagai  $\text{KIO}_3$  (5 mg) +  
 bobot Iodida yang ada dalam (0,4 mg)

Untuk mengetahui aktivitas I-125 pada saat dilakukan sampling digunakan persamaan :

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad , \quad A : \text{Aktivitas I-125 pada saat pengambilan sampel}$$

$A_0$  : Aktivitas I-125 berdasarkan hasil pengukuran dengan LSC

$\lambda$  : faktor peluruhan, dimana  $\lambda = 0,693/t_{1/2}$

$t$  : lamanya isotop meluruh

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengukuran cacahan latar belakang

Berdasarkan hasil preparasi dengan menggunakan metode oksidasi-reduksi dan pengukuran dengan pencacah sintilasi cair diperoleh data cacahan latar belakang seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Cacahan latar belakang

No.	Kode Sampel	W AgI (g)	Cacahan latar belakang (cpm)
1	HCE-7C	0,18	8,48
2	HCE-9B	0,09	8,07
3	HCE-28B	0,09	7,73

Selanjutnya data cacahan latar belakang ini dapat digunakan untuk menentukan nilai cacahan bersih (*net count*) dari sampel pada saat dilakukan monitoring di lapangan panas bumi Dieng dengan menggunakan perunut I-125.

### 2. Pengukuran kalibrasi larutan standar I-125 menggunakan alat LSC

Berdasarkan hasil pengenceran larutan standar I-125 kedalam beberapa konsentrasi yang berbeda-beda, lalu dilakukan preparasi dengan metode oksidasi-reduksi, maka diperoleh hasil cacahan standar I-125 dengan menggunakan alat LSC sebagaimana yang

tertera pada Tabel 2. Dari hasil cacahan (cpm) tersebut, kemudian bisa dihitung aktivitas dari standar I-125 dengan menggunakan rumus pada halaman 6, sehingga diperoleh data seperti pada Tabel 3.

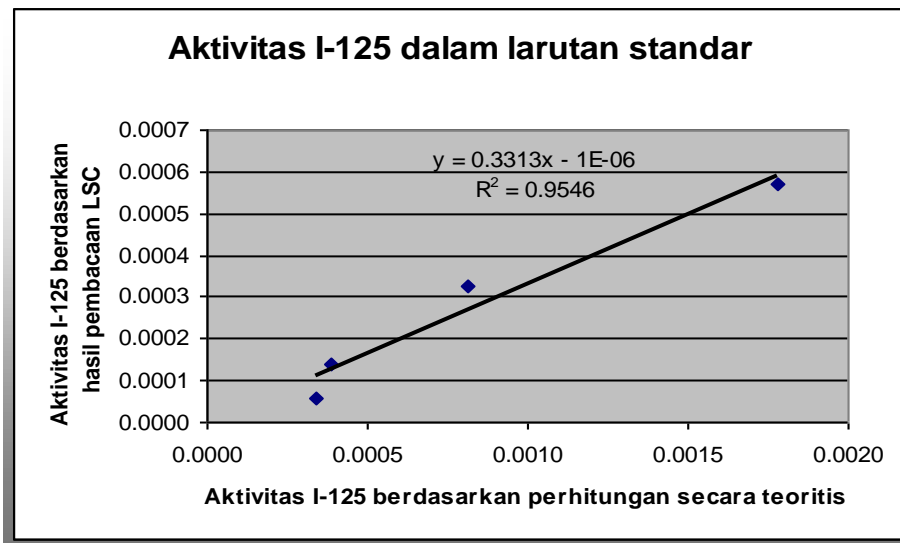
Tabel 2. Cacahan Standar I-125

No.	Konsentrasi pengenceran	Waktu (hari)	W AgI (g)	cpm
1	13000 x	22	0,02	18964,3
2	11500 x	22	0,01	22605,5
3	5500 x	22	0,01	52561,6
4	2500 x	22	0,01	91509,3

Tabel 3. Aktivitas I-125

No.	Konsentrasi pengenceran	Aktivitas I-125 berdasarkan perhitungan secara teoritis (mCi)	Aktivitas I-125 berdasarkan hasil pembacaan LSC (mCi)
1.	13000 x	$3,4256 \times 10^{-4}$	$5,9045 \times 10^{-5}$
2.	11500 x	$3,8786 \times 10^{-4}$	$1,4076 \times 10^{-4}$
3.	5500 x	$8,1058 \times 10^{-4}$	$3,2730 \times 10^{-4}$
4.	2500 x	$1,7833 \times 10^{-3}$	$5,6982 \times 10^{-4}$

Dari data Tabel 3, kemudian dibuat kurva hubungan antara aktivitas I-125 berdasarkan perhitungan secara teoritis dengan aktivitas I-125 berdasarkan hasil pembacaan LSC seperti pada Gambar-1.



Gambar 1. Hubungan antara aktivitas I-125 hasil pembacaan dengan hasil perhitungan

Berdasarkan Gambar-1 diatas didapatkan nilai  $r = 0,9546$ , hal ini menunjukkan bahwa alat LSC yang digunakan masih berfungsi dengan baik, karena hasil cacahannya hampir sama dengan hasil perhitungan secara teori.

### 3. Pengukuran Aktivitas Sampel Air Panas Bumi

Untuk pengukuran aktivitas I-125 dalam sampel air panas bumi juga dilakukan preparasi dengan menggunakan metode oksidasi-reduksi. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat pencacah sintilasi cair dan diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa aktivitas tertinggi dari perunut I-125 yaitu di sumur HCE-7C pada waktu sampling II dan selanjutnya mengalami penurunan aktivitas hingga hasil cacahannya sama dengan cacahan latar belakang, sementara pada sumur HCE-9B dan HCE-28B hanya satu kali terjadi peningkatan aktivitas, dan selanjutnya hasil cacahannya sama dengan latar belakang. Ini menunjukkan bahwa metode pengendapan AgI dengan cara oksidasi – reduksi bisa digunakan untuk teknik perunut pada lapangan panas bumi.

Tabel 4. Aktivitas  $^{125}\text{I}$  di beberapa sumur

No.	Waktu Sampling	Aktivitas $^{125}\text{I}$ pada sumur HCE-7C (Ci/L)	Aktivitas $^{125}\text{I}$ pada sumur HCE-9B (Ci/L)	Aktivitas $^{125}\text{I}$ pada sumur HCE-28B (Ci/L)
1	<b>Sampling I</b>	5,1513E-12	-	-
2	Sampling II	1,1460E-11	-	5,1892E-14
3	Sampling III	9,4470E-13	2,0876E-11	-
4	Sampling IV	-	-	-

## KESIMPULAN

1. Dari data cacahan larutan standar diperoleh kurva kalibrasi standar I-125 dengan nilai  $r = 0,9546$ , menunjukkan bahwa alat *Liquid Scintillation Counter (LSC)* masih dalam kondisi yang baik untuk mengukur cacahan dari Iodine-125 dalam sampel panas bumi.
2. Hasil pencacahan beberapa sampel air panas bumi yang sudah diinjeksikan isotop I-125 menunjukkan bahwa metode pengendapan AgI dengan cara oksidasi-reduksi bisa digunakan untuk teknik perunut pada lapangan panas bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Perunut test di Lapangan Kamojang Jawa Barat dan Analisa Isotop, 1992, Pusat Pendayagunaan Instalasi Badan Tenaga Atom Nasional (Dagstan), Jakarta.
- Mc.CABE.W.J, Artificial Tracers In Geothermal Hydrology, Department of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand.
- BARRY,B.J.,  $^{125}\text{I}$  and  $^{131}\text{I}$  Tracer Techniques in Geothermal Fields, Isotope Applications Section, Institute of Geological and Nuclear Sciences Ltd, Lower Hutt, New Zealand.
- GASPAR,E., 1987, Modern Trends in Tracers Hydrology, Vol.1, CRC Press.Inc.
- FOUILLAC,C., Sauty,J.P., Vuataz,F.D., Use of Isotopes in The Geothermal Industry – Tracer Flow Equations in Porous Media, Geothermal Reservoir Engineering.