

Standardisasi ^{129}I menggunakan sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$

Pujadi, Gatot Wurdianto

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi BATAN
Jalan Lebak Bulus Raya No. 49 Jakarta Selatan
pujadi@batan.go.id

Abstrak – Telah dilakukan penelitian standardisasi secara absolut radionuklida ^{129}I menggunakan sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ dengan metode perunut. Radionuklida ^{129}I memancarkan radiasi foton yang tidak serempak atau peluruhan bukan *cascade*, sehingga pengukuran aktivitas menggunakan metode koinsidensi memerlukan radionuklida lain sebagai perunut. ^{125}I digunakan sebagai perunut karena peluruhannya serempak dan mempunyai kesamaan sifat kimia serta kesesuaian daerah energi foton yaitu pada 27 – 40 keV. Sumber ^{125}I dan ^{129}I dalam bentuk cairan Kalium Iodida (KI) dalam H_2O , masing-masing dipreparasi sendiri-sendiri menjadi cuplikan sumber bentuk titik padat dalam bentuk AgI dengan menambahkan AgNO_3 . Berat cuplikan ditentukan secara gravimetri, berat masing-masing berkisar antara 10 - 30 mg setiap cuplikan. Tahap pertama dilakukan penentuan aktivitas perunut, menggunakan sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$. Pengukuran dilakukan pada daerah puncak energi gamma tunggal 13 – 42 keV (*single peak*). Tahap kedua dilakukan pengukuran sumber campuran ^{129}I dan ^{125}I (*sandwiched*), menggunakan peralatan dan seting yang sama dengan kondisi pengukuran aktivitas perunut. Hasil pengukuran aktivitas ^{129}I menggunakan perunut ^{125}I , diperoleh aktivitas sebesar $998,56 \pm 1,01\%$ Bq/gr dengan waktu acuan 1 Agustus 2012. Nilai aktivitas ^{129}I tersebut bersesuaian dengan hasil pengukuran aktivitas PTB – Jerman menggunakan kamar pengionan- $4\pi\gamma$, dengan perbedaan 0,14%.

Kata kunci: standardisasi, sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$, aktivitas, ^{129}I , perunut ^{125}I

Abstract – The research of absolute standardization of ^{129}I have been carried out by $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ coincidence system with tracer method. Photon radiation emitting of ^{129}I is not simultaneous, so that absolute activity measurement using this method require radionuclide tracer. ^{125}I can be used as a tracer, because emits two or more photons radiation simultaneously and it has similarities in the chemical properties with ^{129}I and both radionuclides emitting photons with similar energies from about 27-40 keV. The sources of ^{125}I and ^{129}I in the form of liquid of potassium iodide (KI) in H_2O solution was prepared individual into solid point source in the form of AgI by adding AgNO_3 . The weight of sample sources were determined by gravimetric, between 10 – 30 mg of each sample. In the first step the activity concentration of tracer is measured by a $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ coincidence system. Measurement were taken at the gamma energy region of single peak from 13 to 42 keV. The second step photons are counted from mixed samples (*sandwiched*) of ^{129}I and of the ^{125}I with the known activity concentration, using the same measuring equipment and setting is used as for the activity measurement of a tracer. The measurement result of activity ^{129}I using ^{125}I tracer was obtained $998,56 \pm 1,01\%$ Bq/gr at reference time August 1, 2012. The activity value agrees with the results of PTB-Jerman measurements using the calibrated $4\pi\gamma$ ionization chamber with difference 0.14 %.

Key words: standardization, $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ coincidence system, activity, ^{129}I , tracer ^{125}I .

I. PENDAHULUAN

Pada kegiatan pengukuran radiasi diperlukan sumber standar radionuklida sebagai acuan dalam pengukuran atau untuk kalibrasi alat ukur radiasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian dan keakuratan pengukuran radioaktivitas adalah sumber standar radionuklida yang digunakan sebagai acuan. Sumber standar radionuklida yang digunakan oleh pemangku kepentingan di Indonesia, seperti lembaga penelitian, industri dan rumah sakit sebagian besar masih impor dari negara lain diantaranya dari USA, Jerman, Perancis dll.

Untuk mengurangi mengurangi ketergantungan produk luar negeri, maka penelitian dan pengembangan dibidang metrologi radiasi khususnya standardisasi radionuklida sangat perlu dilakukan agar dapat memproduksi sumber standar radionuklida sendiri

Untuk keperluan pembuatan sumber standar radionuklida perlu dikembangkan metode pengukuran secara absolut atau metode langsung (*direct methods*). Ketepatan pengukuran menggunakan metode absolut biasanya lebih baik dibandingkan dengan metode relatif, karena pengukuran dengan metode relatif sangat bergantung pada sumber standar yang digunakan. Selama ini pengukuran aktivitas radionuklida ^{129}I hanya dilakukan dengan metode relative. Pada makalah ini dibahas standardisasi radionuklida ^{129}I secara absolut menggunakan sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ dengan metode perunut.

II. TEORI

A. Yodium-129

Radionuklida ^{129}I adalah merupakan produk dari proses fisi, yang bersifat *volatile* dengan waktu paro yang

cukup panjang (1,57 x 10⁷) tahun [2,3,4]. ¹²⁹I meluruh melalui pancaran zarah β, dengan E_β max. 151 keV, kemudian menuju ke *ground state* 39,6 keV dari ¹²⁹Xe dengan memancarkan foton pada energi 29,5 – 39,6 keV. Transisi ke keadaan dasar memancarkan sinar -γ sebesar 7,42% bagian terbesar terdiri dari *K x-rays* dengan energi antara 29,5 - 34,5 keV [1,2,3]. Sumber standar radionuklida ¹²⁹I banyak digunakan untuk kalibrasi detektor pada energi rendah, selain itu digunakan pula pada kegiatan pengawasan /pengelolaan bahan bakar nuklir (IAEA 1987) [1].

Radionuklida ¹²⁹I memancarkan foton lebih dari satu, tetapi pancaran fotonnya tidak, pengukuran aktivitas menggunakan sistem koinsidensi γ(NaI) – γ(NaI) tidak dapat dilakukan langsung karena tidak akan diperoleh laju cacah koinsiden, pada pengukuran ini memerlukan perunut. [1,2].

Radionuklida yang digunakan sebagai perunut harus yang memancarkan dua atau lebih radiasi foton serempak, kesamaan komposisi kimia dan daerah energi pancaran foton. Radionuklida yang cocok untuk perunut pada pengukuran aktivitas ¹²⁹I adalah ¹²⁵I [1,2].

Peluruhan radionuklida ¹²⁵I mirip dengan ¹²⁹I, keduanya hanya mempunyai satu keadaan tereksitasi, *exited state*, ¹²⁹I pada 39,6 keV (¹²⁹Xe) dan ¹²⁵I pada 35,5 keV (¹²⁵Te). Transisi ke keadaan dasar ¹²⁹I memancarkan sinar-γ 7,42% dan I-125 memancarkan 6,67% , pancaran *K x-rays* ¹²⁹I dengan energi 29,5 - 34,5 keV (¹²⁹Xe) dan untuk ¹²⁵I dengan energi 27,2 – 31,8 keV (¹²⁵Te) [1,2,3].

Standardisasi ¹²⁹I menggunakan sistem koinsidensi γ(NaI) – γ(NaI) dengan perunut ¹²⁵I dilakukan dua tahap. Tahap pertama pengukuran aktivitas ¹²⁵I , tahap kedua pengukuran aktivitas ¹²⁹I dan ¹²⁵I yang sudah diketahui aktivitasnya, peralatan dan seting sama dengan peralatan yang digunakan untuk pengukuran aktivitas ¹²⁵I [1,2].

B. Sistem koinsidensi γ(NaI) – γ(NaI)

Sistem koinsidensi γ(NaI) – γ(NaI) merupakan sistem peralatan untuk pengukuran aktivitas secara absolut menggunakan dua buah detektor NaI(Tl) yang diletakkan berhadapan-hadapan dan dihubungkan dengan unit koinsidensi [1,3-7]. Kedua buah detektor yang digunakan sebaiknya memiliki ukuran yang hampir sama, efisiensi intrinsik yang serupa untuk semua jenis foton, sehingga memungkinkan terjadinya cacah koinsidensi [1]. Cuplikan yang diukur berupa sumber titik, yang diletakkan diantara kedua buah detektor tersebut [1,3]. Ada dua metode pengukuran aktivitas menggunakan sistem ini yaitu dengan posisi atau jarak sumber ke detektor tetap (J.G.V.Taylor), dan metode variasi jarak posisi sumber terhadap detektor (H.Schrader dan KF walz) [4,6].

C. Pengukuran aktivitas ¹²⁵I

Metode pengukuran aktivitas secara absolut ¹²⁵I menggunakan sistem koinsidensi foton-foton, dilakukan dengan dua metode yaitu jarak sumber ke detektor tetap dan variasi jarak sumber ke detektor untuk mendapatkan variasi

efisiensi dari masing-masing detektor [3,4,5]. Gerbang saluran gamma ditentukan pada daerah energi foton gamma yang diinginkan [3,4,5].

Tabel 1. Energi, probabilitas emisi dan *fluorescence escape* radionuklida ¹²⁵I dan ¹²⁹I [2].

Radionuklida	Radiasi	E _γ (keV)	p _γ	f _γ
¹²⁵ I	TeK(e.c.)	28,07	0,699	0,0
¹²⁵ I	TeK(e.c.)	28,07	0,696	0,0
¹²⁹ I	Xe K _{a2}	29,46	0,200	
	0,0			
¹²⁹ I	Xe Ka1	29,78	0,371	0,0
¹²⁹ I	Xe Kβ2	33,60	0,109	0,254
¹²⁹ I	Xe Kβ2	34,50	0,024	0,249
¹²⁵ I	Sinar-γ	35,49	0,0667	
	0,245			
¹²⁹ I	Sinar-γ	39,58	0,0746	
	0,222			

Untuk menghitung aktivitas ¹²⁵I dengan metode ekstrapolasi efisiensi menggunakan persamaan yang dijabarkan oleh H Schrader dan KF Walz [4] dan untuk jarak tetap menggunakan persamaan JGV Taylor [6].

D. Pengukuran aktivitas ¹²⁹I

Untuk menentukan aktivitas sumber ¹²⁹I menggunakan sistem koinsidensi γ(NaI) – γ(NaI), pencacahan sumber ¹²⁹I dilakukan bersama-sama dengan sumber perunut ¹²⁵I [2]. Metode pengukuran dan seting alat harus sama dengan yang digunakan pada penentuan aktivitas perunut ¹²⁵I [2]. Untuk menghitung aktivitas ¹²⁹I pada sampel campuran tersebut digunakan persamaan sebagai berikut [2,3] :

$$A_{(129)} = \frac{1}{k_{(129)}} \left(2 \sqrt{\frac{y}{(1-x)^k}} k_{(125)} A_{(125)} - (1+k_{(125)}) A_{(125)} \right)$$

(1)

dengan

$$A_{(125)} = \text{Aktivitas } ^{125}\text{I}$$

$$A_{(129)} = \text{Aktivitas } ^{129}\text{I}$$

$$k_{(125)} = \text{konstanta } ^{125}\text{I}$$

$$k_{(129)} = \text{konstanta } ^{129}\text{I}$$

$$y/(1-x) = k_{(125)} A_{(125)} \left(\frac{1+k_{(125)}}{2k_{(125)}} + \frac{1}{2} \frac{k_{(129)} A_{(129)}}{k_{(125)} A_{(125)}} \right)^2$$

(2)

Nilai parameter *f_{γ(5)}* dan *f_{γ(9)}* diperoleh dari Tabel 1 (Coursol 1982 , 1984 dikutip oleh H Schrader) [2,11] :

$$k_{(125)} = \frac{P_{eK(5)} \omega_k + P_{\gamma(5)} (1 - f_{\gamma(5)})}{P_K \omega_k}$$

(3)

$$k_{(129)} = \frac{P_{ek(9)} \omega_{K(9)} \sum_j^4 r_j (1 - f_j) + P_{\gamma(9)} (1 - f_{\gamma(9)})}{P_K \omega_k}$$

(4)

Data dari peluruhan I-125 [2]:

- $P_{eK(5)}$ = Probabilitas pancaran elektron kulit K (0,793)
- ω_k = Yield fluoresensi kulit-K (0,875 ± 0,004)
- $p_{\gamma(5)}$ = Probabilitas pancaran foton - γ 35,49 keV (0,0667)
- P_K = Probabilitas tangkapan elektron kulit-K (0,8007)
- $f_{\gamma(5)}$ = Probabilitas *fluo.escape* foton - γ 35,49 keV (0,245)

Data dari peluruhan I-129 [2] :

- $P_{eK(9)}$ = Probabilitas pancaran elektron kulit-K (0,789)
 - $\omega_k(9)$ = Yield fluoresensi kulit-K (0,888)
 - $p_{\gamma(9)}$ = Probabilitas pancaran foton- γ 39,58 keV (0,0746)
 - $f_{\gamma(9)}$ = Probabilitas *fluo.escape* foton - γ 35,58 keV (0,222)
- Nilai x dihitung dengan persamaan :

$$x = \left(\frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{a_1 a_2}{4} \right)$$

(5)

$$\frac{N_c}{N_2} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{N_c}{N_1} \right) \div \left(1 - \frac{1}{4} \frac{N_c^2}{N_1 N_2} \right) = a_1 \quad (6)$$

$$\frac{N_c}{N_1} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{N_c}{N_2} \right) \div \left(1 - \frac{1}{4} \frac{N_c^2}{N_1 N_2} \right) = a_2 \quad (7)$$

- N_1 = Laju cacah detektor-1 terkoreksi
- N_2 = Laju cacah detektor-2 terkoreksi
- N_c = Laju koinsidensi terkoreksi

III. EKSPERIMEN

A. Bahan dan Peralatan

Pada penelitian ini digunakan perunut zat radioaktif ¹²⁵I, diperoleh dari P2RR- Serpong dalam bentuk larutan, komposisi kimia (Na₂SO₃ + LiOH + KI) dalam H₂O. Zat radioaktif ¹²⁹I dalam bentuk larutan, komposisi kimia (NaI 60mg/L + Na₂S₂O₃ 45mg/L + HCHO 1,2g/L) diperoleh dari PTB – Jerman. Untuk proses pengenceran menggunakan larutan pengemban yang dibuat dari campuran : 50 µg/L Na₂SO₃ + 50 µg/L Li(OH) + 50 µg/L KI dalam H₂O [1,3]. Larutan Ag(NO₃)₃ 0,1N digunakan untuk mengikat iodium menjadi endapan AgI. Larutan *Catanac* (SiO₂) digunakan sebagai katalis untuk memperhalus terbentuknya kristal [5]. Penyangga sumber dipergunakan plastik polietilen (PE) dengan ketebalan ± 25 µg/cm³. Sedangkan cuplikan dalam bentuk cair dibuat dalam wadah ampul gelas standar PTKMR volume 5 ml.

Alat ukur aktivitas menggunakan dua buah detektor NaI(Tl). Kristal detektor NaI(Tl) dengan ketebalan 6 mm dan diameter 75mm (3 inchi). Sistem pencacah ini dilengkapi dengan modul-modul penguat (*amplifier*), *SCA* (*single channel analyzer*), *gate and delay*, koinsiden unit, sumber pulsa (*pulse generator*), pencatat pulsa (*counter*), MCA (*muti channel analyzer*) dan osiloskop.

B. Pembuatan cuplikan

Cuplikan untuk pengukuran menggunakan sistem koinsidensi γ (NaI) – γ (NaI) dan spektrometer gamma dalam bentuk titik padatan, sedangkan untuk pengukuran

menggunakan kamar pengionan 4 π dalam bentuk cair pada wadah ampul gelas dengan berat (2 ± 0,5%) gram. Pembuatan cuplikan radionuklida ¹²⁹I dan ¹²⁵I (sebagai perunut) pada prinsipnya sama. Masing-masing larutan ¹²⁵I dan larutan ¹²⁹I di preparasi menjadi sumber bentuk titik padatan dengan jalan diteteskan, diatas penyangga plastik tipis (PE), yang sebelumnya telah ditetesi terlebih dahulu dengan AgNO₃ dan *Catanac*. Berat masing-masing cuplikan ditentukan dengan timbangan semi-mikro. Disiapkan cuplikan ¹²⁹I dan ¹²⁵I masing-masing 5 buah dengan berat bervariasi dari 6,73 - 51,74 mili gram. Setelah kering cuplikan ditutup dengan plastik tipis (PE) untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Pembuatan cuplikan dalam bentuk cair dengan wadah ampul gelas PTKMR, masing-masing 2 buah cuplikan, dengan berat berkisar 1,98 sampai 2,12 gram setiap ampulnya, kemudian ampul ditutup rapat.

C. Pencacahan cuplikan ¹²⁵I dan campuran (¹²⁵I dan ¹²⁹I)

Pertama-tama dilakukan pencacahan terhadap cuplikan ¹²⁵I, cuplikan diletakkan di tengah-tengah diantara kedua buah detektor NaI(Tl), keluaran dari penguat (*amplifier*) dihubungkan dengan penganalisa salur ganda (*Multi Channel Analyzer = MCA*). Kemudian dengan bantuan sumber pulsa (*pulse generator*), ditentukan gerbang /daerah energi gamma pada daerah *single peak* energi 13 – 42 keV. Pencacahan selanjutnya dilakukan terhadap cuplikan campuran (¹²⁵I dan ¹²⁹I) dengan seting dan posisi sumber yang sama, dengan pada waktu pencacahan cuplikan ¹²⁵I.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 2, disajikan hasil pengukuran aktivitas ¹²⁵I, yang digunakan sebagai perunut. Gerbang saluran gamma dibatasi pada *single peak* yaitu pada daerah energi 13 – 42 keV. Dengan pemasangan diskriminator bawah 13 keV diharapkan laju cacah sinar-x dari kulit L energi (3,3 – 4,8) keV (¹²⁵Te) tidak ikut tercacah [2,3]. Laju cacah dikoreksi terhadap cacah latar, waktu mati detektor, laju cacah koinsiden dikoreksi terhadap cacah latar, waktu mati detektor dan waktu resolusi. Hasil pengukuran aktivitas ¹²⁵I terhadap lima buah cuplikan, dengan variasi berat diperoleh nilai aktivitas per satuan berat (mg) relatif sama dengan penyimpangan 0,47%. Ketidakpastian pengukuran masing-masing cuplikan (statistik pencacahan) berkisar antara 0,43 – 48%. Ketidakpastian gabungan (*combined relative standard uncertainty or quadratic sum*) ditentukan dengan parameter ketidakpastian pengukuran tipe A dan tipe B, disajikan pada Tabel 3. Nilai aktivitas ¹²⁵I yang diperoleh adalah 431,12 ± 0,70% Bq/mg, waktu acuan 01 Agustus 2012, jam: 00.00. WIB, nilai ketidakpastian adalah ketidakpastian gabungan

Untuk menentukan nilai aktivitas ¹²⁹I, pengukuran dilakukan terhadap sumber campuran ¹²⁹I dan ¹²⁵I dimana aktivitas ¹²⁵I sudah diketahui. Kedua sumber ditumpuk menjadi satu (*sandwich*), kemudian diukur, menggunakan

sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ dengan seting dan kondisi sama dengan pada waktu mencacah ¹²⁵I.

Hasil cacah N₁ dan N₂, dari sumber campuran (¹²⁹I + ¹²⁵I) yang diperoleh lebih tinggi dari hasil cacah N₁ dan N₂ sumber tunggal ¹²⁵I pada posisi yang sama, karena cacah N₁ dan N₂ merupakan gabungan dari kedua radionuklida, tetapi N_c yang diperoleh relatif sama bahkan lebih kecil, hal ini karena laju cacah koinsiden hanya berasal dari peluruhan ¹²⁵I. Dengan variasi jarak sumber-detektor 5-120 mm diperoleh nilai parameter -x berkisar antara 0,098 - 0,041, nilai ini sangat tergantung pada N_c/N_{1,2} [2].

Untuk menghitung nilai aktivitas ¹²⁹I, A₍₁₂₉₎ dengan persamaan (1) maka nilai k₍₁₂₅₎ dan k₍₁₂₉₎ harus dihitung terlebih dahulu menggunakan persamaan (3) dan (4).

Tabel 2. Hasil pengukuran aktivitas I-125

No. cuplikan	Berat	No/mg (Bq/mg)
01	12,04	430,61 ± 0,46
02	11,97	431,72 ± 0,43
03	12,16	431,16 ± 0,48
04	6,73	431,21 ± 0,44
05	12,44	430,92 ± 0,45
Rata-rata		431,12 ± 0,45

Tabel 3. Ketidakpastian gabungan pengukuran ¹²⁵I dan ¹²⁹I.

Komponen ketidakpastian ¹²⁹ I(%)	¹²⁵ I (%)	
Statistik pencacahan	0,47	1,01
Waktu cacah	0,035	0,035
Penimbangan	0,05	0,05
Waktu mati	0,005	0,005
Cacah latar	0,50	0,50
Waktu resolusi	0,05	0,05
Waktu paro	0,10	0,10
Radionuklida pengotor	0,00	0,00
Ekstrapolasi (variasi jarak)	0,00	0,50
Ketidak pastian gabungan :	0,70	1,24

Data energi, probabilitas emisi dan f_γ dari data Tabel 1.

Pada persamaan (3) untuk menentukan nilai k₍₁₂₅₎, probabilitas *fluorescence escape* (f_γ) untuk ¹²⁵I pada energi-gamma 35,49 keV f_γ = 0,245. Nilai k₍₁₂₅₎ yang diperoleh sebesar 1,062, nilai ini berbeda sebesar 0,005 dengan nilai yang didapat oleh H SCHRADER (1990) yaitu sebesar 1,067. Perbedaan ini dikarenakan pemakaian parameter yang digunakan berbeda, dengan perkembangan nilai data nuklir yang ada, tetapi pengaruhnya sangat kecil pada hasil akhir. Untuk menentukan nilai k₍₁₂₉₎ menggunakan persamaan (4), probabilitas pancaran sinar-x kulit-K pada peluruhan ¹²⁹I

yaitu fraksi $P_{ek(9)} \omega_{K(9)} \sum_{j=1}^4 r_j (1-f_j)$ dihitung untuk : K_{α2}

(29,46 keV); K_{α1} (29,78 keV); K_{β1} (33,6 keV); K_{β2} (34,5 keV) dengan $p_{\gamma} = P_{ek(9)} \omega_{K(9)} r_j$; (j =1,4) dan

$\sum_{j=1}^4 r_j = 1$. Nilai k₍₁₂₉₎ diperoleh sebesar 1,038, nilai

k₍₁₂₉₎ yang diperoleh H.SCHRADER (1990) adalah 1,039, dengan perbedaan 0,001 relatif cukup kecil pengaruhnya terhadap hasil akhir A₍₁₂₉₎. Pada Tabel 4 disajikan hasil pengukuran aktivitas ¹²⁹I menggunakan sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ dengan perunut ¹²⁵I. Terlihat pada cuplikan no.3 nilai hasil pengukuran yang diperoleh mempunyai perbedaan yang paling besar sekitar 1,15% terhadap rerata, hal ini kemungkinan karena massa

Tabel 4. Hasil pengukuran aktivitas ¹²⁹I

No Cuplikan	Berat (mg)	Aktivitas (Bq/mg)
01	40,37	994,49 ± 1,05%
02	51,36	992,73 ± 1,26%
03	13,41	1010,22 ± 1,80%
04	44,78	998,01 ± 0,98%
05	29,13	997,31 ± 1,01%
Rata-rata		998,56 ± 1,01%

terlalu kecil sehingga memerlukan waktu pencacahan yang lebih panjang. Hasil rerata dari lima buah cuplikan adalah 998,56± 1,24% Bq/gram, dengan ketidakpastian adalah ketidakpastian gabungan Tabel 3. Perbedaan hasil pengukuran yang dilakukan PTB-Jerman menggunakan kamar ionisasi yang terkalibrasi dengan standar primer adalah 0,14%.

V. KESIMPULAN

Pengukuran aktivitas secara absolut radionuklida ¹²⁹I menggunakan menggunakan sistem koinsidensi $\gamma(\text{NaI}) - \gamma(\text{NaI})$ dengan metode perunut ¹²⁵I telah dapat dilakukan dengan baik di PTKMR - BATAN dan hasilnya cukup akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada saudara Holnisar diucapkan terima kasih atas bantuannya pada waktu seting alat.

PUSTAKA

[1] H.Schrader .*Standardization of ¹²⁹I by tracer Method with Photon - photon Coincidences from the Decay of ¹²⁵I*. Appl.Radiat.Isot.41, No.4, pp.417-421, 1990.

-
- [2] TdeR, (2004). Table de Radionuclides. *Atomic and Nuclear Data, Recommended data/table. BNMLNHB/CEA – Table de Radionuclides – CEA.*
- [3] G Ratel, J.W. Muller, *Trial comparison of activity measurement of solution of I-125.* BIPM Report -88/2, February 1988.
- [4] H Schrader and KF Walz (1987) *Standardization of ^{125}I by photon – photon coincidence counting and efficiency extrapolation.* Appl.Radiat.Isot.41,417.
- [5] H.Schrader. (2006) *Photon - photon coincidences for activity determination : ^{125}I and other radionuclides.* Appl.Radiat.Isot. 64 1179-1185.
- [6] J.G.V. Taylor, *Standardization of Radionuclides,* IAEA Vienna, 1967, p.341.
- [7] Maria Sahagia, C.Ivan.E.L.Grigorescu, Anamaria Razdolescu (2008) , *Standardization of ^{125}I by the coincidence method and practical applications.* Appl.Radiat.Isot.66 . 895-899