

## UJI PELINDIHAN HASIL SEMENTASI RESIN BEKAS

Sugeng Purnomo

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif

e-mail: sugengp@batan.go.id

### ABSTRAK

**UJI PELINDIHAN HASIL SEMENTASI RESIN BEKAS.** Hasil sementasi resin bekas di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif pada tahun 2016 ditempatkan dalam dua buah *shell* beton 110 C dan 111 C. Untuk mengetahui kualitas hasil sementasi, telah dilakukan uji pelindihan statis sampel blok beton tersebut. Pengamatan sampai dengan 100 hari perendaman menunjukkan laju pelindihan Cs-137 dan Co-60 sebesar 1 s/d 3 mg/cm<sup>2</sup>.hari dan 7 s/d 45 µg/cm<sup>2</sup>.hari. Secara grafis tampak dengan jelas laju pelindihan kedua radionuklida dari sampel blok beton 111 C lebih kecil dibandingkan sampel 110 C dan laju pelindihan Cs-137 mencapai 70 s/d 140 x lebih tinggi dari Co-60.

Kata kunci: pelindihan, sementasi

### ABSTRACT

**LEACHING TEST OF SPENT RESIN CEMENTATION PRODUCT.** *Cementation product of spent resin at the Radioactive Waste Treatment Installation in 2016 is placed in two concrete shell 110 C and 111 C. To know the quality of cementation result, static leaching test has been performed to the concrete block sample. Observation up to 100 days of immersion showed Cs-137 and Co-60 leaching rates of 1 to 3 mg/cm<sup>2</sup>.days and 7 to 45 µg/cm<sup>2</sup>.days. Graphically, the rate of both radionuclide leaching rate from 111 C concrete block sample is smaller than 110 C sample and Cs-137 leaching rate reaches 70 to 140 times higher than Co-60.*

Keywords: leaching, cementation

### PENDAHULUAN

Kondisioning resin bekas di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif dilakukan dengan metoda sementasi, demikian pula halnya dengan konsentrat hasil evaporasi limbah radioaktif cair. Untuk mengetahui kualitas hasil sementasi tersebut dalam hal penahanan radionuklida maka perlu dilakukan pengujian pelindihan. Uji pelindihan merupakan kriteria dasar untuk mengevaluasi kualitas kondisioning (pengolahan dan atau solidifikasi) limbah radioaktif, dengan counting dan analisis media pelindihan dapat dihitung fraksi kumulatif radionuklida yang terlindih untuk memperkirakan perubahan kimia dan structural yang terjadi terhadap blok beton<sup>[1]</sup>. Pengujian dapat dilakukan dengan cara statis dengan merendam sampel blok sementasi dalam akuades sebagai medium pelindihan. Cara lain dengan uji pelindihan dipercepat menggunakan soxhlet. Metode pengujian ini mempersingkat waktu pengamatan sekaligus untuk mempelajari pengaruh temperatur dan tekanan terhadap laju pelindihan<sup>[2,3]</sup>. Secara praktis media pelindihan disirkulasi dengan pendidihan pada sebuah labu didih dan sampel dikontakkan dengan kondensat pada suhu tertentu yang akan kembali ke labu didih. Cara pengujian yang lebih kompleks dengan meningkatkan efektifitas intrusi media pelindihan kedalam sampel blok beton dengan memperbesar tekanan hidrostatik media pelindihan dalam ruang/bejana pelindihan.

Pengujian cara statis relatif lebih mudah dilakukan walaupun perlu waktu pengamatan yang lebih lama. Data laju pelindihan yang diperoleh dari pengujian dengan teknik ini akan lebih memberikan gambaran tentang potensi pelindihan radionuklida dari *concrete shell*<sup>[3]</sup>. Nilai acuan laju pelindihan yang dapat dipertimbangkan sebagai pembandingan sebesar 2,5 s/d 17 mg/cm<sup>2</sup>.hari dan setelah pelindihan > 150 hari, laju pelindihan ≤ 1 mg/cm<sup>2</sup>.hari<sup>[4,5]</sup>.

### METODE

Pada kegiatan sementasi resin bekas yang akan ditempatkan dalam *shell* beton 110 C dan 111 C dilakukan sampling *dry slurry*. Sampel *dry slurry* yang mengandung resin bekas kemudian ditempatkan dalam cetakan sampel (pot polietilen) diameter 3,6 cm, tinggi 3,7 cm. Setelah *curing time* 28 hari, sampel uji blok beton dikeluarkan dari pot. Selanjutnya sampel tersebut direndam menggunakan 750 mL akuades di dalam toples pada posisi tergantung. Radionuklida yang terlindih ditentukan dengan counting radioaktifitas akuades menggunakan *Multichannel Analyzer* selama

rentang waktu pengujian. Dengan aktifitas sampel blok beton  $A_{sp}$ , aktifitas air uji pelindihan  $A_i$ , massa sampel blok beton  $m$ , luas permukaan blok beton  $A$ , lama pengujian  $T_i$ , maka laju pelindihan  $R$  dirumuskan sebagai  $R = \frac{A_i \times m}{A_{sp} \times A \times T_i}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengukuran dimensi sampel uji blok beton diperoleh data sebagai berikut:

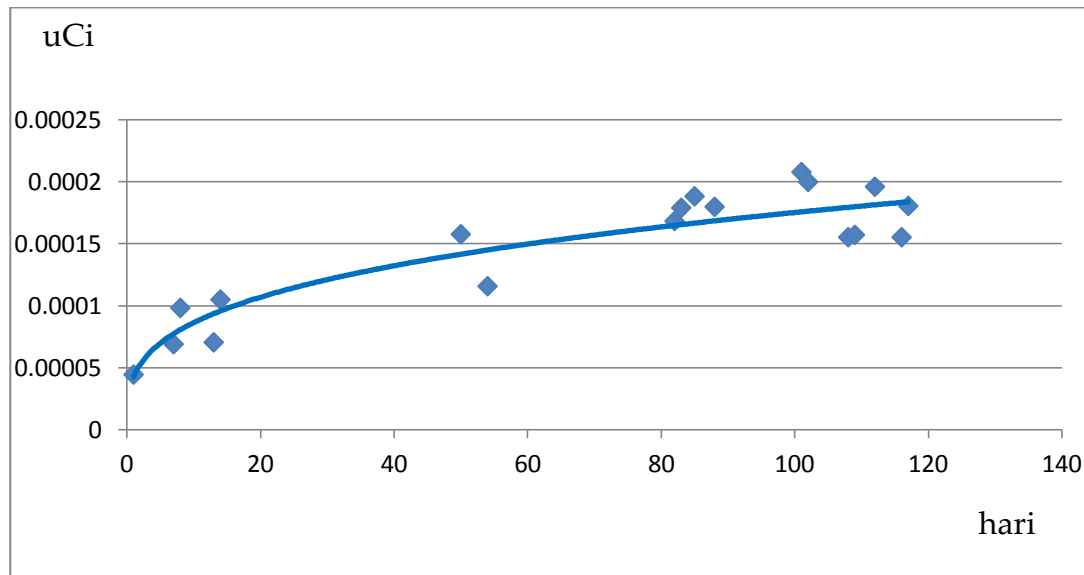
Tabel 1. Dimensi sampel blok beton dan parameter terhitung.

Parameter	Sampel	110 C	111 C
Diameter, cm		3,6	3,6
Tinggi, cm		3,7	3,9
Luas permukaan, cm <sup>2</sup>		62,2	64,5
Volume, cm <sup>3</sup>		37,66	39,697
Massa, g		68,363	75,200
Densitas, g/cm <sup>3</sup>		1,8	1,89
Volume akuades, mL		750,0	750,0
Aktifitas, $\mu\text{Ci}$ (Cs-137 dan Co-60)		0,000506	0,1686
			0,003236
			0,2946

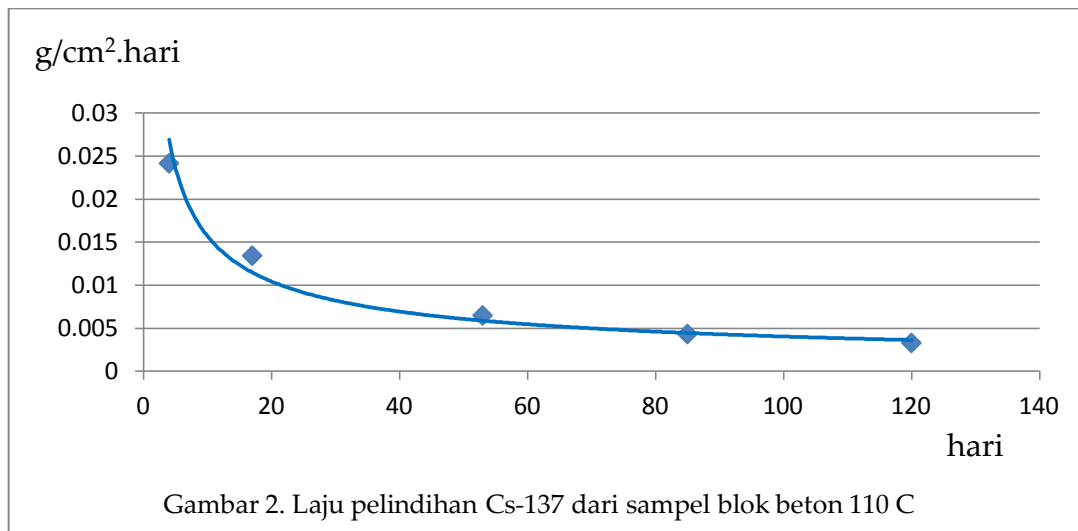
Luas permukaan blok beton 110 C dan 111 C terhitung 62,2 dan 64,5 cm<sup>2</sup>, maka digunakan akuades sebagai medium pelindihan masing-masing sebanyak 750,0 mL (volume medium pelindihan minimal 10 kali luas permukaan sampel uji blok beton).

*Counting* radioaktifitas menggunakan *Multichannel Analyzer* menunjukkan radionuklida yang terkandung dalam sampel blok beton adalah Cs-137 dan Co-60.

Peningkatan aktifitas Cs-137 dalam air uji pelindihan sampel blok beton 110 C dan laju pelindihannya dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2:

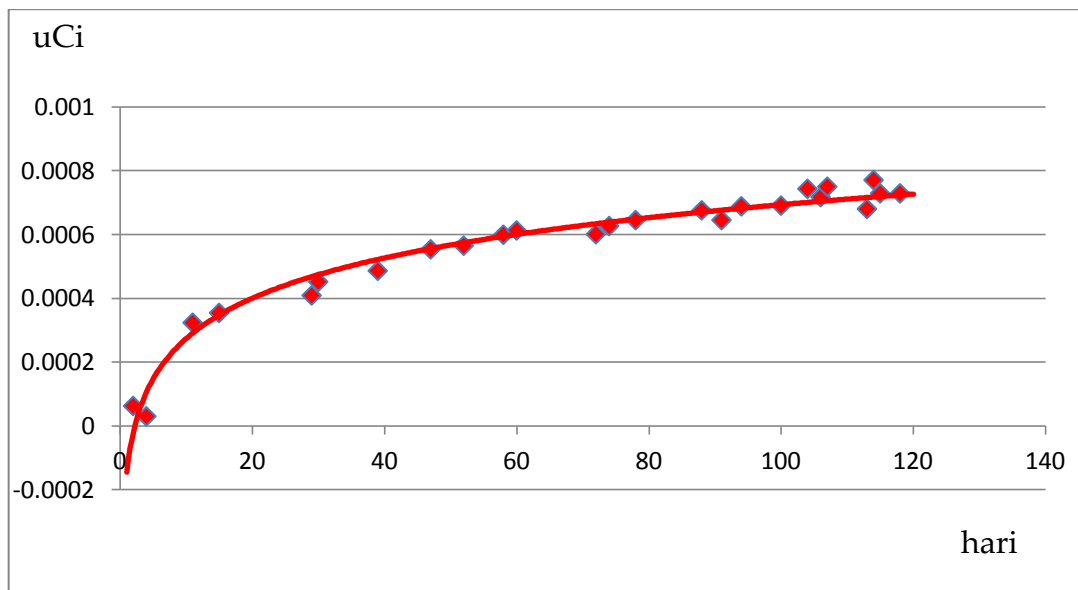


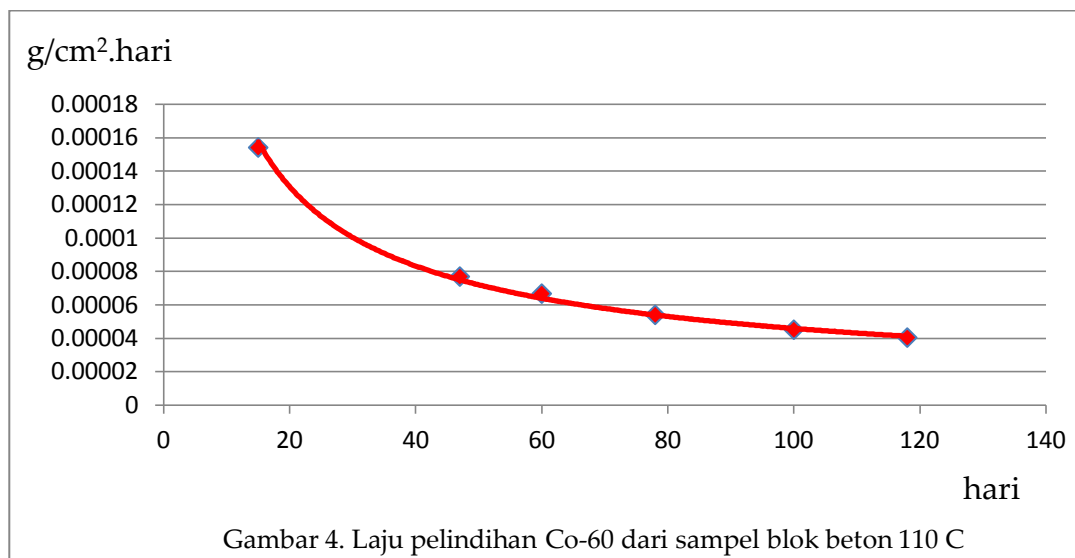
Gambar 1. Aktifitas Cs-137 dalam medium pelindihan sampel blok beton 110 C



Laju pelindihan pada umumnya relatif besar pada awal perendaman dan berangsur menurun sejalan dengan waktu. Penurunan laju pelindihan Cs-137 relatif besar sampai hari ke 50 kemudian berkurang sampai hari ke 120. Pada hari ke 4 laju pelindihan Cs-137 sebesar 24 mg/cm<sup>2</sup>.hari kemudian menurun menjadi 6,5 mg/cm<sup>2</sup>.hari pada hari ke 53 dan 3,3 mg/cm<sup>2</sup>.hari pada hari ke 120.

Peningkatan aktifitas Co-60 dalam air uji pelindihan sampel blok beton 110 C dan laju pelindihannya dapat ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4:

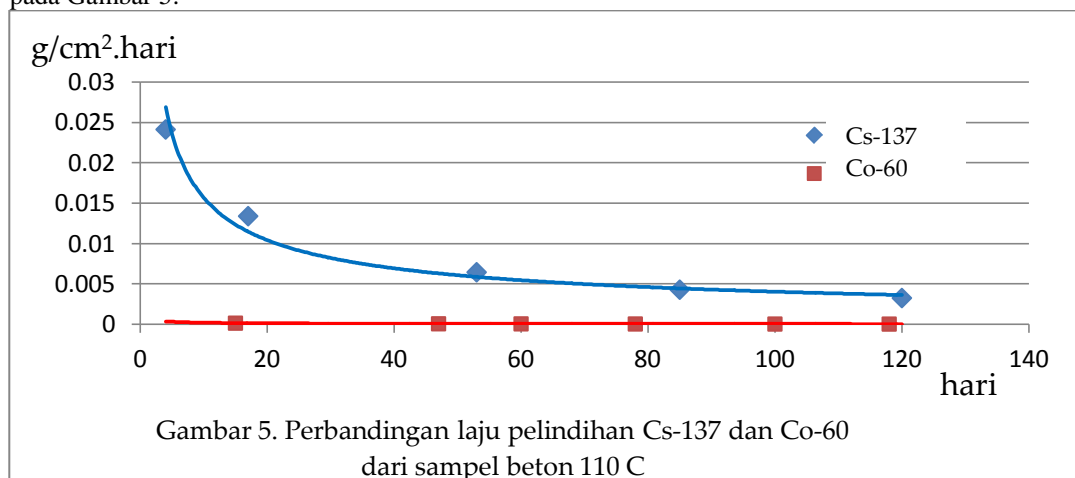




Gambar 4. Laju pelindihan Co-60 dari sampel blok beton 110 C

Penurunan laju pelindihan Co-60 relatif besar sampai hari ke 80 kemudian berkurang sampai hari ke 120. Pada hari ke 15 laju pelindihan Co-60 sebesar  $154 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{hari}$  kemudian menurun menjadi  $54 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{hari}$  pada hari ke 78 dan  $40 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{hari}$  pada hari ke 118.

Perbandingan laju pelindihan Cs-137 dan Co-60 dari sampel blok beton 110 C dapat ditunjukkan pada Gambar 5:

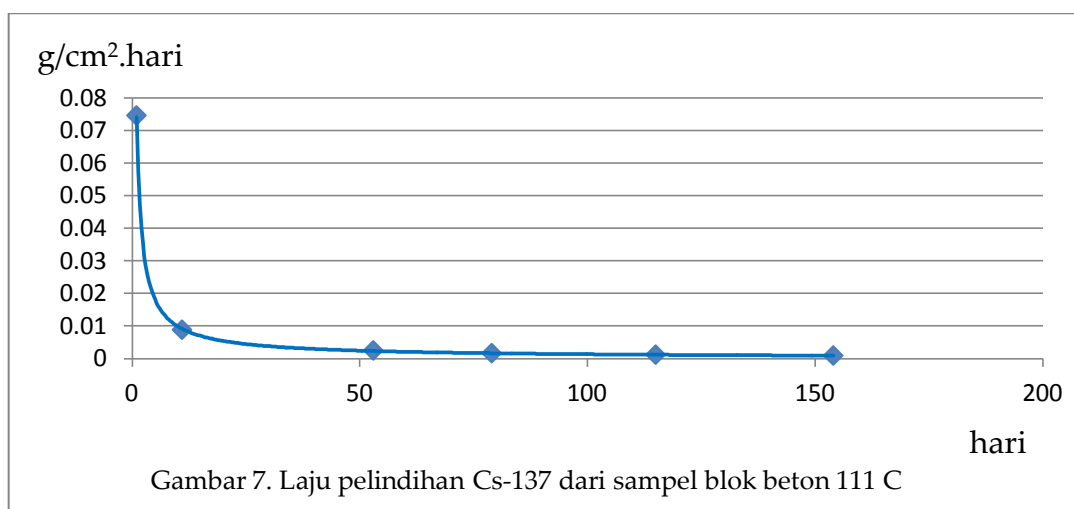
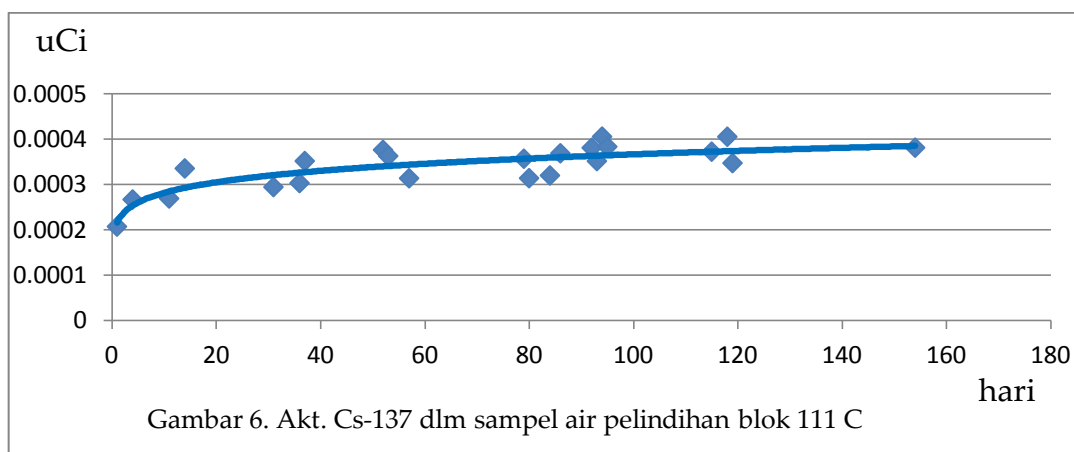


Gambar 5. Perbandingan laju pelindihan Cs-137 dan Co-60 dari sampel beton 110 C

Karakteristik sampel blok beton 110 C menunjukkan pada 10 hari pertama tampak laju pelindihan yang relatif tinggi ditandai dengan aktifitas yang meningkat tajam kemudian berangsur melambat sampai hari ke 60, selanjutnya laju pelindihan berlangsung perlahan dengan gradien yang relatif tetap sampai hari ke 120. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa pada waktu awal pelindihan berkaitan dengan melarutnya radionuklida di permukaan blok beton dan bagian dalam dekat permukaan sejalan dengan masuknya media pelindihan menembus pori-pori blok beton (intrusi). Setelah intrusi media pelindihan merata kedalam seluruh bagian beton maka faktor yang dominan terhadap laju pelindihan adalah panjang lintasan yang dilalui radionuklida untuk sampai di permukaan blok beton. Sampai dengan 120 hari pelindihan menunjukkan tingkat aktivitas Cs-137 dan Co-60 dalam medium pelindihan mencapai  $0,0002$  dan  $0,0007 \mu\text{Ci}$ . Gradien *trendline* masih tampak nyata yang berarti proses pelindihan masih berlangsung dan aktivitas akan terus meningkat.

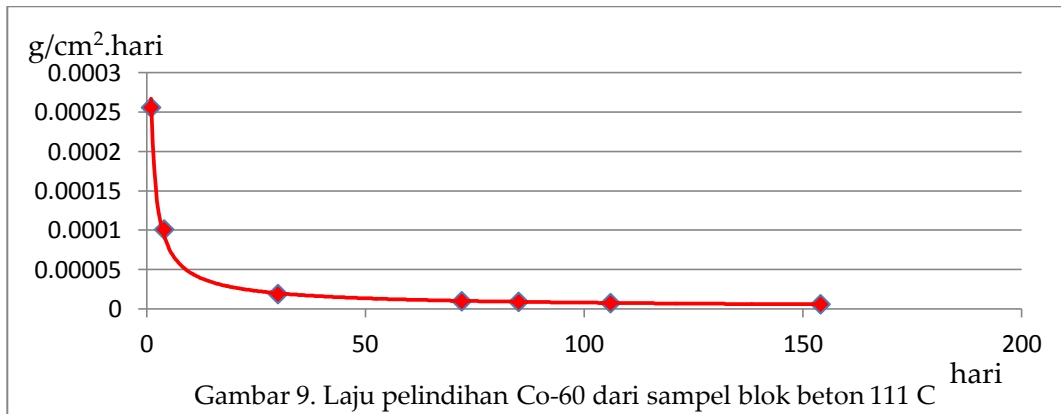
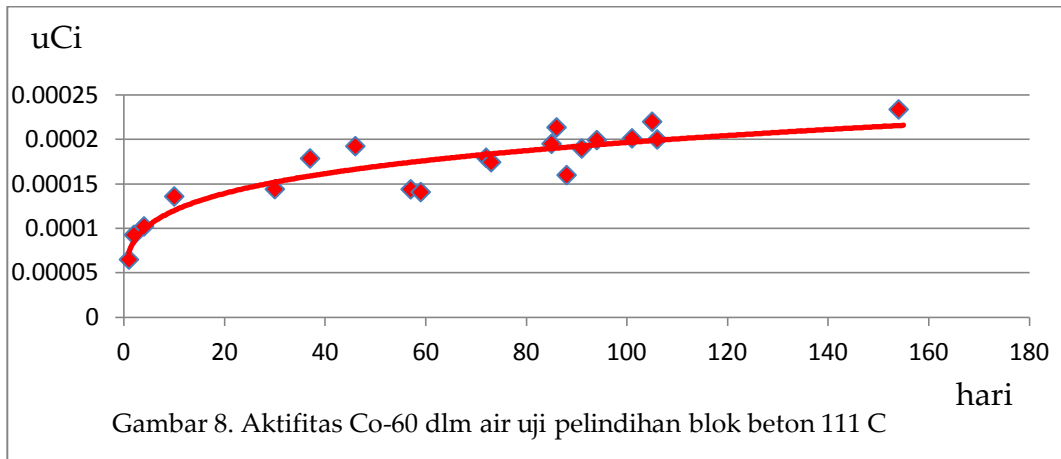
Walaupun aktifitas Cs-137 total dalam sampel lebih kecil dibandingkan Co-60 tetapi proporsi terlindih lebih besar. Cs-137 telah terlindih 40%, sedangkan Co-60 terlindih sebesar 0,4%. Dalam hal ini Cs-137 terlindih 100 kali lebih tinggi dibandingkan Co-60. Dengan asumsi bahwa

keberadaan radionuklida merata dalam seluruh bagian sampel blok beton maka 40% Cs-137 terlindih berasal dari permukaan dan bagian kulit blok beton dengan kedalaman/ketebalan 3,5 mm, 0,4% Co-60 yang terlindih berasal dari permukaan dan bagian kulit blok beton dengan kedalaman/ketebalan 24  $\mu\text{m}$ . Ini menunjukkan bahwa Cs-137 lebih mudah terlindih dibandingkan Co-60 karena memiliki ukuran atom lebih kecil sehingga lebih mudah menerobos pori-pori beton dengan masuknya medium pelindihan. Faktor lain yang berpengaruh adalah muatan listrik cesium yang lebih kecil dibandingkan cobalt menyebabkan efek penahanan matriks beton terhadap radionuklida tersebut tidak sekuat penahanannya terhadap cobalt. Peningkatan aktifitas Cs-137 dalam air uji pelindihan sampel blok beton 111 C dan laju pelindihannya dapat ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7:



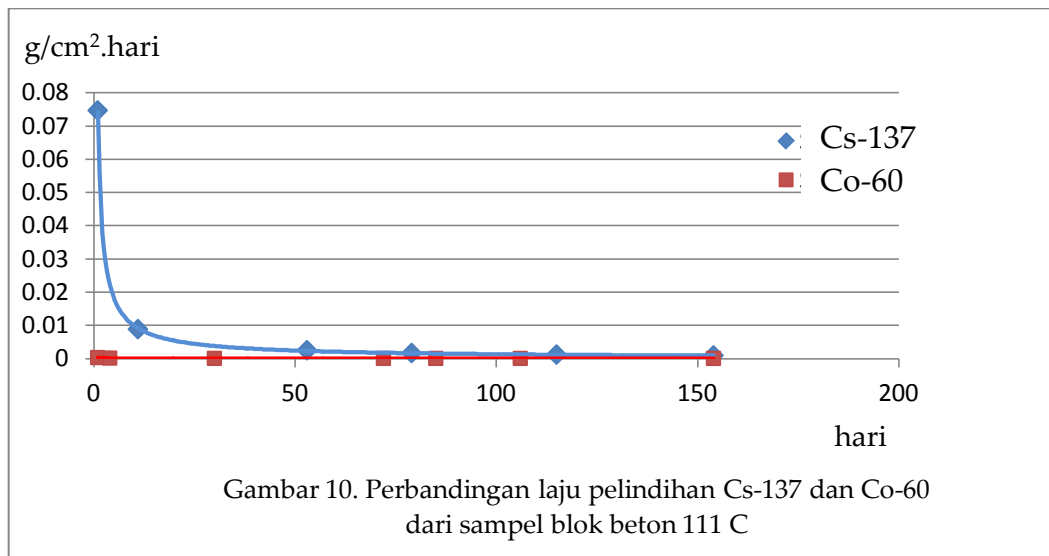
Sampel beton 111 C menunjukkan profil pelindihan yang berbeda yaitu penurunan yang sangat curam sampai hari ke 10 untuk laju pelindihan Cs-137 maupun Co-60. Pada hari pertama, laju pelindihan Cs-137 sebesar 75  $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{hari}$  kemudian menjadi 9  $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{hari}$  pada hari ke 11. Pada hari ke 53 sampai 154 laju pelindihan menurun sangat kecil dari 2,5 menjadi 0,9  $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{hari}$ .

Peningkatan aktifitas Co-60 dalam air uji pelindihan sampel blok beton 111 C dan laju pelindihannya dapat ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9:



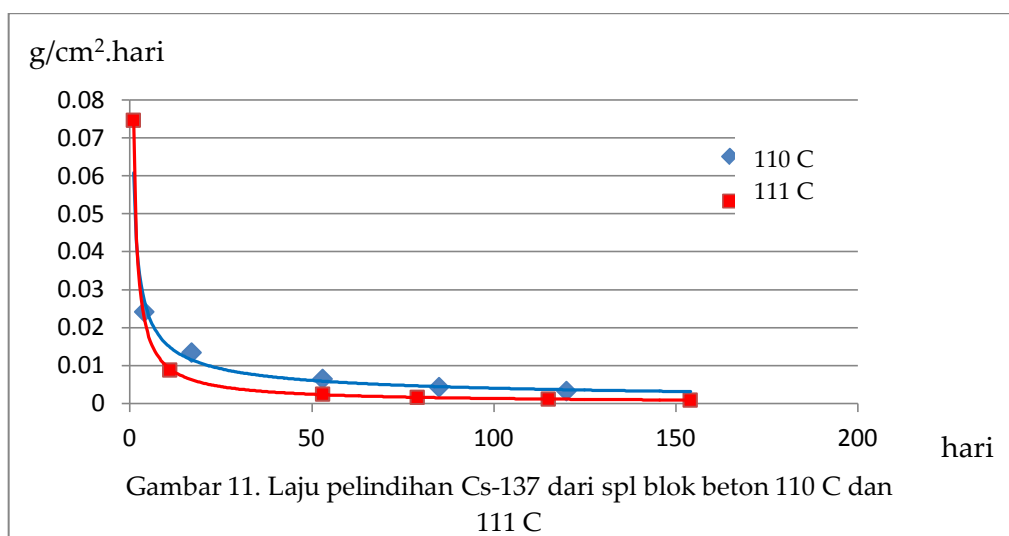
Pada hari pertama, laju pelindihan Co-60 sebesar 256  $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{hari}$  kemudian menjadi 101  $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{hari}$  pada hari ke 4. Pada hari ke 30 sampai 106 laju pelindihan menurun sangat kecil dari 19 menjadi 7  $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{hari}$ .

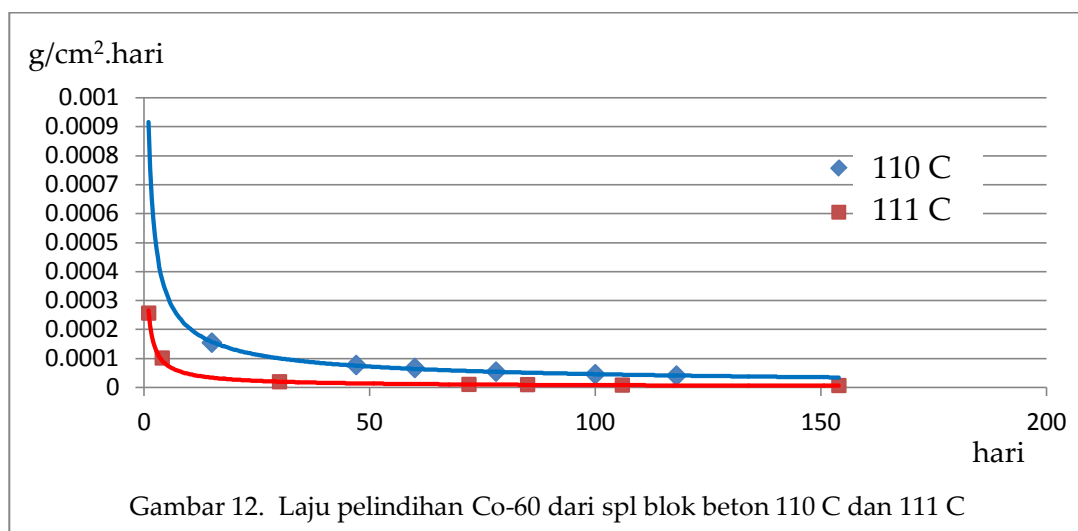
Perbandingan laju pelindihan Cs-137 dan Co-60 dari sampel blok beton 111 C dapat ditunjukkan pada Gambar 10:



Pelindihan berlangsung cepat sampai hari ke 10 yang ditandai nilai gradien pada segmen tersebut relatif besar, kemudian berangsur melambat sampai hari ke 80, selanjutnya laju pelindihan berlangsung perlahan dengan gradien yang relatif tetap. Sampai dengan 154 hari pelindihan menunjukkan tingkat aktivitas Cs-137 dan Co-60 dalam medium pelindihan mencapai 0,00038 dan 0,00023  $\mu$ Ci. Gradien *trendline* masih tampak nyata yang berarti proses pelindihan masih berlangsung dan aktivitas akan terus meningkat. Bila dibandingkan aktifitas total masing-masing radionuklida dalam sampel uji blok beton maka diketahui 12% Cs-137 telah terlindih, sedangkan Co-60 terlindih sebesar 0,08%. Dalam hal ini Cs-137 terlindih 150 kali lebih cepat dibandingkan Co-60. Cs-137 yang terlindih berasal dari permukaan dan bagian kulit blok beton dengan kedalaman/ketebalan 0,3 mm, Co-60 yang terlindih berasal dari permukaan dan bagian kulit blok beton dengan kedalaman/ketebalan 14.5  $\mu$ m.

Perbandingan laju pelindihan Cs-137 dan Co-60 dari sampel blok beton 110 C dan 111 C dapat ditunjukkan pada Gambar 11 dan 12. Laju lindi Cs-137 maupun Co-60 dalam sampel blok beton 111 C sedikit lebih rendah dibandingkan 110 C, walaupun dalam sampel 111 C aktifitas kedua radionuklida tersebut lebih besar, hal ini menunjukkan sifat pengungkungan sampel 111 C lebih baik dibandingkan 110 C.





### KESIMPULAN

Sampai dengan 100 hari pengujian terhadap sampel beton 110 C dan 111 C diketahui laju pelindihan Cs-137 mencapai 1 s/d 3 mg/cm<sup>2</sup>.hari sedangkan laju pelindihan Co-60 7 s/d 45 µg/cm<sup>2</sup>.hari, nilai ini cenderung menurun sejalan dengan bertambah waktu pengujian sehingga pada waktu lebih dari 150 hari diharapkan laju pelindihan akan berada di bawah nilai acuan 2,5 s/d 17 mg/cm<sup>2</sup>.hari. Cs-137 lebih mudah mengalami pelindihan dibandingkan Co-60 karena ukuran atom dan muatan listrik yang lebih kecil sehingga lebih mudah menembus matriks beton dengan pengaruh intrusi air sebagai media pelindihan. Formulasi dan cara pembuatan akan menentukan kualitas beton yang berpengaruh terhadap kekuatan pengungkungan radionuklida.

### PUSTAKA

- [1] Bernard, A., Nomine, J.C., Nuclear and Chemical Waste Management, vol. 3, issue 3, Elsevier 1982.
- [2] IAEA, Improved Cement Solidification of Low and Intermediate Radioactive Wastes, Technical Report Series No. 530, IAEA, Vienna, 1993.
- [3] De Groot, G.J., et. Al., Development of a Leaching Method for the Determination of the Environmental Quality of Concrete, European Commission, bcr information, 1997.
- [4] Bahdir Johan, Studi Penentuan Standar Kualitas Produk Sementasi Limbah Radioaktif, Pusat Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif BATAN, 1996.
- [5] Aisyah, Martono, H., Karakteristik Limbah Hasil Imobilisasi Dalam Keselamatan Penyimpanan, ISSN 1412-3258, Seminar Keselamatan Nuklir, 2006.