

## ANALISIS JUMLAH *CONTAINER* PRODUK LOGAM URANIUM YANG DAPAT DISIMPAN SEMENTARA PADA SEBAGIAN RUANG PROSES PRODUKSI

Ghaib Widodo<sup>(1)</sup>, Siti Wardiyati<sup>(2)</sup>

(1)Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN,  
(2)Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-BATAN,  
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314  
Telp. (021)7560915, Faksimili (021)7560909  
e-mail : ghaibwidodo@yahoo.com  
(Naskah diterima 1-8-2013, disetujui 6-9-2013)

### ABSTRAK

#### ANALISIS JUMLAH *CONTAINER* PRODUK LOGAM URANIUM YANG DAPAT DISIMPAN SEMENTARA PADA SEBAGIAN RUANG PROSES PRODUKSI

Produk logam uranium ataupun produk lain seperti garam hijau UF<sub>4</sub> merupakan produk antara yang harus disimpan sementara pada sebagian ruang proses produksi sebelum dilakukan proses lebih lanjut. Hal tersebut dilakukan agar transfer produk logam uranium ke proses berikutnya lebih mudah, namun tetap dalam kendali akunting bahan nuklir (*safeguards*). Tujuan analisis ini adalah untuk memperoleh keamanan penuh baik terhadap produk logam uranium itu sendiri, bagi operator, fasilitas, maupun lingkungan. Oleh karena itu *container* yang dipakai sebagai wadah produk logam uranium harus memenuhi kriteria yang digariskan dalam keselamatan bahan nuklir. Adapun kriteria analisisnya adalah masa aman (*safemass*), geometri aman (*safe geometry*), dan jarak aman (*safe distance*). Selanjutnya ketiga kriteria tersebut dipakai untuk menentukan jumlah *container* yang dapat disimpan sementara pada sebagian ruang proses produksi. Data fisik yang diperlukan yaitu ukuran sebagian ruang proses produksi logam U 260 cm x 700 cm, pengayaan U 19,75%, Grafik, dan Tabel U. Hasil yang diperoleh dari analisis untuk ruangan proses tersebut dapat digunakan untuk menyimpan *container* sebanyak 18 buah, massa aman 5 kg, jarak aman 83,27 cm, dan diameter aman 15 cm. Bahaya kritikalitas tidak akan terjadi apabila semua kriteria pendekatan analisis tidak dilanggar dan perlu dilakukan kontrol administrasi.

**Kata kunci:** Jumlah *container*, logam uranium, pengayaan, penyimpanan sementara

### ABSTRACT

#### AN ANALYSIS FOR DETERMINING THE NUMBER OF URANIUM METAL CONTAINERS THAT CAN BE STORED IN AN ALLOCATED SPACE OF A PRODUCTION ROOM

A temporary storage is normally used for intermediate products in the research reactor fuel production process, such as uranium metal and green salt. A temporary storage facilitates transfers to the next step in the process and maintains the material within the safeguards system. The objective of the analysis was to determine the number of uranium metal containers that could be placed in the temporary storage room and the criticality parameters of the container, such as its mass, its diameter, and the distance between each. The data required for the analysis were the size of the area allocated for the storage (which is 260cm x 700cm), the uranium enrichment (which is 19.75%), the U-chart, and the U-table. According to the analysis resulted: the allocated area could be used to store a maximum of 18 containers; the safe mass of uranium metal stored in the container was 5 kg; the safe diameter of the container is 15 cm; and

*the safe distance between containers was 83.27 cm. To keep criticality absent, an administrative control was to be enacted to ensure that the numbers shall not be exceeded.*

**Keywords:** *Container number, uranium metal, enrichment, temporary storage*

## I. PENDAHULUAN

Seberapa besar-kecilnya suatu pabrik nuklir (*pilot plant*) yang menggunakan bahan dasar uranium diperkaya hingga 19,75%, senantiasa harus memperhatikan kriteria keselamatan nuklir yang amat ketat<sup>[1-3]</sup>. Keselamatan penuh/ketat itu dapat diperoleh dari: (1) tingkat disiplin operatornya, (2) penggunaan bakar dasar/baku uranium berpengayaan hingga 19,75%, (3) memperhitungkan sifat aman (*safe mass, safe geometry, safe distance*) dan (4) fisik ruang proses yaitu dimensi sisa ruang proses yang ada. Dengan 4 (empat) kriteria tersebut maka terjadinya *mal-function* selama berlangsungnya proses maupun menempatkan *container* produk logam uranium dipastikan tidak akan terjadi.

Tingkat kedisiplinan operator senantiasa harus ditegakkan, agar operator yang bersangkutan dapat memperoleh keselamatan penuh selama menjalankan kegiatan yang berkaitan dengan bahan nuklir berpengayaan tinggi. Adapun piranti proteksi radiasi yang wajib dikenakan oleh seorang operator adalah jas-lab, *shoe cover*, kacamata lindung, masker (debu/gas), sarung tangan lindung (kain/karet), *film badge monitor*, dan lain sebagainya<sup>[4-6]</sup>. Piranti pendukung setelah menyelesaikan tugas kegiatan yaitu sabun cair, pengering tangan, peranti *hand body scanner*, dan monitor-monitor lain yang sejenis.

Pengaturan dan penggunaan bahan dasar, produk setengah jadi dan produk senantiasa dilakukan oleh bagian akunting bahan nuklir. Secara berkala kontrol administrasi ini dilakukan agar perilaku gerak bahan nuklir senantiasa terpantau sehingga jumlah awal bahan nuklir sampai kepada produk dapat diketahui dengan pasti keberadaan bahan nuklir tersebut.

Kehilangan bahan nuklir harus dinolkan agar bahaya kritikalitas tidak terjadi<sup>[1-6]</sup>.

Sebagian ruang proses produksi logam uranium (Gedung 60, ruang 047 Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset), menyisakan ruang berukuran 260 cm x 700 cm<sup>[7]</sup>. Sisa ruang proses kosong (tidak ada alat terpasang) inilah yang akan dipakai sebagai tempat menyimpan sementara produk logam uranium (bahan dasar garam hijau, UF<sub>4</sub>) sebelum dilakukan proses lanjut atau dikirim ke gudang uranium/*storage*.

Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset (IPEBRR) hingga saat ini dikelola oleh PT. Batan Teknologi Serpong dalam memproduksi bahan bakar yang menggunakan bahan dasar uranium berpengayaan  $\leq 19,75\%$ . Kejadian ini memungkinkan akan timbulnya resiko bahaya kritikalitas (*risk criticality*). Untuk menghindari bahaya kritikalitas tersebut perlu dilakukan kontrol administrasi maupun kontrol kritikalitas.

Sarana pendukung berupa *container* yang digunakan sebagai wadah produk logam uranium perlu dirancang untuk diverifikasikan dengan *container* yang sekarang masih ada fabrikasi Jerman di Gedung 60. Pada prarancangan *container* akan dipilih: (1) *container* ber-bentuk silinder bermaterial *stainless steel*, (2) *container safe geometric* untuk bahan nuklir dan berbentuk silinder tegak, bentuk *container* silinder dipilih karena mempunyai angka keamanan tertinggi ke dua setelah bentuk *slab* yang digunakan sebagai alat proses yang bergerak dan tidak digunakan sebagai wadah simpan<sup>[7-8]</sup>.

## II. METODOLOGI

### 2.1. Menentukan Spesifikasi *container*

#### 2.1.1. Menghitung Diameter *container*

Penentuan diameter *container* dihitung berdasarkan data produk logam uranium dan diambil dari hasil produksi maksimum logam uranium yaitu sebesar 5 kg/batch<sup>[7]</sup>. Pemilihan berat produk logam uranium ini diharapkan dapat memberikan keamanan tinggi terhadap prarancangan alat lain yang sejenis (*container*) yang menggunakan berat produk logam uranium yang berada di bawah berat tersebut<sup>[6]</sup>.

Oleh karena itu segala peralatan yang berkaitan dengan uranium harus memperhatikan resiko kritikalitas termasuk dalam perhitungan diameter *container* yang mengikuti langkah asumsi-asumsi berikut<sup>[3,5]</sup>:

1. menentukan perbandingan berat H<sub>2</sub>O/U<sup>-235</sup> atau H/U<sup>-235</sup>
2. memerlukan data yang mencakup tentang: massa, volume, peralatan bentuk slab, dan diameter *container*, yang kesemuanya berkaitan dengan bahan nuklir dan *reflector*-nya.
3. memerlukan data (Tabel 1)<sup>[1-3,9-10]</sup> yang memuat hubungan antara larutan UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> dengan dua *reflector* dengan ketebalan masing-masing 25 cm dan 30 cm (Gambar 4-5)<sup>[1-4,6,9-10]</sup>.

#### 2.1.2. Menghitung Tinggi *container*

Untuk menghitung tinggi *container* diperlukan data berat produk logam uranium dan dalam perhitungan ini diambil data produk logam U dari Nukem (Jerman) = 5 kg<sup>[7]</sup>. densitas U = 18,9 kg/L dan diambil angka keamanan 1,25, jadi volume *container* =  $1,25 \times \frac{5}{18,9} \text{ L} = 0,33 \text{ L}$

Volume *container* dapat dihitung menggunakan formula (1)<sup>[9]</sup>

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4} \quad (1)$$

keterangan, V volume *container* (L), D diameter *container*/(silinder tegak) (cm), h tinggi *con-tainer* bentuk silinder (cm)

#### 2.1.3. Menghitung Tebal *container*

Untuk menghitung tebal *container* digunakan formula (2-4)[8-9]

$$t_s = \frac{PR_i}{S.E-0,6p} + C \quad (2)$$

$$t_c = \frac{PD_i}{2\text{COS}\alpha(S.E-0,6p)} + C \quad (3)$$

$$t_e = \frac{PD_i}{2S.E-0,2p} + C \quad (4)$$

keterangan, t<sub>s</sub> tebal *container* minimum (in), P tekanan (psi), R<sub>i</sub> jari-jari *container* bentuk silin-der (cm), E efisiensi sambungan, 0,85, S tarikan yang diizinkan/*allowable stress* untuk bahan *stainless steel* (12.650 psi), C faktor korosi (1/8 in = 0,125 in)

### 2.2. Menghitung Jarak-Aman antara *Container* Dengan *Container* Lain

Untuk menghitung jarak-aman diperlukan 2 (dua) asumsi berikut :

- a. sisa ruang proses simpan dipakai untuk menyimpan sementara produk logam uranium (bahan dasar/UF<sub>4</sub>) berpengayaan 19,75% ~ 20% dan diharapkan mampu memenuhi kelancaran proses produksi<sup>[11]</sup>.
- b. dalam ruang simpan sementara diasumsikan moderasi terkontrol H/U = 10 (perbandingan berat antara H<sub>2</sub>O dengan U<sup>-235</sup>) dan ketebalan reflektor = 25 cm<sup>[1-3,5]</sup>

Dengan dua asumsi tersebut, maka jarak-aman dapat ditentukan dengan menggunakan dua cara yang cukup dikenal yaitu<sup>[12-16]</sup> :

1. *Solid angle*, biasanya dipakai dengan jumlah *container* simpan lebih dari 25 buah dan akan diformulakan pada kesempatan berikutnya.
2. Densitas, yang biasanya dipakai dengan jumlah *container* simpan di bawah 25 buah. Cara ini yang akan dipakai untuk menentukan jarak-aman *container* dan diformulakan pada persamaan (6-7)<sup>[3]</sup>

$$\delta = \delta_o \times 0,54(1 - 1,37f) \quad (6)$$

$$d = \left[\frac{nm}{\delta}\right]^{0,5} = 1,37\left[\frac{nm}{\delta_o(1-1,37f)}\right]^{0,5} \quad (7)$$

Keterangan, d jarak-aman (cm), n jumlah *container* (buah), m massa aman *container* (g),  $\delta$  densitas slab ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $\delta_o$  ketebalan slab  $\times$  densitas U ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ), f *ratio* antara massa dalam *container* dengan massa kritis dari sistem bola tak terbatas/terrefleksi.

### 2.3. Menghitung Jumlah *container* Dalam Ruang Proses

Untuk menghitung jumlah *container* sebagai dasar dalam perhitungan adalah menggunakan indikator bahan nuklir dan volume *container* yang akan digunakan sebagai wadah produk logam uranium, seperti formula (5)<sup>[3,7]</sup>

$$CI \cdot V^2 = (CI)_1(V)_1^2 \quad (5)$$

dengan : CI = indikator kritikalitas (*criticalyced indicator*), V = volume *container* (liter),  $CI_1, V_1$  = harga-harga U dalam Tabel 2. Selanjutnya untuk menghitung jumlah *container* yangizinkan untuk disimpan sementara dan aman diformulakan pada persamaan (6):

$$CI = \frac{100}{N} \quad (6)$$

dengan: N = jumlah *container* yangizinkan untuk disimpan sementara.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Asumsi-asumsi yang digunakan untuk menganalisis/prediksi sisa ruangan proses produk-si logam uranium yang berukuran 260 cm x 700 cm dapat dipakai sebagai tempat simpan sementara produk logam U maupun bahan dasar  $\text{UF}_4$  (garam hijau) dengan pengayaan uranium 19,75%  $\approx$  20% aman. Pendekatan perhitungannya

menggunakan formula-formula, Tabel, dan Gambar dari berbagai pustaka yang ada.

Untuk perhitungan *container* sebagai wadah uranium diperkaya (*enrichment*) yang diperlukan adalah *safe geometry* (diameter-aman), sementara tinggi dan tebal *container* hanya sesuai yang dipilih. Karena *container* bukan sebagai alat proses, maka perbandingan H/D (tinggi/diameter) tidak dihitung<sup>[8-9]</sup>. Logam uranium dengan harga H/U = 10 dan ketebalan reflektor = 30 cm<sup>[1-3,5]</sup>, kemudian diplotkan pada Gambar 4 diperoleh diameter aman sebesar 138 mm = 13,8 cm sangat aman karena batasan aman dalam Tabel 1 sebesar 15,7 cm.

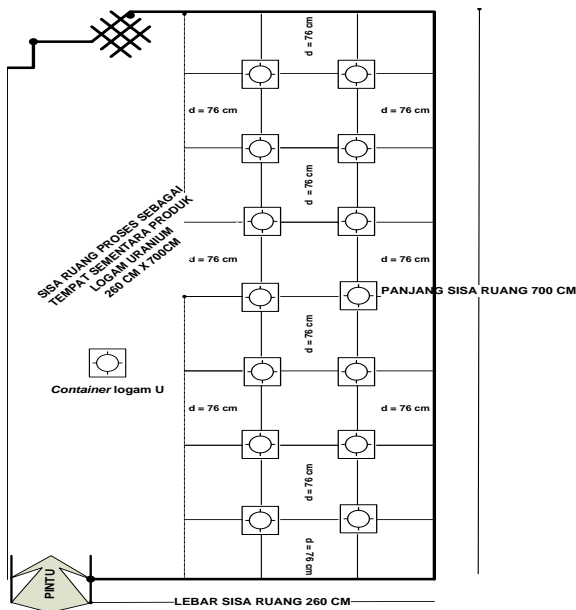
*Container* sebagai wadah produk logam uranium yang *safe geometry* diperlihatkan pada Gambar 1.

Penempatan *container* pada salah satu ruang sisa proses, diperlukan perhitungan jarak aman *container* satu dengan *container* yang lain agar bahaya kritiksilitss tidak terjadi, formula (6) dan (7). Dari data yang ada densitas ( $\rho$ ) logam U=18,9  $\text{g}/\text{cm}^3$ , maka  $\delta_o=3,5 \text{ cm} \times 18,9 \text{ g}/\text{cm}^3 = 66,15 \text{ g}/\text{cm}^2$  (logam uranium dengan harga H/U=10 dan ketebalan reflector = 30 cm diplotkan pada Gambar 5). Massa logam U dalam *container* = 5 kg Nukem, massa-kritis U= 5,2 kg (Tabel 1).

$$f = \frac{\text{massa logam U dalam container}}{\text{massa kritis logam U}} = \frac{20\% \times 5}{5,2} = 0,1923$$



Gambar 1. Foto *container* sebagai wadah produk logam U



Gambar 2. Denah penempatan container sebagai wadah logam U di dalam ruang sisa proses.



Gambar 3. Foto Penempatan container produk logam U menggunakan jarak-aman.

$$d = 1,37 \left[ \frac{nm}{\delta_o(1-1,37)f} \right]^{0,5}$$

$$= 1,37 \left[ \frac{18 \times 100}{66,15(1-1,37)0,1923} \right]^{0,5} = 83,27$$

Jarak aman *container* satu dengan *container* yang lain dipilih 76 cm. Hal tersebut dilakukan agar sisa ruangan proses dapat dipakai dan memuat *container* berisi produk logam uranium lebih banyak serta aman dari bahaya kritikalitas, kendati perhitungan jarak-aman lebih lebar atau panjang (83,27 cm) dari 76 cm<sup>[4]</sup>.

Penempatan *container* berisi produk logam uranium disusun seperti diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan foto contoh visual cara penempatan *container* berisi produk logam U dengan pengaturan jarak-aman (*safe distance*)

Untuk memperhitungkan jumlah *container* berisi produk logam uranium yang harus disimpan sementara diperlukan jarak-aman dan telah diketahui jarak-aman dari perhitungan yang sekaligus dipilih adalah panjang x lebar = 76 cm x 76 cm. Dalam perhitungan jumlah *container* digunakan formula (5) dan (6) dan sebagai data bantu diambilkan dari Tabel 2. Menurut pustaka [12-14] untuk uranium diperkaya 19,75% ~ 20% densitas 18,9 g/cm<sup>3</sup> dikriterakan sebagai kategori massa A = 0,08. Berat produk logam uranium 5 kg atau U-235 = 0,1975 x 5 kg = 0,9875 kg dan harga H/U = 10, massa kritisnya 5,2 kg dan volume aman logam U (Tabel 1) = 8,1 L, menggunakan formula (5) dan (6) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$CI \cdot V^2 = (CI)_1 (V)_1^2 \text{ (formula 5),}$$

$$CI = \frac{(CI)_1 (V)_1^2}{V^2} = \frac{(0,08)(18,9)^2}{(8,1)^2} = 0,44$$

$$CI = \frac{100}{N} \text{ (persamaan 6), } N = \frac{100}{CI} = \frac{100}{0,44} = 227 \text{ buah.}$$

Hasil perhitungan jumlah *container* terlalu besar yaitu 277 buah (diambil jumlah *container* 18 buah), sementara sisa ruang proses yang ada hanya 260 cm x 700 cm. Oleh karena itu jarak aman antara *container* satu dengan lainnya sebesar 76 cm, karena tidak mungkin dapat menampung *container* sebanyak itu. Hal tersebut dilakukan agar bahaya kritikalitas dapat dihindari dan kontrol administrasi harus senantiasa dilakukan. Adapun kontrol administrasi berupa (1) dalam penyimpanan produk logam U selalu harus diberi tagging (berisi tgl. produk, jumlah U, pengayaan U, dan paparan radiasi), (2) refleksi netral dari personil,

pembatasan yang masuk areal ruang proses senantiasa terkontrol dan mengikuti kaidah proteksi radiasi (waktu, jarak, shielding), dan (3) pemindahan posisi aman ke yang tidak aman, setiap pemindahan posisi harus ada penanggungjawabnya dengan memperhatikan batasan yang telah ditetapkan.

#### IV. KESIMPULAN

Jumlah container sebagai wadah produk logam uranium (berpengayaan 19,75% ~ 20%) yang dapat disimpan sementara pada sisa ruang proses yang berukuran 260 cm x 700 cm adalah 18 buah, massa aman uranium 5 kg, diameter aman container 15 cm (tinggi 50 cm), dan jarak aman antar container dengan container lain 83,27 cm. Dengan demikian bahaya kritikalitas tidak akan terjadi apabila semua kriteria pendekatan analisis tersebut tidak dilanggar dan perlu dilakukan kontrol administrasi.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Hopper, C. M., (2000), Guide for Nuclear Criticality Safety in the Storage of Fissile Materials, ANS/ENS 2000 International Winter Meeting and Embedded Topical Meetings, Oak Ridge, TN 37831-6370, Washington DC
2. Pruvost, N. L., Paxton, H. C., (1996), Nuclear Criticality Safety Guide, Los Alamos National Laboratory is operated by the University of California, New Mexico 87545
3. Thomas, J.T., (1978), Nuclear Safety Guide, TID 7016, Rev. 2. Union Carbide Corporation Nuclear Division
4. Indro Yuwono, (1991), Analisis Keselamatan Kritikalitas Gudang Uranium IPEBRR, Seminar Reaktor Nuklir Dalam Penelitian Sains dan Teknologi Manuju Era Tinggal Landas, Bandung
5. Anonim, (2012), Radiation Protection Regulation, SOR/2000-203, <http://Laws-Lois.Justice.gc.ca>, Canada
6. Fitzgerald, J.J., (1975), Applied Radiation Protection and Control, Vol. 2, President of Cambridge Nuclear Corporation and Sanders Nuclear Corption, Gordon and Breach, Science Publishers, Inc., Paris
7. Nukem, GmbH, (1983), Basic and Detail Engineering Process Element Fabrication Plant, for BATAN, Vol. 4 Nukem VT-No.2.0080, Hanau
8. Anonim, (1982), Nuclear Criticality Safety of Dissolver Vessel”, Trans. Am. Nucl. Sec. 42, 341
9. Prayitno, (2009), Pengaruh Rasio H/D Terhadap Kekritisan Pada Desain Tangki Pelarutan Serbuk U3O6 Menggunakan Asam Nitrat Dengan Kapasitas Setara 10 Kg/J Kernel UO<sub>2</sub>, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir “URANIA”, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN, Vol. 15, No.3 ISSN 0852-4777, Akreditasi No. 71/Akred-LIPI/5/2007, Serpong
10. Kern, D.Q., (1983), Proses Heat Transfer, International Student Edition, Mac Graw-Hill, International Book Company, London, pp.718-723
11. Ghaib Widodo, (1994), Unit Pembuatan Uranil Nitrat Dari Gagalan Unit Produksi Inti Elemen Bakar Kapasitas 104 kg UN/hari, Pra Rancangan Pabrik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Jogjakarta
12. Paternoster, R. (1995), Criticality Facilities at the Los Alamos National Laboratories, Proceedings of the Experts Meeting on Experiment Needs in Criticality Safety, New Mexico, USA
13. Ronald, A.K., (1975), Nuclear Criticality Safety, Theory and Practice, America Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, USA
14. Fullwood. R., (1992), Lecture Notes for Cricality Safety, Department of Nuclear

Energy, Bromhaven National Laboratory, Upton, New York 11973  
15. Cole. B. L., (2012), Nuclear Criticality Safety, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC 20555-0001

16. Clark, H.K., (1982), Subcritical Limits for Uranium-235 Systems, Nuclear Science and Engineering 81, 351-378, E.I. du Pont de Nemours and Company, Savannah River Laboratory Aiken, South Carolina 29808

**VI. LAMPIRAN**

Tabel 1. Massa aman dan tidak aman (kritis) termasuk dimensi alat penunjang untuk berbagai bahan fisil U<sup>235</sup> berpengayaan 20% [5,12-16]

Bentuk bahan	Massa, kg		Volume, L		Slab, cm		Diameter silinder, cm		Sumber
	kritis	aman	kritis	aman	kritis	aman	kritis	aman	
AUK	6,2	2,8	14,4	11,5	9,4	8,5	20,4	18,4	perhitungan +
ADU	5,4	2,4	14,3	11,4	8,9	8,0	20,1	18,1	perhitungan +
UO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5,5	2,5	12,9	10,3	8,8	7,2	19,0	17,1	CEA-N-2051*/2/
UO <sub>2</sub> (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , UF <sub>4</sub> )	5,8	2,2	10,8	8,6	7,5	6,8	17,8	16,8	Handbuch + /1/
Logam U (UAl <sub>2</sub> )	5,2	2,3	10,1	8,1	6,0	5,4	17,4	15,7	CEA-N-2051*/2/
UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , UNH	7,0	3,2	16,5	13,2	9,4	8,5	21,0	18,9	CEA-N-2051*/2/

Keterangan :

- AUK ; amonium uranil karbonat
- ADU : amonium diuranat
- \* 20 cm water reflection
- + 30 cm water reflection

Safety factors: - Massa aman (yang diizinkan) = 45% massa kritis dan K<sub>eff</sub> 0,98  
 - Volume aman (yang diizinkan) = 80% volume kritis dan K<sub>eff</sub> 0,98  
 - Dimensi (slab, diameter silinder) aman (yang diizinkan) = 80% volume kritis dan K<sub>eff</sub> 0,98

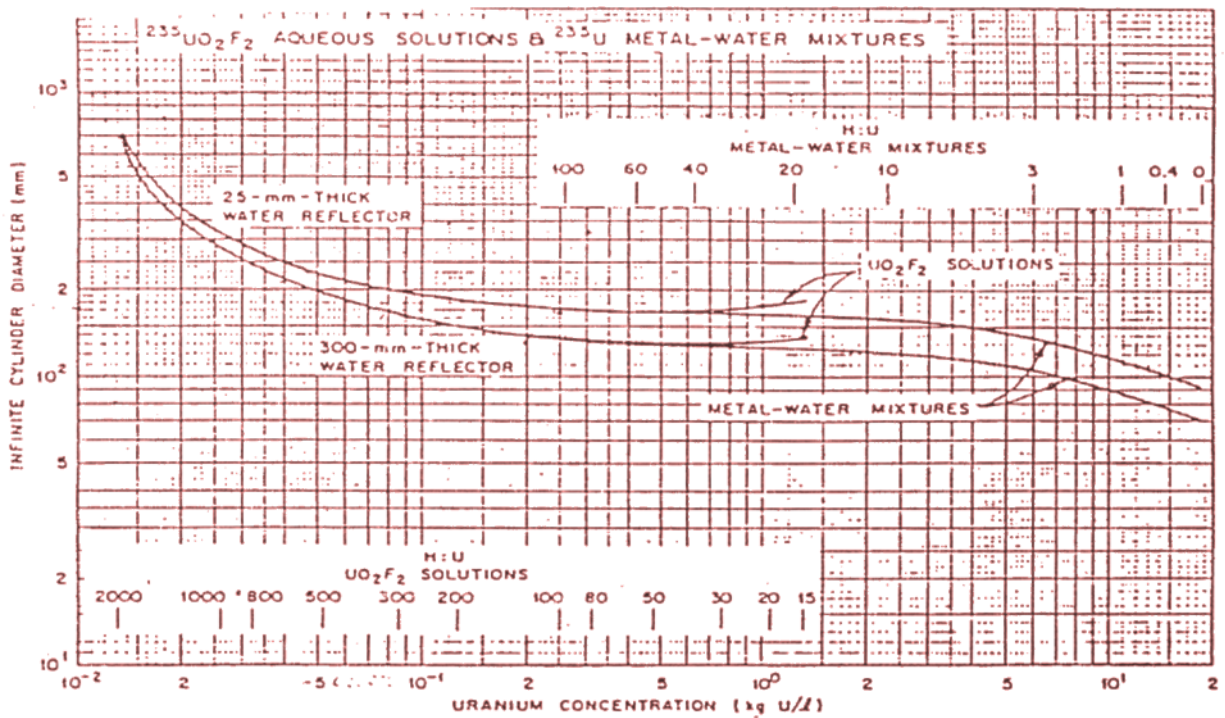
Tabel 2. Data indikator kritikalitas (CI) dari sel dalam penyimpanan (reflektor beton)<sup>[12-16]</sup>

Liter (gal)	Volume sel												
	18,9 (5)	37,8 (10)	56,8 (15)	75,7 (20)	94,6 (25)	113,6 (30)	132,2 (35)	151,4 (40)	170,3 (45)	189,3 (50)	208,2 (55)	227,4 (60)	416,4 (100)
Kategori massa													
A	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
B	0,14	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C	0,21	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
D	0,31	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
E	0,43	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
F	0,59	0,17	0,08	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
G	0,79	0,23	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
H	1,03	0,30	0,14	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
I		0,40	0,19	0,11	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
J		0,51	0,24	0,14	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
K		0,64	0,31	0,18	0,12	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
L		0,81	0,39	0,23	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01
M		1,00	0,49	0,29	0,19	0,14	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,01
N		1,23	0,61	0,37	0,24	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05	0,05	0,01
O			0,75	0,45	0,30	0,22	0,16	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,01



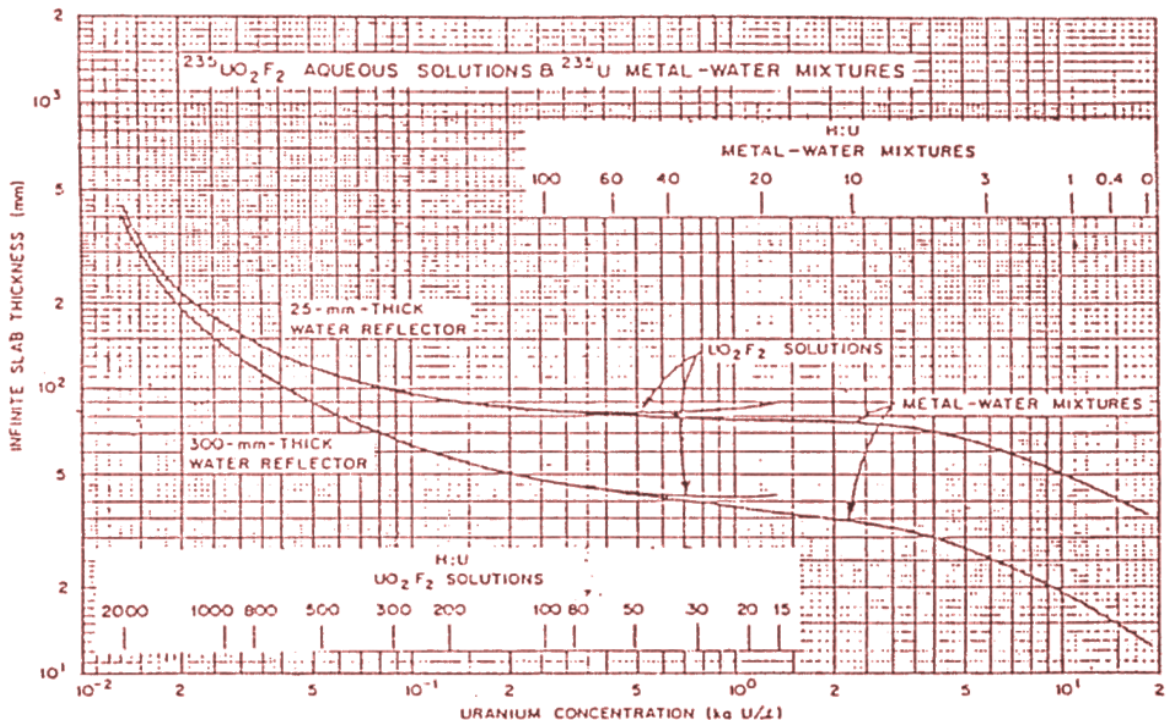
Analisis Jumlah *Container* Produk Logam Uranium Yang Dapat Disimpan Sementara  
 Pada Sebagian Ruang Proses Produksi  
 Ghaib Widodo, Siti Wardiyati

P			0,92	0,56	0,37	0,27	0,20	0,16	0,13	0,10	0,09	0,07	0,02
Q			1,12	0,68	0,46	0,33	0,25	0,19	0,16	0,13	0,11	0,09	0,03
R				0,83	0,56	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,13	0,11	0,03
S				1,00	0,68	0,49	0,37	0,29	0,24	0,20	0,16	0,14	0,04
T				1,20	0,82	0,60	0,46	0,36	0,29	0,24	0,20	0,17	0,05
U					0,99	0,72	0,55	0,44	0,35	0,29	0,24	0,21	0,07
V					1,19	0,87	0,67	0,53	0,43	0,35	0,30	0,25	0,08
W						1,05	0,81	0,64	0,52	0,43	0,36	0,31	0,10
AA							0,97	0,77	0,63	0,52	0,44	0,38	0,12
BB							1,17	0,93	0,76	0,63	0,53	0,46	0,15
CC								1,12	0,92	0,76	0,65	0,56	0,18
DD									1,11	0,92	0,78	0,67	0,23
EE										1,12	0,95	0,82	0,28
/FF											1,15	0,99	0,34
GG												1,21	0,42
HH													0,53



Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi uranium/logam uranium terhadap diameter silinder<sup>[1-3]</sup>





Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi uranium/logam uranium terhadap slab<sup>[1-3]</sup>