

## EVALUASI ASPEK KESELAMATAN KEGIATAN METALOGRAFI DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL

**Akhmad Saogi Latif<sup>1)</sup> dan A.C. Prasetyowati**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir  
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Serpong, Banten, Indonesia, 15313

**ABSTRAK**—Telah dilakukan evaluasi aspek keselamatan kegiatan metalografi di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental. Tujuan dari kegiatan ini untuk mengetahui aspek keselamatan dari kegiatan metalografi di IEBE. Pengukuran kontaminasi dilakukan terhadap meja preparasi, peralatan metalografi yang berpotensi terkontaminasi, kemudian penanganan limbah cair dan padat serta pelaksanaan dekontaminasi pada meja kerja preparasi, atau lokasi penempatan sampel hasil metalografi. Hasil pengukuran pada titik pantau yang variatif, didapatkan hasil yang tertinggi yaitu pada titik pantau 1, lebih tinggi dari titik pengukuran yang lain. Dari hasil rata-rata pada titik pantau 1 (satu) didapatkan hasil pengukuran ( $0,245 \pm 0,014$  Bq/cm<sup>2</sup>), sedangkan pada titik pantau 2 (dua) didapat hasil pengukuran ( $0,228 \pm 0,008$  Bq/cm<sup>2</sup>), titik pengukuran 3 (tiga) didapat hasil pengukuran ( $0,238 \pm 0,006550$  Bq/cm<sup>2</sup>) dan titik pantau 4 (empat) didapatkan hasil pengukuran ( $0,232 \pm 0,035$  Bq/cm<sup>2</sup>). Pengukuran tingkat kontaminasi pasca deko pada titik pantau 1 didapat rata-rata  $0,245 \pm 0,014$  Bq/cm<sup>2</sup>. Pasca dekontaminasi kontaminasi dapat diturunkan menjadi  $0,018 \pm 0,007$  Bq/cm<sup>2</sup>. Pengukuran kontaminasi juga dilakukan pada peralatan metalografi dan didapatkan hasil pengukuran terendah  $0,049$  Bq/cm<sup>2</sup>, sedangkan tertinggi  $0,059$  Bq/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata  $0,054 \pm 0,005$  Bq/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada titik pantau lainnya lebih rendah. Dari kegiatan metalografi ini dipastikan dapat menghasilkan dua jenis limbah baik limbah padat maupun limbah cair. Dari hasil limbah padat yang didapatkan akan ditampung pada wadah limbah yang tersedia, sedangkan untuk limbah cair dilakukan analisa kandungan uraniumnya, apabila terdapat kandungan uranium lebih besar 50 ppm maka akan dilakukan pemungutan kembali. Secara keseluruhan kegiatan metalografi di IEBE sudah terpenuhi dari aspek keselamatan dan tidak menyimpang dari kaidah dan norma keselamatan yang ada.

**Kata Kunci** : pengukuran, kontaminasi, meja preparasi, metalografi.

### I. PENDAHULUAN

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) adalah instalasi nuklir yang berfungsi untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan teknologi produksi bahan bakar nuklir. IEBE dirancang untuk mengolah bahan baku *yellow cake* menjadi serbuk UO<sub>2</sub> derajat nuklir, dan membuatnya menjadi berkas (*bundle*) bahan bakar nuklir tipe *HWR (Cirene)*. Dalam proses pembuatan tersebut dilakukan uji kualitas terhadap produk antara yang mengandung bahan radioaktif uranium di laboratorium uji kualitas yang terdapat di laboratorium metalografi. Di laboratorium ini dilakukan pengujian bahan aktif yang berupa Uranium Zirkonium (U-Zr) yang dapat menyebabkan kontaminasi ke permukaan meja kerja, khususnya meja preparasi sampel. Ditinjau dari aspek keselamatan radiasi, kontaminasi zat radioaktif dapat menyebabkan bahaya radiasi interna terhadap personil. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran kontaminasi di permukaan meja preparasi tersebut dalam rangka pengendalian keselamatan radiasi di daerah kerja. Makalah ini membahas tentang

pengukuran tingkat kontaminasi pada kegiatan *metalografi* di IEBE. Pengukuran kontaminasi dilakukan terhadap meja preparasi, peralatan metalografi yang berpotensi terkontaminasi, kemudian penanganan limbah serta pelaksanaan dekontaminasi pada meja kerja preparasi, atau lokasi penempatan sampel hasil metalografi. Tujuan dari kegiatan ini untuk mengetahui aspek keselamatan dari kegiatan metalografi di IEBE. Salah satu upaya pengawasan operasional pada penggunaan zat radioaktif adalah dengan menetapkan suatu batasan tingkat kontaminasi. Nilai batas ini dapat diperoleh antara lain dengan memperhatikan *toksisitas radionuklida*. Pada dasarnya tingkat kontaminasi permukaan yang masih dapat diterima bergantung pada kondisi dan lingkungan kerja setempat, dengan demikian, semua laboratorium atau instalasi nuklir dapat menetapkan batas tingkat kontaminasi permukaannya masing-masing. Namun demikian, biasanya suatu negara memiliki batas tingkat kontaminasi permukaan secara umum yang ditetapkan oleh regulator. Di dalam laboratorium metalografi, tingkat kontaminasi permukaan dilakukan secara langsung dengan alat *surveymeter* kontaminasi permukaan *Ludlum model 2241* (Gambar 1), nomor seri 282866 dengan faktor kalibrasi ( $FK = 0,047$ ).



Gambar 1. *Surveymeter* Ludlum

Berdasarkan LAK IEBE persyaratan kontaminasi rendah untuk radioaktivitas  $\alpha < 0,37 \text{ Bq/cm}^2$  dan  $\beta < 3,7 \text{ Bq/cm}^2$ . Sedangkan persyaratan untuk kontaminasi sedang untuk radioaktivitas  $\alpha < 3,7 \text{ Bq/cm}^2$  dan  $\beta < 37 \text{ Bq/cm}^2$ . Batas *maximum permeasible concertration (MPC)* yang diizinkan pada permukaan peralatan untuk kontaminasi  $\alpha$  (meja kerja, alat dan lantai) ditetapkan sebesar  $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ . disajikan pada Tabel 1.

Tabel. 1. Tingkat kontaminasi permukaan berdasar LAK IEBE – PTBBN [1]

Daerah kontaminasi	Tingkat kontaminasi (Bq/cm <sup>2</sup> )		Keterangan
	Pemancar $\alpha$	Pemancar $\beta$	
Rendah	$< 0,37$	$< 3,7$	X adalah tingkat kontaminasi
Sedang	$0,37 \leq X < 3,7$	$3,7 \leq X < 37$	
Tinggi	$>3,7$	$> 37$	

Kegiatan metalografi material U-Zr yang dilakukan di IEBE menggunakan bahan yang bersifat radioaktif (Isotop-isotop U merupakan bahan radioaktif), berpotensi mencederai (langsung maupun tidak langsung) personil bilamana tidak ditangani secara hati-hati dan tidak sesuai prosedur. Demikian juga halnya tempat/ daerah kerja dan lingkungan dapat tercemar (terkontaminasi) oleh bahan tersebut sehingga dapat membahayakan personil yang berada di sekitarnya. Pencegahan dari bahaya dilakukan dengan memasukkan alat metalografi di dalam *glovebox* dengan maksud apabila terdapat kontaminasi pada alat tersebut maka akan terlindungi oleh *glovebox* dan tidak menyebar keruang lainnya.

Kegiatan evaluasi keselamatan ini dilakukan untuk mengetahui aspek keselamatan terhadap kegiatan metalografi yang telah memenuhi peraturan/standard yang berlaku dan juga untuk mendapatkan masukan guna peningkatan aspek keselamatan. Evaluasi dilakukan secara periodik dalam kurun waktu tertentu.

## II. METODOLOGI

Metode yang dilakukukan dalam evaluasi ini adalah :

1. Pengukuran tingkat kontaminasi pada permukaan meja preparasi metalografi periode kegiatan bulan Januari – April 2016.
2. Pengukuran tingkat kontaminasi pada peralatan metalografi
3. Pelaksanaan dekontaminasi meja preparasi
4. Penanganan limbah hasil metalografi
5. Pengolahan data
6. Evaluasi hasil dari aspek keselamatan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada evaluasi ini akan dilakukan secara teknis terhadap aspek keselamatan kegiatan metalografi di IEBE dengan data dari kegiatan metalografi yang telah

dilakukan dalam kurun waktu empat bulan yaitu bulan Januari s/d April 2016. Berdasarkan data dari kegiatan metalografi (*Log book*), bahwa bahan yang digunakan adalah bahan aktif *Uranium Zirkonium*.

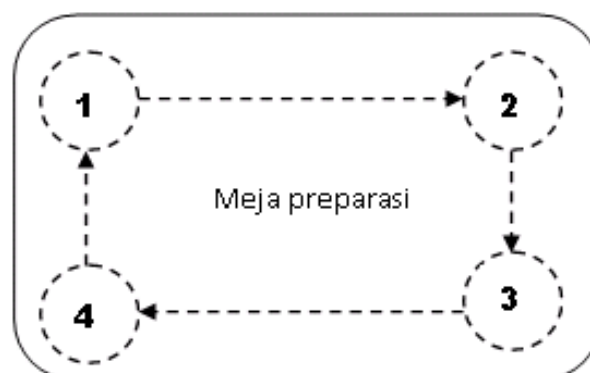
### 1. Pengukuran tingkat kontaminasi pada permukaan meja preparasi

Pengukuran tingkat kontaminasi dilakukan oleh petugas keselamatan (Gambar 2) dan didampingi oleh petugas proteksi radiasi (PPR).



Gambar 2. Pengukuran Kontaminasi meja

Kegiatan dilakukan di area meja preparasi yang berpotensi terkontaminasi bahan aktif, yaitu daerah yang terdapat sumber bahan aktif (zat radioaktif dan bahan nuklir). Pengukuran tingkat kontaminasi dilakukan di meja preparasi metalografi di HR 22. Pengukuran dilakukan terutama terhadap meja yang berpotensi terkontaminasi yaitu di meja kerja preparasi dengan pola menyisir (Gambar 3), atau lokasi penempatan/penyimpanan sampel hasil metalografi.



Gambar 3. Pola pengukuran kontaminasi

Pada lokasi seperti permukaan meja dapat ditentukan dengan cara mengukur tingkat kontaminasinya dengan metode langsung. Pada metode langsung monitor kontaminasi atau *surveymeter* didekatkan ke benda terkontaminasi tersebut. Pada pengukuran kontaminasi metode langsung dapat dilakukan dengan beberapa kondisi yaitu bahan yang terkontaminasi permukaannya dapat dijangkau oleh alat ukur atau *surveymeter*. Hasil pengukuran tingkat kontaminasi di permukaan meja preparasi metalografi periode kegiatan Januari - April 2016 disajikan pada Tabel 2.

Pada tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran pada titik pantau yang variatif, didapatkan hasil yang tertinggi yaitu pada titik pantau 1, lebih tinggi dari titik pengukuran yang lain, ini disebabkan adanya sampel hasil metalografi yang menumpuk, diperkirakan dari situlah sumber kontaminasi di meja tersebut.

Tabel 2. Hasil awal pengukuran tingkat kontaminasi meja preparasi metalografi Periode Kegiatan Januari – April 2016 [2]

BULAN	KONTAMINASI TERUKUR (Bq/cm <sup>2</sup> )			Rerata ( $\bar{X}$ ) & Ralat ( $\sigma$ )	Keterangan
	I	II	III		
<b>Januari</b> (Titik Pantau I)	0,230	0,249	0,258	0,245 ± 0,014	< MPC
<b>Pebruari</b> (Titik Pantau II)	0,220	0,236	0,229	0,228 ± 0,008	< MPC
<b>Maret</b> (Titik Pantau III)	0,232	0,245	0,237	0,238 ± 0,006	< MPC
<b>April</b> (Titik Pantau IV)	0,214	0,273	0,209	0,232 ± 0,035	< MPC

Dari hasil rata-rata pada titik pantau (satu) didapatkan hasil pengukuran pada titik pantau 1 (satu) ( $0,245 \pm 0,014$  Bq/cm<sup>2</sup>), sedangkan pada titik pantau 2 (dua) didapat hasil pengukuran ( $0,228 \pm 0,008$  Bq/cm<sup>2</sup>), titik pengukuran 3 (tiga) didapat hasil pengukuran ( $0,238 \pm 0,006$  Bq/cm<sup>2</sup>) dan titik pantau 4 (empat) didapatkan hasil pengukuran ( $0,232 \pm 0,035$  Bq/cm<sup>2</sup>) Dengan demikian pada titik pantau 1,2, 3 dan 4 dapat dikategorikan kontaminasi rendah karena masih berada dibawah MPC. Dalam hal ini hasil pengukuran tidak didapatkan kontaminasi yang melebihi batas yang diizinkan. Namun demi untuk menjamin keselamatan personil dan pekerja radiasi, maka sebaiknya disarankan untuk melakukan kegiatan dekontaminasi pada permukaan meja tersebut. Sesuai dengan prosedur maka dekontaminasi dilakukan oleh pekerja radiasi (Gambar 4) yang bertanggung jawab di ruang tersebut dan akan

diawasi oleh petugas keselamatan dan petugas proteksi radiasi (PPR). Hasil kegiatan dekontaminasi ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 4. Dekontaminasi meja

## 2. Pengukuran tingkat kontaminasi pada peralatan metalografi

Bahan aktif U-Zr juga dapat menyebabkan peralatan menjadi terkontaminasi. Peralatan yang digunakan pada kegiatan metalografi diantaranya adalah mesin gerinda/poles. Untuk menghindari penyebaran kontaminasi ke area kerja, maka alat metalografi diletakkan di dalam glovebox (Gambar 5).



Gambar 5. Alat metalografi

Kegiatan metalografi menggunakan bahan aktif dengan jenis bahan *U-Zr*. Sehingga dimungkinkan terdapat kontaminan yang melekat pada peralatan tersebut,

dan dilakukan juga pengukuran kontaminasinya. Hasil pengukuran kontaminasi pada alat tersebut disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran kontaminasi pada alat poles/gerinda

ALAT (Mesin Poles/Gerinda)	KONTAMINASI TERUKUR (Bq/cm <sup>2</sup> )			Rerata (X) & Ralat (σ)	Keterangan
	I	II	III		
PENGUKURAN	0,049	0,055	0,059	0,054 ± 0,005	< MPC

Dari hasil pengukuran kontaminasi pada alat didapat hasil rata-rata sebesar  $0,054 \pm 0,005$  Bq/cm<sup>2</sup> dengan hasil tertinggi  $0,059$  Bq/cm<sup>2</sup>. Hasil tersebut masih bisa dikategorikan sebagai kontaminasi rendah  $< 0,37$  Bq/cm<sup>2</sup>.

### 3. Pelaksanaan dekontaminasi meja preparasi

Dalam pelaksanaan dekontaminasi yang perlu diperhatikan adalah Keselamatan, efisiensi, efektifitas biaya dan meminimalisasi limbah<sup>[3]</sup>

Setelah hasil pengukuran kontaminasi di meja preparasi metalografi didapatkan, maka akan dievaluasi kembali guna untuk menentukan apakah tingkat kontaminasi di meja preparasi perlu dilakukan dekontaminasi. Setelah meriviu hasil pengukuran kontaminasi, maka hasil tersebut dapat dikategorikan kontaminasi pada tingkat kondisi rendah, sebab masih dibawah batas ambang tingkat kontaminasi yang ditetapkan. Namun demikian untuk meminimalisir potensi bahaya terhadap pekerja, maka akan dilakukan kegiatan dekontaminasi pada permukaan meja preparasi metalografi tersebut. Dekontaminasi dilakukan dengan cara mengusap permukaan yang terkontaminasi. Keberhasilan dekontaminasi dipengaruhi oleh bahan kontaminan, permukaan benda, cara dekontaminasi dan bahan dekontaminan, biasanya pelaksanaan dekontaminasi menggunakan bahan yang sesuai misalnya menggunakan kertas serap yang telah dibasahi dengan bahan dekontaminan (Radiacwash).

Pelaksanaan dekontaminasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pakai alat pelindung diri yang sesuai seperti sarung tangan, masker
2. Pengusapan dilakukan dari bagian yang potensi kontaminasinya kecil ke bagian yang kontaminasinya tinggi.
3. Buang kertas serap yang sudah terpakai ke tempat limbah, ulangi langkah 2 dan 3

4. Lakukan pengukuran tingkat kontaminasi pada daerah yang telah didekontaminasi
5. Apabila masih terukur adanya kontaminasi, ulangi proses dekontaminasi sampai diperoleh hasil pengukuran sama dengan nilai cacah latar (background)
6. Kumpulkan sarung tangan dan masker, ukur APD tersebut apabila berpotensi terkontaminasi dan segera masukkan ke dalam bak limbah.
7. Cuci tangan pada tempat cuci tangan yang aktif.

Tabel 4. Hasil Pengukuran tingkat kontaminasi pasca dekontaminasi di meja preparasi metalografi

BULAN	KONTAMINASI TERUKUR (Bq/cm <sup>2</sup> )			Rerata ( $\bar{X}$ ) & Ralat ( $\sigma$ )	Keterangan
	I	II	III		
Januari (Titik Pantau I)	0,013	0,015	0,026	0,018 ± 0,007	< MPC
Pebruari (Titik Pantau II)	0,011	0,060	0,022	0,031 ± 0,025	< MPC
Maret (Titik Pantau III)	0,020	0,024	0,012	0,018 ± 0,006	< MPC
April (Titik Pantau IV)	0,010	0,030	0,022	0,020 ± 0,010	< MPC

#### 4. Penanganan limbah hasil kegiatan metalografi

Dari kegiatan metalografi ini dipastikan dapat menghasilkan dua jenis limbah baik limbah padat maupun limbah cair. Dari hasil limbah yang didapatkan akan ditampung pada wadah limbah yang tersedia dan dilakukan penanganan sebagai berikut:

Bahan aktif dari U-Zr juga dapat menimbulkan kontaminasi pada alat yang digunakan, sehingga dimungkinkan alat tersebut dapat di katagorikan sebagai limbah. Limbah padat hasil kegiatan metalografi yang berupa amplas gerinda sebelum dibuang sebagai limbah maka akan dilakukan pengukuran kontaminasinya sebelum ditampung pada wadah limbah aktif warna kuning. Hasil pengukuran limbah padat amplas gerinda berkisar pada pengukuran terendah 0,051 Bq/cm<sup>2</sup> dan tertinggi 0,060 Bq/cm<sup>2</sup> yang masih dikatagorikan sebagai kontaminasi rendah < 0,37 Bq/cm<sup>2</sup>. Sedangkan sampel hasil metalografi bukan termasuk limbah padat namun akan disimpan dan dilakukan



pelaporan administrasi oleh petugas akunting bahan nuklir sebagai bukti pemakaian bahan aktif.

Pada limbah cair hasil metalografi ini tidak dilakukan pengukuran kontaminasinya. Namun hanya ditampung pada wadah limbah cair (Gambar 6).



Gambar 6. Wadah limbah cair

Limbah cair hasil kegiatan metalografi berupa air yang berfungsi sebagai pendingin saat dilakukan pemolesan atau penggerindaan bahan U-Zr, air ini akan membawa kontaminan dari hasil metalografi, dimungkinkan terdapat kandungan kontaminasi pada cairan tersebut. Khusus untuk limbah cair hasil metalografi sebelum dilakukan pembuangan ke penampungan, sebelumnya akan dilakukan proses analisa terlebih dahulu sehingga akan ditemukan kandungan bahan aktifnya. Apabila terdapat kandungan bahan aktif sebesar kurang dari 50 ppm, maka dianggap sebagai limbah cair yang nantinya akan dikirim ke PTPLR. Sebaliknya apabila terdapat kandungan yang melebihi 50 ppm maka limbah tersebut masih diperhitungkan secara ekonomis dan akan dipungut kembali kandungan uraniumnya.

## 5. Pengolahan Data

Potensi bahaya yang mungkin timbul pada kegiatan metalografi diantaranya adalah kontaminasi pada permukaan benda yang digunakan, sebab pada kegiatan ini dilakukan dengan bahan aktif U-Zr yang akan berpotensi menimbulkan kontaminasi. Kegiatan ini dilakukan dalam kurun waktu bulan Januari – April 2016. Pasca kegiatan metalografi maka dipastikan meja preparasi maupun alat dapat terkontaminasi bahan aktif tersebut dan menghasilkan limbah padat dan cair. Maka perlu dilakukan

pengukuran tingkat kontaminasi pada meja preparasi, peralatan metalografi dan penanganan limbah padat dan cair, kemudian dilanjutkan dengan dekontaminasi meja preparasi, kemudian akan dilakukan pengolahan data hasil pengukuran tingkat kontaminasi dan hasil pasca dekontaminasi. Berdasarkan pengolahan data maka didapatkan data hasil dekontaminasi yang ditunjukkan pada Tabel 2. Sesuai dengan batasan tingkat kontaminasi yang telah ditetapkan maka hasil dekontaminasi sudah bisa dikatakan menurun dari tingkat kontaminasi sebelumnya. Tingkat kontaminasi dapat diturunkan hingga mencapai tingkat latar, yaitu sudah dibawah tingkat kontaminasi awal. Pada awal pengukuran tingkat kontaminasi pada titik pantau 1(satu) didapat rata-rata  $0,245 \pm 0,014$  Bq/cm<sup>2</sup> dapat diturunkan menjadi  $0,018 \pm 0,007$  Bq/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada titik pantau lainnya lebih rendah. Hasil pengukuran tingkat kontaminasi pada alat metalografi didapat hasil yang rendah yaitu pada terendah  $0,005$  Bq/cm<sup>2</sup> dan tertinggi  $0,059$  Bq/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata  $0,054 \pm 0,005$  Bq/cm<sup>2</sup>.

## 6. Evaluasi Dari Aspek Keselamatan

Evaluasi telah dilakukan terhadap hasil akhir dari kegiatan metalografi yang meliputi:

1. Pengukuran tingkat kontaminasi meja preparasi yang tidak yang melebihi batas
2. Pengukuran tingkat kontaminasi alat metalografi juga tidak terdapat tingkat kontaminasi yang melebihi batas
3. Penanganan limbah hasil kegiatan metalografi tidak menimbulkan jumlah limbah yang berbahaya baik padat maupun cair
4. Dekontaminasi pada permukaan meja preparasi sudah dilakukan dan tingkat kontaminasi dapat diturunkan hingga di bawah batas aman.

Ditinjau dari aspek keselamatan dan berdasarkan hasil evaluasi dari kegiatan metalografi maka kegiatan metalografi secara keseluruhan tidak menimbulkan bahaya bagi operator, sebab tingkat kontaminasi yang dihasilkan tidak melebihi batas yang diizinkan.

## IV. KESIMPULAN

Pengukuran tingkat kontaminasi pada kegiatan metalografi kurun waktu Januari s/d April 2016 telah berhasil dilakukan dan kegiatan itu antara lain:

1. Memperoleh data tingkat kontaminasi awal pada meja preparasi sebelum dekontaminasi
2. Pengukuran kontaminasi peralatan metalografi dengan kontaminasi katagori rendah

3. Dekontaminasi meja preparasi dan dapat menurunkan tingkat kontaminasi pada meja hingga dibawah batas ambang
4. Limbah padat dan cair hasil kegiatan ini sudah ditampung dalam wadah limbah .

Dengan melakukan pengawasan kegiatan metalografi tersebut, maka ditinjau dari aspek keselamatan kegiatan ini telah berjalan dengan aman dan selamat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan kegiatan sudah memenuhi aspek keselamatan dan tidak menyimpang dari kaidah dan norma keselamatan yang ada.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] PUSAT TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR, "Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Elemen Bakar Eksperimental", revisi 7, PTBBN, 2012
- [2] ANONIM, "Logbook kegiatan metalografi" IEBE, 2016
- [3] <http://www.uow.edu.au/eng/phys/nukeweb/decontamination.html>.decontaminati  
on University wollongong.Australia. 2010