
PABRIKASI *FOIL* URANIUM DENGAN TEKNIK PEROLAN

Susworo, Guswardani, Dadang, Purwanta

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang

ABSTRAK

PABRIKASI *FOIL* URANIUM DENGAN TEKNIK PEROLAN. Telah dilakukan pabrikasi *foil* uranium untuk keperluan pembuatan *foil target* dengan kapasitas 1,5 gram berdimensi $\pm 44 \times 76 \times 0,125$ mm. Bahan baku *foil* uranium yang tersedia adalah logam uranium dengan berat ± 100 gram berbentuk pelat $\pm (50 \times 50 \times 3)$ mm. Sebelumnya, logam uranium tersebut dirakit terlebih dahulu dalam sebuah *pelat bingkai* (*Carbon steel*) $100 \times 100 \times 3$ mm, dengan lubang *frame* $(50,1 \times 50,1 \times 3)$ mm. kemudian ditutup dengan 2 buah *Cover* (*Carbon steel*) $100 \times 100 \times 3$ mm, dilas dengan kuat dan rapat di ke empat sisinya, menjadi sebuah komposit selanjutnya di~~anil~~dipanaskan dalam sebuah tungku pemanas selama 24 jam pada suhu 625°C . Selanjutnya, komposit dalam kondisi panas dirol sampai diperoleh ketebalan tertentu (tebal *foil* yang di inginkan pada proses rol-panas 0,5 – 0,75 mm.) dan tidak retak/pecah. Kemudian uranium yang telah tipis dari hasil rol-panas dilanjutkan dengan proses perolan-dingin sampai menjadi lembar *foil* uranium dengan tebal $\pm 0,125$ mm. diperoleh lembaran *foil* uranium ukuran $\pm 1.000 \times 55 \times 0,125$ mm yang memenuhi persyaratan spesifikasi dimensi, berat dan tidak cacat (retak, sobek, *porosity*).

Kata kunci : logam uranium, rol-panas/rol-dingin, *foil* uranium.

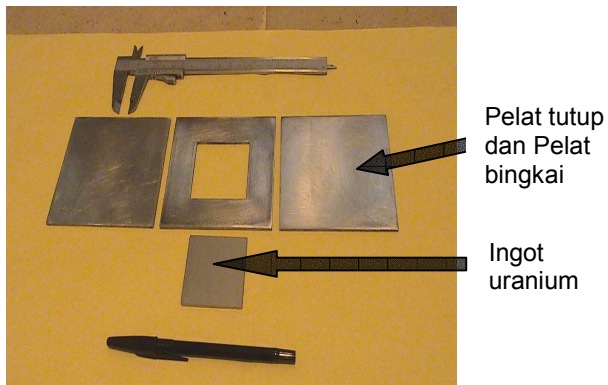
PENDAHULUAN

^{99}Mo yang dimanfaatkan untuk keperluan medis (dalam dunia kedokteran nuklir) selama ini di buat dari uranium dengan pengkayaan tinggi (*HEU, High- Enriched Uranium*). Adanya aturan IAEA yang baru, penggunaan *High Enriched Uranium* sangat dibatasi bahkan sudah tidak diperbolehkan lagi termasuk untuk memproduksi ^{99}Mo . Program *RERTR* (*Reduced Enrichment for Research and Test Reactor*), dimana salah satu program diantaranya adalah melakukan perubahan produksi ^{99}Mo dari *High-Enriched Uranium target* (*HEU*, secara umum U^{235} 93 %) ke *Low- Enriched Uranium* (*LEU*, $\text{U}^{235} < 20$ %).

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) mendapat kepercayaan untuk melakukan pabrikasi pembuatan *Target Foil-Uranium* dari *LEU* yang akan diproses lebih lanjut menjadi ^{99}Mo di fasilitas Reaktor dan Instalasi Produksi Radioisotop. Dari beberapa kali kegiatan yang telah dilakukan untuk itu (pembuatan *Target Foil-Uranium* dari *LEU*), hasil yang diperoleh cukup baik.

Proses perolan merupakan salah satu langkah rangkaian proses yang sangat penting dalam penyediaan *foil*. Pengerolan dilakukan untuk mereduksi tebal uranium, sedangkan tungku pemanas digunakan untuk memanaskan komposit sebelum dan atau selama perolan panas berlangsung, sehingga mesin rol dioperasikan bersamaan

dengan tungku pemanas. Komposit dalam keadaan panas dirol secara bertahap sampai ketebalan tertentu (mendekati tebal foil yang diinginkan, $\pm 0,5 - 0,75$ mm) sebelum kemudian dilakukan perolan dingin.



Gambar-1. Komponen komposit



Gambar-2. Komponen komposit setelah di las

METODOLOGI

Pabrikasi foil uranium untuk keperluan pembuatan foil target ini dilakukan dengan menggunakan bahan ingot uranium (LEU) 100gram (50x50x3)mm, 1 buah pelat bingkai (Carbon steel) 100x100x3mm ukuran lubang (50,1 x 50,1 x 3) mm, 2 buah pelat tutup (Carbon steel) 100x100x3mm, Yttrium-oxide powder, Ethyl Alcohol seperti yang terlihat pada Gambar-1.

Peralatan

Mesin las AC/DC 300-amp, 2 buah chill blocks tembaga (10.2x10.2x0.6)cm, klem/penjepit (ukuran 10.2cm), kertas ampelas halus, mesin rol, tungku pemanas (panjang ruang pemanas : 40cm), meja dorong, stop watch, sarung tangan panjang tahan panas, tang penjepit panjang, baju pelindung, topeng pelindung muka, mikrometer, meteran, sarung tangan karet, dan jas lab.

Cara Kerja

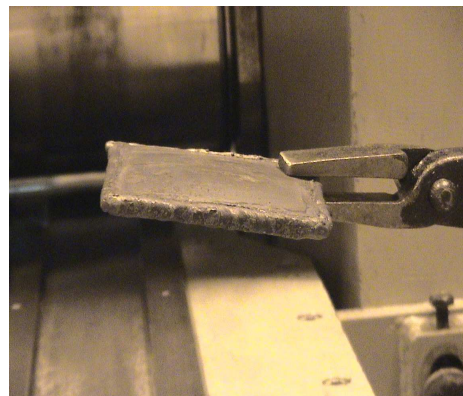
1. Perakitan

Pasta Yttrium-oxide/ Alcohol slurry disiapkan untuk pelapis ingot U. Ingot uranium dengan berat 100g diambil dari kontainer vakum, kemudian dilapisi dengan Yttrium-oxide/ Alcohol slurry dan dikeringkan dengan pengering udara. Kedua pelat tutup diperiksa dari kotoran atau karat (apabila ada karat, dibersihkan dengan menggunakan ampelas sangat halus). Pelat bingkai dipilih yang tebalnya sesuai

dengan tebal ingot uranium (sekitar 0,02mm). Kemudian disiapkan pelat tutup atas dan bawah penutup pelat bingkai. Perakitan dilakukan diatas plastik atau kertas yang bersih supaya tidak terkontaminasi atau kotor, *chill block* dipasang di atas balok alumunium (3 -5 cm agak kepinggir) di atas meja kerja agar mudah dijepitan dengan C-klem., Pelat tutup bawah dipasang di atas *chill block* (*Chill block* berada tepat di tengah pelat tutup) kemudian dipasang pelat bingkai di atas pelat tutup. Lubang pelat bingkai dan permukaan pelat tutup dilapisi dengan *Yttrium-oxide* kental dan dipasang/dimasukkan ingot yang sudah dilapisi *Yttrium-oxide* kedalam lubang pelat bingkai. Permukaan dalam pelat tutup atas dilapisi dengan *Yttrium-oxide* kental (bagian yang akan menutupi ingot sekitar 2 cm dari pinggir pelat tutup tidak boleh terkena *Yttrium-oxide*). Pelat tutup atas dipasang untuk menutupi ingot dan kemudian dipasang *chill block* kedua di atas pelat tutup atas. *Chill block* harus berada tepat ditengah. C-klem dipasang dengan menjepit kedua *chill block* dan kemudian dikencangkan. Rakitan (pelat tutup dan pelat bingkai yang telah terakit dan masih kondisi diklem) kemudian dilas sekelilingnya. Hasil pelasan komposit ditunjukkan pada Gambar-2. Kotoran hasil pelasan diperiksa dan dibersihkan setelah pelasan selesai. Hasil pelasan diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau lubang. Apabila terlihat ada retak, maka dilakukan pelasan ulang. Jika hasil pelasan sudah, maka klem dikendurkan. *Chill* dilepas dan rakitan komposit dibiarkan dingin secara alami. Setelah rakitan dingin dimasukkan kedalam amplop *Stainless Steel (baja nirkarat)*, dilipat rapat-rapat dan dilakukan *aniling* pada suhu 625°C selama 24 jam untuk memperbaiki/mengembalikan kondisi struktur ingot uranium seperti semula. Setelah dingin amplop/bungkus baja nirkarat dibuka dan rakitan komposit siap untuk di rol panas seperti ditunjukkan pada Gambar-4.



Gambar-3. Tungku pemanas untuk pembuatan foil U



Gambar-4. Komposit siap dirol

2. Perolan panas

Komposit dimasukkan ke dalam tungku pemanas pada suhu 625°C selama 1 jam. Permukaan rol dilumasi dengan oli untuk menghindari terjadinya lengket antara komposit dengan *body* rol (Gambar-5). Pengerollan dilakukan dengan posisi komposit tegak lurus terhadap rol pada saat masuk rol. Untuk setiap tahap perolan tereduksi $< 5\%$. Setiap selesai tahap perolan komposit dimasukkan ke dalam tungku untuk dipanaskan selama 10 menit. Apabila komposit sudah memanjang, kedua ujung kelongsong ± 3 cm dari ujung uranium, dipotong untuk mengurangi panjang sehingga bisa masuk ke dalam tungku. Kemudian kedua ujung potongan dilas, dipanaskan kembali selama 20 menit, di rol lagi sampai 10 - 14 tahap dengan *reduksi komposit* setiap tahap 10 % dari tebal awal. Selesai perolan komposit *di aniling*/panaskan selama 30 menit pada suhu 625°C . Setelah dingin komposit dipotong pada ke empat sisi rakitan dan diambil foil uraniumnya. Tebal *foil* uranium diukur dan ketebalan *foil* yang diinginkan adalah 0,5 – 0,75 mm.



Gambar-5. *Body* rol

3. Perolan dingin

Lembaran *baja nirkarat*/SS 304 dipotong sesuai kebutuhan dengan memperhatikan ukuran uranium yang akan dirol (untuk lebar, tambahkan 6 cm dari lebar uranium, panjang, dua kali panjang uranium ditambah minimum 6 cm dari panjang uranium). Permukaan baja nirkarat dibersihkan dan *didegreasing* (pencucian dengan uap *perchlorethylen*). Panjang baja nirkarat dilipat menjadi dua sama panjang dan lipatan dibuat rata (permukaan yang baik dan bersih untuk bagian dalam). Sebelum uranium dimasukkan/disisipkan ke dalam lipatan baja nirkarat, terlebih dahulu lipatan dirol. Untuk menghilangkan radius lipatannya, disisipkan/dimasukkan uranium kedalam lipatan baja nirkarat sejauh mungkin. Pada posisi tengah-tengah

lebar lembar baja nirkarat, dilakukan perolan dingin uranium bersama lipatan lembar baja nirkarat dengan maksimum reduksi perolan sebesar 0.127 mm. Ujung pertama yang masuk rol selalu tetap dalam setiap saat perolan berikutnya, hanya permukaannya dibalik/diputar 180°. Setelah reduksi/penurunan tebal mencapai 50 - 70 % tebal awal, disiapkan lagi lipatan lembar baja nirkarat baru. Sebelum uranium disisipkan kedalam lipatan baja nirkarat yang baru, ujung uranium atau foil dibalik, ujung pertama (depan) menjadi ujung belakang. Perolan dingin dilakukan beberapa kali hingga tercapai tebal yang diinginkan yaitu $0.125^{±0.013}$ mm. Selesai perolan dingin, *foil* uranium disimpan dalam kondisi vakum dan isi dengan gas *iner* untuk meminimalisir kemungkinan terjadi oksidasi sebelum dilakukan proses lebih lanjut (*Heat threatment* atau proses *Quenching*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perolan panas sampai 19 tahap, diperoleh komposit dengan dimensi panjang, lebar dan tebal berturut-turut 490x100x1,82 mm. Secara empirik dengan memperhatikan tebal komposit yang dihasilkan dari rol panas sebesar 1,82 mm, dapat diperkirakan tebal *foil* yang ada di dalam komposit tersebut kira-kira $± 0,67$ mm). Data hasil pengukuran perolan panas komposit setiap tahap perolan seperti pada Tabel 1, sedangkan gambar hasil perolan panas komposit ditunjukkan pada Gambar-6. Selesai proses perolan panas, komposit dimasukkan ke dalam tungku untuk dianil pada suhu 625° C selama 30 menit agar mikro struktur kembali seperti semula. Selesai dianil komposit terlihat menggelembung. Hal ini disebabkan oleh udara yang memuai dan terjebak dalam komposit. Setelah komposit dingin, *foil* dikeluarkan dengan cara memotong bekas pelasan di ke empat sisi komposit dan diperoleh *foil* dengan ketebalan 0,67 mm saat dikeluarkan, *foil* tampak berwarna hitam. Hal tersebut dikarenakan terbakarnya pasta *Yttrium-oxide*. Ketebalan *foil* hasil perolan panas tersebut telah memenuhi syarat ketebalan antara 0,5 – 0,75 mm dan kemudian dilanjutkan dengan proses perolan dingin. Hasil perolan *foil U* ditunjukkan pada Gambar-7.

Tabel 1. Data hasil perolan panas komposit

Pass	Jarak rol mm	Suhu Pemanasan (°C)	Waktu Pemanasan (menit)	Keterangan	Tebal Sebelum rol (mm)	Hasil Pengamatan/ Pengukuran setelah rol (p x l x t) mm
1	12	625	60	T total komposit (plus jejak las) = 12 mm ; Cek tebal	9	Tebal (t) komposit : 8 mm
2	11	625	10			
3	10	625	10			
4	9	625	10			
5	8	625	10			
6	7,5	625	20	Cek tebal	8	Tebal (t) komposit : 5,42 mm
7	7	625	10			
8	6,5	625	10			
9	6	625	10			
10	5,5	625	10			
Pass	Jarak rol mm	Suhu Pemanasan (°C)	Waktu Pemanasan (menit)	Keterangan	Tebal Sebelum rol (mm)	Hasil Pengamatan/ Pengukuran setelah rol (p x l x t) mm
11	5	625	10	Penurunan tebal diset: 0,3 mm.	5,42	300 x 100 x 3,30
12	4,5	625	10			
13	4	625	10			
14	3,5	625	10			
15	3	625	10	Cek tebal		
16	3	625	10	Cek tebal	3,30	330 x 100 x 3,00
17	2,7	625	10	Cek tebal	3,00	375 x 100 x 2,40
18	2,2	625	10	Cek tebal	2,40	440 x 100 x 2,32
19	2	625	10	Cek tebal	2,32	490 x 100 x 1,82 (sudah melebihi panjang tungku)



Gambar-6. Komposit foil hasil perolan panas



Gambar-7. Foil Uranium hasil rol panas

Sebelum proses perolan dingin, foil terlebih dahulu dicuci untuk membersihkan kotoran atau *deposit* yang melekat pada permukaan foil. Pencucian dengan *perchlorethylen* untuk menghilangkan oli (*degreasing*) yang mungkin melekat. Kemudian dicuci dengan asam nitrat H_2NO_3 , konsentrasi 60%, pada suhu $70^\circ C$ dan dibilas dengan air bebas mineral serta alkohol (proses *pikling*). Foil tampak bersih kembali dan berwarna kekuningan. Pada Tabel 2 ditunjukkan hasil proses *aniling* dan *pikling*.

Tabel 2. Data hasil *aniling* dan *pikling* foil uranium

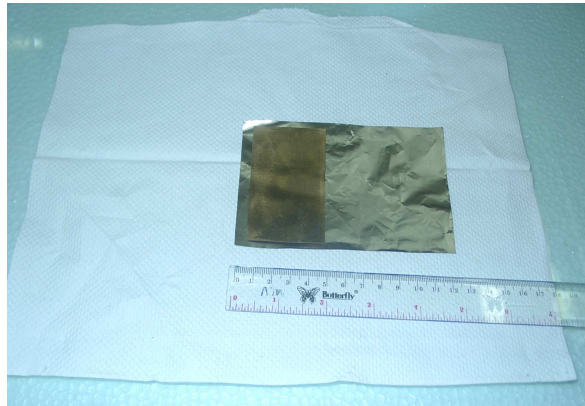
No	Langkah Proses	Hasil / Pengamatan / Pengukuran
1	Komposit dianiling/dipanaskan pada suhu $625^\circ C$ selama 30 menit dan didinginkan secara alami	Komposit menggelembung
2	Dibuka pelat tutup, diambil dan dicek tebal foil dengan mikrometer	Ukuran foil : 360 x 60 x 0,67 mm (diinginkan, 0,5 – 0,75 mm) ; foil tampak hitam
3	<i>Degreasing dan pikling</i>	Foil tampak bersih dan berwarna kekuningan ; 360 x 60 x 0,66 mm

Tabel 3. Data perolan dingin foil uranium

Tahap perolan	Pass (x perolan)	Setting penurunan jarak rol/pass (mm)	Tebal awal foil (mm)	Panjang foil sebelum rol (mm)	Tebal foil setelah rol (mm)	Panjang foil setelah rol (mm)	Keterangan
I	11	0,10	0,66	80,00	0,56	87,00	Pelet tutup SS (280x133x0,6) mm
	2	0,05	0,56	87,00	0,47	97,00	
II	6	0,10	0,47	97,00	0,37	117,56	Ganti dengan pelat tutup SS baru
	10	0,10	0,37	117,56	0,25	230	
Tahap perolan	Pass (x perolan)	Setting penurunan jarak rol/pass (mm)	Tebal awal foil (mm)	Panjang foil sebelum rol (mm)	Tebal foil setelah rol (mm)	Panjang foil setelah rol (mm)	Keterangan
III	10	0,10	0,25	230	0,15	310	Foil dipotong (panjangnya) menjadi 2 bagian : @ 155 mm
IV	9	0,10	0,15	155,00	0,124	180,00	Pelat tutup SS baru ; Foil no. 1 sesuai keinginan
	9	0,10	0,15	155,00	0,125	185,00	Pelat tutup SS baru ; Foil no. 2 sesuai keinginan

Tabel 3 di atas menunjukkan hasil proses perolan dingin foil. Untuk memudahkan dalam proses perolan dingin, panjang foil awal dibuat tidak terlalu panjang. Oleh karena itu panjang foil dari hasil rol panas dipotong-potong sesuai kebutuhan ($\pm 80,00$ mm), setelah dimasukkan kedalam pelat tutup SS, perolan foil dilakukan beberapa kali dengan pengurangan tebal sedikit demi sedikit. Pada tahap ketiga perolan dingin foil sudah memanjang tetapi ketebalan masih belum tercapai. Oleh karena itu foil masih

perlu dipotong menjadi dua bagian masing-masing panjang 155 mm dan perolan dilanjutkan hingga tercapai ketebalan *foil* yang diinginkan (0,125 mm). Gambar-8 memperlihatkan *foil* U sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan siap untuk dirakit.



Gambar-8. *Foil*-Uranium siap dirakit

KESIMPULAN

Dalam kegiatan Fabrikasi ingot U (LEU) 100 gram berdimensi 50x50x3 mm menggunakan bingkai dan penutup serta sejumlah perlakuan terhadap bahan-bahan tersebut telah berhasil dibuat komposit. Pengerolan terhadap komposit baik secara panas dan dingin serta berulang-ulang diperoleh *foil* U berdimensi sesuai yang diinginkan (telah memenuhi spesifikasi). Selain persyaratan dimensi tersebut, *foil* U yang dihasilkan tidak terdapat cacat seperti retak, robek dan porositi. *Foil* U yang diperoleh dalam kegiatan ini dapat/siap dipakai untuk dirakit ke dalam kelongsong *foil* sehingga diperoleh berkas *foil* target yang siap di iradiasi di reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, “*Argone National Laboratory*”, Workshop, Serpong, 2006.
2. ANONIM, “*Workshop on LEU Foil Target Fabrication, Irradiation, and Chemical Processing Using the Modified Cintichem Technique*”, BATAN-ANL-IAEA, Serpong-Indonesia, 6–10 Maret 2006.
3. ANTONIO GOGO, “Desain Kontainer Bagian Dalam Untuk Limbah Mo-Target”, Proseding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir PTBN-BATAN, Serpong 11 September 2007.
4. B. PRIAMBODO, “Teknologi Mekanik”, Edisi 7 Jilid 2 versi S1, Penerbit Erlangga.