



## PENYEMPURNAAN DAN UJI KINERJA ALAT PERENDAMAN GEL URANIA

Darmanto, Suparjono M., Triyono

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN-Yogyakarta  
Jl Babarsari Nomor 21, Kotak pos 6101 Ykbb 55281  
e-mail : ptapb@batan.go.id

### ABSTRAK

**PENYEMPURNAAN DAN UJI KINERJA ALAT PERENDAMAN GEL URANIA.** Telah dilakukan penyempurnaan dan uji kinerja alat perendaman gel urania. Gel Urania adalah gel hasil proses gelasi dari larutan sol urania untuk pembuatan bahan bakar kernel  $UO_2$ . Gel hasil proses gelasi ini sebelum dilakukan pengeringan terlebih dahulu dilakukan proses perendaman untuk menyempurnakan reaksi pembentukannya dan menstabilkan strukturnya. Alat perendaman terdiri dari empat buah mangkuk dengan ukuran masing-masing diameter 29 cm dan tinggi 5,0 cm, disusun bertingkat dan digoyangkan dengan mesin pemutar. Sebelum dilakukan uji kinerja alat perendaman ini terlebih dahulu dilakukan peneraan kecepatan putar mesin pemutar. Uji kinerja alat perendaman dilakukan dengan merendam gel urania hasil proses gelasi tetes. Pada uji kinerja ini hanya digunakan satu mangkuk perendaman dengan media larutan ammonia. Proses perendaman dilaksanakan dengan menuangkan gel Urania hasil proses gelasi tetes tunggal kedalam mangkuk perendaman, kemudian diputar pada kecepatan dan waktu yang bervariasi. Variasi kecepatan putar dilakukan pada skala 100, 125 dan 150 untuk waktu perendaman 30 menit. Waktu perendaman divariasikan pada waktu 30, 45 dan 60 menit dengan kecepatan putar pada skala 125. Gel hasil perendaman mula-mula disaring kemudian dicuci dengan larutan ammonia 2,5 % sampai tiga kali dan selanjutnya dicuci dengan larutan isopropanol tiga kali. Gel yang telah dicuci kemudian diukur diameter butirannya dan diamati bentuk fisisnya. Hasil uji performen alat perendaman dengan satu buah mangkuk relatif baik diperoleh untuk kecepatan putar pada skala 125 (117 rpm) dan waktu 30 menit. Distribusi butiran gel merata dengan diameter rata-rata 2,1 mm.

### ABSTRACT

**IMPROVEMENT AND PERFORMANCE TEST FOR AGEING EQUIPMENT OF URANIA GEL.** The improvement and performance test for ageing equipment of Urania gel has been done. Urania gel is the gel resulted from the gelation process of urania sol for  $UO_2$  kernel fuel fabrication. This gel as resulting from the gelation process, before drying it must be first performed by ageing process to improve the reaction and stabilize its structure. The ageing equipment consist of four cups, each size with the diameter of 29 cm and the height of 5.0 cm, it is built in a series of stage and shacked by the rotary machine. Before doing the performance test of ageing equipment calibration of rotation speed of rotary machine must be done firstly. Performance test of ageing equipment is done by ageing Urania gel from the result of gelation process of single drop reactor in the ageing equipment. In this performance test only one cup is used with the media of ammonia solution. Ageing process is done by pouring Urania gel from the result of gelation process of single drop reactor into the ageing cup and then it is rotated at the certain speed and time. The variation of rotation speed is done on the scale of 100, 125 and 150 for the ageing time of 30 minutes. The ageing time is done in the variation of 30, 45 and 60 minutes with the rotation speed on the scale of 125. First the gel resulted from ageing is filtered and then washed with ammonia solution 2.5 % three times and isopropanol solution three times. The gel that has been washed than it is measured its diameter and cheked the



*physical form by visual. The result of performance test of ageing equipment with one cup is relatif good in the rotary speed on the scale of 125 (117 rpm) and the time of 30 minutes. Distribution of the grain of gel is rather equal with the average diameter of 2.1 mm.*

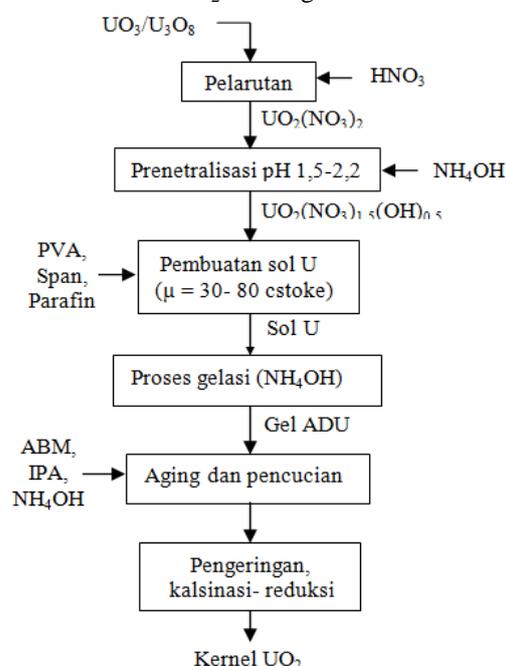
## PENDAHULUAN

Salah satu program penelitian yang dikembangkan di PTAPB – BATAN ialah teknologi proses pembuatan bahan bakar kernel uranium dioksida ( $UO_2$ ) untuk bahan bakar reaktor suhu tinggi (BBRST). Secara umum pembuatan kernel  $UO_2$  dapat dilakukan dengan cara proses kering (*dry chemical process*) yaitu dengan proses granulasi dan proses basah (*wet chemical process*) dengan proses sol – gel<sup>[1]</sup>. Proses basah memiliki kelebihan dibandingkan dengan proses kering yaitu antara lain hasilnya lebih homogen dan diperoleh kernel  $UO_2$  dengan kerapatan 95 – 99% kerapatan teoritis<sup>[2]</sup>. Oleh karena itu di PTAPB telah dipilih untuk mengembangkan teknologi proses basah. Pada prinsipnya teknologi proses pembuatan bahan bakar kernel  $UO_2$  dengan proses basah meliputi proses pembuatan larutan sol, proses gelasi untuk membuat gel, perendaman dan pencucian gel, kalsinasi dan reduksi kernel, sintering kernel, pelapisan kernel, pembuatan matriks grafit, dan pembuatan elemen bahan bakar<sup>(2,3)</sup>.

Proses gelasi merupakan tahapan proses yang cukup penting karena pada proses ini akan dibentuk gel sebagai bahan padat awal bentuk butiran yang sangat menentukan sifat - sifat fisis dan metalurgis kernel  $UO_2$  yang akan dihasilkan. Dari proses ini akan dihasilkan gel Urania padat berbentuk butiran dan secara periodik dikeluarkan dari reaktor gelasi untuk dilakukan proses perendaman. Perendaman ini dimaksudkan untuk menyempurnakan reaksi pembentukan gel dan menstabilkan strukturnya. Setelah direndam gel tersebut kemudian disaring dan dicuci untuk menghilangkan medium gelasi dari permukaan gel, larutan nitrat, dan bahan bahan pengotor lainnya<sup>[2,4,6,7]</sup>.

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian tahun 2010. Pada tahun 2009 telah selesai dirancang dan dibuat alat perendaman yang berbentuk mangkuk, namun penyempurnaan perangkat pemutarnya belum selesai dilakukan dan dilanjutkan pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penyempurnaan perangkat pemutar tersebut telah selesai dilakukan, demikian pula kecepatan dan waktu putar motor mesin pemutarnya telah selesai dikalibrasi. Uji fungsi alat perendaman dan perangkat pemutarnya telah dilakukan, namun masih perlu dimantapkan. Demikian pula uji performennya belum dilakukan dan akan dilanjutkan pada penelitian tahun 2011 ini. Sebelum

alat ini digunakan dan diintegrasikan dengan unit – unit proses lainnya untuk membuat bahan bakar kernel  $UO_2$  perlu dilakukan uji performen terlebih dahulu sehingga luaran hasil yang diperoleh memenuhi syarat. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan uji performen alat perendaman gel Urania yang dihasilkan dari reaktor gelasi. Dari keseluruhan proses tersebut diatas dapat digambarkan dalam Skema proses gelasi eksternal pembuatan kernel  $UO_2$ <sup>[9]</sup> sebagai berikut :



## TATA KERJA

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah  $NH_4OH$  pekat, 2-propanol, Gel Urania.

Peralatan yang digunakan adalah alat pemutar (*shaker*), Gelas beker, erlemeyer, corong kaca, stopwatch, sendok sungsu, kolom gelasi,

### Cara Kerja

#### Percobaan pendahuluan

Percobaan pendahuluan dilakukan untuk menguji fungsi alat terutama kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu mangkuk perendaman. Mula-mula dalam keadaan kosong dan kemudian diisi dengan air satu liter. Uji fungsi dilakukan untuk setiap sekala kecepatan putar.



**PROSIDING SEMINAR  
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan  
Yogyakarta, 26 September 2012**

**a. Peneraan kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu buah mangkuk perendaman kosong.**

Mula-mula di atas mesin pemutar disusun satu buah mangkuk perendaman kosong. Kemudian skala pada tombol pengatur kecepatan putar diposisikan pada angka 50 dan motor dihidupkan selama satu menit. Kecepatan putar selama satu menit yang ditunjukkan pada counter dicatat. Pekerjaan ini diulangi sampai tiga kali dan hasil pengukurannya di rata-rata. Dengan cara yang sama peneraan kecepatan putar dilakukan untuk skala 75, 100, 125 dan seterusnya sampai dengan skala 200.

**b. Peneraan kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu buah mangkuk perendaman berisi satu liter air.**

Mula-mula di atas mesin pemutar disusun satu buah mangkuk perendaman berisi satu liter air. Kemudian skala pada tombol pengatur kecepatan putar diposisikan pada angka 50 dan motor dihidupkan selama satu menit. Kecepatan putar selama satu menit yang ditunjukkan pada *counter* dicatat. Pekerjaan ini diulangi sampai tiga kali dan hasil pengukurannya di rata-rata. Dengan cara yang sama peneraan kecepatan putar dilakukan untuk skala 75, 100, 125 dan seterusnya sampai dengan skala 200.

**Uji kinerja alat perendaman**

Rangkaian alat perendaman disusun seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Perendaman



Gambar 2. Mangkuk

Pada penelitian ini variabel yang diteliti yaitu kecepatan putar mesin pemutar alat perendaman dan waktu perendaman.

**a. Pengaruh kecepatan putar mesin pemutar**

Sejumlah gel yang dihasilkan dari reaktor gelas tetes tunggal dituangkan ke dalam mangkuk perendaman, permukaan dibuat merata dengan media larutan amonia. Kemudian mesin pemutar diputar dengan kecepatan bervariasi yaitu pada skala 100, 125 dan 150 untuk waktu perendaman selama 30 menit. Setelah selesai gel hasil perendaman mula-mula disaring kemudian dicuci dengan larutan ammonia 2,5 % sampai tiga kali dan selanjutnya dicuci dengan larutan isopropanol tiga kali. Gel yang telah dicuci kemudian diukur diameter butirannya dan diamati bentuk fisisnya.

**b. Pengaruh waktu perendaman**

Sejumlah gel yang dihasilkan dari reaktor gelas tetes tunggal dituangkan ke dalam mangkuk perendaman, permukaan dibuat merata dengan media larutan amonia. Kemudian mesin pemutar diputar dengan kecepatan tetap pada skala 125 sedangkan waktunya divariasikan yaitu 30, 45 dan 60 menit. Setelah selesai gel hasil perendaman mula-mula disaring kemudian dicuci dengan larutan ammonia 2,5 % sampai tiga kali dan selanjutnya dicuci dengan larutan isopropanol tiga kali. Gel yang telah dicuci kemudian diukur diameter butirannya dan diamati bentuk fisisnya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Percobaan pendahuluan**

**a. Peneraan kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu buah mangkuk perendaman kosong**

Mesin pemutar (*shaker*) ini dibeli sekitar tahun sembilan puluhan dan manualnya sudah tidak ada sehingga perlu dilakukan peneraan terhadap tombol pengatur waktu dan kecepatan putarnya. Dari hasil peneraan dapat dilihat bahwa angka yang tertera pada skala tombol sudah tidak sesuai lagi sehingga perlu dikoreksi sesuai hasil peneraan. Pada percobaan ini pengukuran kecepatan putar mesin pemutar dilakukan dengan alat pengukur digital (*counter*). Hasil pengukuran dengan *counter* ini ternyata hasilnya cukup baik. Pada tabel 1 dan tabel 2 tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan hasil pengukuran dengan angka pada skala tombol pengatur kecepatan putar tidak terlalu jauh. Namun demikian peneraan kecepatan putar hanya dapat dilakukan maksimum sampai dengan skala 200 karena pada skala 225 keatas air dalam mangkuk perendaman sudah mulai tumpah keluar dan angka



pada counter menurun. Hal ini tidak menjadikan masalah karena pada penelitian uji kinerja alat perendaman tidak akan dilakukan sampai pada kecepatan tersebut.

Hasil percobaan ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Peneraan kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu buah mangkuk perendaman kosong

No	Skala kecepatan putar	Putaran per menit (rpm)			Rerata
		1	2	3	
1	50	39	39	39	39
2	75	45	44	44	44
3	100	74	73	75	74
4	125	116	116	117	116
5	150	154	155	151	153
6	175	192	191	190	191
7	200	216	218	217	217
8	225*	164	160	175	166
9	250*	-	-	-	-

\* = hasil pencatatan sdh menurun

**b. Peneraan kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu buah mangkuk perendaman berisi satu liter air.**

Hasil percobaan ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Peneraan kecepatan putar mesin pemutar dengan beban satu buah mangkuk perendaman berisi satu liter air

No	Skala kecepatan putar	Putaran per menit (rpm)			Rerata
		1	2	3	
1	50	39	39	39	39
2	75	43	43	43	43
3	100	71	71	71	71
4	125	118	116	118	117
5	150	151	154	152	152
6	175	185	188	188	187
7	200	214	216	208	212
8	225*	198	200	206	201
9	250*	-	-	-	-

\* = hasil pencatatan sdh menurun

**Uji unjuk kerja alat perendaman**

**a. Pengaruh kecepatan putar mesin pemutar**

Dari hasil percobaan pada tabel 3. menunjukkan bahwa kecepatan putar mesin pemutar berpengaruh pada proses pematangan gel. Hal ini dapat dilihat dari perubahan bentuk, ukuran dan distribusi gel terhadap variasi kecepatan putar mesin pemutar pada waktu yang sama. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa kecepatan putar terbaik diperoleh pada skala 125 yaitu dengan kecepatan putar 117 rpm. Pada kecepatan ini diperoleh hasil gel yang distribusi butirnya merata, kebulatannya

relatif bagus dengan ukuran butir gel rerata 2,1 mm. Ukuran butir ini memenuhi standar karena tidak melebihi 2,2 mm.

Hasil percobaan disajikan pada table 3.

Tabel 3. Pengaruh kecepatan putar mesin pemutar pada hasil perendaman

No	Kecepatan putar pd skala (rpm)	Diameter gel (mm)	Keterangan
1	100 (71)	2,6; 2,2; 2,46; 2,5; 2,32 Rata-2 = 2,42	-diameter gel terlalu besar - distribusi butir tidak merata
2	125 (117)	2,16; 2,06; 2,10; 2,03; 2,09 Rata-2 = 2,09	-distribusi butir merata -kebulatan relatif bagus
3	150 (152)	2 ; 1,98; 1,92; 2,92; 2,30 Rata-2 = 2,22	-distribusi butir tdk merata -kebulatan kurang bagus

**b. Pengaruh waktu perendaman**

Percobaan ini dilaksanakan pada kecepatan putar mesin pemutar pada skala 125 (117 rpm) yaitu dari hasil percobaan terbaik pada percobaan ini, dengan variasi waktu perendaman 30, 45 dan 60 menit.

Hasil percobaan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh waktu perendaman pada hasil perendaman

No	Waktu perendaman	diameter gel, (mm)	Keterangan
1	30 menit	2,16; 2,06; 2,10; 2,03; 2,09 Rata-2 = 2,09	-distribusi butir merata -kebulatan relatif bagus
2	45 menit	2,52; 2,5; 2,8; 2,64; 2,72 Rata-2 = 2,64	-diameter gel terlalu besar
3	60 menit	2,38; 2,55; 2,49; 2,66; 2,16 Rata-2 = 2,45	-diameter gel terlalu besar

Dari hasil percobaan pada Tabel 4. menunjukkan bahwa lamanya waktu perendaman



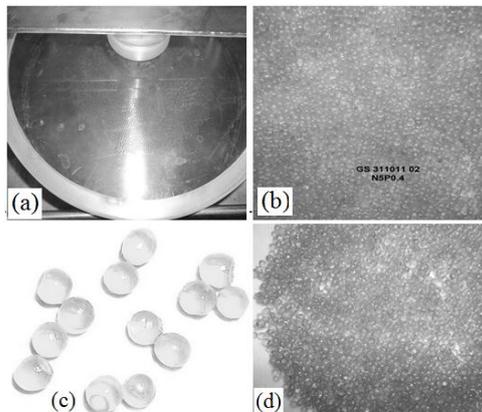
**PROSIDING SEMINAR  
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan  
Yogyakarta, 26 September 2012**

mempunyai pengaruh pada proses pematapan gel. Hal ini dapat dilihat dari perubahan bentuk, ukuran dan distribusi gel terhadap variasi waktu perendaman pada kecepatan putar mesin pemutar yang sama. Hasil percobaan menunjukkan bahwa waktu perendaman relatif baik diperoleh pada waktu 30 menit. Perendaman yang terlalu lama menyebabkan gel menjadi membesar atau mekar dan lembek, sehingga ukuran butir menjadi tidak sesuai standar. Pada kondisi ini diperoleh hasil gel yang distribusi butirnya merata, kebulatannya relatif bagus dengan ukuran butir gel merata 2,1 mm. Ukuran butir ini memenuhi standar karena tidak melebihi 2,2 mm.



Gambar 3.(a) Alat sebelum disempurnakan (b) Sesudah disempurnakan

Gel Urania hasil proses perendaman



Gambar 4. (a) Proses perendaman (b) Gel Urania setelah perendaman (c) Gel Urania setelah perendaman (d) Butir gel Urania setelah perendaman

### KESIMPULAN

Dari hasil penyempurnaan dan uji kinerja alat perendaman gel Urania telah selesai dilakukan dengan variasi kecepatan putar mesin pemutar, variasi waktu perendaman, uji kinerja alat perendaman gel Urania relatif baik diperoleh pada kondisi kecepatan putar mesin pemutar pada skala 125 (117 rpm) dan waktu perendaman 30 menit. Pada kondisi ini diperoleh hasil gel yang distribusi butirnya merata, kebulatannya relatif bagus dengan

ukuran butir gel merata 2,1 mm. Ukuran butir ini memenuhi standar karena tidak melebihi 2,2 mm.

### DAFTAR PUSTAKA

1. BEATTY, R.L., et al., "Gel - Shere - Pac Fuel for Thermal reactor" ORNL-5469, 1979
2. CHAI JEONG, K, et al., "ADU Compound Partcle Preparation fo HTGR Nuclear Fuel in Korea", J.Ind.Eng.Chem.Vol 13, No 5, 2007.
3. DAMUNIR, PTAPB - BATAN, Yogyakarta, Konsultasi Pribadi
4. HIDAYATI, dkk., "Struktur Mikro Gel  $UO_3$  Pada Berbagai Kondisi Pencucian", Prosiding Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia FMIPA-UNS, Surakarta, 2001
5. HIDAYATI, dkk., "Evaluasi dan Perkembangan Pembuatan Bahan Bakar Kernel  $UO_2$  di PTAPB-BATAN Yogyakarta", GANENDRA, Vol.X, No.1, Januari 2007, PTAPB, BATAN, Yogyakarta
6. Handbook Sol - Gel Science and Technology (Processing, Characterization, and Application), Editor Sumio Sakka, Kluwer Academic Publisher, Newyork.
7. LLOYD, M.H., et.al., "Crystal Habbit and Phase Attributor of U(IV) Oxides in A Gelation Process", Journal of Inorganic Nuclear Chemistry, Vol. 38, Perganon Press, Great Britain, 1976.
8. MULLER, A., "Establishment of The Technology To Manufacture Uranium Dioxide Kernels fo PBMR Fuel", Proceedings HTR 2006 3<sup>rd</sup> International Topical Meeting on Hihg Temperature Reactor Technology, Oct 1-4, 2006, Johannesburg, South Africa.
9. NICKEL, H., "KFA Contributions With The Frame Of The German HTR Fuel Development Program", Kernforschungsanlage Julich, Wes German, 4-28., 1970.

### TANYA JAWAB

#### Tri Rusmanto (PTAPB)

- Berapa kondisi optimum perendaman yang baik yang pernah dilakukan?

#### Darmanto

- ✧ Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan, kondisi optimum pada saat kecepatan putar skala 125 (117 rpm) dan waktu perendaman 30 menit diperoleh hasil yang baik, yaitu diameter kernel  $\leq 2,2$  mm.