



PENYEMPURNAAN DAN UJI COBA REAKTOR GELASI MULTITETES

Supardjono Mudjiman, Triyono dan Darmanto

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 COBA REAKTOR GELASI MULTI TETES. Telah dilakukan penyempurnaan dan uji coba reaktor gelas multi tetes. Penyempurnaan meliputi perbaikan-perbaikan kran-kran yang terbuat dari kaca yang masih bocor diganti dengan kran-kran dari stainless steel dan penambahan sambungan ekspansi untuk mengurangi tegangan (stress). Untuk mengurangi tegangan sambungan dibuat dengan sambungan yang elastis yaitu dengan memasang slang. Perangkat pompa peristaltik telah dimodifikasi dari roller 4 menjadi 7 supaya aliran sol stabil. Jarum penetes dilengkapi dengan gelembung untuk menjaga tekanan dari pompa peristaltik sehingga aliran cukup stabil. Dari modifikasi faktor keselamatan pekerja akan lebih baik. Hasil uji coba reaktor dengan memvariasi ukuran nomer jarum penetes nomer 3 dan 5 ukuran diameter gel yang dihasilkan sekitar 2,02-2,60 mm. Pada ukuran no. 3 didapat diameter gel 2,02-2,19 mm. Perlu percobaan lebih lanjut untuk mencari kondisi optimum yaitu dengan memvariasi ukuran nozzle, mengatur kecepatan alir nozzle, ataupun dengan mengatur viskositas umpan sol agar diperoleh hasil yang optimal. Reaktor gelas dapat berfungsi dengan baik.

Kata Kunci : Reaktor gelas multitetes, penyempurnaan, keselamatan dan fungsi.

ABSTRACT

IMPROVEMENT AND TESTING OF MULTI DROPS REACTOR GELATION. Improvements and test of reactor gelation *multi* drops have been made. Refinements include improvements valve made of glasses that is still leaking replaced with stainless steel valve and the addition of expansion joints to reduce stress. To reduce the stress connection is made with an elastic connection is by installing a hose. The peristaltic pump has been modified from 4 to 7 roller so that the flow of sol is stable. The nozzle was equipped with a bubble to keep the pressure of the peristaltic pump so that the flow is quite stable. From the factor modification the safety of workers will be better. The trial results by varying the size of number of nozzle 3 and 5 diameter gel produced about 2.02 to 2.60 mm. In size number 3 gained 2.02 to 2.19 mm diameter gel. Need further trials to find the optimum conditions by varying the size of the nozzle, set the nozzle flow rate, or by adjusting the viscosity of the sol in order to obtain feedback optimal results. The function of gelation reactor is properly.

Keyword : Multi drops gelation reactor, improvement, safety and function.

PENDAHULUAN

Reaktor HTR (High Temperature Reactor) adalah merupakan reaktor masa depan hal ini disebabkan karena dapat menghasilkan listrik juga dapat menghasilkan panas yang dapat digunakan untuk industri. Hal yang lain yaitu reaktor HTR juga dapat dibangun dalam modul yang kecil.

Bahan bakar reaktor HTR berupa kernel UO_2 yang saat ini dikembangkan di PTAPB BATAN atau mixed yang dilapisi dengan pirokarbon (PyC) dan silika karbida (SiC). Bahan pelapis dapat biso ataupun triso. Untuk pelapisan buffer digunakan C_2H_2 , PyC digunakan C_2H_6 pada suhu sekitar



1300°C sedangkan lapisan SiC menggunakan CH_3SiCl_3 pada suhu sekitar 1550 °C^[1].

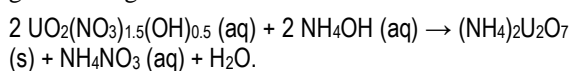
Persyaratan reaktor masa depan antara lain^[2,3,4] : harus ekonomis, mempunyai keselamatan yang tinggi, limbah yang ditimbulkan sedikit dan dapat mengikuti proliferasi. Konsep pelapisan tersebut untuk mengunggul produk fisi pada saat proses irradiasi di reaktor.

Pembuatan bahan bakar kernel UO_2 melalui tahapan-tahapan yaitu, proses pelarutan U_3O_8 , pemurnian/ekstraksi, pengkondisian umpan pembuatan sol, pembuatan sol untuk proses gelasi, gelasi, aging, pencucian, pengeringan gel uranium, kalsinasi, reduksi, sintering, pelapisan dan molding. Proses pembuatan umpan sol yaitu dengan mencampur ADUN (*Acid Deficient Uranyl Nitrate*), parafin, larutan PVAc (*Polyvinyl Alcohol*) dan THFA dengan komposisi tertentu dan mempunyai kekentalan tertentu agar dapat dibuat gel yang baik^[5,6]. Pada proses penetasan digunakan pompa peristaltik yang lubang jarumnya digetarkan dengan vibrator pada frekuensi dan amplitudo tertentu agar didapatkan bentuk gel yang ideal.

Pada tahun 2009 telah dibuat dan di instal alat unit gelasi dan masih ada kebocoran/kekurangan dan akan disempurnakan pada tahun 2010 dan pada tahun 2011 akan dipasang SIK. Pada tahun 2011 telah dilakukan penyempurnaan dan uji fungsi alat gelasi. Pengamatan dilakukan pada reaktor gelasi yang telah dilengkapi alat SIK untuk mengetahui apakah SIK sudah berfungsi dan hasil proses gelasi apakah sudah memenuhi spek yang diharapkan atau belum.

Pembuatan gel

Pembuatan gel dilakukan dalam kolom gelasi dengan meneteskan larutan sol dalam ammonium hidroksida sehingga terjadi gel ammonium di uranat (ADU). Penetasan menggunakan pompa penumatik (persistaltik) diumpankan ke *nozzle* pada bagian atas kolom, di mana vibrator menggetarkan *nozzle* dari umpan sol. Butiran halus jatuh melalui udara mencapai bentuk bola sebagai akibat dari tegangan permukaan. Tetesan yang berbentuk bola kemudian melewati atmosfer gas ammonia yang kontak langsung dengan tetesan dan berreaksi kimia dengan uranyl nitrat pada permukaan tetesan. Uranyl nitrat yang mengendap sebagai ADU di lapisan luar dalam tetesan, membentuk film pelindung. Film ini memungkinkan untuk mempertahankan bentuk tetesan bulat sehingga tidak terjadi deformasi. Reaksi pembentukan gel uranium dalam reaktor gelasi sebagai berikut^[3] :



Penuaan (aging)

Setelah penetasan selesai, gel yang masih basah dipindah ke tangki penuaan/*aging* dan dipanaskan sekitar 80 °C. Pada proses penuaan inti kristal mulai tumbuh menjadi ADU sampai reaksinya sempurna.

Tujuan dari penyempurnaan adalah dari hasil kontruksi dan proses pada tahun sebelumnya masih ada kekurangsempurnaan, antara lain kran yang terbuat dari gelas masih ada kebocoran dan resiko untuk pecah sangat besar karena sering terkena beban mekanik. Untuk mengatasi hal tersebut maka kran-kran sambungan diganti dengan kran yang terbuat dari stainless steel. Untuk mengurangi tegangan dipasang sambungan dipasang sambungan ekspansi. Untuk mengurangi pulsasi dari pompa peristaltik dimodifikasi dari roller yang semula jumlahnya 4 menjadi 7 roller dan dipasang sambungan yang bergondok.

TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah larutan sol uranium (campuran uranyl nitrat, span, paraffin/THFA dan PVA dengan komposisi tertentu). media gelasi NH_4OH 7 N, media *aging* NH_4OH 7 N dan media pencuci iso propil alcohol, ABM, NH_4OH encer.

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat reaktor gelasi yang terdiri dari : Reaktor gelasi, pengumpan multitetes, pompa peristaltik, vibrator, *nozzle* dan penampung gel

Cara Kerja

Menghidupkan panel utama, blower penyedot gas ammonia. Memasukkan media ammonia 7 N dalam reaktor gelasi dengan pompa ammonia sampai pada posisi *overflow* / luapan dan memasukan umpan sol dalam tangki pengumpan. Kemudian menghidupkan vibrator dan diatur frekwensi dan amplitudo sesuai dengan yang diinginkan serta menghidupkan pompa peristaltik dan atur kecepatan alir sol. Gel yang terbentuk dalam dalam reaktor gelasi diamati. Gel yang terbentuk dipindahkan ke tangki penampung untuk proses penuaan (*aging*) dan pencucian gel. Gel terbentuk diamati bentuk fisiknya dan diukur diameternya.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Modifikasi dan penyempurnaan yang telah dilakukan yaitu dengan modifikasi jumlah roller pada pompa peristaltik dari 4 roller yang menjadi 7 roller dapat dilihat pada Gambar 1. Penambahan roller tersebut mengurangi pulsasi dari pompa peristaltik. Penambahan gondok pada saluran pengumpan sol yang menuju *nozzle* juga

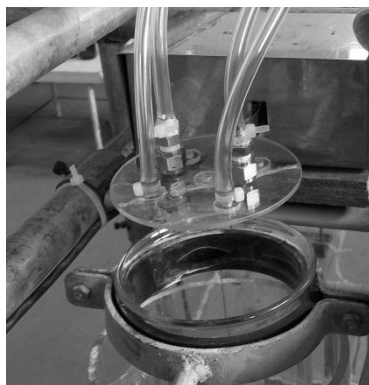


**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

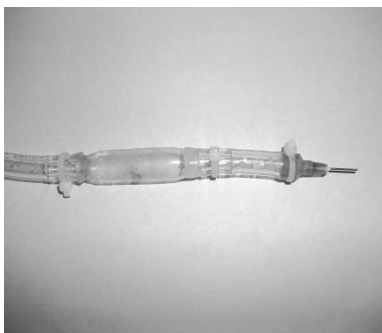
dimaksudkan untuk mengurangi pulsasi, sehingga aliran sol akan lebih stabil. Gondok tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3. Pada proses pengoperasian reaktor gelas kran yang terbuat dari gelas sering mendapatkan beban mekanik yaitu diputar untuk mengeluarkan gel uranium hasil gelas, sehingga beresiko untuk pecah dan bocor. Dengan pengantian kran dari stainless steel diharapkan resiko untuk pecah dan bocor dapat teratasi. Hal ini dapat dilihat dalam Gambar 4. Faktor keselamatan untuk pekerja dan lingkungan menjadi lebih baik setelah dilakukan penyempurnaan.



Gambar 1. Pompa peristaltik dengan *roller* 7 buah hasil modifikasi



Gambar 2. Alat penetes sol yang terdiri 4 *nozzle*

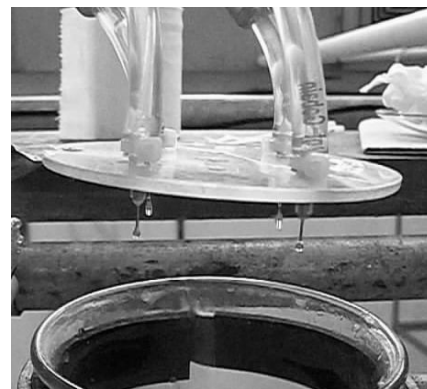


Gambar 3. Saluran umpan yang dibuat dengan bergondok



Gambar 4. Penggantian kran dari SS untuk mengurangi kebocoran

Data-data percobaan dengan mengubah ukuran nomer *nozzle* dan ditambahkan gondok pada saluran umpan disajikan dalam Tabel 1, Gambar 7 dan 8.



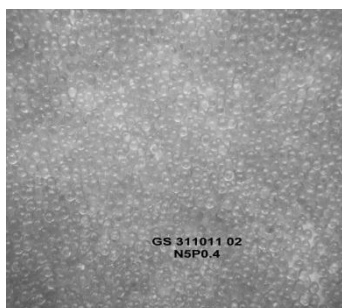
Gambar 5. Tetesan gel ADU dengan empat buah nozle



Gambar 6. Tetesan gel ADU dengan dua buah nozle



Gambar 7. Gel uranium d_{gel} antara 2,02-2,19 mm (ukuran *nozzle* no. 3)



Gambar 8. Gel uranium d_{gel} antara 2,16-2,55 mm (ukuran *nozzle* no. 5)

Dari Tabel 1 dengan merubah nomer ukuran *nozzle* dengan 3 dan 5 ternyata perbedaannya tidak begitu signifikan. Hal ini mungkin disebabkan ketidak tahuan berapa besarnya viskositas dari sol, karena untuk pembuatan sol kepadat ulangannya sangat susah. Beberapa pustaka menyebutkan besarnya viskositas berpengaruh pada pembuatan gel karena mempengaruhi kecepatan alir sol pada proses penetasan. Hal-hal yang berpengaruh dalam pembuatan gel dan sangat berkaitan dengan variabel viskositas sol, kecepatan alir dan vibrasi. Viskositas sol dipengaruhi oleh komposisi dari uranil nitrat, PVA, THFA serta kadar uranium dalam uranil nitrat.

Dari hasil percobaan diameter gel uranium yang didapat belum seragam dan sebagian besar dari pengamatan secara visual kebulatan sudah seragam hanya ukuran diameter yang masih besar. Reaktor gelas multitetes dapat berfungsi dengan baik.

Tabel 1. Pengaruh ukuran no. Nozle terhadap diameter gel pada umpan sol (40 ml) kadar UN = 571,2 gramU/L, keasaman = 1,26 N, pH = 1,8, jumlah PVA = 3,6 gram, THFA 1,5 ml.

No	Nozle		Skala Pompa Peristaltik	Diameter gel (mm)		Keterangan hasil gel
	Ukuran	Keterangan		Ukuran	Rata-rata	
1	5	Bergondok	0,5	2,60 2,20 2,46 2,50 2,32	2,42	Diameter gel terlalu besar Kebulatan kurang bagus Dengan aging goyang Tanpa vibrator
2	3	Bergondok	0,5	2,19 2,02 2,18 2,15 2,16	2,14	Kebulatan bagus Diameter gel seragam Dengan aging goyang Dengan vibrator
3	3	Bergondok	0,5	2,38 2,55 2,49 2,66 2,16	2,45	Diameter gel terlalu besar Kebulatan bagus Dengan aging goyang Dengan vibrator
4	5	Bergondok	0,5	2,30 2,33 2,24 2,32 2,35	2,31	Diameter gel terlalu besar Tanpa aging goyang Dengan vibrator

KESIMPULAN



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

Dari hasil modifikasi dan uji coba dapat disimpulkan, dengan mengganti sambungan memakai sambungan elastis dan kran dari SS, faktor keselamatan pekerja akan lebih baik karena resiko pecah dan bocor dapat diatasi. Dengan merubah jumlah roller pada pompa peristaltik dari 4 menjadi 7 dan menambahkan gondok pulsasi dari pompa peristaltik maka aliran sol menjadi stabil. Dari hasil uji coba didapatkan gel yang didapat belum optimal, gel yang dihasilkan masih mempunyai diameter diatas 2,2 mm. Hasil yang memenuhi persyaratan diameter gel antara 1,8-2,2 mm, diperoleh pada proses gelas ukuran *nozzle* nomer 3, didapat diameter gel 2,02-2,19 mm. Perlu percobaan lebih lanjut yaitu dengan memvariasi ukuran *nozzle*, mengatur kecepatan alir *nozzle*, ataupun dengan mengatur viskositas umpan sol agar diperoleh hasil yang optimal. Dari proses yang dilakukan reaktor gelas berfungsi dengan baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan terutama kepada, Kustanti N., VB. Suwondo, A.Md., Rr. Endang Nawangsih, A.Md., Rohyanto, Bambang Pratikno dan Dyah Yuli Triyani yang telah membantu penelitian dan berdiskusi.

DAFTAR PUSTAKA

1. V.N. VAIDYA, "Sol-gel process for ceramic nuclear fuels", BARC, Newsletter.
2. BILLOT P., BARBIER D., "Very High Temperature Reactor (VHTR) The French Atomic Energy Commission (CEA) R&D Program", 2nd International Tropical Meeting on HIGH TEMPERATURE TECHNOLOGY, Beijing CHINA, September 22-24, 2004.
3. SENOR DJ et al., "A New Innovative Spherical Cermet Nuclear Fuel Element to Achieve an Ultra Long Core Life for use in Grid Appropriated LWRs.", Prepared for the US Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, December 2007.
4. WANG J., BALLINGER R.G., DIECKER J.T., "Design Optimization and Analysis of Coated Particles Fuel Using Advanced Fuel Performance Modeling Techniques", 2nd International Tropical Meeting on HIGH TEMPERATURE TECHNOLOGY, Beijing CHINA, September 22-24, 2004.
5. KENDALL J.M., BULLOCK R.E., "Advanced Coated Particle Fuel Options", 2nd International Tropical Meeting on HIGH TEMPERATURE TECHNOLOGY, Beijing CHINA, September 22-24, 2004.
6. ANNELEEN MÜLLER, "Establishment of the technology to manufacture uranium Dioxide

kernels for PBMR fuels", Proceedings HTR2006: 3rd International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology October 1-4, 2006, Johannesburg, South Africa.

7. KARL VERFONDERN, HEINZ NABIELEK and JAMES M. KENDALL, "Coated Particle Fuel For High Temperature Gas Cooled Reactors" NUCLEAR ENGINEERING AND TECHNOLOGY, VOL.39 NO.5 OCTOBER 2007

TANYA JAWAB

Tundjung Indrati Y. (PTAPB)

- Mohon nomer *nozzle* dikonversikan dalam ukuran nominal
- Sertakan gambar teknis sistem *nozzle*. Dari data tersebut dapat ditelusuri data/fenomena mekanika fluidanya.

Supardjono Mudjiman

- ✧ Untuk nomer *nozzle* 3, diameter ukuran *nozzle* 0,6 mm. Untuk nomer *nozzle* 5, diameter ukuran *nozzle* 0,7 mm. Terima kasih atas sarannya.

Atok Suhartanto (PTAPB)

- Berapa ukuran diameter jarum suntik? Ujung jarum suntik dibuat tumpul atau runcing? Sebaiknya pesan secara khusus. Terima kasih.

Supardjono Mudjiman

- ✧ Ukuran diameter jarum suntik tidak diketahui, karena tidak mempunyai alat ukurnya. Ujung jarum suntik tumpul. Terima kasih sarannya.

Daya Agung

- Bagaimana pengaruh material bahan gelas dengan bahan SS terhadap larutan proses?

Supardjono Mudjiman

- ✧ Bahan gelas dan SS tahan terhadap korosi., untuk SS dipilih tipe SS 304.

MV. Purwani (PTAPB)

- Perbedaan peralatan yang lama dan baru, berapa ukuran kernel yang diinginkan?

Supardjono Mudjiman

- ✧ Perbedaan peralatan:
 - Kran sistem gelas diganti bahannya dari SS.
 - Pompa peristaltik 4 roller menjadi 7 roller.
 - Tangki penampung gel diganti tangki dengan pengeluaran dari samping.
 - Sambungan antara kolom gelas diganti sambungan elastis.
- Ukuran kernel yang diinginkan $500 \pm 20 \mu\text{m}$