

## PENGARUH VIBRASI DAN KECEPATAN TETES UMPAN TERHADAP SIFAT FISIS GEL ADU PADA GELASI EKSTERNAL

Sri Rinanti Susilowati<sup>(1)</sup>, Suparjono M<sup>(1)</sup>, Mujari<sup>(1)</sup>, Rohyanto<sup>(1)</sup>

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – BATAN

Jalan Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB, Yogyakarta 55281

E-mail : srinantis@gmail.com

### ABSTRAK

**PENGARUH VIBRASI DAN KECEPATAN TETES UMPAN TERHADAP SIFAT FISIS GEL ADU PADA GELASI EKSTERNAL.** Telah dilakukan penelitian pembuatan gel ADU menggunakan penetes otomatis dengan variasi skala frekuensi (vibrasi) dan kecepatan tetes umpan. Gel ADU dibuat dengan proses gelasi eksternal menggunakan uranyl nitrat dengan kadar uranium tinggi dan keasaman rendah. Pembuatan sol diawali dengan pelarutan PVA dalam air bebas mineral dengan konsentrasi 8% berat, kemudian ditambah uranyl nitrat dan THFA diaduk dan dipanaskan pada suhu 70°C sampai homogen sehingga kadar uranium dalam larutan sol menjadi 200g/L. Larutan sol diteteskan ke dalam medium gelasi yang berisi NH<sub>4</sub>OH dalam reaktor gelas pada suhu kamar. Gel yang dihasilkan direndam dalam NH<sub>4</sub>OH 7M kemudian dicuci dengan NH<sub>4</sub>OH encer kemudian n propanol lalu dikeringkan dalam suhu kamar selama 48 jam serta dipanaskan pada suhu 100°C dengan kenaikan suhu secara bertahap. Gel ADU dianalisis fisis meliputi diameter dan kondisi fisiknya.

**Kata Kunci :**gelasi eksternal,vibrasi, kecepatan tetes

### ABSTRACT

**INFLUENCE OF VIBRATION AND DROP RATE OF FEED ON ADU THE PHYSICAL PROPERTIES OF ADU ON EXTERNAL GELATION PROCESS.** Research of producing ADU gel has been carried out using automatic dropper which had frekuensi scale and feed drop rate scale. ADU gel was made by external gelation process using high concentration of uranyl nitrate and low acidity. Sol preparation was started dissolved of PVA in demineralized water with a concentration of 8% by weight, then uranyl nitrate and THFA were added, stirred and heated at 70°C until homogenous solution found, uranium concentration in sol 200g/L. Sol solution was dropped into gelation column containing NH<sub>4</sub>OH solution at room temperature. Gel found was soaked into NH<sub>4</sub>OH solution 7M, washed with dilute NH<sub>4</sub>OH with propanol, dried at room temperature for 48 hours and then heated 100°C where temperature was increased gradually. ADU gel found was analyzed physically include diameter and gel performance.

**Keywords :**external gelation,vibration, drop rate

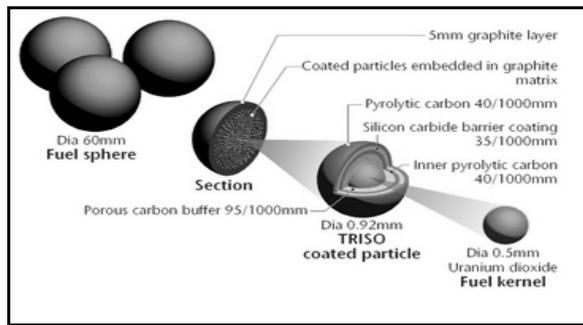
### PENDAHULUAN

Reaktor Temperatur Tinggi (RTT) merupakan salah satu reaktor yang sangat menguntungkan karena ekonomis, mempunyai keselamatan yang handal, sampah yang dihasilkan minimal, dan memungkinkan untuk dibangun di Indonesia terutama di daerah-daerah terpencil yang membutuhkan energi listrik tidak begitu besar (50 – 490 MWE). Selain menghasilkan listrik, RTT menghasilkan panas tinggi sebagai hasil samping pada operasi Reaktor Temperatur Tinggi dapat digunakan untuk proses industri, misalnya desalinasi air laut, gasifikasi batubara, produksi hydrogen, maupun proses industri kimia lain yang memerlukan panas<sup>(1)</sup>.

Bahan bakar RTT berupa partikel terlapis dengan lapisan BISO (dua lapisan) maupun TRISO (tiga lapisan) berupa coated particle yang telah dipres menjadi bentuk bola dalam matrik grafit atau dipres dengan desain blok prisma. Partikel terlapis adalah kernel yang telah dilapis dengan SiC (silica carbida) dan PyC (pyrocarbon) atau ZrC (zircon carbida). Lapisan tersebut terutama berfungsi untuk menahan tekanan maupun hasil fisi yang dihasilkan saat reaktor beroperasi. Sebagai inti dari partikel berlapis bisa berupa kernel UO<sub>2</sub>, campuran (Th-U)O<sub>2</sub>, Uranium carbide atau campuran (U-Pu)O<sub>2</sub><sup>(2)</sup>.

Pendekatan isotop alam merupakan metode yang sering digunakan dalam mengungkap asal-usul air di suatu wilayah atau kawasan. Isotop alam yang umum digunakan adalah isotop stabil <sup>18</sup>O dan <sup>2</sup>H

serta isotop radioaktif alam  $^{14}\text{C}$  untuk menentukan umur air tanah.



**Gambar 1.** Bentuk elemen bahan bakar *pebble bed*

Desain elemen bakar tersebut mempunyai kelebihan maupun kekurangan masing-masing. Secara garis besar, proses pembuatan elemen bakar RST bentuk bola dengan inti kernel  $\text{UO}_2$ ,  $(\text{Th-U})\text{O}_2$ , UCO maupun  $(\text{U-Pu})\text{O}_2$  dapat dibagi menjadi 3 tahap yaitu pembuatan kernel, pelapisan kernel dan pembentukan elemen bakar bentuk bola dalam matrik grafit.

### Pembuatan Umpan Gelasi

Pembuatan kernel  $\text{UO}_2$  melalui proses sol-gel menggunakan umpan berupa sol urania. Sol didefinisikan sebagai suatu dispersi partikel-partikel zat padat dalam medium cair<sup>(3)</sup>. Partikel-partikel zat padat tersebut berukuran antara 1-5000nm, sehingga dapat bergerak secara acak sesuai gerak Brown dalam medium zat cair tanpa mengendap. Berdasarkan proses pembentukan partikel koloid, pembuatan sol dapat digolongkan menjadi dua, yaitu: dispersi dan kondensasi. Pembuatan sol dengan proses dispersi berdasarkan pada pemecahan partikel berukuran besar (endapan) menjadi partikel-partikel berukuran koloid. Pemecahan partikel tersebut dapat dilakukan secara kimia maupun mekanis. Dispersi partikel secara kimia dilakukan dengan penambahan suatu elektrolit ke dalam endapan atau dengan mencuci endapan dengan menggunakan suatu pelarut murni. Penambahan suatu elektrolit ke dalam endapan akan menyebabkan adsorpsi ion-ion dari elektrolit tersebut pada permukaan partikel endapan. Hal ini menimbulkan adanya daya tolak antar permukaan partikel-partikel endapan sehingga terdispersi menjadi partikel berukuran koloid<sup>(3)</sup>. Sedangkan pencucian endapan menggunakan pelarut murni bertujuan untuk melarutkan ion-ion yang teradsorpsi pada permukaan partikel yang menetralkan daya tolak antar partikel. Setelah ion-ion tersebut terlepas dari permukaan partikel maka akan terjadi tolak-menolak antar partikel endapan sehingga terbentuk partikel berukuran lebih kecil yang dapat terdispersi dalam larutan. Dispersi secara mekanis dilakukan dengan menghaluskan suatu zat padat

menjadi butiran-butiran halus yang dapat terdispersi dalam larutan tanpa mengendap.

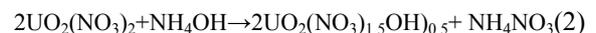
Pembuatan sol urania dengan proses dispersi bisa dilakukan dengan cara pelarutan  $\text{UO}_3$  maupun  $\text{U}_3\text{O}_8$  dalam  $\text{HNO}_3$  atau mereduksi larutan uranil nitrat dengan reduktor tertentu, kemudian larutan U(IV) nitrat yang diperoleh diendapkan dengan penambahan larutan  $\text{NH}_3$ .

Pembuatan larutan uranil nitrat keasaman rendah yang paling mudah yaitu pelarutan  $\text{UO}_3$  atau  $\text{U}_3\text{O}_8$  dalam larutan  $\text{HNO}_3$  dengan konsentrasi dan volume tertentu. Pelarutan dilakukan dengan menambahkan sedikit demi sedikit  $\text{UO}_3$  atau  $\text{U}_3\text{O}_8$  ke dalam  $\text{HNO}_3$ , sambil diaduk dengan reaksi sebagai berikut



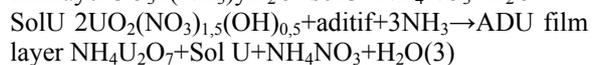
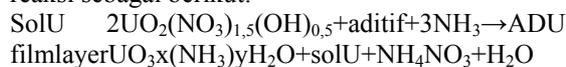
Sisa oksida yang tidak larut dipisahkan dari larutan serta dianalisis perbandingan  $\text{NO}_3^-/\text{U}$  atau pHnya. Apabila perbandingan  $\text{NO}_3^-/\text{U}$  belum mencapai untuk larutan ADUN, penambahan  $\text{UO}_3$  atau  $\text{U}_3\text{O}_8$  dilanjutkan hingga larutan mempunyai perbandingan  $\text{NO}_3^-/\text{U}$  sesuai yang dikehendaki ( $< 2$ ). Kondisi yang diperlukan dalam pelarutan tersebut adalah suhu larutan  $\text{HNO}_3$  antara  $50-60^\circ\text{C}$ . Suhu dibawah  $50^\circ\text{C}$  mengakibatkan terbentuknya ion nitrit dalam larutan. Sedangkan suhu diatas  $60^\circ\text{C}$  mengakibatkan pengendapan uranium dalam bentuk  $\text{UO}_2(\text{OH})\text{NO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  sehingga perbandingan  $\text{NO}_3^-/\text{U}$  dalam larutan  $\geq 2$ . Larutan uranil nitrat berwarna kuning kehijauan dan bersifat asam karena adanya proses hidrolisis yang biasanya juga disertai dengan pembentukan ion-ion polimer. Larutan uranil nitrat pekat dapat mengkristal membentuk uranil nitrat hidrat  $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$  yang mengandung dua sampai enam molekul air tergantung pada konsentrasi asam nitrat dalam larutan<sup>(4)</sup>.

Metode lain dari proses denitrasi adalah dengan menambahkan larutan  $\text{NH}_3$  ke dalam larutan uranil nitrat sehingga terbentuk senyawa uranil nitrat basa, sesuai dengan reaksi berikut ini:



Metode ini sangat mudah dilakukan, akan tetapi keberadaan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dalam larutan umpan dapat menimbulkan pengaruh terhadap kualitas gel yang dihasilkan<sup>(5)</sup>. Penambahan PVA pada pembuatan larutan sol adalah sebagai bahan aditif. Bahan aditif ini digunakan untuk mengatur viskositas agar larutan sol pada proses gelasi nanti akan menghasilkan gel ADU berbentuk bulat. Sedangkan penambahan THFA adalah sebagai zat pentabil, agar gel ADU hasil proses gelasi tidak terjadi pengerutan ketika dilakukan proses perendaman (aging) dan pencucian<sup>(6)</sup>. Proses gelasi eksternal banyak dikembangkan untuk membuat kernel  $\text{UO}_2$  berdasarkan prinsip difusi  $\text{NH}_3$  ke dalam tetesan sol sehingga sol mengendap dan membentuk butiran gel.

Pengendapan gel dilakukan dengan meneteskan sol ke dalam kolom yang berisi  $\text{NH}_4\text{OH}$  maka gas  $\text{NH}_3$  akan terdifusi ke dalam permukaan tetesan sol sehingga permukaan tetesan sol mengeras membentuk polimer Amonium Diuranat – Polivinil Alkohol, sambil melepaskan molekul air, dengan reaksi sebagai berikut.<sup>(6)</sup>



Sol yang terbentuk kemudian ditambah dengan zat aditif tertentu untuk mempertahankan bentuk butiran pada saat proses gelasi. Zat aditif yang biasa digunakan antara lain: methocel, tetrahidrofurfural alcohol (THFA), dextran, polivinil alkohol (PVA)<sup>(7)</sup>. Pembentukan gel tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti banyaknya konsentrasi uranium dan polivinil alkohol yang digunakan serta metodologi penetasan sol. Jika jumlah PVA yang digunakan besar dan konsentrasi uranium kecil akan terjadi kenaikan viskositas, larutan sol akan sulit digelasikan dalam larutan medium ammonium hidroksida, akibatnya gel yang terbentuk tidak baik. Jika jumlah PVA yang digunakan sedikit sedangkan kadar uraniumnya banyak maka pencampurannya tidak sempurna, akibatnya reaksi pembentukan gel akan banyak mengalami kegagalan, misalnya gel yang terbentuk tidak baik (lonjong). Sebelum pencucian gel mempunyai rumus umum:  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_y(\text{OH})_{2-y} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , sedangkan sesudah pencucian mempunyai rumus umum:  $\text{UO}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Demikian juga pada proses kalsinasi pada suhu tinggi gel akan mudah pecah.

Contoh reaksi pembuatan  $\text{U}_3\text{O}_8$  adalah sebagai berikut :



Kernel  $\text{U}_3\text{O}_8$  akan mengalami kerusakan menjadi serbuk oksida  $\text{U}_3\text{O}_8$ . Hal ini dapat mempengaruhi kualitas dan sifat fisis butiran gel dan oksida  $\text{U}_3\text{O}_8$  di atas dan juga kualitas bahan bakar kernel  $\text{UO}_2$  yg dihasilkan nantinya, seperti densitas, luas muka, morfologi, ukuran butir dan lain-lain.<sup>(7)</sup>

## TATA KERJA

### Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: uranil nitrat,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Barium difenil Sulfonat,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{TiCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  titrisol,  $\text{NaOH}$  titrisol,  $(\text{NH}_4)\text{CO}_3$ , Air bebas mineral, Polivinyl Alkohol, THFA (Tetra Hidrofurfural Alkohol), Amonia, n Propanol.

### Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitik, seperangkat alat untuk proses

gelasi, cawan porselin, kertas saring, termometer, pengaduk magnet, muffle furnace, piknometer, kertas pH, sendok tanduk, pipet mikro, seperangkat alat gelas, furnace, hot plate.

### Cara Kerja :

#### Pembuatan Larutan UN (*Uranyl Nitrat*)

Serbuk  $\text{U}_3\text{O}_8$  seberat 185 g dilarutkan dalam  $\text{HNO}_3$  encer, hasil larutannya kemudian diekstraksi menggunakan mixer settler menggunakan larutan TBP- kerosen 30%. Setelah ekstraksi maka unsur Uranium pindah ke fase organik. Uranium dalam fase organik dicuci dengan larutan  $\text{HNO}_3$  untuk menghilangkan pengotor yang masih terikat dalam fase organik. Fase organik kemudian distriping dengan air bebas mineral untuk mengambil uranil nitrat. Untuk menghasilkan larutan uranil nitrat dengan konsentrasi uranium tinggi dan keasaman rendah, maka uranil nitrat hasil ekstraksi dan striping masih perlu diuapkan agar keasamannya berkurang tetapi konsentrasi uraniumnya bertambah. Proses penguapan dilakukan berkali-kali sehingga diperoleh uranil nitrat dengan konsentrasi 500-600 g/l dan keasaman < 1N. Konsentrasi uranium dan keasaman kemudian dianalisis menggunakan metode titrimetri dengan menggunakan reduktor  $\text{TiCl}_3$ .

#### Proses Pembuatan Sol

Polivinilalkohol (PVA) ditimbang sebanyak 13,5 gr dengan menggunakan neraca analitik. Kemudian dilarutkan dalam 100 mL ABM dengan menggunakan beker gelas dan diaduk serta dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  –  $90^\circ\text{C}$  selama 60 menit. Setelah PVA larut, ditambahkan sejumlah UN yang telah di Prenetralisasi hingga pH 1,8 sehingga kadar uranium dalam larutan Sol 200 g/L. Ditambahkan zat aditif ThFA, diaduk dan dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 60 menit sehingga volume Sol menjadi 150 mL kemudian didiamkan selama 2 jam.

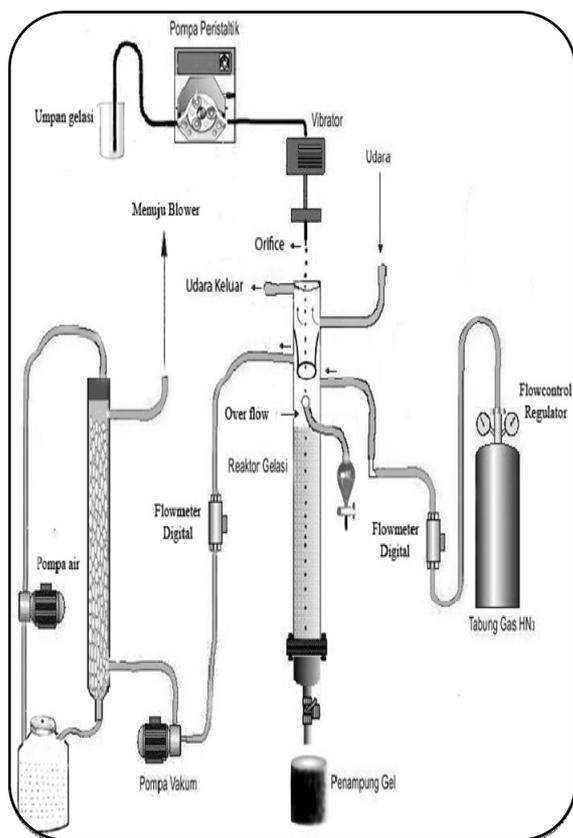
#### Proses Gelasi Eksternal

Variasi vibrasi pada penetes sol

Larutan sol diteteskan ke dalam kolom yang berisi medium  $\text{NH}_4\text{OH}$ , vibrasi pada tetesan sol divariasi 100, 150, 200, 250 dan 300 Hz. Alat penetes menggunakan jarum panjang 12 mm dan diameter 0,7 mm, kecepatan alir umpan pada skala 0,4 yaitu 86-87 tetes/menit.

#### Variasi kecepatan tetes umpan

Larutan Sol diteteskan kedalam kolom yang berisi medium gelasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  menggunakan jarum penetes panjang 12 mm diameter 0,7 mm. Kecepatan alir umpan divariasi pada skala 0,3; 0,35; 0,4; 0,45 dan 0,5 pada vibrasi 250 Hz.



Gambar 2. Reaktor gelas eksternal (presolidifikasi)

### Proses Gelasi Eksternal

#### 1. Variasi vibrasi pada penetes sol

Larutan sol diteteskan ke dalam kolom yang berisi medium  $\text{NH}_4\text{OH}$ , vibrasi pada tetesan sol divariasi 100, 150, 200, 250 dan 300 Hz. Alat penetes menggunakan jarum panjang 12 mm dan diameter 0,7 mm, kecepatan alir umpan pada skala 0,4 yaitu 86-87 tetes/menit.

#### 2. Variasi kecepatan tetes umpan

Larutan sol diteteskan kedalam kolom yang berisi medium gelas  $\text{NH}_4\text{OH}$  menggunakan jarum penetes panjang 12 mm diameter 0,7 mm. Kecepatan alir umpan divariasi pada skala 0,3; 0,35; 0,4; 0,45 dan 0,5 pada vibrasi 250 Hz.

#### 3. Proses Aging dan Pencucian

Gel yang terbentuk direndam dalam  $\text{NH}_4\text{OH}$  7M selama 60 menit dengan putaran 150 rpm, kemudian dicuci dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  encer 2,5% sebanyak tiga kali dilanjutkan dicuci dengan n-propanol.

#### 4. Proses Pengeringan

Proses pengeringan ini dilakukan selama 2 kali, yaitu pengeringan pada suhu kamar dan pengeringan menggunakan oven. Pengeringan pertama yang dilakukan adalah pengeringan pada suhu kamar. Butiran gel ADU dikeringkan terlebih dahulu pada suhu kamar selama 2 hari. Setelah itu dikeringkan

pada oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dengan laju panas maksimum  $5^\circ\text{C}/\text{menit}$ .

#### 5. Karakterisasi

Pada karakterisasi gel ADU meliputi 2 macam yaitu diameter dan tampilan luar (bentuk fisik dari gel).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Larutan Uranil Nitrat

Serbuk  $\text{U}_3\text{O}_8$  sebanyak 185 g dilarutkan dalam  $\text{HNO}_3$  sehingga dihasilkan 2 liter uranil nitrat dengan konsentrasi uranium 84 g/L dan keasaman 3 N. Larutan uranil nitrat tersebut kemudian diekstraksi cair cair menggunakan TBP-kerosen 30%. Alat yang digunakan untuk ekstraksi tersebut yaitu mixer settler 16 stage dan 12 stage untuk stripping. Pada proses ekstraksi perbandingan organik dan UN adalah 3:1 dan pada proses stripping digunakan perbandingan ABM dan fase organik yaitu 1:1. Sebelum dilakukan proses stripping fase organik yang sudah mengandung uranium dicuci dahulu menggunakan  $\text{HNO}_3$  1 N, hal ini dimaksudkan untuk meminimalisir pengotor pada uranil nitrat hasil stripping. Uranil nitrat hasil stripping mengandung uranium 70g/L dan keasaman 0,5 N. Uranil nitrat tersebut kemudian dilakukan penguapan berkali kali sehingga dihasilkan uranil nitrat dengan konsentrasi uranium 571g/L dan keasaman 0,78 N.

### Pembuatan Sol

Pada pembuatan sol, yang sangat berpengaruh terhadap kekentalan adalah konsentrasi PVA. Konsentrasi PVA 13,5 g/150mL sol, kondisi keasaman UN 0,78 N, konsentrasi uranium dalam larutan sol 200 g/L, pH pada penetralisasi 1,25 dan zat aditif yang digunakan 5 % volum adalah kondisi yang paling optimum yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Selain konsentrasi PVA yang berpengaruh terhadap kekentalan yaitu konsentrasi uranium dan keasaman dalam larutan UN, waktu dan suhu pada pelarutan PVA serta pH pada penetralisasi. Penambahan zat aditif THFA adalah sebagai stabilisator yang berfungsi untuk menghindari kerusakan gel yang disebabkan oleh penyusutan dalam komponen ADU selama proses gelasi dalam larutan ammonia, proses aging dan proses pencucian.

### Proses Gelasi Eksternal

Pada proses gelasi eksternal, penetesan larutan sol menggunakan jarum penetes panjang 12 mm, diameter 0,7 mm. Jarak lubang penetes dengan kolom gelas akan mempengaruhi terbentuknya gel, ini terbukti saat jarak lubang penetes jauh dengan medium  $\text{NH}_4\text{OH}$  gel yang dihasilkan berbentuk bulat pipih. Tetapi bila jaraknya terlalu dekat lubang penetes dapat tersumbat karena larutan sol akan mengendap oleh gas ammonia. Oleh karena itu

proses gelasi dilakukan menggunakan jarak 5 cm, agar diperoleh gel yang baik.

### Variasi vibrasi pada penetesan sol.

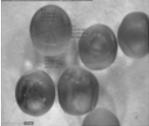
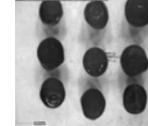
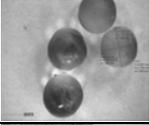
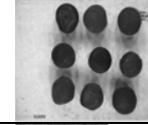
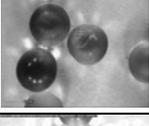
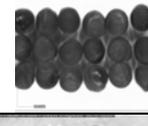
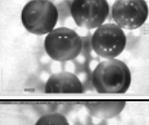
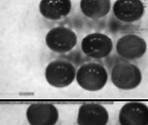
Variasi vibrasi dilakukan pada penelitian ini mempunyai tujuan untuk menghasilkan gel dengan diameter tertentu. Pada penelitian ini vibrasi divariasi pada 100, 150, 200, 250 dan 300 Hz, gel ADU yang dihasilkan dari variasi vibrasi dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Diameter gel ADU hasil variasi vibrasi

D Jarum (mm)	P Jarum (mm)	Skala pompa	Vibrasi (Hz)	Viskositas (cP)	Diameter Gel ADU basah (mm)
0,6	15	0,4	100	800	2,04-2,10
0,6	15	0,4	150	800	1,93-1,99
0,6	15	0,4	200	800	1,91-1,95
0,6	15	0,4	250	800	1,95-1,99
0,6	15	0,4	300	800	1,99-2,05

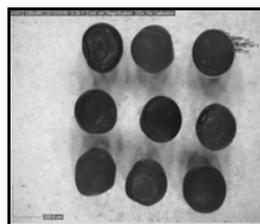
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa diameter gel ADU yang dihasilkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Pada vibrasi 100 sampai 250 Hz diameter gel ADU relatif sama, hal ini dapat dikatakan bahwa untuk tipe alat kami tidak berlaku rumus (5). Yang kami ketahui dari perilaku/unjuk kerja alat kami, vibrasi berpengaruh pada bentuk fisik gel ADU. Pengaruh vibrasi terhadap bentuk fisik dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh vibrasi terhadap bentuk fisik Gel ADU

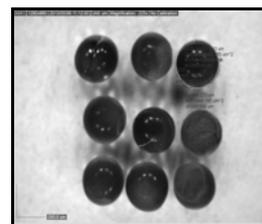
Frekuensi Vibrasi	Kondisi fisik	
	Gel ADU basah	Gel ADU kering
100 Hz		
150 Hz		
200 Hz		
250 Hz		
300 Hz		

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa bentuk fisik gel ADU basah dan kering pada variasi vibrasi 250 Hz

yang paling baik karena lebih bulat dari yang lain. Demikian pula pada gel hasil kalsinasi demikian pula yaitu bulat dan permukaannya lebih halus dan mengkilap. Sedangkan pada proses gelasi dengan vibrasi kurang dari 250 Hz akan menghasilkan gel ADU yang kurang bulat dan sedikit berekor. Hal tersebut disebabkan karena sol yang keluar dari lubang penetes tidak segera terputus yang diakibatkan getaran dari vibrasi kurang kuat, hal tersebut dapat dilihat gel ADU pada gambar 3 dan 4. Demikian pula pada proses gelasi dengan vibrasi lebih dari 250 Hz tetesan sol akan tersangkut pada dinding kolom dikarenakan vibrasi yang terlalu kuat.



Gambar 3. Gel ADU Vibrasi 150 Hz



Gambar 4. Gel ADU vibrasi 250 Hz

Demikian pula pada proses gelasi dengan vibrasi lebih dari 250 Hz tetesan sol akan tersangkut pada dinding kolom dikarenakan vibrasi yang terlalu kuat.

### Variasi kecepatan tetes umpan

Pada variasi kecepatan tetes umpan kami menggunakan skala pompa, pada penelitian ini menggunakan skala pompa 0,3; 0,4; 0,5 dan 0,55. Dari setiap skala pompa dihitung kecepatan tetesnya setiap menitnya. Untuk mengetahui kecepatan tetes setiap menitnya dapat dilihat pada tabel 3. Dari tabel 3 terlihat skala pompa berbanding lurus dengan kecepatan alir maupun kecepatan tetes umpan. Gel ADU dari proses gelasi dengan variasi umpan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Kecepatan tetes pada skala pompa

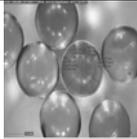
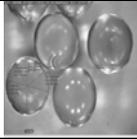
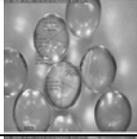
No.	Skala pompa	Kecepatan alir (tetes/menit)
1	0,40	86-87
2	0,45	147-151
3	0,50	217-220
4	0,55	248-252

Dari table 4 di bawah, dapat dilihat bahwa ukuran diameter sedikit terpengaruh dari kecepatan tetes umpan. Pada skala pompa 0,40 dan 0,45 diameter gel ADU relatif sama, sedangkan pada skala 0,5 dan 0,55 diameter gel sedikit lebih kecil. Jadi dengan kata lain dengan bertambahnya kecepatan tetes umpan maka diameternya semakin kecil. Dengan kata lain kecepatan tetes umpan berbanding terbalik dengan diameter gel ADU yang dihasilkan.

Dari kondisi fisik gel ADU pada variasi ini pada setiap parameter terlihat bulat, demikian pula pada

gel ADU yang telah kering. Pengaruh kecepatan alir umpan terhadap gel ADU yaitu terhadap keseragaman ukuran diameter gel yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada kecepatan alir pada skala 0,45 gel ADU yang dihasilkan terlihat tidak sama diameternya, ada yang besar dan ada yang kecil. Hal ini disebabkan kecepatan alir yang dipompakan lebih besar dari kecepatan tetesnya karena sebagian umpan terakumulasi dalam tabung penstabil tekanan.

Tabel 4. Gel ADU variasi kecepatan tetes menggunakan penetes d 07mm dan p 12 mm

Skala pompa	Vibrasi (Hz)	Viskositas sol (cP)	Diameter Gel (mm)	Gel basah
0,40	250	315	2,28-2,35	
0,45	250	315	2,30-2,34	
0,50	250	315	1,99-2,11	
0,55	250	315	1,98-2,14	

Demikian pula pada skala pompa 0,5 dan dan 0,55. Yang terbaik yaitu pada skala 0,4 karena volume yang masuk dan yang keluar sama sehingga menghasilkan diameter gel ADU yang relatif sama.

## KESIMPULAN

Kecepatan vibrasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap ukuran diameter gel. Pada frekuensi vibrasi 250 Hz menghasilkan gel yang paling bulat. Kecepatan tetes umpan berbanding terbalik terhadap ukuran diameter gel. Kecepatan tetes umpan pada skala 0.4 adalah yang terbaik, karena volume umpan yang masuk dan keluar sama sehingga menghasilkan gel yang bulat serta mempunyai diameter yang relatif sama.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada tim gelas dengan personil sebagai berikut : Suparjono M, Rohyanto, Bambang P, Mujari Endang

N, Sri Widiyati, dengan koodinator Prof .S. Simbolon MSc yang dengan kompak dan saling membantu. Karena tanpa kekompakan dari team work, penelitian ini tidak akan terwujud.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Busron Masduki dan Wardaya."Pembuatan Kernel  $UO_2$  Melalui Proses Gel ",Prosiding, Pertemuan, presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir: Yogyakarta PPNY BATAN.1990
2. Kyung-Chai Jeeong, Sung-Chui Oh, Yeon-Ku Kim, and Young-Woo Lee,ADU Compound Particle Preparation for HTGR Nuclear Fuel in Korea, High Temperature Gas Reactor Fuel Development Division, Atpmic Energy Reasech Institute, Daejeon 305-606, Korea 2007.
3. Jiafu Tian, A New Ordered Bed Modular Reactor Concept, Institute of Nuclear Energy Technology Tsinghua University, Beijing 100084, China,Proceedings HTR October 1-4 2006, Johanes burgh, South Africa
4. Bambang, H., "Teknologi Proses Pembuatan Bahan Bakar Reaktor Temperatur Tinggi : pembuatan kernel  $UO_2$  ", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, P<sub>3</sub>TM-BATAN, Yogyakarta.1998.
5. Haas,P. A.; Begovich,J. M.; Ryon, D. dan Vavruska, J.S. (1979). Consolidated Fuel Recycle Program – Refabrication. Chemical Flowsheet Condition for Prepairing Urania Spheres by Gelation. Tennessee: ORNL.

## TANYA JAWAB

### Samir

- Sifat fisis gel ADU yang harus dipelajari apa saja menurut acuan?
- Bagaimana cara mengukur kebulatan?

### Sri Rinanti

- Sifat fisis gel ADU yang harus dipelajari menurut acuan yaitu meliputi kebulatan gel dan diameter gel.
- Ada beberapa cara mengukur kebulatan yaitu : dengan menggunakan dinolite dan imaging process.