

## KONTROL PARAMETER PADA PROSES PEMEKATAN SEKSI 600 DI INSTALASI PEMURNIAN DAN KONVERSI (PCP)

**Putra Oktavianto, Anne Ariyanita, Ade Saputra**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir  
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Serpong, Banten Indonesia, 15313  
putraoktavianto@batan.go.id

### ABSTRAK

Proses pemekatan larutan uranyl nitrat telah dilakukan dalam evaporator E-601 di seksi 600. Proses Pemekatan dilakukan dengan cara memanaskan larutan *Uranyl Nitrat* (UN) menggunakan uap panas (*steam*) sampai densitasnya tercapai 1,27 Kg/l, setara dengan kadar uranium sebesar 200 gU/l. Selama proses berlangsung ada beberapa parameter yang harus dijaga agar hasil yang diinginkan dapat tercapai. Parameter tersebut antara lain suhu uap panas (*steam*) masuk untuk memanaskan evaporator E-601, suhu dalam evaporator E-601 untuk menguapkan larutan *Uranyl Nitrat* (UN), volume larutan *Uranyl Nitrat* (UN) dalam evaporator E-601 sebagai tempat terjadinya proses pemekatan, dan juga densitas larutan *Uranyl Nitrat* (UN) hasil proses pemekatan. Selama 480 menit berjalannya proses, *Uranyl Nitrat* (UN) umpan yang dipekatkan sebanyak 316,3 liter dan didapatkan larutan *Uranyl Nitrat* (UN) hasil proses pemekatan sebanyak 48,6 liter. Dengan pengontrolan parameter - parameter tersebut selama proses, didapatkan larutan *Uranyl Nitrat* (UN) pekat dengan kadar uranium mencapai  $\pm 188$  gU/l. Kadar uranium tersebut telah memenuhi kriteria yang dibutuhkan pada proses pengendapan seksi 900.

Kata kunci : operasi, pemekatan, uranyl nitrat, uap panas (*steam*), densitas, evaporator

### ABSTRACT

*This concentration process of Uranyl Nitrate solution is performed in the evaporator E-601 in section 600. The concentration process is done by heating the Uranyl Nitrate (UN) solution using steam until the density is reached 1.27 Kg / l so that the uranium level can reach 200 gU / l. During the process there are several parameters that must be maintained so that the desired results can be achieved. These parameters include the temperature of the feed of steam to heat the evaporator E-601, the temperature internal in the evaporator E-601 to evaporate the Uranyl Nitrate (UN) solution, the volume of Uranyl Nitrate (UN) solution in the evaporator E-601 as the room of the concentration process, and also density the Uranyl Nitrate (UN) solution the results of the concentration process. During the 480 minute process, the feed of Uranyl Nitrate (UN) was concentrated as much as 316.3 liters and obtained 48.6 liters of Uranyl Nitrate (UN) solution from the concentration process. With controlling the parameters during the process, obtained also concentrated Uranyl Nitrate (UN) solution with uranium level reaching  $\pm 188$  gU / l. The uranium level has fulfilled the criteria required of the precipitation process in section 900.*

*Keywords: operation, concentration, uranyl nitrat, steam, density, evaporator*

## I. PENDAHULUAN

*Pilot Conversion Plant (PCP)* merupakan fasilitas proses konversi untuk produksi serbuk  $UO_2$  berderajat nuklir (*nuclear grade*) dari bahan baku *yellow cake* dengan kapasitas desain 100 kg  $UO_2$  / hari. *Pilot Conversion Plant* terdiri dari 12 Seksi yaitu seksi 100 sampai seksi 1200. Setiap seksi mempunyai fungsi yang spesifik sesuai dengan kebutuhan dalam alur proses konversi. Seksi 100 berfungsi untuk melakukan proses penghancuran dan pengayakan serbuk *yellow cake*, seksi 200 sebagai penyedia larutan untuk keperluan proses, seksi 300 berfungsi untuk proses pelarutan serbuk *yellow cake*, seksi 400 berfungsi untuk proses pemurnian larutan UN, seksi 500 untuk penyegaran kembali larutan *TBP-kerosene*, seksi 600 berfungsi untuk proses pemekatan larutan UN, seksi 700 sebagai penampung limbah proses, seksi 800 untuk pengolahan kembali produk gagal, seksi 900 berfungsi untuk proses pengendapan larutan UN, seksi 1000 untuk tempat pengolahan air induk, seksi 1100 berfungsi untuk proses Kalsinasi-reduksi dan seksi 1200 sebagai penyaring gas buang.

Seksi 600 merupakan salah satu unit proses di PCP yang berfungsi untuk melakukan proses evaporasi untuk meningkatkan kadar uranium dalam larutan uranil nitrat. Larutan *uranil nitrat* (UN) hasil proses pemurnian pada umumnya memiliki kadar U yang relatif rendah yaitu antara 40 gU/l hingga 100 gU/l. Konsentrasi U dalam uranil nitrat tersebut masih terlalu rendah untuk dilakukan proses pengendapan Amonium Diuranat (ADU), sehingga larutan *uranil nitrat* (UN) harus dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu. Proses pemekatan dilakukan dengan memanaskan *uranil nitrat* (UN) menggunakan uap panas / *steam* yang dialirkan melalui penukar panas pada evaporator E-601. Uap panas yang diperlukan untuk memanaskan Larutan *uranil nitrat* (UN) berkisar  $120^{\circ}C$  -  $130^{\circ}C$ .

Larutan *uranil nitrat* (UN) dari tangki V-404C (Tangki V-404C sebagai tangki penampung hasil pemurnian larutan UN pada seksi 400) dialirkan secara kontinu ke dalam evaporator E-601. Volume larutan *uranil nitrat* (UN) dalam evaporator E-601 akan berkurang karena adanya penguapan sehingga larutannya akan menjadi pekat dan kadar uraniumnya akan naik. Proses evaporasi berlangsung secara kontinu, hasil pemekatan larutan uranil nitrat dipantau dengan menggunakan sensor densitas untuk memperkirakan kadar uranium dalam larutan *uranil nitrat* (UN) yang dapat dilihat melalui indikator densitas larutan DR-0601. Nilai densitas larutan UN disetting pada nilai 1.27 kg/l yang setara dengan kadar uranium  $\pm 200$  gU/liter. Seting densitas ini merupakan parameter yang diamati selama proses berlangsung. Apabila nilai densitas larutan sudah mencapai 1.27 kg/l, maka pompa P-603 secara otomatis akan hidup dan mengirim larutan UN ke tangki penampungan V-602.

## II. TEORI

Proses pemekatan umumnya dilakukan dengan cara penguapan/evaporasi ditujukan untuk memisahkan/menghilangkan kandungan air dalam larutan induknya melalui proses pemanasan.

Proses penguapan larutan *uranil nitrat* (UN) hasil ekstraksi di PCP dilakukan hingga konsentrasinya menjadi  $\pm 200$  gU/liter dan digunakan sebagai umpan proses pengendapan. Larutan hasil proses pemurnian seksi 400 merupakan larutan *Uranil Nitrat* (UN) yang sudah murni nuklir [2].

Pada Instalasi Pemurnian dan Konversi (PCP) proses pemekatan pada seksi 600 menggunakan evaporator jenis *Steam Heated Evaporator*, pemanasan dilakukan dengan menggunakan uap panas (*steam*). *Steam* berasal dari unit pembangkit uap panas (*boiler*) yang dioperasikan oleh bidang operasional sarana pendukung yang dialirkan menuju ke evaporator E-601 untuk memanaskan larutan *Uranil Nitrat* (UN) dalam evaporator E-601.

. Berdasarkan susunannya, evaporator di seksi 600 PCP menggunakan jenis *Vertical Tube Evaporator* pada evaporator E-601[3].



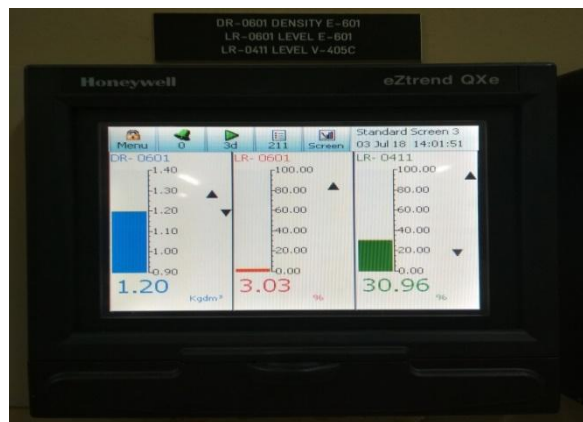
Gambar 1. *Vertical Tube Evaporator*

### III. LANGKAH KERJA

Proses pemekatan larutan UN pada seksi 600 di PCP dilakukan dengan cara menguapkan larutan UN dalam evaporator E-601 (Gambar 1) dengan menggunakan panas dari uap panas (*steam*). Larutan UN dipanaskan sampai volume dalam E-601 telah teruapkan dan densitasnya mencapai 1,27 Kg/l.

Langkah kerja Proses pemekatan yang dilakukan pada seksi 600 di PCP adalah sebagai berikut :

- Memeriksa panel kontrol, memastikan bahwa semua mesin berhenti (OFF) dan semua katup ON-OFF dalam keadaan tertutup.
- Menjalankan sistim penyaring gas buang seksi 1200 dahulu sebelum proses dimulai.
- Membuka saluran udara masuk untuk mengalir *transmitter*, kemudian mengamati isi semua tangki-tangki.
- Mengalirkan umpan larutan UN dari tangki V-404C menggunakan pompa P-406 menuju evaporator E-601 sampai volumenya 60% . Volume evaporator E-601 dimonitor melalui panel kontrol dengan melihat LR-0601 (Gambar 2).



Gambar 2. Kontrol Panel Volume evaporator E-601

- Mengalirkan air pendingin ke E-602 dan E-603 dengan membuka kran aliran air pendingin.
- Mengalirkan uap panas (*steam*) ke E-601 dengan membuka kran aliran *steam* lalu membuka juga *valve* HV-0602 pada panel kontrol.
- Mengamati kenaikan suhu *steam* yang masuk (TI-0603) dan suhu didalam evaporator E-601 (TI-0602) pada panel kontrol (Gambar 3). Suhu *steam* yang masuk ke evaporator E-601 harus dijaga sekitar 120°C - 130°C. Sedangkan suhu di dalam kolom evaporator harus dijaga pada kisaran suhu mencapai 102°C.

h) Mencatat kondisi proses setiap 15 menit pada lembar kendali. [4]



Gambar 3. Panel Kontrol suhu *steam* dan suhu didalam evaporator E-601

Larutan *Uranil Nitrat* (UN) yang telah dipekatkan dalam evaporator E-601 akan turun dan dilewatkan cooler E-603 (Gambar 5), sedangkan uap airnya akan naik ke atas menuju condensor E-602. Larutan UN yang telah pekat, densitasnya dibaca oleh sensor densitas yang ada pada evaporator E-601 dan dapat dimonitoring pada panel kontrol (gambar 4). Apabila densitas (kepekatan) larutan UN sudah memenuhi persyaratan (1.27 kg/l), maka pompa P-603 secara otomatis akan hidup sehingga larutan UN akan dipindah ke tangki penampungan V-602. Sebelum proses dimulai pompa P-603 telah disetting secara otomatis akan menyala apabila densitasnya telah mencapai 1,27 Kg/l.



Gambar 4. Kontrol Panel densitas larutan *Uranil Nitrat* (UN) pekat



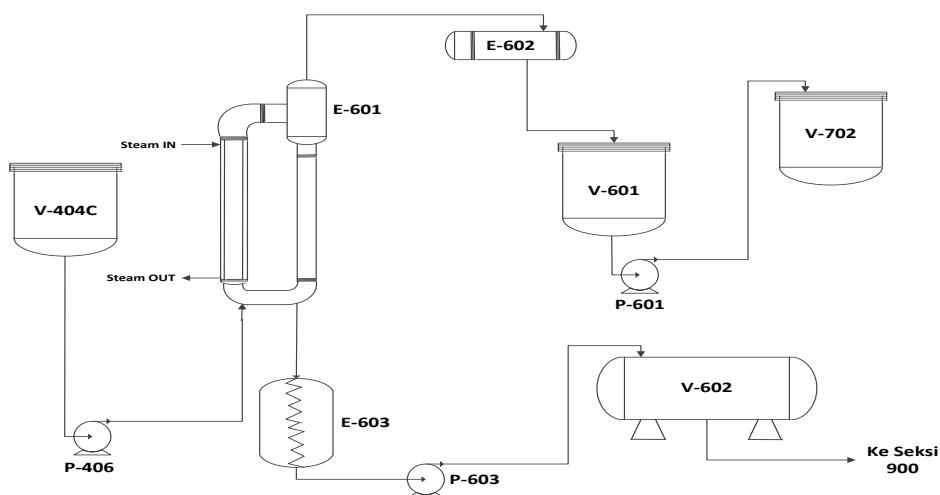
Gambar 5. Cooler Produk E-603



Gambar 6. Pompa Transfer UN P-603

Penghentian proses evaporasi dilakukan dengan cara :

- Mendinginkan evaporator E-601 dengan mengganti masukan *steam* dengan air demin (ABM) dengan cara menutup *valve* Hv-0602 dan membuka *valve* Hv-0601 apabila proses telah selesai.
- Mematikan pompa umpan larutan UN P-406 apabila suhu di dalam evaporator E-601 sudah sekitar 40°C
- Menutup kran aliran air pendingin dan aliran air demin (ABM).
- Mematikan sistem gas buang seksi 1200.

Gambar 7. Diagram Alir Proses Pemekatan UN seksi 600 di *Pilot Conversion Plant* (PCP) [5]

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

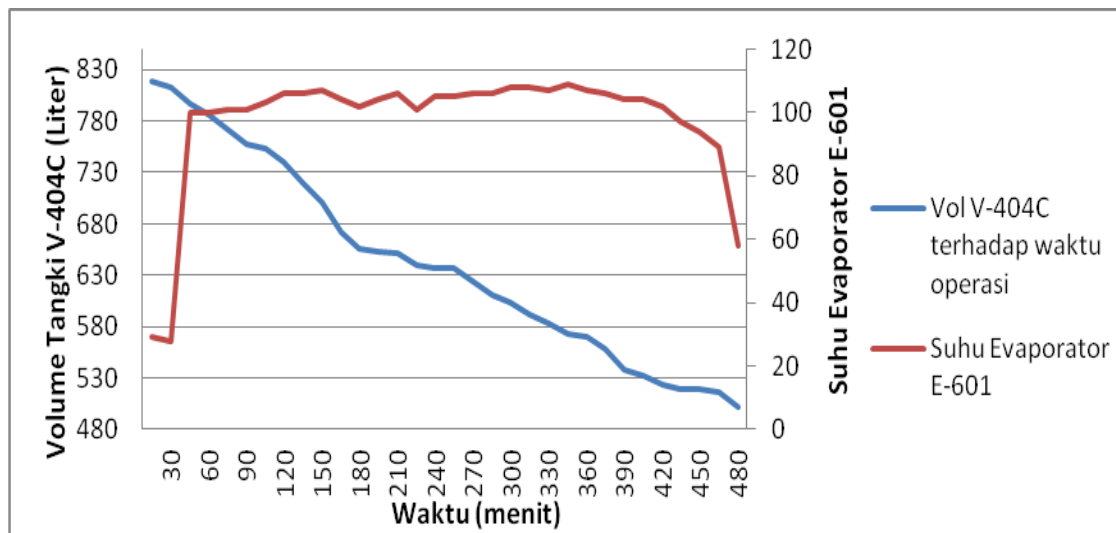
Data hasil proses pemekatan seksi 600 yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Data Hasil Proses Pemekatan larutan *Uranil Nitrat* (UN) seksi 600

Waktu (Menit)	HASIL PROSES PEMEKATAN SEKSI 600							Ket
	Volume				Suhu		Densitas	
	V-404C (Liter)	E-601 (Liter)	V-601 cm	V-602 (Liter)	E-601 °C	Steam Masuk °C	UN (Kg/l)	
15	818,2	0,33	21	0	29	31	0,86	
30	812,1	0,43	21	0	28	31	0,86	
45	797,1	23,335	21	0	100	121	1,16	*
60	786,1	24,295	21	0	100	121	1,16	
75	771,9	29,28	21	0	101	121	1,15	
90	757,8	31,645	21	0	101	122	1,14	
105	753,2	14,785	36	0	103	124	1,21	
120	739,5	16,52	36	0	106	124	1,18	
135	720,4	2,35	36	0	106	125	1,21	
150	700,7	7,615	36	5,7	107	123	1,21	
165	672,2	24,705	36	6	104	122	1,16	
180	655,4	21,635	36	6,3	102	123	1,17	
195	652,5	22,42	36	6,3	104	124	1,15	
210	651,7	23,19	36	6,9	106	124	1,16	
225	639,3	28,555	56	8,4	101	122	1,14	
240	636,7	28,045	57	8,4	105	121	1,15	
255	636,7	13,53	57	9,0	105	123	1,20	
270	623,2	18,55	57	9,0	106	124	1,18	
285	610,9	17,045	57	9,6	106	124	1,18	
300	602,8	19,905	57	10,8	108	124	1,18	
315	591,8	18,295	57	11,1	108	125	1,18	
330	583,4	19,575	57	11,7	107	125	1,18	
345	573,2	18,3	57	11,7	109	125	1,22	
360	570,2	9,815	75	12,0	107	125	1,21	
375	558,2	7,005	75	17,7	106	124	1,22	
390	538,2	7,075	79	25,2	104	123	1,21	
405	532,8	3,165	83	26,1	104	123	1,21	
420	523,3	3,50	85	32,4	102	104	1,22	**
435	519,9	11,305	85	38,4	97	90	1,19	
450	519,2	5,93	87	41,1	94	83	1,21	
465	516,4	4,71	88	46,5	89	73	1,22	
480	501,9	30,15	88	48,6	58	39	1,15	

Keterangan : \* : Steam dinyalakan    \*\*:steam dimatikan

Dari data diatas dapat dilihat banyaknya larutan UN umpam yang telah dipekatkan selama 480 menit proses dengan menjaga suhu evaporator E-601 selama proses berjalan. Hubungan dari volume larutan UN umpam (tangki V-404C), waktu dan suhu evaporator E-601 selama proses dapat dilihat pada grafik berikut :



Grafik 1. Hubungan Volume Larutan UN umpam dengan waktu selama proses pemekatan

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa volume larutan UN umpam dalam tangki V-404C akan terus menurun selama proses pemekatan berjalan dengan kondisi suhu tetap terjaga diatas 100°C selama proses berlangsung. Dari grafik 1 kita dapat melihat, bahwa apabila suhu di dalam evaporator E-601 masih rendah (dibawah 100°C), larutan UN menguap lebih lama dibandingkan jika suhunya di atas 100°C.

Kontrol suhu *steam* masuk dan juga suhu di dalam evaporator E-601 dapat kita lihat bahwa suhu awal suhu *steam* (pada panel kontrol) sebelum ada *steam* masuk adalah 31°C, sedangkan suhu evaporator E-601 juga masih rendah yaitu 29°C. Setelah *steam* masuk, suhu *steam* yang terbaca di panel kontrol pun naik menjadi 120 °C - 125 °C dan dijaga agar suhunya tidak lebih dari 130 °C. Setelah beberapa saat masuknya *steam* maka suhu di dalam evaporator E-601 pun akan naik menjadi 100 °C - 109 °C sehingga larutan *Uranyl Nitrat* (UN) sudah mulai teruapkan.

Kontrol densitas juga sangat penting untuk memperkirakan konsentrasi uranium dalam larutan UN yang telah dipekatkan di dalam evaporator E-601. Diharapkan densitas larutan dapat mencapai 1,27 Kg/l agar hasil larutan UN yang telah dipekatkan didapatkan kadar U nya sebesar ±200 gU/l. Dari data tabel 1 dapat kita lihat, selama proses evaporasi densitasnya tidak pernah mencapai 1,27 Kg/l (tercatat densitas paling



tinggi 1,22 Kg/l). Hal ini menyebabkan larutan UN hasil proses pemekatan tidak bisa dipindahkan ke tangki V-602 secara otomatis. Pemindahan larutan uranil nitrat hasil pemekatan secara manual dilakukan karena keterbatasan waktu operasi yang menyesuaikan dengan jam kerja, sehingga jika larutan uranil nitrat dibiarkan berada di evaporator pada kondisi suhu penguapannya maka dapat dimungkinkan terjadinya peningkatan konsentrasi uranium dalam larutan hingga dapat membentuk kristal UN. Kristal UN ini sangat dihindari karena dapat menyebabkan kebuntuan pada pipa penukar panas dan juga pipa instrumen lainnya yang dapat mengakibatkan terganggunya proses evaporasi.

Sedangkan pada parameter volume larutan dalam evaporator E-601, kontrolnya disetting secara otomatis dengan level kontrol LIC-601 yang dapat dilakukan melalui panel IP. Apabila volume larutan dalam evaporator telah mencapai 60%, pompa P-406 akan mati secara otomatis dan menyala apabila volume larutan di dalam evaporator E-601 mencapai 20%. Inilah salah satu sistem kendali yang ada dalam proses pemekatan seksi 600 untuk mengontrol volume larutan dalam evaporator E-601 secara otomatis agar tidak terjadi kelebihan volume di dalam evaporator E-601

Hasil proses pemekatan adalah larutan UN pekat yang kadar U mencapai 180 gU/l dan juga uap air yang akan dikondensasikan pada condenser E-602. Larutan UN yang telah pekat ditampung pada tangki V-602 yang kemudian dilakukan analisis kadar U. Jika sudah sesuai dengan persyaratan, larutan UN tersebut dikirim ke seksi 900 untuk proses pengendapan. Sedangkan uap air yang naik ke condensor E-602 dikondensasikan menjadi air. Air hasil kondensasi apabila kandungan kadar U nya sangat kecil (dibawah 50 ppm), dikirim ke tangki limbah V-702.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Suhu uap panas untuk proses evaporasi dapat dijaga pada kisaran 120 -125 C.
- b. Suhu larutan dalam evaporator dapat dijaga pada kisaran 100 – 109 C.
- c. Larutan UN umpan sebanyak 316,3 liter dengan hasil 48,6 liter dengan waktu proses 480 menit.
- d. Densitas larutan UN yang diperoleh adalah 1,20 Kg/L dengan kadar uranium 188 gU/l dan sudah memenuhi persyaratan untuk dilakukan proses pengendapan.
- e. Untuk hasil optimal maksimum volume larutan di dalam evaporator tidak boleh lebih dari 60%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Anwar Muchsin “Proses & BKO Pemurnian & Konversi di PCP”, Pelatihan Penyegaran Operator dan Supervisor Instalasi Elemen Bakar Eksperimental, Mei 2018
- [2] Standar Operasional Prosedur Proses Pemekatan Larutan Uranil Nitrat (seksi 600) *Pilot Conversion Plant*, No. Dok. SOP 006.003/BN.02.04/BBN.2.1 , 2017
- [3] Larasati “Vertical Tube Evaporator” Januari 2013
- [4] Iwan Setiawan, Noor Yudhi, “Optimalisasi Proses Pemekatan Larutan UNH pada Seksi 600 Pilot Conversion Plant”, No. 15/ Tahun VIII, April 2015, ISSN 1979-2409.
- [5] NIRA, Italia, “Process Flow Sheet”, No. Dok. IND 22004Y0001, 1983