

---

## PENGARUH KEASAMAN UMPAN, PENGADUKAN , WAKTU, DAN SUHU TERHADAP EFISIENSI PROSES EKSTRAKSI-STRIPPING URANIUM-MOLIBDENUM/ALUMINIUM

**Ghaib Widodo<sup>1</sup>, Sigit<sup>1</sup>, Kris Tri Basuki<sup>2</sup>, Kasmudin<sup>3</sup>, Antony S<sup>4</sup>**

1. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314

2. Pusat Teknologi Aselelator dan Proses Bahan-BATAN, Yogyakarta 55281

3. Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314

4. Pusat Reaktor Serba Guna - BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314

e-mail: ghaibwidodo@yahoo.com

(Naskah diterima 29-08-2013, disetujui: 24-09-2013)

### ABSTRAK

**PENGARUH KEASAMAN UMPAN, PENGADUKAN, WAKTU, DAN SUHU TERHADAP PROSES EKSTRAKSI-STRIPPING URANIUM-MOLIBDENUM.** Uranium–molibdenum (UMo) meru-pakan kandidat bahan bakar reaktor riset yang telah dikembangkan di dunia. Dalam proses pem-buatannya dijumpai berbagai kegagalan produksi baik berupa serbuk UMo/Al maupun proses fabrikasi. Tujuan percobaan ini adalah memungut kembali UMo agar dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar. Tahap awal yang dilakukan adalah melarutkan gagal produksi berupa serbuk, inti elemen bakar dan pelat elemen bakar UMo/Al dalam NaOH sehingga diperoleh larutan NaAlO<sub>2</sub> dan residu UMo yang berimpuritas. Residu UMo berimpuritas kemudian dilarutkan dengan asam nitrat pekat hingga diperoleh larutan campuran UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dan MoO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> berimpuritas. Ekstraksi-*stripping* merupakan metode yang tepat untuk digunakan dalam pemungutan dan pemurnian UMo. Sebagai pengekstrak digunakan TBP/-kerosin/dodekan. Pada proses ekstraksi ini uranium dan molibdenum akan masuk ke fasa organik TBP, sedangkan impuritasnya berada dalam fasa air (rafinat). Uranium dan molibdenum dalam fasa organik dilakukan proses *stripping* dengan air panas (sebagai parameter), sehingga diperoleh larutan campuran UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dan MoO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> murni. Parameter yang dipelajari pada proses ekstraksi adalah waktu, kecepatan pengadukan, dan keasaman umpan, sedangkan parameter untuk *stripping* adalah suhu. Kondisi proses ekstraksi diperoleh keasaman umpan 3 N, pengadukan 200 rpm, dan waktu 50 menit diperoleh efisiensi 66,48%. Sedangkan efisiensi proses *stripping* sebesar 37,08% pada suhu 60°C.

**Kata kunci:** ekstraksi, *stripping*, gagal produksi, bahan bakar UMo/Al, pemungutan.

## ABSTRACT

**EFFECT OF FEED ACIDITY, STIRRING, TIME AND TEMPERATURE ON THE EXTRACTION-STRIPPING PROCESS OF URANIUM-MOLYBDENUM.** Uranium-molybdenum (UMo) is a candidate of research reactor fuel that has been well developed in the world. The manufacturing process may encounter many failures, both failures in powder production of UMo/Al and fabrication process. The purpose of this experiment is to recover rejected UMo for reuse as fuel. The initial stage was dissolving the rejected products, i.e. the powder form, the core fuel element and fuel element plate of UMo/Al, with NaOH in order to obtain a solution of NaAlO<sub>2</sub> and residual UMo with impurities. The residual UMo with impurities was dissolved in concentrated nitric acid to obtain a solution of a mixture of UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and MoO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> with impurities. Extraction-stripping is considered as an appropriate method to collect and refine the UMo. As extractors, TBP, kerosene, dodecane were used. In the process of extraction, uranium and molybdenum enters the organic phase of TBP, while the impurities are in the water phase (raffinate). Uranium and molybdenum in the organic phase are stripped with hot water (as a parameter), resulting a solution of a mixture of refined UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and MoO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. The parameters studied in the extraction process are time, stirring speed, and the acidity of the feed, whereas the parameter for stripping is temperature. The optimum extraction condition obtained is acidity at 3N and stirring at 200 rpm for 50 minutes. In this condition, extracting process efficiency is 66.48%, while the stripping efficiency of 37.08% is reached at a temperature of 60 °C.

**Keywords:** extraction, stripping, production rejected, UMo/Al fuel element, recovery.

## PENDAHULUAN

### Latar belakang

Bahan bakar UMo/Al merupakan kandidat untuk jenis reaktor riset diharapkan dapat menggantikan bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al. Bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al hingga saat ini telah digunakan oleh Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) Serpong dan reaktor riset di dunia. Penelitian pengembangan bahan bakar terus dipacu oleh Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN untuk mendapatkan bahan bakar alternatif. Seperti diketahui bahan bakar UMo/Al mempunyai beberapa keunggulan dan kekurangan dibandingkan dengan bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al. Apabila ditinjau dari sisi densitas bahan bakar UMo yaitu 16,8 g/cm<sup>3</sup>, tingkat muat uranium dan konduktivitas yang tinggi serta umur bahan bakar dalam reaktor lebih lama dan ekonomis apabila dibandingkan dengan bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al. Keuntungan yang lain adalah proses pemungutan uranium dari gagal bahan bakar UMo lebih mudah dibandingkan dengan bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al.

Adapun letak kekurangan bahan bakar UMo/Al karena sifatnya lebih ulet dan kuat, maka akan menyulitkan dalam proses fabrikasi dan kemungkinan sedikit lebih sulit dibandingkan dengan bahan bakar uranium oksida<sup>[1-3]</sup>.

Produk bahan bakar UMo/Al dapat berupa inti elemen bakar (IEB) dan pelat elemen bakar (PEB). Untuk mendapatkan IEB dan PEB selalu melewati tahapan proses dan uji kualitas. Pada saat ini Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN tengah mengembangkan teknologi pembuatan bahan bakar UMo, yang dalam pelaksanaan pembuatannya dijumpai beberapa kendala seperti gagalnya produksi serbuk UMo dan fabrikasinya sehingga dihasilkan gagal yang dapat berupa serbuk, inti elemen bakar dan pelat elemen bakar. Pada kenyatannya, di dalam gagal produksi tersebut masih terdapat bahan bakar uranium dan molibdenum yang sangat berharga, bernilai ekonomi tinggi dan memenuhi *safeguards* bahan nuklir serta memiliki aspek keselamatan lingkungan.

Gagalan produksi tersebut jumlahnya cukup banyak sehingga perlu untuk pengolahan lebih lanjut. Pengolahan dilakukan dengan pemungutan dan pemisahan kembali uranium dan molibdenum dari gagal produksi bahan bakar UMo. Karena gagal tersebut berbentuk padat, maka proses awal yang dilakukan adalah pelarutan gagal bahan bakar<sup>[4]</sup> sehingga gagal tersebut menjadi larutan. Setelah menjadi larutan, dilakukan proses pemungutan kembali bahan bakar uranium dan molibdenum. Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk memungut kembali adalah ekstraksi yang dilanjutkan dengan *stripping*.

Hasil penelitian ekstraksi dan *stripping* bahan bakar UMo dapat digunakan sebagai antisipasi pemungutan dan pemisahan uranium-molibdenum jika pada suatu saat nanti produksi bahan bakar UMo telah dilaksanakan, maka dipastikan terjadi gagal pada proses pembuatannya.

## Teori

Proses ekstraksi-*stripping* merupakan proses pemisahan antara dua campuran cair-cair menggunakan *solvent-diluent*. Proses ekstraksi-*stripping*  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  berimpuritas dikatakan berhasil baik apabila uranium dan molibdenum tersebut dapat diumpankan kembali sebagai bahan bakar. Proses ekstraksi bertujuan untuk memurnikan campuran bahan nuklir  $UO_2(NO_3)_2$  dengan  $MoO_2(NO_3)_2$  sekaligus menurunkan kadar impuritasnya. Jenis pengekstraks/*extractant* yang digunakan seperti :  $\alpha$ -Hydroxy Oxime<sup>[5-6]</sup>, Alamine-336<sup>[6-7]</sup>, Dicyclohexyl-18-Crown-6 and S-N Tetrudentate<sup>[8]</sup>, dan TBP/kerosin<sup>[9-14]</sup>, dan parameter proses ekstraksi seperti : *solvent*, keasam-an umpan, koefisien distribusi, pH, suhu merupakan bahan dan parameter yang harus diperhatikan dalam proses ekstraksi. Teknologi pengolahan gagal bahan bakar UMo dengan proses ekstraksi telah dikaji dalam seminar-seminar di luar negeri,

namun data tidak disampaikan secara rinci<sup>[5-7]</sup>. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh kembali bahan bakar uranium dan molibdenum dari gagal produksi bahan bakar UMo.

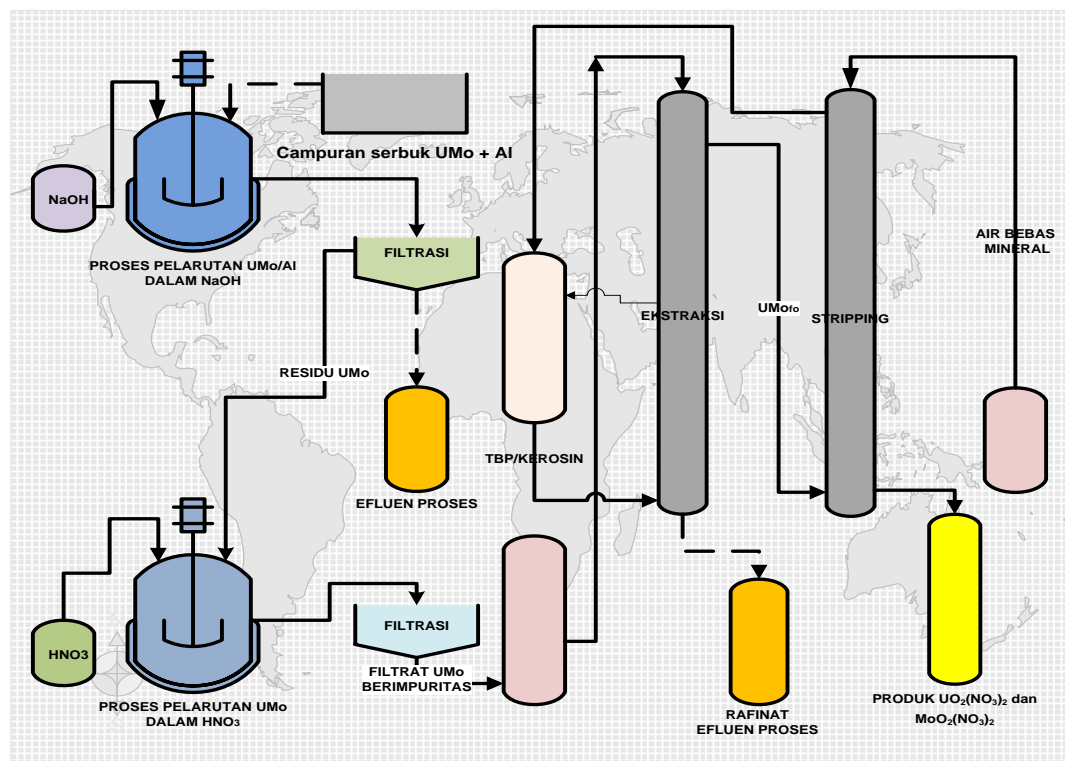
Pada penelitian ini dilakukan proses pelarutan serbuk UMo dan serbuk Al, inti elemen bakar maupun pelat elemen bakar UMo/Al dalam larutan NaOH berlebihan (20%) sehingga diperoleh larutan  $NaAlO_2$  dan residu UMo yang berimpuritas. Setelah dilakukan pemisahan, residu UMo berimpuritas dilarutkan dalam asam nitrat pekat<sup>[2-3]</sup> hingga diperoleh larutan campuran  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  yang masih mengandung impuritas. Larutan campuran tersebut diekstraksi dengan TBP dalam pengencer dodekan atau kerosin sehingga terjadi pemisahan antara uranium-molibdenum dengan impuritas sebagai rafinat. Campuran  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$ -TBP terpisah dilakukan proses *stripping* dengan air panas. Parameter yang dipelajari pada proses ekstraksi adalah waktu, kecepatan pengadukan dan keasaman umpan dan parameter untuk proses *stripping* adalah suhu.

## TATA KERJA

Bahan yang digunakan: ingot paduan UMo, serbuk Al, NaOH,  $HNO_3$  pekat, air bebas mineral, TBP, kerosin, dan bahan kimia untuk analisis.

Alat yang digunakan: gelas beker, corong pisah, pengaduk magnetik, *hot plate*, almari asam, statif klem, kertas saring, seperangkat alat analisis potensiometrik, *analisis absorption spectrometer* (AAS).

Carakerja: Langkah-langkah proses pemungutan campuran paduan UMo dengan serbuk Al dari proses pelarutan hingga proses ekstraksi-*stripping*  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  diperlihatkan pada Gambar 1 :



Gambar 1. Diagram proses pelarutan tercampuran serbuk UMo + serbuk Al hingga proses ekstraksi-*stripping*  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$

Langkah proses :

1. Ingot paduan UMo dibuat serbuk dan dicampur dengan serbuk Al kemudian dilarutkan dalam NaOH berlebihan (20%), maka semua aluminium larut membentuk  $NaAlO_2$  (sebagai filtrat) dan residu berupa UMo.
2. Residu UMo dilarutkan dalam  $HNO_3$ , membentuk campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  yang berimpuritas.
3. Larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  diekstraksi menggunakan campuran TBP/kerosin
4. Hasil proses ekstraksi berupa campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP(fo)$  dan  $MoO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP(fo)$  tersebut di-*scrub*/di-*stripping* menggunakan air bebas mineral pada variasi suhu 30, 40, 50, 60, 70°C dengan sedikit  $Na_2CO_3$ , hingga diperoleh  $UO_2(NO_3)_2$  (fa) dan

$MoO_2(NO_3)_2$  (fa) yang telah bersih dari impuritas dan siap diumpungkan kembali sebagai bahan dasar proses produksi bahan bakar UMo

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses pelarutan UMo/Al

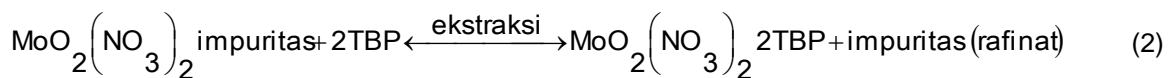
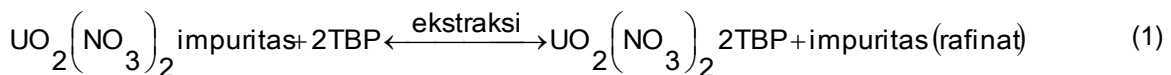
Hasil proses pelarutan campuran serbuk UMo dengan serbuk Al berupa residu UMo berimpuritas dan dilakukan filtrasi. Selama proses pelarutan terbentuk gas hidrogen, sehingga apabila kadarnya melebihi 2% dan bertemu dengan oksigen, maka akan berpotensi terjadi ledakan. Untuk menghindari timbulnya ledakan tersebut, maka selama proses pelarutan campuran serbuk UMo dengan serbuk Al berlangsung ditambahkan  $NaNO_3$  agar gas hidrogen yang terbentuk dapat tereliminasi menjadi gas amoniak ( $NH_3$ )<sup>[2]</sup>. Hal lain yang perlu diperhatikan adanya sisa asam nitrat yang

digunakan dalam proses pelarutan UMo, seperti diperlihatkan dalam Tabel 1<sup>[2]</sup>. Oleh karena itu perlu dilakukan proses penurunan keasaman menggunakan proses destruksi<sup>[15-16]</sup>.

### Proses ekstraksi

Larutan hasil pelarutan UMo dalam

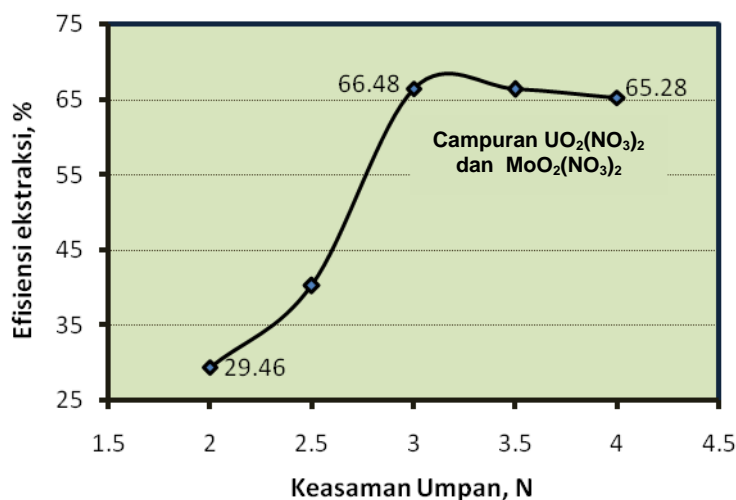
asam nitrat diperoleh campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  berimpuritas. Agar diperoleh hasil campuran  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  murni nuklir (*nuclear grade*) sesuai yang diizinkan sebagai bahan bakar, maka campuran tersebut dimurnikan melalui proses ekstraksi dan mekanisme reaksi diperlihatkan pada persamaan reaksi (1-2).



Pada proses ekstraksi campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  digunakan 3 (tiga) parameter, yaitu keasaman umpan, waktu proses ekstraksi, dan pengadukan. Tiga parameter tersebut diharapkan dapat diketahui kenaikan efisiensi proses ekstraksi. Setiap parameter proses ekstraksi dapat dijelaskan sebagai berikut :

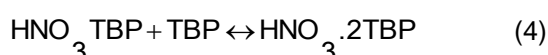
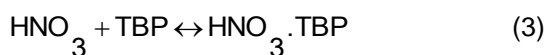
#### 1. Keasaman umpan

Percobaan ekstraksi menggunakan parameter keasaman umpan dimulai dari 2 N hingga 4N. Seiring dengan kenaikan asam nitrat dalam umpan, maka efisiensi ekstraksi campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  semakin bertambah besar. Efisiensi proses ekstraksi yang diperoleh sebesar 66,48% pada keasaman umpan 3N. seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara keasaman umpan terhadap efisiensi ekstraksi.

Keasaman umpan berfungsi sebagai *salting out agent* yang turut mendorong impuritas keluar dari fasa organik, setelah bereaksi dengan pelarutnya (*solvent*) yaitu TBP/kerosin, akibatnya efisiensi bertambah besar. terbentuk *salting out agent*. seperti reaksi (3-4).

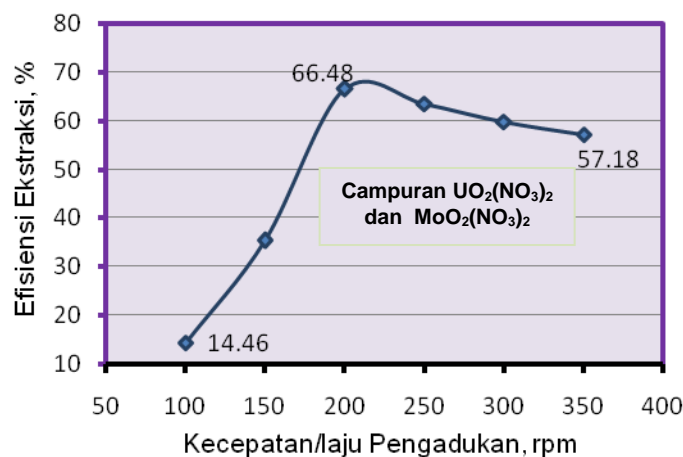


*Solvent* TBP/kerosin masuk ke fasa organik bersama  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{MoO}_2(\text{NO}_3)_2$ , sedangkan impuritas masuk ke dalam fasa air menjadi rafinat, seperti persamaan reaksi (1-2). Keasaman umpan ini dapat juga dipakai untuk menentukan koefisien distribusi yang berfungsi untuk menentukan *equilibrium stage number* dalam prarancangan kolom/menara yang akan dipakai sebagai alat ekstraksi.

Apabila keasaman umpan proses ekstraksi ditingkatkan lebih dari 3N, efisiensi ekstraksi justru semakin menurun. Hal ini disebabkan *solvent* TBP/kerosin yang semestinya berfungsi sebagai pengikat/penjerat  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{MoO}_2(\text{NO}_3)_2$  lebih dahulu terdekomposisi menjadi *monobutylphosphate* (MBP) dan *Dibutylphosphate* (DBP), akibatnya konsentrasi asam tinggi dan efisiensi ekstraksi semakin menurun.

## 2. Kecepatan/laju pengadukan

Percobaan ekstraksi menggunakan parameter kecepatan/laju pengadukan dimulai dari 100 rpm hingga 350 rpm. Adanya proses pengadukan, maka efisiensi proses ekstraksi campuran larutan  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{MoO}_2(\text{NO}_3)_2$  semakin bertambah besar. Efisiensi proses ekstraksi yang diperoleh sebesar 66,48% pada proses pengadukan 200 rpm, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan/laju pengadukan.

Percobaan dilakukan pada skala laboratorium, maka parameter kecepatan/laju pengadukan sangat berpengaruh pada proses ekstraksi menggunakan sistem proses pengadukan-pengenap (*mixer settler*) atau untuk sistem

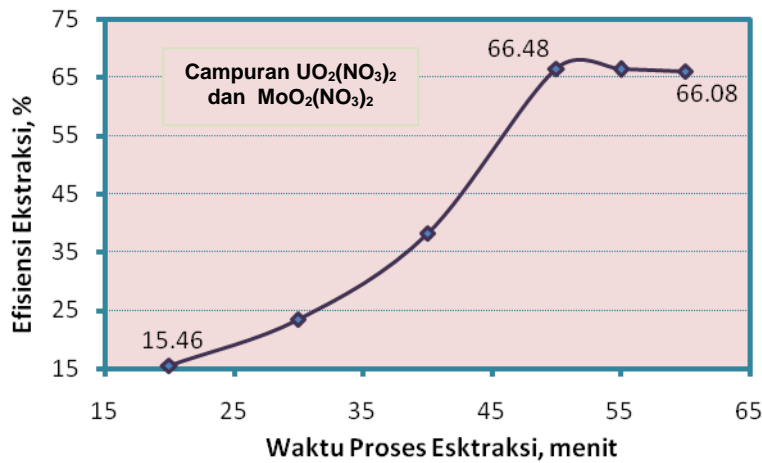
kolom pulsa (*pulse column*). Metode yang sama dilakukan pula terhadap campuran larutan  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{MoO}_2(\text{NO}_3)_2$ , namun kecepatan/laju pengadukan harus dibatasi seperti terlihat pada Gambar 3. Setelah kecepatan pengadukan mencapai 200 rpm

efisiensi justru semakin menurun. Hal tersebut kemungkinan semakin tinggi kecepatan pengadukan daya ikat antara campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  dengan TBP/kerosin kekuatan ikat semakin lemah. Akibatnya secara perlahan campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  dalam fasa organik lepas kembali ke fasa air.

### 3. Waktu proses

Percobaan ekstraksi menggunakan parameter waktu proses dimulai dari 20

menit hingga 60 menit. Saat proses ekstraksi, efisiensi ekstraksi tertinggi sebesar 66,48% dicapai dengan waktu 50 menit, sedangkan dengan penambahan waktu di atas 50 menit efisiensi justru menurun hingga 66,08%. Penurunan efisiensi ekstraksi tersebut dimungkinkan TBP/kerosin sebagai pengikat  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  telah mengalami kejenuhan dan sudah tidak mampu mengikat lagi, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

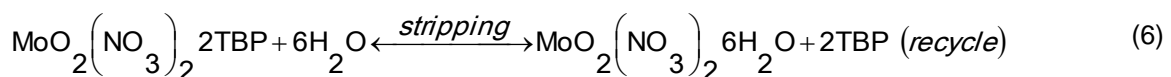
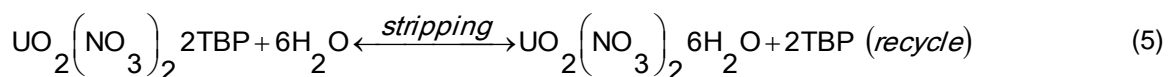


Gambar 4. Hubungan antara waktu proses terhadap efisiensi ekstraksi.

### Proses *stripping*

Proses *stripping* dilakukan menggunakan air bebas mineral (variasi suhu 30, 40, 50, 60, 70°C) dengan kecepatan pengadukan 200 rpm, waktu 50 menit sesuai dengan kondisi proses ekstraksi. Sebagai umpan proses *stripping*

berupa fasa organik  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP$  dan  $MoO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP$  yang merupakan hasil proses ekstraksi. Hasil yang diperoleh pada proses *stripping* adalah campuran larutan  $UO_2(NO_3)_2$  dan  $MoO_2(NO_3)_2$  yang berada di dalam fasa air. Mekanisme reaksi *stripping* diperlihatkan pada persamaan reaksi (5-6) :

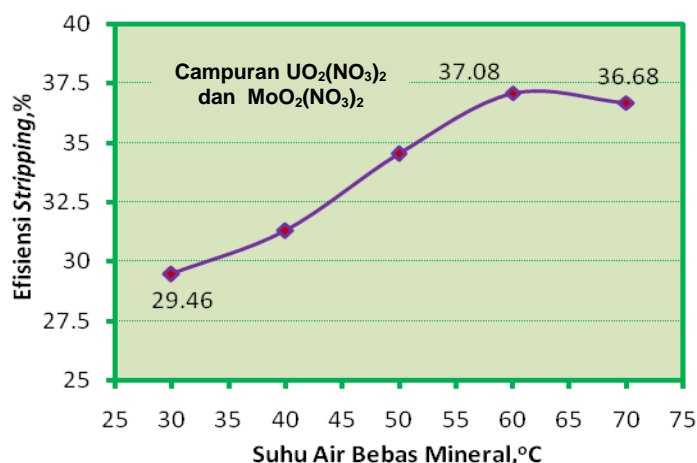


Hasil efisiensi *stripping* terlihat bahwa semakin tinggi suhu air bebas

mineral (ABM) dalam proses *stripping*, maka semakin tinggi efisiensinya. Suhu ABM lebih

dari 60°C, efisiensi *stripping* tidak mengalami peningkatan, tetapi justru mengalami penurunan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu ABM pada proses

*stripping* larutan fasa organik paling tinggi adalah 60°C. Keadaan ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara suhu proses *stripping* terhadap efisiensi *stripping*

Air bebas mineral 60 °C digunakan untuk proses *stripping*, dikarenakan pada suhu yang tinggi menyebabkan pergerakan partikel H<sub>2</sub>O lebih cepat sehingga lebih mudah memecah uranil nitrat dari kompleks UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.2TBP. Tetapi mengingat energi yang dibutuhkan untuk proses *stripping* dengan menggunakan air hangat 60 °C cukup besar dan membutuhkan waktu yang lebih lama yaitu 50 menit. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh efisiensi *stripping* yang lebih baik. Pada proses *stripping* ini diperoleh efisiensi sebesar 37,08% dengan suhu ABM 60 °C.

## SIMPULAN

Hasil penelitian ekstraksi-*stripping* UMo yang berupa campuran larutan UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dan MoO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> diperoleh kondisi operasi proses ekstraksi yang paling baik berturut-turut adalah keasaman umpan 3 N, kecepatan proses pengadukan 200 rpm, waktu proses ekstraksi 50 menit dengan efisiensi ekstraksi 66,48%. Kondisi proses *stripping* yang paling baik adalah

pada suhu air bebas mineral 60°C dengan efisiensi proses *stripping* 37,08%.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat : Menristek yang telah mendanai pelaksanaan penelitian ini dalam program Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekrayasa (PKPP) 2012 dan segenap staf Pusat Elemen Bakar Nuklir khususnya staf Bidang Bahan Bakar Nuklir-BATAN yang ikut terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini.

## SARAN

Dalam penelitian ekstraksi-*stripping* UMo ini hasil efisiensinya yang diperoleh masih rendah. Oleh karena itu untuk menaikkan efisiensi perlu penambahan parameter lain seperti : perbandingan antara TBP dengan kerosin, kecepatan alir, perbandingan kecepatan alir, densitas, viskositas, tegangan muka, dll. Saran yang



lain karena penelitian ini masih menggunakan campuran serbuk UMO dengan serbuk Al belum menggunakan gagal produk bahan bakar UMO/Al, karena kelak akan diaplikasikan ke skala pabrik yang sebenarnya, maka penelitian ini harus dioptimasi dari segi ekonomi proses ekstraksi-*stripping* UMO agar sesuai dengan yang diharapkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Supardjo, Ghaib Widodo. (2007). Kajian Pengaruh Bentuk Butir Serbuk UMO Dalam Fabrikasi Bahan Bakar Dispersi UMO-Al Tipe Pelat. Buletin Triwulan Daur Bahan Bakar Nuklir, URANIA, PTBN – BATAN, Vol. 13 No. 4, hal. 147 – 154 Serpong, ISSN 0852 – 4777, Akreditasi No. : 71/Akred – LIPI/P2MB/-5/2007.
- [2]. Ghaib Widodo. (2010). Kajian Pemungutan Uranium Dari Gagalan Kandidat Bahan Bakar UMO–Al Tipe Pelat. Prosiding Seminar Nasional XIII Kimia dalam Pembangunan Jaringan Kimia Indonesia, Jogjakarta, Juli.
- [3]. Schulz, W.W. (1979). Preprocessing Uranium–Molybdenum Alloy Fuels–Dissolution in Concentrated Nitric Acid. HW-64432, UC-10, Chemistry-Separation Processes for Plutonium and Uranium (TID-4500, 15th Ed), Hanford Atomic Products Operation Richland, Washington, copy rate.
- [4]. Anonymous. (2005). Proses Olah Ulang Gagalan Produk (5F). BT.121-A01-30306. PT.BATAN Teknologi , April.
- [5]. Mahmoud, M., H., H., Nakamura, SH., and Akiba, K. (1997). Separation of Molybdenum (VI) and Uranium (VI) Through Supported Liquid Membrane Containing  $\alpha$ -Hydroxy Oxime as a Mobile Carrier. Institute for Advanced Materials Processing, Tohoku University, Sendai 980-77, Japan.
- [6]. Swanson, R.R., Hope, N., and Miun. (1968). Recovery of Molybdenum Values From Aqueous Solution Using  $\alpha$ -Hydroxy Oxime. United States Patent 3,449,066, Assignor to General Mills, Inc, 10 June.
- [7]. Ganjali M. R., et al. (2005). Novel Method for the Fast Separation and Purification of Molybdenum (VI) from Fission Product of Uranium with Aminofunctionalized Mesoporous Molecular Sieves (AMMS) Modified by Dicyclohexyl-18-Crown-6 and S-N Tetradentate Schiff's Base. Analytical Letters , Volume 38, Issue 11, Iran.
- [8]. Lee, J.Y., et al. (2010). Extraction and Separation of Hexavalent Molybdenum From Acidic Sulfate Solution Using Alamine 336 as an Extractant. Periodica Polytechnica Chemical Engineering, <http://www.pp.bme.hu/ch> c Periodica Polytechnica
- [9]. Laurinat, J.E. (2007). Sasse Modeling of a Uranium/Molybdenum separation Flowsheet. Washington Savannah River Company Savannah River Site Aiken, SC 29808, WSRC-STI-2007-00111, May.
- [10]. Visser, A. E. , Pierce, R. A. and Laurinat, J.E. (2007). Purification of Uranium/-Molybdenum Alloy. Savannah River National Laboratory, WSRC-STI-2007-00581, Aiken, SC.
- [11]. Visser, A. E. and Pierce, R. A. (2007). Solvent Extraction for Uranium-Molybdenum Alloy Dissolution Flowsheet. Washington Savannah River Company Savannah River Site Aiken, SC 29808, WSRC-STI-2007-00129, May.
- [12]. Visser, A. E. , Pierce, R. A. and Laurinat, J.E. (2008). Purification of Uranium from a Uranium/Molybdenum Alloy. Separation Science and

- Technology, Volume 43, Numbers 9 -10, July
- [13]. Weir, D.R., et al. (1983). Removal of Uranium From Sulphate Solution Containing Molybdenum. United States Patent 4,405,566, Sherritt Gordon Mines Limited, Toronto, Canada, 20 September.
- [14]. Lam, Edmond, K. et al. (1992). Removal of Molybdenum from Uranium Bearing Solution. International Application Published Under the Patent Cooperation Treaty (PCT), WO 92/04474, Ontario, 19 March.
- [15]. Ghaib Widodo dan Bambang Herutomo. (2010). Destruksi Asam Nitrat Dalam Efluen Proses Dengan Menggunakan Berbagai-bagai Destruktan. Buletin Triwulan Daur Bahan Bakar Nuklir. URANIA, PTBN-BATAN, Vol. 13 No. 4, hal. 147-154 Serpong, ISSN 0852-4777, Akreditasi No. : 265/AU1/P2MB/-5/2010.
- [16]. Ghaib Widodo dan Nur Fitri Hanggari. (2010). Pengaruh Formaldehida Terhadap Proses Pemungutan Uranium dan Terhadap Penurunan Konsentrasi Asam Nitrat Dalam Efluen Proses di IEBC, Jurnal Bahan Bakar Nuklir

---

Lampiran

Tabel 1. Hasil pelarutan UMo dalam asam nitrat<sup>[2]</sup>.

Konsentrasi HNO <sub>3</sub> , M	Konsentrasi sisa HNO <sub>3</sub> , M	Berat U, mg	Berat Mo, mg
11	3,34	10,5	49,9
12	4,94	0,30	60,2
13	4,58	0,07	51,6
14	4,32	0,08	62,5
11	6,79	-	-
12	6,40	0,06	57,2
13	7,52	0,06	54,7
14	8,29	0,06	57,8