

PELINDIAN BIJIH URANIUM ASAL EKO REMAJA SETELAH PROSES RADIOMETRIC ORE SORTING

Djoko Wasisto

Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PELINDIAN BIJIH URANIUM ASAL EKO REMAJA SETELAH PROSES RADIOMETRIC ORE SORTING. Pelindian skala laboratorium terhadap bijih uranium Eko Remaja, telah dilakukan dengan menggunakan H_2SO_4 , oksidan $NaClO_3$ dan MnO_2 . Oksidan $NaClO_3$ lebih efektif dan ekonomis daripada MnO_2 pada perbandingan kebutuhan sekitar 1:5. Kelarutan uranium untuk bijih dengan ukuran <30 mm lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran bijih campuran setelah proses *radiometric ore sorting*. Ekstraksi uranium bisa mencapai 93% dengan menggunakan H_2SO_4 120 kg/ton dan $NaClO_3$ 5 kg/ton. Kondisi operasi pelindian adalah temperatur $60^\circ C$, waktu reaksi 6 jam, ukuran partikel -400 mikron dan konsentrasi padatan 50%.

ABSTRAK

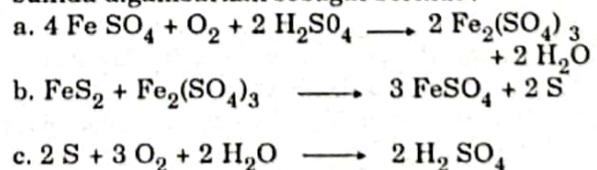
LEACHING THE EKO REMAJA URANIUM ORE AFTER RADIOMETRIC ORE SORTING. Laboratorial leach test was conducted on Eko Remaja uranium ores using H_2SO_4 and both of oxidants, $NaClO_3$ and MnO_2 , by turns. $NaClO_3$ is more effective and economic than MnO_2 by consumption ratio about 1:5. The solubility of uranium in size of <30 mm is higher than mixture of radiometric ore sorting. Uranium extraction in this leach test achieves 93% by using 120 kg/ton of H_2SO_4 and 5 kg/ton of $NaClO_3$. The operating condition consists of temperature $60^\circ C$, retention time 6 hours, particle size -400 micron and 50% concentration of solid phase.

PENDAHULUAN

Jumlah mineral-mineral yang mengandung uranium di dunia kira-kira mencapai 200 jenis, tetapi hanya ada beberapa mineral yang bisa diolah secara ekonomis [1]. Mineral-mineral tersebut terutama uraninit (pitchblende), coffinit dan brannerit, dengan masing-masing formula sebagai berikut : uraninit ($U^{+4}_{1-x} U^{+6}_x O_2 + x$, coffinit ($USiO_4$) $1-x(OH) 4x$, dan brannerit (U, Ca, Fe, Th, Y) (Ti, Fe) $_2O_6$.

Kelarutan uranium akan menurun sesuai dengan urutan mineral-mineral di atas. Brannerit sering berasosiasi dengan davidit, yang dikenal sebagai mineral *refractory* untuk proses pelindian. Kedua mineral tersebut mengandung uranium dalam bentuk tetravalen (U^{+4}) dan heksavalen (U^{+6}) yang kadang berasosiasi dengan sejumlah titanium, besi, vanadium, torium, zirkon, molibdenum dan logam-logam tanah jarang. Brannerit sebagai mineral *refractory* telah diolah secara ekonomis pada beberapa pabrik pengolahan bijih uranium. Sebagai contoh yang bisa mewakili adalah "Rio Algon Mines Limited, Stanleigh mill" di Elliot Lake, Canada. Mineralisasi bijih uranium asal Remaja Eko terutama mengandung uraninit, coffinit, davidit, dan brannerit. Mineral-mineral ini berada

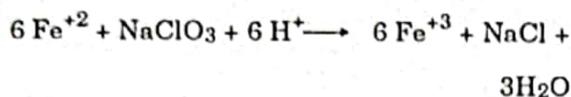
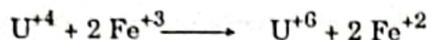
di dalam matriks kuarsa konglomerat yang seringkali mengandung apatit, pirhotit, pirit, rutil dan lain-lain. Sulfida dan silika dalam jumlah relatif besar dan banyak berpengaruh pada proses pelindian dan pemurnian terutama di dalam konsumsi reaktan dan operasi alat. Kehadiran sulfida dalam bijih uranium akan banyak bermanfaat terutama pada proses pelindian bakteri. Pelindian bakteri dari bijih uranium dengan kadar rendah atau yang mengandung sulfida lebih efektif terutama pada kondisi tropis [2]. Reaksi pelindian di dalam bijih uranium yang mengandung sulfida atau senyawa sulfida digambarkan sebagai berikut :



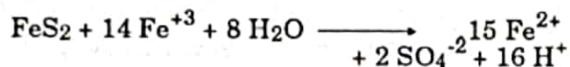
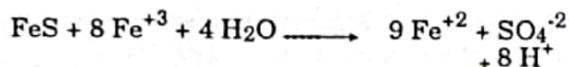
Silika di dalam proses pelindian akan larut bersama-sama uranium pada $pH < 4$ sebagai larutan non ionik, yang seringkali berbentuk emulsi. Kandungan silika di dalam resin bisa naik sampai mencapai 8-10% sehingga bila

tidak dikontrol dapat menyebabkan kegagalan total pada penggunaan sistim *fixed bed*.

Besi secara normal diperlukan pada proses pelindian dan besi bisa ditemukan di dalam bijih uranium. Sumber besi juga bisa berasal dari kontribusi proses *crushing and grinding*. Dalam proses pelindian, besi bervalensi 3 (Fe^{+3}) akan secara langsung mengoksidasi ion uranium U^{+4} menjadi ion uranium U^{+6} kemudian ion feri yang telah tereduksi akan dioksidasi kembali dengan kehadiran suatu oksidan. Proses oksidasi dan reduksi dari kedua ion tersebut sesuai dengan persamaan reaksi berikut [3]:



Kehadiran sulfida sebagai pirotit (FeS) dan pirit (FeS_2) akan mengurangi keefektifan reaksi oksidasi ion uranium. Senyawa sulfida ini akan mengkonsumsi ion feri (Fe^{+3}) dalam jumlah yang besar sesuai dengan persamaan reaksi sebagai berikut [4]:



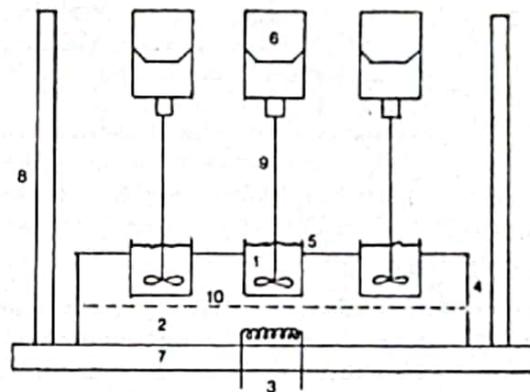
Proses pengolahan bijih uranium asal Eko Remaja telah banyak dilakukan baik dalam skala laboratorium maupun skala pilot, di Lemajung-Kalimantan Barat. Berdasarkan atas pengalaman, persentase *recovery* yang bisa dicapai dalam pelindian H_2SO_4 dengan oksidan MnO_2 , rata-rata 70%. Sedangkan kebutuhan kedua reaktan tersebut masing-masing 100-150 kg/ton dan 20-30 kg/ton. Dengan melihat fakta-fakta di atas, maka penelitian di dalam berbagai hal masih perlu dilakukan terutama dalam peningkatan efisiensi atau nilai *recovery* yang cukup tinggi.

Makalah ini memberikan gambaran tentang penggunaan oksidan $NaClO_3$ dalam proses pelindian asam sulfat terhadap bijih uranium asal Eko Remaja setelah dilakukan proses *radiometric ore sorting*. Penelitian ini juga merupakan bagian dari program *training* di SEPA pilot plant, Perancis, terutama dalam usaha meningkatkan nilai ekstraksi uranium dari bijih uranium asal Eko Remaja, Kalimantan Barat, Indonesia.

TATAKERJA

Dua ratus gram bijih uranium asal Eko Remaja setelah dilakukan proses *radiometric ore sorting* dengan ukuran partikel minus 400 μm dengan konsentrasi padatan 50%, dipanaskan dengan penangas air sampai mencapai temperatur 60°C. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan agitator mekanik dengan kecepatan 500 rpm. Sebuah termometer dan pH/Eh kontrol dipakai untuk mengetahui kondisi operasi. Jika temperatur pelindian pulp (*slurry*) telah mencapai 60°C, asam sulfat dan oksidan $NaClO_3$ ditambahkan secara bersama-sama pada awal proses pelindian. Jumlah masing-masing asam sulfat dan oksidan yang ditambahkan sesuai dengan keperluan.

Skema alat pelindian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Skema alat pelindian

Keterangan :

1. pulp (*slurry*) bijih uranium; 2. air pemanas; 3. pemanas listrik; 4. bak air pemanas; 5. gelas kimia reaktor; 6. motor pengaduk; 7. papan meja; 8. tangki penyangga motor pengaduk; 9. pengaduk (*agitator*); 10. rak penyangga gelas kimia

Setelah proses pelindian berakhir, dilakukan proses pemisahan padatan terhadap cairan. Proses pemisahan fase padat-cair dilakukan dengan cara filtrasi yang dilanjutkan dengan proses pencucian padatan. Air pencuci yang dipakai mempunyai pH 1,5 dengan kebutuhan kira-kira 5 kali dari berat padatan kering. Filtrat dan air pencuci dari proses penyaringan, ditampung, diukur volumenya dan dianalisis. Sedangkan padatannya ditimbang, selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada temperatur sekitar 120°C. Padatan kering ditimbang kembali dan kemudian digerus sampai kurang lebih mempunyai ukuran partikel minus 50 mm sebelum dilakukan analisis.

Hasil analisis bijih uranium asal Eko Remaja diperlihatkan pada Tabel 1.

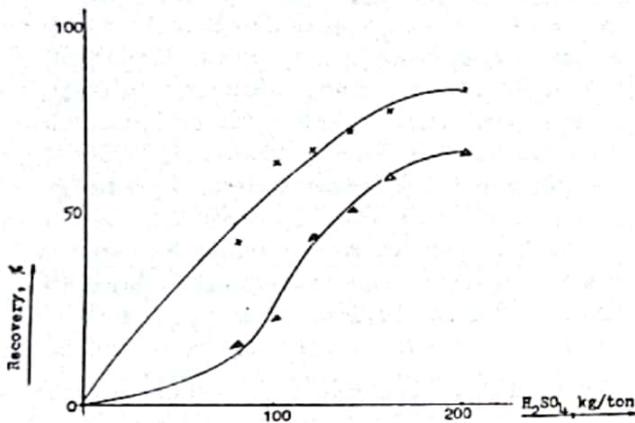
Tabel 1. Analisis bijih uranium asal Eko Remaja

Komponen	Satuan	X < 30 mm	*X
U	ppm	1,486	8,858
Fe ⁺³	%	0,630	0,060
Fe ⁺²	%	3,290	3,140
Mo	ppm	136,000	750,000
S ⁻²	%	0,330	0,420
Si	%	28,600	24,000

*X = Campuran, adalah ukuran bijih setelah proses radio-metric ore sorting.

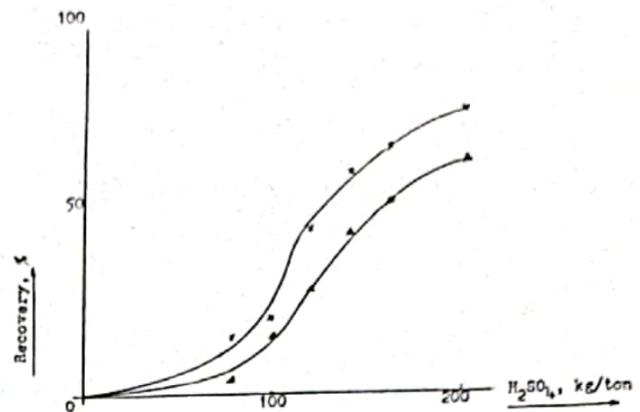
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari percobaan ini ditunjukkan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5.

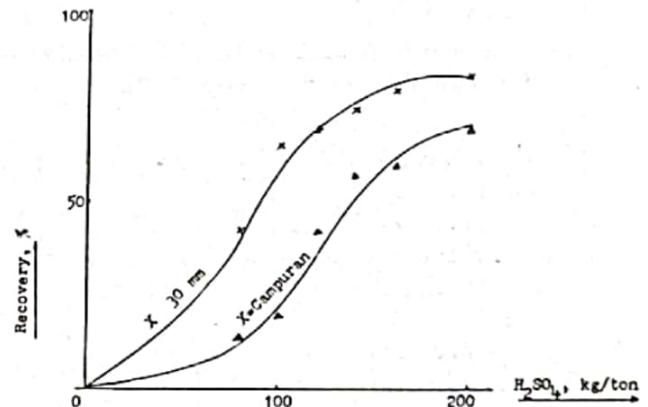


Gambar 2. Hubungan antara persentase recovery dengan kebutuhan H₂SO₄ pada X < 30 mm.

Gambar 2 dan 3 menunjukkan efektifitas penggunaan NaClO₃ dan MnO₂ atau sebagai hubungan dari persentase recovery dengan kebutuhan asam sulfat pada ukuran bijih masing-masing X = 30 mm dan X = campuran. Sedangkan Gambar 4 dan Gambar 5 masing-masing menunjukkan perubahan nilai recovery dalam beberapa nilai konsumsi asam sulfat pada penggunaan oksidan NaClO₃ dan hubungan antara nilai recovery terhadap konsumsi NaClO₃ pada beberapa nilai konsumsi asam sulfat untuk bijih X = campuran. Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa persentase recovery yang bisa dicapai dengan menggunakan oksidan NaClO₃, baik



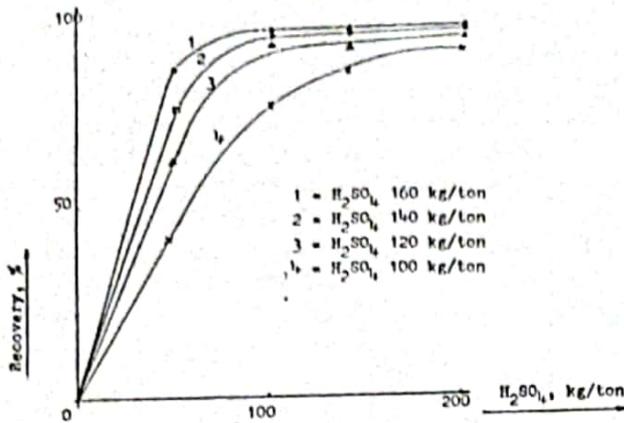
Gambar 3. Hubungan antara persentase recovery dengan kebutuhan H₂SO₄ pada X = campuran



Gambar 4. Hubungan antara persentase recovery dengan berbagai kebutuhan H₂SO₄ pada X < 30 mm dan X = campuran

untuk bijih dengan ukuran X = 30 mm atau X = campuran, secara relatif lebih besar jika dibandingkan dengan penggunaan MnO₂. Ratio kebutuhan NaClO₃ dan MnO₂, menunjukkan bahwa:

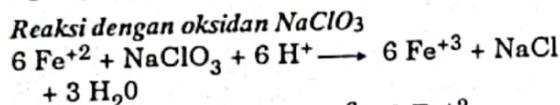
- Kebutuhan NaClO₃ untuk memproduksi uranium heksavalen (U⁺⁶) yang sama akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan menggunakan MnO₂.



Gambar 5. Hubungan antara persentase recovery dengan berbagai kebutuhan H_2SO_4 dan $NaClO_3$ pada X = Campuran.

b. Ratio kebutuhan antara $NaClO_3$ dan MnO_2 pada keadaan yang sama secara teoritis sekitar 1 : 2,5.

Pernyataan tersebut bisa dilihat sesuai dengan persamaan reaksi sebagai berikut :

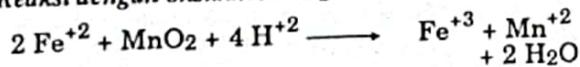


$U^{+4} + 2 Fe^{+3} \longrightarrow 4 U^{+6} + 2 Fe^{+2}$
Untuk memproduksi 1 mol U^{+6} diperlukan 2 mol Fe^{+3} . Kebutuhan $NaClO_3$ untuk menghasilkan 2 mol Fe^{+3}

$$\frac{2 \text{ mol } Fe^{+3}}{6 \text{ mol } Fe^{+3}} (1 \text{ mol } NaClO_3) = 0,333 \text{ mol } NaClO_3$$

Jadi untuk memproduksi 1 mol U^{+6} diperlukan $NaClO_3 = 0,333 \text{ mol} = (0,333)(106,5) = 35,47 \text{ g/l}$.

Reaksi dengan oksidan MnO_2



$U^{+4} + 2 Fe^{+3} \longrightarrow U^{+6} + 2 Fe^{+2}$
Untuk memproduksi 1 mol U^{+6} dipergunakan 2 mol Fe^{+3} . Kebutuhan MnO_2 untuk menghasilkan 2 mol $Fe^{+3} = 2 \text{ mol } Fe^{+3}$

$$\frac{2 \text{ mol } Fe^{+3}}{2 \text{ mol } Fe^{+3}} (1 \text{ mol } MnO_2) = 1 \text{ mol } MnO_2$$

Jadi untuk memproduksi 1 mol U^{+6} diperlukan $MnO_2 = 1 \text{ mol} = (1)(87) = 87 \text{ g/l}$. Ratio kebutuhan $NaClO_3/MnO_2$ teoritis = $35,47/87,00$

atau sekitar = 1 : 2,5. Ratio kebutuhan $NaClO_3/MnO_2$ dari percobaan = 1 : 5.

Dari kedua nilai ratio di atas, nampak kebutuhan MnO_2 dalam proses pelindian bijih uranium Eko Remaja pada kondisi yang sama diperlukan kira-kira dua kali dari kebutuhan teoritis. Hal ini mungkin disebabkan karena penambahan MnO_2 pada proses pelindian berbentuk padatan, sedangkan $NaClO_3$ berbentuk larutan, sehingga homogenitas atau kesempurnaan reaksi dalam bentuk larutan relatif akan lebih besar jika dibandingkan dalam bentuk padatan.

Unit biaya oksidan

Peninjauan unit biaya oksidan berdasarkan atas penelitian yang telah dilakukan oleh K.E Haque dan E.M. Ritrey [5], terhadap bijih uranium asal Elliot Lake, Kanada. Penelitian tersebut memberikan nilai perbandingan beberapa harga oksidan. Tipe mineral bijih uranium Elliot Lake, Kanada hampir sama dengan tipe mineral bijih uranium asal Eko Remaja, yakni tersusun atas brannerit, uraninit, uranotorit, tukolit, kofinit yang mengandung logam-logam berat seperti hematit, kalkopirit, pirit, zirkon, rutil, dan lain-lain. Mineral di atas juga dikenal sebagai mineral *refractory* untuk proses pelindian (sulit dilindi). Tabel 2 berikut ini menunjukkan hasil penelitian perbandingan biaya untuk beberapa pemakaian oksidan terhadap bijih uranium Elliot Lake, Kanada.

Tabel 2. Perbandingan biaya beberapa oksidan terhadap bijih uranium Elliot Lake, Kanada, 1982

Jenis oksidan	Kebutuhan oksidan kg/ton	Unit biaya oksidan \$/kg	Unit biaya ton/bijih \$/kg
Udara	247,0	-	-
O ₂	7,0	0,022	0,15
O ₃	4,0	0,043	0,17
Cl ₂	1,5	0,159	0,24
Fe ₂ (SO ₄) ₃	3,0	0,093	0,27
MNO ₂	8,0	0,126	0,37
HNO ₃	3,0	0,099	0,79
NaClO ₃	3,0	0,369	1,10
H ₂ SO ₄	2,5	0,492	1,23
K ₂ S ₂ O ₈	3,0	0,903	2,70
H ₂ O ₂	7,0	0,572	3,80
KMnO ₄	3,0	1,920	5,76
K ₂ Cr ₂ O ₇	3,0	1,057	3,17

Perhitungan unit biaya oksidan NaClO_3 dan MnO_2 pada proses pelindian bijih uranium asal Eko Remaja, menggunakan asumsi sebagai berikut :

- Harga oksidan mengacu pada Tabel 2.
- Kecepatan kenaikan harga oksidan konstan (20% pertahun)
- Ratio kebutuhan $\text{NaClO}_3/\text{MnO}_2 = 1 : 5$

Contoh perhitungan :

Harga oksidan 1982 = \$ a/kg. Kecepatan kenaikan harga oksidan = 20%/tahun, maka harga oksidan tahun 1992 = a + (1992-1982) (20%) (a) = 3 a \$/kg.

Tabel 3 berikut ini memperlihatkan perbandingan biaya oksidan NaClO_3 dan MnO_2 pada proses pelindian bijih uranium asal Eko Remaja

Tabel 3. Perbandingan biaya oksidan NaClO_3 dan MnO_2 pada proses pelindian bijih uranium asal Eko Remaja

Jenis oksidan	Kebutuhan, kg/ton	Harga oksidan, \$/kg		Unit biaya/ton bijih \$/kg
		1982	1992	
NaClO_3	5	0,369	1,107	5,535
MnO_2	25	0,126	0,378	9,450

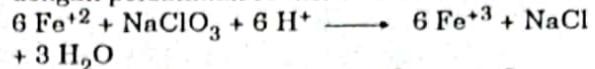
Dari hasil percobaan ini tampak bahwa :

- Nilai ekstraksi uranium terhadap bijih uranium asal Eko Remaja, setelah proses *radiometric ore sorting*, dalam penggunaan oksidan NaClO_3 akan lebih besar jika dibandingkan dengan MnO_2 .
- Pada ratio penggunaan oksidan NaClO_3 dan MnO_2 sekitar 1:5 maka NaClO_3 selain lebih efektif juga lebih ekonomis.

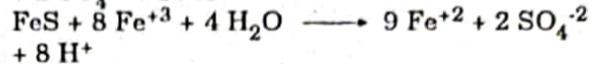
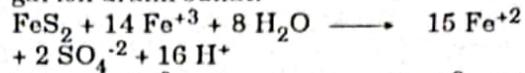
Proses pelindian

Gambar 4 menunjukkan bahwa bijih uranium setelah proses *radiometric ore sorting* dengan ukuran bijih X = campuran relatif lebih sulit dilindi, jika dibandingkan dengan X <30 mm. Sesuai dengan Tabel 1, hasil analisis bijih uranium umpan menunjukkan bahwa mineral pengotor pada ukuran bijih X <30 mm lebih kecil jika dibandingkan dengan X = campuran. Mineral pengotor tersebut terutama sebagai senyawa sulfida, molibdenum dan mungkin senyawa-senyawa logam lainnya yang bisa mempengaruhi proses pelindian. Sulfida terutama sebagai pirit (FeS_2) dan pirotit (FeS) bisa mengurangi

keefektifan penggunaan oksidan NaClO_3 sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



U^{+6} akan larut di dalam asam sulfat sebagai ion uranil sulfat.



Dari reaksi-reaksi di atas nampak bahwa ion ferri (Fe^{+3}) yang dihasilkan oleh proses oksidasi dengan oksidan NaClO_3 juga dikonsumsi oleh kehadiran senyawa sulfida (FeS_2 dan FeS). Akibat kejadian tersebut maka :

- Keefektifan ion ferri (Fe^{+3}) atau keefektifan NaClO_3 untuk menghasilkan ion uranium (U^{+6}) berkurang, sehingga ekstraksi uranium relatif menjadi lebih kecil.
- Konsumsi oksidan NaClO_3 akan lebih besar jika dibandingkan dengan bijih uranium yang sedikit atau tanpa mengandung senyawa-senyawa sulfida.

Gambar 5 menunjukkan bahwa persentase *recovery* akan naik dengan kenaikan kebutuhan H_2SO_4 dan oksidan NaClO_3 . Dalam berbagai kebutuhan asam sulfat, nilai ekstraksi uranium akan naik secara cepat pada pemakaian oksidan NaClO_3 0-5 kg/ton dan kemudian naik secara berangsur-angsur menuju ke keadaan yang konstan. Pada keadaan ini bisa dikatakan bahwa kesetimbangan ekstraksi uranium sudah hampir tercapai. Dari data-data hasil percobaan ini maka untuk menaikkan persentase *recovery* bisa diambil suatu pernyataan bahwa kondisi operasi yang sesuai untuk melindi bijih uranium asal Eko Remaja setelah proses *radiometric ore sorting* adalah sebagai berikut: temperatur = 60°C; waktu reaksi = 6 jam; ukuran partikel = - 400 mm; kadar padatan = 50%. Pada keadaan tersebut bisa dicapai persentase *recovery* sekitar 93% dengan konsumsi $\text{H}_2\text{SO}_4 = 120$ kg/ton dan oksidan $\text{NaClO}_3 = 5$ kg/ton. Kondisi di atas secara logis bisa mewakili pelindian untuk kedua jenis ukuran bijih *radiometric ore sorting*, X < 30 mm dan X = campuran.

Bila ditinjau dari pabrik yang beroperasi secara komersial yakni Rio Algom Mines Limited, Stanleigh Mill, Stanleigh Mill, Kanada, maka konsumsi H_2SO_4 untuk proses pelindian di atas masih terlalu tinggi. Perbandingan kondisi operasi untuk Stanleigh Mill dengan hasil percobaan ini, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi proses pelindian antara Stanleigh Mill, Kanada dengan hasil penelitian bijih uranium asal Eko Remaja

Uraian	Stanleigh Mill	Eko Remaja
Bijih uranium	brannerit, uraninit, uranothorit, thucolit, coffinit	brannerit, uraninit, davidit, coffinit
Pelindian:		
a. Ukuran partikel	45% (-200 mesh)	100% minus
b. Metode	Pacuka	Tangki ber-pengaduk
c. % padatan	75%	50%
d. Kebutuhan:		
H ₂ SO ₄	36 kg/ton	120 kg/ton
NaClO ₃	-	5 kg/ton
Udara	350 ft ³ /menit	-
e. Waktu pelindian	30 - 48 jam	6 jam
f. Temperatur	80°C	60°C
g. Recovery	94%	93%

Dengan melihat kenyataan yang telah disebutkan di muka, maka usaha untuk menaikkan nilai ekstraksi uranium atau nilai efisiensi terhadap pengolahan bijih uranium asal Eko Remaja masih perlu diupayakan. Alasan-alasan atau usaha dalam upaya menaikkan nilai ekstraksi uranium adalah sebagai berikut :

1. Secara minerologi bijih uranium asal Eko Remaja hampir mirip dengan bijih uranium Elliot Lake, Kanada.
2. Ukuran partikel minus 48 mesh masih terlalu kasar (besar), mungkin bisa dicoba dengan ukuran yang lebih kecil.
3. Persentase padatan (pulp) 50% masih terlalu rendah, mungkin bisa dicoba dengan per-

sentase yang lebih besar, sehingga efektifitas H₂SO₄ dan NaClO₃ bisa lebih tinggi.

4. Waktu pelindian mungkin bisa lebih diperpanjang, bervariasi sampai dengan 48 jam, sehingga bisa mengurangi konsumsi reaktan.
5. Metode pelindian bisa dicoba dengan metode lain seperti penggunaan sistem pacuka dengan oksidan udara.
6. Mencari alternatif oksidan yang lain, seperti penggunaan NaClO₃ dan lain-lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian pelindian terhadap bijih uranium asal Eko Remaja setelah proses *radiometric ore sorting* dengan menggunakan H₂SO₄, NaClO₃ dan MnO₂, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan oksidan NaClO₃ relatif lebih efektif dan ekonomis dibandingkan dengan oksidan MnO₂, pada ratio kebutuhan NaClO₃ dan MnO₂ 1 : 5.
2. Penggunaan oksidan NaClO₃ baik untuk bijih uranium setelah proses *radiometric ore sorting* dengan ukuran X < 30 mm dan X = campuran akan memberikan persentase *recovery* relatif lebih besar dari pada MnO₂. Oleh sebab itu oksidan NaClO₃ bisa dipakai dalam upaya menaikkan nilai ekstraksi uranium.
3. Ukuran bijih dari proses *radiometric ore sorting* X = campuran lebih sulit dilindi jika dibandingkan dengan ukuran bijih X < 30 mm.
4. Pada kondisi operasi pada temperatur=60°C, waktu reaksi = 6 jam, persentase padatan = 50 %, ukuran partikel = -400 mikron bisa diperoleh persentase *recovery* H₂SO₄ dan NaClO₃ masing-masing 120 kg/ ton dan 5 kg/ton. Secara logis kondisi di atas bisa dipakai untuk ukuran X < 30 mm dan X = campuran.
5. Untuk mengurangi kebutuhan reagen pelindian perlu dilakukan pelindian dengan metode lain

DAFTAR PUSTAKA

1. Hirrono, S., Extraction of uranium from refractory uranium minerals, 5th. (March 1990).
2. Harrison, V.F., Gow, W.A. and Hugson, U.R., Factor influencing the application of bacterial leaching to a canadian uranium ore, Department of Mines and Technical Survey Ottawa, Canada, Mines Branch Report No EMA 66-1 (February 1966).
3. Merrit, R.C., The Extraction Metallurgy of Uranium, Colorado School of Mines Research Institute, Golden, Colorado, USA, (1971).

4. Laxen, P.A., A kinetic study of the dissolution of uraninites in sulfuric acid, Symp. Research in Chem. and Extu. Metall, Ed. by J.T. Woodcock et al, Australian Inst. Min. Metall, (1967) 181 - 192.
5. Haque, K.E. and Ritcey, G.M., Comparison of oxidants for the leaching of uranium ores in sulphuric acid, Extractive Metallurgy Laboratory, Mineral Sciences Lab., Canmet Energy, Mines and Resources, Canada, Ottawa, CIM, Buletin, (May 1982).
6. Clegg, J.W. and Folley, D.D., Uranium ore processing, Addison Wesley Pub, Comp. Inc., Reading, Mass, USA, (1958) 119 - 123.
7. Ring, R.J., Alternative leaching processes for uranium ores, Research Scientist, Australian Atomic Energy Commision, 7th Australian Conference on Chemical Engineering, (August 1979) 22 - 24.

DISKUSI

Guntur D.S :

1. Kenapa bijih uranium harus dioksidasi?
2. Pada waktu melakukan *leaching* bagaimana waktunya?

Djoko W. :

1. Karena uranium dalam bijih di Indonesia dalam bentuk campuran (U^{+4} dan U^{+6}), sedangkan yang mudah larut dalam H_2SO_4 adalah U^{+6} , jadi perlu adanya oksidasi dari U^{+4} menjadi U^{+6} .
2. Waktu pelindian (*leaching*) bisa bervariasi, tetapi waktu 6 jam adalah waktu optimum untuk pelindian dinamik.

Deni Juanda :

1. Berapa persen *recovery* antara pelindian $NaClO_3$ dengan MnO_2 dalam hal efektifitas penggunaan reagen pengekstraksi?
2. Bagaimana cara memperkirakan penambahan reagen, dalam hal penanganan adanya reaksi langsung?

Djoko W. :

1. *Recovery* yang bisa dihasilkan $NaClO_3$ lebih besar jika dibandingkan MnO_2 , pada kondisi yang sama baik untuk fraksi $X < 30$ mm dan $X =$ campuran. *Recovery* yang cukup baik = 93%.
2. Reaksi samping tidak perlu diperhatikan sebab pengotor-pengotor pada bijih uranium sangat bervariasi. Yang penting bagaimana kita menghasilkan persen *recovery* yang cukup tinggi (> 90%). Ini bisa dilakukan dengan menggunakan penelitian.