

## HEAPLEACHING BIJIH URANIUM ASAL EKO REMAJA SKALA PILOT

Faizal Riza, Hafni Lissa Nuri

Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

### ABSTRAK

**HEAP LEACHING BIJIH URANIUM ASAL EKO REMAJA SKALA PILOT.** *Heap leaching* adalah suatu proses pengambilan uranium dari bijih dengan cara diam. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan data yang didapat dari proses pelindian diam skala laboratorium dengan metode semprot sirkulasi. Bijih uranium tipe BM 179 TS IV dengan ukuran rata-rata 3 cm ditumpuk dalam bak pelindian, kemudian larutan asam disemprotkan selama 3 bulan terus menerus. Penelitian ini dilakukan dengan mempertahankan kondisi asam pada pH 1-1,4 ; EH 400-450 mv dan setiap 2 (dua) hari sekali larutan contoh diambil untuk dianalisis U, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Si dan pengotor lainnya. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses pelindian diam metode semprot sirkulasi baik dipakai untuk melindi bijih uranium asal Eko Remaja percobaan 1 dengan kondisi operasi sebagai berikut: konsumsi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 65 kg/ton; konsumsi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 0,7 kg/ton; waktu pelindian = 3 bulan; kecepatan alir = 20 l/menit; temperatur = 27 °C dan ukuran bijih rata-rata 3 cm dengan *recovery* pengambilan uranium = 55% dan jika ditinjau dari *capital cost* dan *operation cost* proses pelindian diam lebih ekonomis dibanding dengan proses pelindian dinamik.

### ABSTRACT

**HEAP LEACHING OF URANIUM ORE FROM EKO REMAJA ON PILOT SCALE.** *Heap leaching* is an extraction process of uranium by static leaching. This experiment is the application of the data of heap leaching on laboratory scale using the circulation spray method. The ores were taken from BM 179 TS IV with grind of size + 3 cm. They are placed in wood boxes and sprayed by sulfuric acid continuously for 3 month. The experiment is carried out by adjusting the pH about 1-1,4 ; EH 400-450 mv and analyzing periodically every 2 days the U ; Fe<sup>2+</sup>; Fe<sup>3+</sup> Si and other impurities in the liquor. The conclusion this method is good for leaching uranium from the first experiment of Eko Remaja ore in which the sulfuric acid consumption was 65 kg/ton ; peroxide consumption 0,7 kg/ton ; leaching time 3 months ; flow rate 20 l/minute ; temperature 27 °C and the recovery of leaching was 55 % and more over the capital and operation cost of heap leaching are more economic than those of dynamic leaching.

### PENDAHULUAN

Pengambilan uranium dari bijih, pada umumnya dapat dilakukan dengan proses pelindian baik secara dinamik maupun secara diam/statis. Proses pelindian secara dinamik memerlukan pengadukan, pemanasan serta ukuran bijih yang cukup halus kira-kira -48 mesh bahkan bisa lebih halus lagi. Sedangkan proses pelindian secara diam dapat dilakukan secara lebih sederhana tanpa pengadukan dan pemanasan, serta ukuran bijih yang diolah relatif besar rata-rata 3 cm. Dengan demikian biaya operasi dan *capital cost* yang diperlukan untuk proses pelindian secara diam lebih rendah (1). Uranium asal Eko Remaja yang berkadar rendah apabila dilakukan pelindian secara dinamik memerlukan biaya operasi yang cukup besar, maka untuk mengetahui perbandingan biaya operasi tersebut dilakukan pelindian secara diam skala teknik. Pelindian diam skala teknik

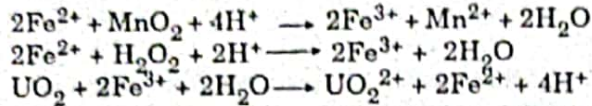
dilakukan untuk menerapkan data yang didapat dari proses pelindian diam skala laboratorium antara lain konsumsi asam, konsumsi oksidator serta perbandingan antara biaya operasi dan *capital cost* pada proses pelindian diam dengan proses pelindian dinamik.

### TINJAUAN PUSTAKA

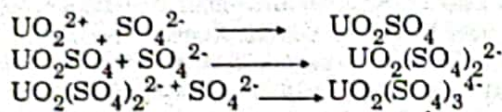
Proses pengambilan uranium dengan metode pelindian diam merupakan proses metalurgi yang sudah tua, mulai dikenal sejak abad 16 dan pertama kali digunakan dalam industri tembaga, kemudian metode ini dipakai dalam industri uranium. Pada umumnya uranium dalam batuan berada dalam bentuk valensi +4 (UO<sub>2</sub>) dan valensi +6 (UO<sub>2</sub><sup>2+</sup>). Uranium valensi +4 (UO<sub>2</sub>) sukar larut dalam pelarut asam maupun basa. Untuk melarutkan uranium valensi +4 ke dalam pelarut asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), uranium

valensi +4 perlu diubah dahulu menjadi uranium valensi +6. Proses pengubahan ini memerlukan oksidator, antara lain  $MnO_2$ ,  $NaClO_3$ ,  $H_2O_2$  dan lain-lain.

Mekanisme perubahan bentuk uranium valensi +4 ke uranium valensi +6 adalah sebagai berikut (2).



Setelah proses oksidasi, terjadi proses pelarutan uranium ke dalam asam ( $H_2SO_4$ ) dengan langkah-langkah reaksi sebagai berikut:



Selain terjadi reaksi utama seperti di atas, juga terjadi reaksi samping antara  $H_2SO_4$  dengan mineral-mineral pengotor bijih uranium. Mineral-mineral tersebut antara lain, kalsit ( $CaCl_2$ ), Magnesit ( $MgCO_3$ ), logam besi (Fe), besi karbonat, besi oksida, ion fosfat, ion sulfida dan lain-lain. Proses pengambilan uranium dari bijih dipengaruhi oleh laju dan derajat ekstraksi [2]. Laju dan derajat ekstraksi uranium dari bijih tergantung pada beberapa faktor yaitu : konsumsi asam, konsumsi oksidator, suhu, waktu, ukuran bijih, dan mineral pengotor.

Setiap jenis batuan mempunyai masalah pelindian tersendiri, hal ini diakibatkan karena masing-masing bijih mempunyai karakteristik yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 1, sehingga akan mempengaruhi laju ekstraksi.

Pada umumnya proses pelindian diam dipakai untuk bijih uranium dengan kadar rendah lebih kecil (<) 500 ppm, tetapi akhir-akhir ini proses pelindian diam dipakai untuk bijih uranium berkadar tinggi lebih besar 500 ppm (5) dan (8) terutama pada bijih yang *secondary U* (uranium valensi VI) disebabkan harga uranium di pasaran dunia sangat rendah sedangkan biaya produksi tetap. Proses pelindian diam lebih sederhana bila dibandingkan dengan proses pelindian dinamik, karena operasinya lebih fleksibel, lebih ekonomis dan lebih mudah mengolah limbah yang berkaitan dengan dampak lingkungan (3).Keuntungan proses pelindian diam meliputi aspek ekonomi, teknis/ operasi dan aspek lingkungan (3). Keuntungan secara ekonomis dari proses pelindian diam yakni dapat mengurangi biaya investasi dan biaya operasi, karena tidak adanya alat-alat pada unit preparasi bijih, unit agitasi, dan unit *dewatering*. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Keuntungan secara teknis operasi dari proses pelindian diam dapat mengurangi frekuensi pengontrolan (monitoring operation). Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Keuntungan aspek lingkungan dari proses pelindian diam yakni pengolahan limbahnya lebih sederhana. Proses pengolahan limbah dari

Tabel 1 : Karakteristik bijih Eko Remaja

Item \ Tipe	BM 179 TS-IV	BM 126	BM 281
% batuan:			
Kuarsa	52,5 %	88,0 %	85,0 %
Turmalin	40,0 %	2,0 %	14,4 %
Klorit	5,5 %		
Biotit	0,5 %	3,0 %	
Serisit		6,0 %	
Pirhotit		0,5 %	0,6 %
Min. Opak	1,15 %		
Min. Opak-non aktif	0,35 %		
Jenis Batuan:	Metamorfik beku	Metamorfik beku	Metamorfik beku
Nama Batuan:	Urat Turmalin Metalanau	Kursit Urat Turmalin	Metalanau Urat Turmalin

Sumber : Hasil analisis contoh batuan Ka. Sub. Bid. Mineralogi 22-1-1991  
Np. PS. 0002/08/PBG-2A/91

Tabel 2. Peralatan yang digunakan pada pelindian dinamik dan pelindian diam

Proses pelindian dinamik	Proses pelindian diam
jaw crusher secondary crusher screen tangki agitasi rod mill unit dewatering	jaw crusher ayakan kawat bak pelindian . . .

Tabel 3. Unit operasi yang digunakan pada pelindian dinamik dan pelindian diam

Proses pelindian dinamik	Proses pelindian diam
unit preparasi unit agitasi unit dewatering	unit heap leaching . .

proses pelindian dinamik memerlukan reagen kimia, oleh sebab itu pengaruh limbah terhadap lingkungan pada proses pelindian diam akan lebih baik. Pengolahan limbah secara sederhana antara kedua proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hal yang perlu diperhatikan pada pengolahan limbah dari pelindian dinamik dan pelindian diam

Proses pelindian dinamik	Proses pelindian diam
- luas area besar - perlu reagen kimia - perlu alat pencampur - perlu pemisahan padat cair - pemantauan yang seksama	- luas area kecil tidak tidak tidak tidak seksama

Pelindian diam, disamping mempunyai keuntungan apabila dibandingkan dengan pelindian dinamik, juga mempunyai kerugian, yaitu memerlukan waktu relatif lama.

## BAHAN DAN PERALATAN

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah: bijih uranium yang berasal dari Eko Remaja dengan tipe bijih BM 179 TS IV,  $H_2SO_4$  95 % (teknis),  $H_2O_2$  30 % (teknis).

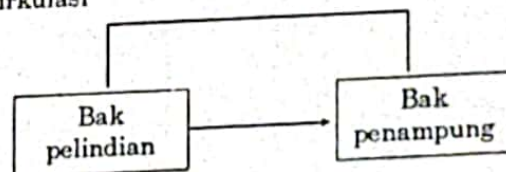
### Peralatan

Peralatan yang dipakai adalah: tempat pelindian dari bahan kayu dilapisi plastik tebal berukuran 2 x 2 x 1 m dengan kapasitas 4.000 kg dengan penutup plastik untuk mengurangi penguapan sebanyak 2 buah; tangki penampungan dari bahan fiber glass berkapasitas 2.000 liter berjumlah 4 buah, pompa sirkulasi dari bahan teplon model MDH - F25 IWAKI magnet pumps dengan kapasitas 20 - 50 liter/menit, 2820 rpm, daya 400 watt berjumlah 2 buah; pH meter dengan tipe 691 ph meter Metrohm, nomor seri 01 sebanyak 1 buah; stabilizer merk Matsunaga dengan kapasitas 1 kVA sejumlah 1 buah; sistem perpipaan menggunakan bahan PVC; spektrofotometer sebagai alat penganalisis U, Si,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  dan lain-lain.

### TATA KERJA

Metode kerja pelindian diam skala teknis (4.000 kg) merupakan penerapan dari proses pelindian diam skala laboratorium (400 kg) dengan metode semprot sirkulasi.

sirkulasi



Gambar 1. Diagram alir proses pelindian diam metode semprot sirkulasi.

Metode kerja pelindian diam metode semprot sirkulasi adalah sebagai berikut:

- Bijih uranium dengan ukuran rata-rata 3 cm disusun dalam bak pelindian dengan bentuk kerucut, sebelumnya bijih tersebut diambil cuplikannya untuk dianalisis kadar uranium, ferro, ferri, silika dan pengotor lainnya
- Larutan asam ( $H_2SO_4$ ) pH 1,5 disiapkan dengan perbandingan 1:1 (berat).
- Larutan asam pH 1,5 disemprotkan ke dalam bak pelindian dengan pompa sirkulasi pada kecepatan alir 20 liter/menit terus-menerus selama 24 jam dan setiap hari

- dikontrol pH pada 1 - 1,4 dan EH pada 400 - 450mv. Pengaturan pH dan EH dengan cara menambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- d. Setiap 2 hari sekali larutan contoh diambil untuk dianalisis kadar U, Si, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> dan pengotor lainnya dengan spektrofotometer.
  - e. Apabila permukaan larutan dalam tangki penampung turun, yang disebabkan oleh penguapan maka larutan asam pH 1,5 ditambahkan sampai batas yang telah ditentukan.
  - f. Pada akhir percobaan (waktu 3 bulan) dilakukan pencucian dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pH 1,5 sebanyak 2 kali, kemudian residu pelindian ditimbang.
  - g. Larutan hasil pelindian, larutan hasil pencucian dan residu pelindian dianalisis kadar uranium, ferro, ferri dan pengotor lainnya, kemudian data dievaluasi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan pelindian diam skala teknis tertera dalam Tabel 5 dan 6, proses dilakukan dengan 2 (dua) seri, masing-masing seri dengan dua percobaan, dimana seri II merupakan ulangan (duplo) seri I.

percobaan 1 maupun percobaan 2 adalah sama yaitu : konsumsi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 65 kg/ton, konsumsi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,7 kg/ton, kecepatan alir 20 liter/menit, temperatur operasi 27 °C, waktu operasi 3 bulan, ukuran bijih ± 3 cm, pH ± 1,1; EH 400-450 mv.

Persen *recovery* skala teknis (percobaan 1 rata-rata 55 %, percobaan 2 rata-rata 32,5 %) terlihat kecil bila dibandingkan dengan % *recovery* pada skala laboratorium (percobaan 1 = 96,7 %, percobaan 2 = 60,30 %), hal ini disebabkan oleh:

1. ukuran bijih rata-rata 3 cm (skala teknis) sedangkan pada skala laboratorium ukuran bijih - 3 cm
2. kondisi bijih relatif baru (fresh) sedangkan pada skala laboratorium kondisi bijih sudah lama dan telah terjadi pelapukan (bijih tahun 1984)
3. konsumsi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maupun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kecil sedangkan pada skala laboratorium (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 100 kg/ton dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 7 kg/ton)

Disamping % *recovery* kecil bila dibandingkan dengan % *recovery* skala laboratorium, terlihat pada analisis uranium larutan hasil pelindian

Tabel 5. Hasil pelindian diam skala teknis untuk percobaan 1 dan 2 seri I dengan temperatur operasi 27 °C, waktu pelindian 3 bulan, tipe bijih BM 179 TS IV dan ukuran bijih rata-rata 3 cm.

Item	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat bijih	4.000 kg	4.000 kg
Kadar bijih	1.265,61 ppm	2.163,475 ppm
Konsumsi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	65 kg/ton	65 kg/ton
Konsumsi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,7 kg/ton	0,7 kg/ton
Kecepatan alir	20 l/menit	20 l/menit
pH	1,13	1,10
EH	719 mv	719 mv
Volume larutan pelindian	4.000 l	4.000 l
Kadar U	652,53 ppm	667,29 ppm
Volume larutan pencuci I	2.000 l	2.000 l
Kadar U	34,23 ppm	54,43 ppm
Volume larutan pencuci II	2.000 l	2.000 l
Kadar U	7,0 ppm	11,43 ppm
Berat residu akhir	3.823,30 kg	3.629,8 kg
Kadar U	533,16 ppm	1.572,49 ppm

Perhitungan % *recovery* dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Dari hasil pengamatan selama proses, maka diperoleh kondisi proses pelindian diam metode semprot sirkulasi untuk bijih

(lampiran) bahwa kelarutan uranium dari bijih, baik untuk kadar percobaan 1 maupun kadar percobaan 2 hampir sama, hal ini disebabkan oleh:

Tabel 6. Hasil pelindian diam skala teknis untuk percobaan 1 dan 2 seri II dengan temperatur operasi 27 °C, waktu pelindian 3 bulan, tipe bijih BM 179 TS IV dan ukuran bijih rata-rata 3 cm.

Item	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat bijih	4.000 kg	4.000 kg
Kadar bijih	1.205,61 ppm	2.163,475 ppm
Konsumsi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	65 kg/ton	65 kg/ton
Konsumsi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,7 kg/ton	0,7 kg/ton
Kecepatan alir	20 l/menit	20 l/menit
pH	1,1	1,1
EH	723 mv	738 mv
Volume larutan pelindian	4.000 l	4.000 l
Kadar U	635,83 ppm	670,30 ppm
Volume larutan pencuci I	2.000 l	2.000 l
Kadar U	36,25 ppm	59,70 ppm
Volume larutan pencuci II	2.000 l	2.000 l
Kadar U	8,20 ppm	12,92 ppm
Berat residu akhir	3.820,50	3.630,30
Kadar U	533,28	1.505,22

1. Porositas (pori) bijih tipe BM 179 TS IV asal Eko Remaja kecil.
2. Kekerasan bijih 500,345 skala *fickers* dan terlihat pada hasil analisis petrografi dan mineralografi menunjukkan bahwa sebagian uranium *coated* dengan pirit dan sebagian uranium tertutupi oleh silika.

Berdasarkan perhitungan ekonomi (terlampir) untuk menghasilkan uranium tiap gramnya, dengan proses pelindian diam diper-

Tabel 7. Data perhitungan prosen (%) *recovery* proses pelindian percobaan 1 dan 2 seri I.

Item	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat awal bijih	4.000 kg	4.000 kg
Kadar U	1.205,61 ppm	2.163,475 ppm
Berat U	4.822,44 g	8.653,90 ppm
Volume larutan pelindian	4.000 l	4.000 l
Kadar U	652,53 ppm	667,29 ppm
Berat U	2.610,12 g	2.669,16 g
Volume larutan pencuci I	2.000 l	2.000 l
Kadar U	34,23 ppm	54,43 ppm
Berat U	68,46 g	108,86 g
Volume larutan pencuci II	2.000 l	2.000 l
Kadar U	7,000 ppm	11,43 ppm
Berat U	14,00 g	22,86 g
Berat U terlindi	2.692,58 g	2.800,88 g
% <i>recovery</i>	55,83 %	32,36 %

Dari hasil perhitungan % *recovery* untuk percobaan 1 dan 2 seri I dan II didapat :

% *recovery* untuk percobaan 1 = 55,205 %

% *recovery* untuk percobaan 2 = 32,51 %

Tabel 8. Data perhitungan % recovery proses pelindian diam percobaan 1 dan 2 seri II.

Item	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat awal bijih	4.000 kg	4.000 kg
Kadar U	1.205,61 ppm	2.163,475 ppm
Berat U	4.822,44 g	8.653,90 ppm
Volume larutan pelindian	4.000 l	4.000 l
Kadar U	635,83 ppm	670,30 ppm
Berat U	2.543,32 g	2.681,20 g
Volume larutan pencuci I	2.000 l	2.000 l
Kadar U	36,25 ppm	59,70 ppm
Berat U	72,50 g	119,40 g
Volume larutan pencuci II	2.000 l	2.000 l
Kadar U	8,20 ppm	12,92 ppm
Berat U	16,40 g	25,84 g
Berat U terlindi	2.632,22 g	2.826,44 g
% recovery	54,58 %	32,66 %

lukan biaya Rp 306,00 sedangkan dengan proses pelindian dinamik diperlukan biaya Rp 574,375.

#### KESIMPULAN

1. Proses pelindian diam metode semprot sirkulasi baik dipergunakan untuk melindi bijih uranium asal Eko Remaja kadar rendah (low grade).
2. Kondisi proses pelindian diam metode semprot sirkulasi adalah sebagai berikut: ukur-

an bijih rata-rata 3 cm, waktu pelindian 3 bulan, konsumsi  $H_2SO_4$  65kg/ton, konsumsi  $H_2O_2 = 0,7$  kg/ton, temperatur  $27^\circ C$  (suhu kamar), kecepatan alir 20 liter/ menit,  $pH = 1,10$ ; EH 400 - 450 mv

3. Proses pelindian diam lebih ekonomis dibandingkan dengan proses pelindian dinamik bila dilihat dari *capital cost* dan *operation cost*

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Wenz, C.N., Merritt, R.C., Peterson, H.D., Heap Leaching of Uranium Ore, The Metallurgical Society of ASME.
2. Robert, C., Merritt, The extractive metallurgy of uranium, Colorado School of Mines Research Institute (1971).
3. Robert, G., Woolery, Sunderesan Ramachandran, Heap Leaching, to presented at the International Conference of Uranium 15 - 18 September, Quebex city, Canada (1981).
4. Mashudiyono, Z., Laporan Heap Leaching untuk bijih uranium kadar rendah di tambang uranium Vendee, Perancis (1989).
5. Achmad, S.S., Laporan Study and Research at Ningyo Toge Work Japan (1988).
6. Uranium extraction Technology, current practice and New Developments in ore processing, OECD Nuclear Energy Agency and The International Atomic Energy Agency (1983).
7. Yanto, dkk., Heap leaching uranium bijih Eko-Remaja, Laporan penelitian TPBN - PPBGN (1990/1991).
8. Hirono, S. and Fukushima, S., Vat leaching of the uranium ore from Nigyo - Toge Deposite, Ningyo works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation Okayama, Japan.

## LAMPIRAN

Asumsi :

Hubungan proses dinamik dan proses heap leaching linier  
Heap Leaching System

### I. Total Capital Cost (1 seri)

Item	Unit	Unit Cost, Rp	Total Cost, Rp
Heap Leaching	1	2.500.000	2.500.000
Storage Tank	4	500.000	2.000.000
Pump	2	1.000.000	2.000.000
pH meter	1	3.000.000	3.000.000
Piping 1%		-	95.000
Lain-lain 1%		-	95.000
<b>Total</b>			<b>9.690.000</b>

Total Capital Cost, Rp = 213.800.000

### II. Operating Cost

#### Raw Material

Item	Value	Cost/kg, Rp	Annual Cost, Rp
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 95%	65 kg/ton	900	10.530.000
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30%	0,7 kg/ton	3.000	378.000
<b>Sub total</b>			<b>10.908.000</b>

#### Maintenance

1 % x Total Capital Cost = 0,01 x 213.180.000 = 2.131.800  
Sub Total = 2.131.800

#### Labor

Item	Personil	Cost/Month, Rp	Annual Cost, Rp
Teknisi	4	540.000	6.480.000
Buruh	10	105.500	3.150.000
<b>Sub total</b>			<b>9.630.000</b>

#### Utilitas

1 % x Total Capital Cost = 0,01 x 213.180.000 = 2.131.800  
Total = 24.801.600

#### Harga U/g, Rp

Bijih = 180 ton  
Kadar U = 1.000 - 2.000 ppm  
% Recovery = 45 % (rata-rata dari 2 percobaan)  
Berat U = 0,45 x 1.000 x 180 = 81.000 g  
U/g, Rp = 306,-  
U/lb, US \$ = 76,5

Dynamic Leaching System

I. Total Capital Cost

Item	Unit	Unit Cost, Rp	Total Cost, Rp
Secondary Crusher	1	50.000.000	50.000.000
Screen	1	30.000.000	30.000.000
Rod Mill	2	35.000.000	70.000.000
Agitation Tank	4	5.000.000	20.000.000
Unit Dewatering	1	50.000.000	50.000.000
Water Tank	1	2.500.000	2.500.000
Piping 1 %	-	-	2.225.000
Lain-lain 1 %	-	-	2.225.000
<b>Total</b>			<b>226.950.000</b>

Total Capital Cost, Rp = 213.800.000

II. Operating Cost

Raw Material

Item	Value	Cost/kg, Rp	Annual Cost, Rp
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 95%	120 kg/ton	900	19.440.000
MnO <sub>2</sub>	20 kg/ton	1.500	5.400.000
Sub total			24.840.000

Maintenance

$$1 \% \times \text{Total Capital Cost} = 0,01 \times 226.950.000 = 2.269.500$$

$$\text{Sub Total} = 2.269.500$$

DISKUSI

Budi Briyatmoko:

1. Dengan metode semprot ini, apakah tidak ada masalah dengan pencucian uranium yang posisinya ada di tengah-tengah tumpukan. Bagaimana kalau dimodifikasi dengan cara sambil disemprot dilakukan pengadukan.
2. Untuk mengatasi pemampatan semprotan (shower) apakah tidak lebih baik dilakukan penyaringan kotoran sebelum masuk tangki sirkulasi.

Faizal Riza:

1. Pada metode semprot ini tidak ada masalah karena uranium yang ada di permukaan bijih akan terbawa oleh pelarut yang disemprotkan, bila digunakan pengaduk berarti bukan *heap leaching* tapi *dynamic leaching*.
2. Penyaringan kotoran sebelum masuk tangki akan mengganggu kecepatan alir sirkulasi dan akan menyumbat.