



## UJI MINERALOGI SEBAGAI LANGKAH AWAL PROSES METALURGI BIJIH ASAL KALAN

Kosim Affandi

Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

UJI MINERALOGI SEBAGAI LANGKAH AWAL PROSES METALURGI BIJIH ASAL KALAN. Uji mineralogi sebagai langkah pendahuluan proses hidrometalurgi telah dilakukan terhadap bijih asal Kалан meliputi bijih Eko Remaja dan Rirang. Tujuan uji ini adalah untuk mengidentifikasi kandungan unsur dan mineral yang mempengaruhi proses metalurgi bijih, terutama pada pelindian dan pemurnian uranium. Uji mineralogi dilakukan dengan pengukuran radioaktivitas dan uji radioluksugraf untuk mengidentifikasikan mineral radioaktif, analisis sayatan tipis, *scanning electron microscope* untuk mengidentifikasi unsur dan morfologi, EPMA untuk menganalisis kualitatif unsur, difraksi sinar X untuk mengidentifikasi kandungan mineral; dan analisis fluoresensi dengan sinar X serta analisis kimia untuk penentuan secara kualitatif dan kuantitatif kandungan unsur. Hasil analisis unsur dan mineral menunjukkan bahwa bijih Eko Remaja mengandung mineral-mineral uraninit dan brannerit, sulfida, besi dan titan oksida, fosfat dan silikat, sedangkan bijih Rirang mengandung mineral uraninit, monasit dan molibdenit.

### ABSTRACT

*MINERALOGICAL TEST AS A PRELIMINARY STEP FOR METALLURGICAL PROSES OF KALAN ORES. Mineralogical tests as a preliminary step for hydrometallurgy of Kалан ores, including Eko Remaja and Rirang have been carried out to identify the elements and minerals content which affect the metallurgical process, especially the leaching and purification of uranium. Mineralogical tests have been done by means of radioactivity and radioluxugraph tests to identify radioactive minerals; thin specimen analysis, Scanning Electron Microscopy (SEM) to identify elements and morphology, EPMA to analyse qualitatively the elements, X-ray Diffractometer (XRD) to identify of minerals content; and X-ray Fluorescence (XRF) and chemical analyses to determine total elements qualitatively and quantitatively. The experimental results show that the Eko Remaja ores contain uraninite and brannerite, iron and titan oxides, sulfides, phosphates and silicates minerals, while the Rirang ores contain uraninite, monazite and molybdenite.*

### PENDAHULUAN

Informasi mineralogi diperlukan untuk berbagai kepentingan. Geologis dan Mineralogis memerlukannya selama *survey* lapangan dan eksplorasi mineral. Insinyur tambang memerlukannya pada saat evaluasi cadangan potensial dan perencanaan skedul penambangan. Insinyur kimia atau metalurgis memerlukannya sebagai langkah awal dalam mempersiapkan suatu penelitian pengolahan untuk mengetahui karakteristik metalurgi dan ekonomi dari bijih. Pengelola lingkungan memerlukannya untuk pengelolaan limbah dalam upaya bersih lingkungan dan mengamankan limbah mineral yang dihasilkan<sup>[1]</sup>.

Pengolahan bijih uranium merupakan teknologi yang dikembangkan dari pengolahan mineral-mineral seperti emas dan

vanadium. Teknologi berkembang sangat cepat dalam upaya mencari alternatif dalam perbaikan metode yang efisien, fleksibel, ekonomi biaya rendah dan ramah lingkungan. Dalam kaitannya dengan pengolahan bijih uranium, perlu dilakukan perlakuan pendahuluan sebelum menentukan metode yang akan dipilih

Perlakuan pendahuluan melalui uji mineralogi terhadap batuan/bijih/mineral merupakan suatu langkah penting dalam proses metalurgi. Proses ini dilakukan untuk mengetahui : (1) struktur dan komposisi mineral, (2) sifat-sifat fisika dan kimia, (3) klasifikasi, dan (4) model formasi serta ada tidaknya mineral yang berasosiasi.

Sifat setiap cadangan bijih uranium umumnya tergantung pada komposisi dasar batuan dan asosiasi antara mineral uranium

dengan *gangue minerals* di dalam batuan tersebut. Hal ini mempengaruhi pemilihan metode proses pengolahan, rekoveri pemurnian uranium dan biaya produksi.

#### Uji Mineralogi Bijih Uranium

Perlakuan pendahuluan terhadap bijih uranium dilakukan melalui uji mineralogi bijih. Selain untuk menentukan cadangan bijih yang layak diolah secara ekonomis, perlakuan ini juga diperlukan untuk mengetahui<sup>[2]</sup>:

1. mineral asosiasi, khususnya mineral karbonat dan *clay* (lempung) yang berfungsi menyerap uranium.
2. Kandungan sulfur dalam mineral sulfida, karbondioksida dalam mineral karbonat seperti *limestone* (batu gamping) dan *dolomit*
3. Analisis kualitatif dan kuantitatif dari minor/impuritis mineral seperti molibdenum, *cobalt*, arsen dan vanadium.
4. Distribusi uranium dalam bijih
5. Ukuran butir mineral
6. Hubungan distribusi uranium dengan mineral asosiasi.

Mineral pengganggu yang ada dalam bijih akan mempengaruhi proses pelindian karena akan meningkatkan kebutuhan bahan kimia<sup>[1,3]</sup>. Mineral-mineral tersebut antara lain :

a) **Mineral karbonat**, seperti *dolomit* dan *siderit*.

Mineral karbonat pada umumnya mengkonsumsi asam yang secara stokhiometri setara pada pH asam untuk melarutkan uranium. Apabila keberadaan mineral karbonat pada bijih cukup besar, maka dipilih suatu metode pelarutan karbonat basa. Adanya gips akan menimbulkan masalah pada pelindian basa, karena akan bereaksi dan membentuk kalsium karbonat dan kalsium sulfat dalam larutan.

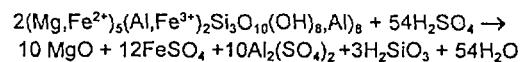
b) **Mineral fosfat**.

**Mineral fosfat** seperti karbonat, merupakan mineral yang mengkonsumsi asam. Pada pH = 1,5 pengaruh ion fosfat ini sangat nyata dan akan membentuk kompleks dengan ion feri yang mengakibatkan terganggunya proses oksidasi. Ion fosfat juga menyebabkan terjadinya endapan dengan uranium pada pH = 2,0 dan hal ini memungkinkan

adanya ion fosfat dalam konsentrat uranium.

c) **Mineral silikat**

Mineral-mineral silikat seperti *biotit*, *khlorit*, *serisit* dan beberapa tipe *clay* (lempung) yang terdapat dalam jumlah cukup besar, sangat reaktif dan akan mengganggu proses pengolahan baik dalam pelindian maupun dalam pemurnian. Mineral silikat tersebut semuanya mengkonsumsi asam dan bereaksi pada pH = 1,5. Salah satu contoh mineral silikat yang sangat mengkonsumsi asam adalah khlorit. Hal ini terlihat pada persamaan reaksi berikut :



c) **Besi oksida**

Kereaktifan beberapa besi oksida dan besi hidroksida juga bervariasi, tetapi kelarutannya sangat nyata pada pH yang digunakan untuk pelarutan bijih uranium secara asam. Adanya mineral-mineral ini memberikan kontribusi yang sangat penting pada reaksi oksidasi terutama ion besi (III)

d) **Sulfida**

Pada umumnya mineral sulfida akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan oksidator. Peningkatan kebutuhan oksidator akan berpengaruh pada peningkatan kebutuhan asam.

Uji terhadap karakteristik bijih uranium dan komposisi mineral dilakukan dengan menggunakan bijih dari contoh batuan yang diambil secara selektif, bisa berupa contoh yang berasal dari permukaan (*outcrop*), hasil bor perkusi atau bor intan, contoh paritan atau yang berasal dari bawah permukaan (*channel*)<sup>[1]</sup>.

Berdasarkan hasil uji tersebut, metalurgis dapat menentukan metode yang akan digunakan untuk mengolah bijih secara asam atau basa. Metode pelarutannya dapat dipilih secara dinamik, *pachuca*, *heap leaching*, *bakteri leaching*, *roasting*, dan *pug leaching*, tergantung pada karakteristik bijih dan komposisi mineral.

Uji mineralogi antara lain meliputi :

1. Pengukuran radioaktivitas beta/gama dan penyinaran sinar *ultra violet*
2. *Radioluxugraph* dari sayatan tipis
3. Pengamatan mikroskopis , *SEM,EPMA*
4. Analisis ukuran butir, pemisahan mineral berat -ringan dan magnit -non magnit

5. Analisis *XRD* dan *XRF* dan analisis kimia

Hubungan antara uji mineralogi bijih dengan proses pengolahan dan analisis kimia sangat erat untuk identifikasi dan pengujian mineral uranium dengan mineral lain seperti ditunjukkan dalam skema berikut<sup>(2)</sup>:

**Hubungan antara uji mineralogi dengan proses pengolahan dan analisis kimia**

**Identifikasi dan pengujian mineral U dan mineral lainnya**

Identifikasi dan distribusi dari :

1. Uranium mineral dan mineral asosiasi
2. Refraktori mineral dan unsur pengganggu bagi pengolahan bijih yang mengkonsumsi asam atau basa.
3. Unsur karbonat

Informasi diperlukan untuk :

1. Kemungkinan dilakukan *prekonsentrasi*
2. Pemilihan metode pelindian asam atau basa
3. Penentuan rasio *setling pulp* hasil pelindian
4. Unsur pengganggu pengolahan bijih
5. Ukuran butir yang cocok untuk pelindian

**Analisis Kimia dan Fisika**

U, Th, Ra, Ni, Co, As dan unsur lain dalam bijih, mineral dan residu bijih

**Pengolahan bijih**

<p><b>Prekonsentrasi :</b> Sorting bijih secara radiometri, pemisahan media cair, pemisahan magnit pemisahan mekanik flotasi</p> <p><b>Roasting atau kalsinasi :</b> Klorinisasi, menghilangkan unsur karbonat, deformasi <i>clay</i></p> <p><b>Pelindian :</b> Asam atau basa secara konvensional, <i>curing, heap</i> dan bakteri <i>leaching</i></p>	<p><b>Pemisahan padat-cair</b> <i>Filtrasi, thickener</i> atau cara lain</p> <p><b>Resin penukar ion (IX) :</b> dengan RIP, CIX atau Fix bed Ekstraksi pelarut(SX) Amex, Eluex(kombinasi antara SX dan IX)</p> <p><b>Pengendapan :</b> dengan penambahan basa atau H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></p> <p><b>Pengelolaan limbah :</b> Ra, U dan unsur beracun</p>
---	--

**Proses Pemurnian lanjutan**

**Reduksi :**

Kimia atau elektrolisa

**Pengendapan dan dehidrasi UF<sub>4</sub>**

berdasarkan sifat kimia dan fisika

## BAHAN DAN METODE

**Bahan** : Bijih Eko Remaja BM 179, 169, 184 dan 281; Bijih Rirang

**Peralatan** : *Surveymeter* sintilasi, Perangkat preparasi bijih, XRF, XRD, EPMA, Radio counting, *Scanning Electron microscope*

### Metode

Bijih Eko Remaja dan Rirang dalam bentuk bongkah diseleksi terlebih dahulu menggunakan detektor beta/gamma. Bagian yang mengandung mineral radioaktif dipotong dan dibuat spesimen sayatan tipis dan *polish section*. Spesimen yang dihasilkan digunakan untuk (1) analisis mineral radioaktif sinar gama dengan *radioluxugraf*, (2) identifikasi unsur dengan *Scanning Electron Mikroskop* dan (3) analisis kualitatif unsur dengan *Electron Probe Micro Analyzer* (EPMA)<sup>[2]</sup>.

Sisa bijih yang berbentuk bongkah di gerus menggunakan perangkat preparasi bijih, *disampling* dan dilakukan *kuartering*. Contoh serbuk selain digunakan untuk analisis unsur menggunakan metode pendar fluor sinar X juga digunakan untuk analisis

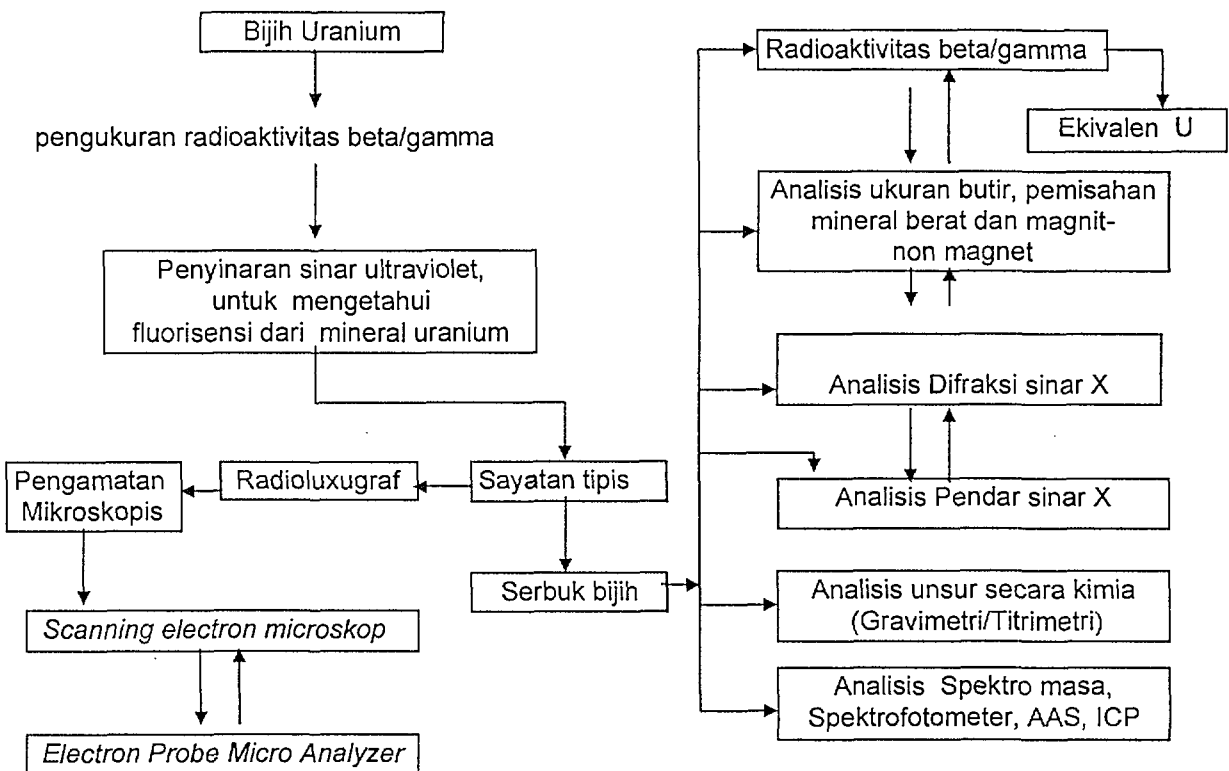
fraksi ukuran butir. Masing-masing fraksi ukuran butir diukur radioaktivitasnya dengan *radiocounting*, dilanjutkan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenis dengan media cair diiodo metan<sup>[2]</sup>.

Fraksi mineral berat dan ringan dari fraksi ukuran butir, kemudian dipisahkan berdasarkan sifat kemagnitan dengan *Frantz Iso Dynamic Magnetic Separator* menggunakan kuat arus = 0,4 ampere dan selanjutnya fraksi magnet dan bukan magnet dipisahkan kembali menggunakan kuat arus 0,75 dan 1, 25 ampere.

Identifikasi mineral menggunakan metode difraksi sinar X dilakukan terhadap fraksi magnet dan bukan magnet<sup>[4]</sup>.

Analisis kuantitatif unsur dilakukan secara kimia baik dengan gravimetri maupun menggunakan metode spektrofotometer. Analisis kwantitatif diutamakan pada unsur uranium dan unsur yang berpengaruh pada proses pelindian bijih uranium.

Skema uji mineralogi bijih yang dilakukan tercantum pada Gambar 1<sup>[2]</sup>.

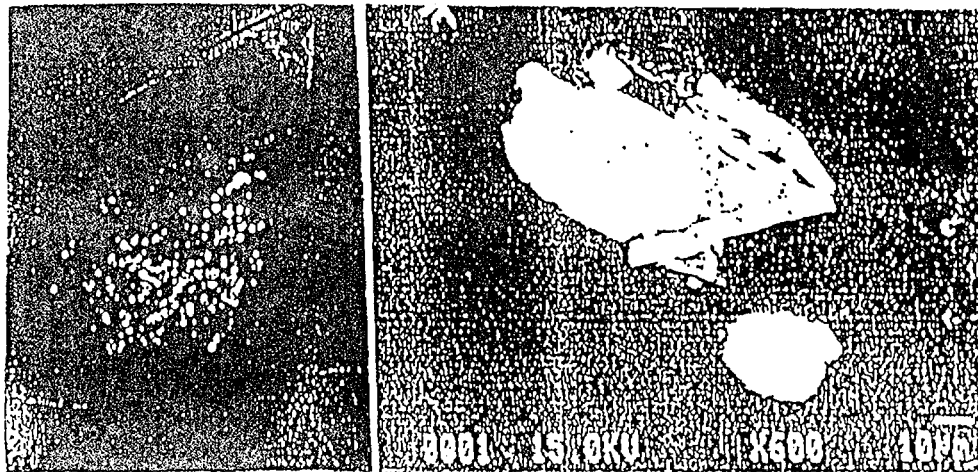


Gambar 1. Skema Uji mineralogi bijih

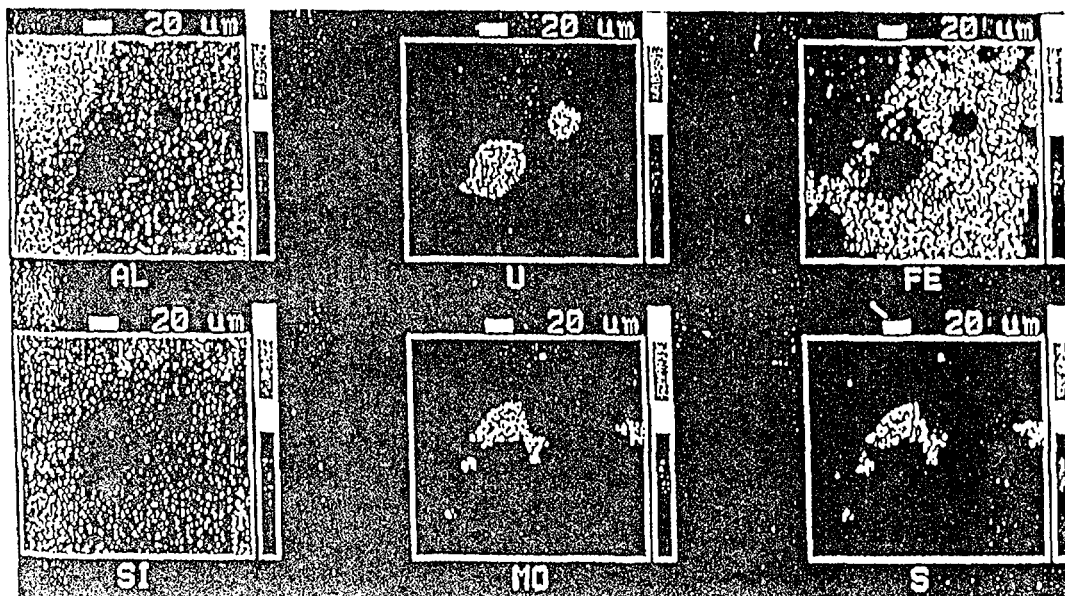
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran radioaktivitas contoh serbuk dan pengamatan radioluxugraf dari spesimen sayatan

tipis/polish section menunjukkan bahwa bijih asal Kalan (Eko Remaja dan Rirang) merupakan bijih yang mengandung mineral radioaktif seperti terlihat pada sisi kiri Gambar 2a; 3a dan 4a)



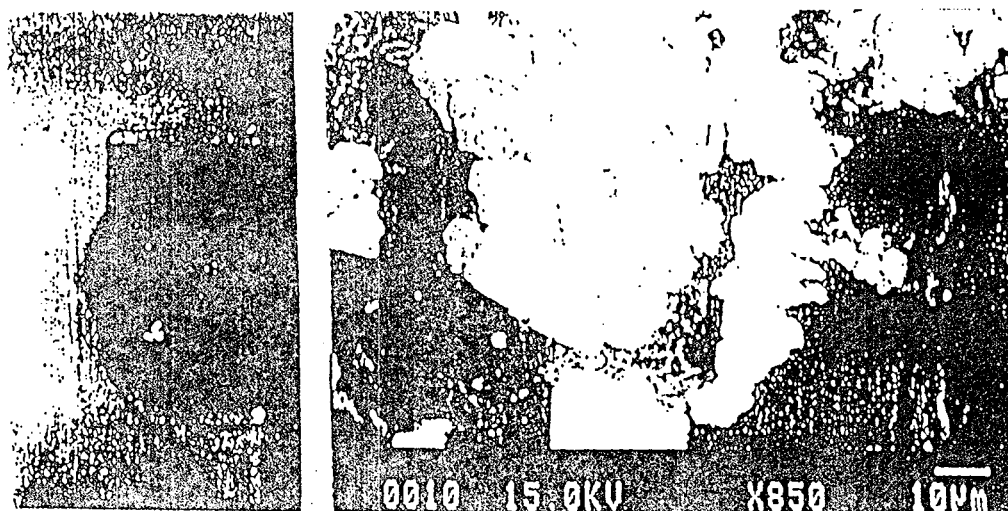
Gambar 2 a. Hasil foto sayatan tipis BM 169.



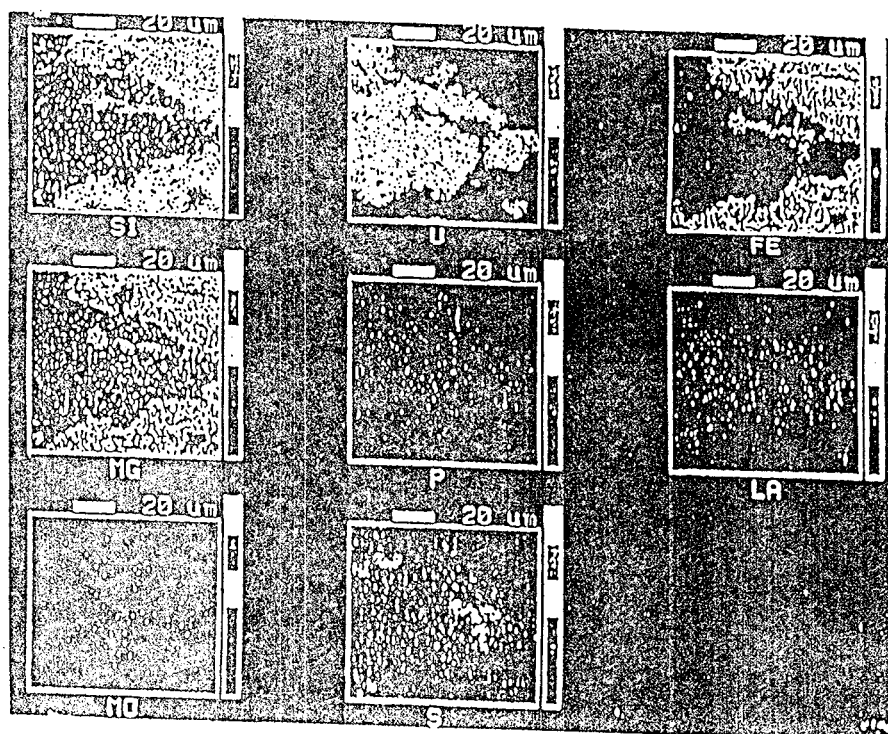
Gambar 2 b. Analisis kualitatif unsur dengan EPMA.

Gambar 2a merupakan hasil pemotretan spesimen sayatan tipis BM 169. Setelah proses radioluxugraf selama 6 jam, jelas terlihat bahwa mineral radioaktif menghasilkan jejak noda putih pada film

polaroid. Hasil analisis kualitatif unsur dengan EPMA (Gambar 2 b) dari spesimen BM 169 menunjukkan mineral uranium (putih) dan molibdenum (putih abu-abu) yang berasosiasi dengan silikat.



Gambar 3 a. Hasil foto sayatan tipis BM 184 dan analisis EPMA.



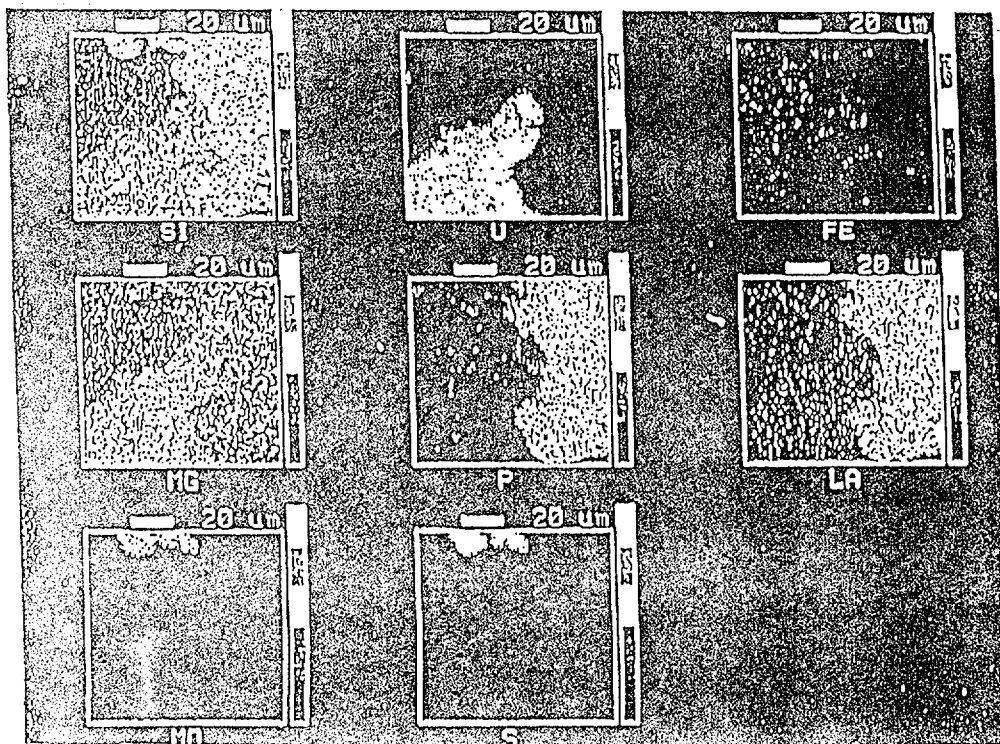
Gambar 3.b. Analisis kualitatif unsur dengan EPMA

Gambar 3a merupakan hasil pemotretan spesimen sayatan tipis BM 184 dan terlihat spot putih yang menunjukkan mineral uranium. Hasil analisis kualitatif unsur

dengan EPMA ( Gambar 3 b) menunjukkan magnesium (abu-abu gelap) yang berasosiasi dengan silikat dan Fe.



Gambar 4.a. Hasil foto sayatan tipis bijih Rirang.

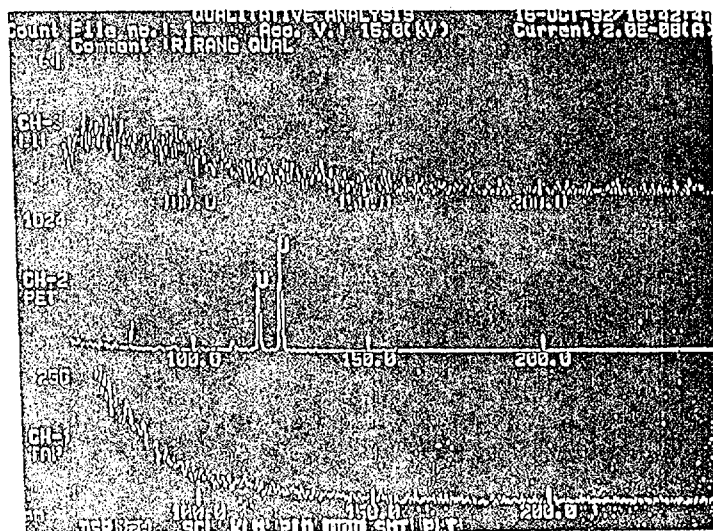


Gambar 4.b. Analisis kualitatif unsur dengan EPMA.

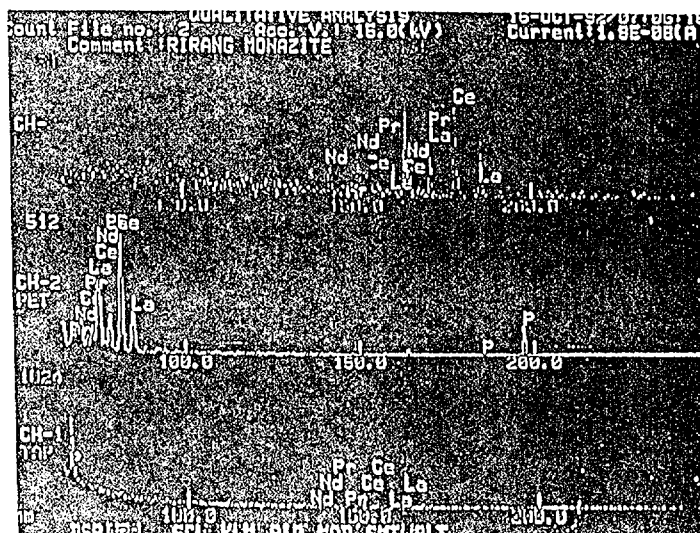


Gambar 4a merupakan hasil pemotretan spesimen sayatan tipis bijih Rirang dan jelas terlihat pada bagian putih yang menunjukkan mineral uranium, Gambar 4b menunjukkan hasil analisis kualitatif unsur dengan EPMA dimana fosfat berasosiasi dengan lantanum (warna abu-abu)

Gambar 5a merupakan hasil analisis kualitatif uranium dengan EPMA menggunakan panjang gelombang dispersif *spectrometer* menunjukkan *peak* uranium Gambar 5b menunjukkan unsur-unsur logam tanah jarang yang terdapat dalam bijih Rirang tipe monasit.



Gambar 5.a. Hasil analisis kualitatif uranium dengan EPMA menggunakan panjang gelombang dispersif *spectrometer*



Gambar 5.b. Hasil analisis kualitatif logam tanah jarang dengan EPMA menggunakan panjang gelombang dispersif *spectrometer*



Tabel 2. Hasil analisis kualitatif pendar dan difraksi sinar X

Bijih (BM)	Analisis kualitatif XRF (unsur terdeteksi)	Analisis Kualitatif XRD (mineral teridentifikasi)
169	Mo,U,As,Y,Co,Ni,Mn,Ti,Ca,K,Cl,P,Si, Al	<i>Khlorit, mica, felsfar, molibdenit, pirhotit, turmalin, uraninit, epidot, kuarsa</i>
79	Mo,U,Zr,Cu,Ni,Fe,Mn,Ti,Ca,K,Cl,S,P, Si,Al	<i>Khlorit, mica, pirit, molibdenit, monasit, uraninit, kuarsa</i>
184	Mo,Zr,Y,U,As,Zn,Ni,Mn,Ti,Ca,Cl,S,P, Si,Al	<i>Khlorit, mica, felsfar, molibdenit, turmalin, uraninit, dolomit, kuarsa</i>
281	Mo,Zr,Y,U,As,Cu,Co,Ni,Fe,Ti,CeCa, K,Cl,S,P,Si,Al	<i>Apatit, pirit, molibdenit, pirhotit, magnetit, turmalin, uraninit, epidot, kuarsa</i>
Rirang	Ce,La,Mo,Nb,Y,U,As,Co,Fe,Mn,Ti,Zr, Ca,K,Cl,A,P,Si,Al	<i>monasit, molibdenit, uraninit</i>

Tabel 3. Hasil Analisis unsur dan oksida pada bijih asal Kalan dalam %

Bijih	U	Mo	Fe	S	SiO <sub>2</sub>
BM 169	0,340	0,026	3,26	0,42	71,21
BM179	0,131	0,024	3,04	0,24	71,53
BM184	0,132	0,018	3,66	0,09	59,99
BM281	0,053	0,038	14,50	7,61	41,33
Rirang *)	1,35	0,20	2,66	0,08	4,74

\*) Kandungan Total logam tanah jarang 55,67 %

Tabel 2 menunjukkan hasil kualitatif analisis unsur dari serbuk contoh bijih yang dilakukan dengan metode pendar sinar X. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa bijih mempunyai kandungan unsur yang hampir sama. Identifikasi mineral dari contoh serbuk bijih dari hasil pemisahan mineral berat, magnetit dan bukan magnetit yang dilakukan dengan metode difraksi sinar X menunjukkan bahwa mineral dominan adalah silikat, sulfida, fosfat, uranifer dan besi oksida, sedangkan bijih Rirang, mineral dominan pada bijih ringrang adalah *monasit, molibdenit* dan *uraninit*.

Analisis unsur dan oksida yang akan mempengaruhi proses pengolahan bijih dilakukan dengan metode gravimetri dan spektrofotometri, hasil analisis tercantum pada Tabel 3.

Hasil evaluasi uji mineralogi yang dilakukan pada bijih Eko Remaja menunjukkan bahwa mineralogi bijih Kalan terdiri dari mineral utama :

Mineral uranifer : *uraninit, branerit*  
Sulfida : *molibdenit, pirit* dan *pirhotit*  
Fe, Ti, oksida : *magnetit, ilmenit, rutil*  
Fosfat : *apatit, monasit*  
Silikat : *kuarsa, biotit, epidot, khlorit* dan *turmalin*.

Hasil evaluasi uji mineralogi pada bijih Rirang tipe monasit menunjukkan bahwa bijih Rirang merupakan bijih kaya uranium, fosfat dan logam tanah jarang.

## SIMPULAN

Dari hasil uji mineralogi sebagai langkah awal proses hidrometalurgi, bijih asal Kalan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bijih asal Eko Remaja mengandung mineral *uraninit, branerit, molibdenit, pirit, pirhotit, magnetit, ilmenit, rutil, apatit, monasit*, kuarsa, *biotit, epidot, khlorit* dan *turmalin*.
2. Bijih Rirang mengandung mineral *uraninit, monasit dan molibdenit*, serta mempunyai nilai ekonomis yang tinggi

karena mengandung logam tanah jarang dan fosfat dalam jumlah besar.

3. Bijih uranium asal Kalan memerlukan pemisahan secara fisik untuk memisahkan mineral silikat dan sulfida sebelum proses metalurgi.

#### SARAN

Keberadaan mineral silikat dan sulfida dalam bijih Eko Remaja cukup besar sehingga akan mengganggu proses pelindian asam. Oleh karena itu disarankan untuk melakukan pemisahan pendahuluan secara fisik ( flotasi) untuk mengurangi silikat dan sulfida.

#### PUSTAKA

- [1] *Manual On Laboratory Testing For Uranium Ore Processing*, Technical Report Series No.313, IAEA, Viena, 1990.
- [2] HIRONO, S.; *Uranium Ore Test*, Ningyo Toge Works, PNC, tidak dipublikasi, 1990.
- [3] MERRIT, R.C, *The Extractive Metallurgy Of Uranium*, Colorado School Of Mine Research Institute, 1971.
- [4] HUTCHISON, S, CHARLES *Laboratory Handbook Of Petrographic Techniques*, A Willey Interscience Publication , 1974.

#### TANYA JAWAB

Manto Widodo

- Mohon dijelaskan cara pemisahan secara fisik untuk memisahkan mineral pengganggu ( Si atau S ) dari bijih asal Kalan ?
- Bagaimana cara mengatasi selimut silika atau sulfida pada bijih asal Kalan agar recovery tetap tinggi ?

Kosim Affandi

- Pemisahan secara fisik terhadap mineral pengganggu ( Si atau S ) dari bijih asal Kalan dilakukan dengan cara flotasi.
- Cara mengatasi agar recovery bijih asal Kalan tetap tinggi dapat ditempuh

dengan menaikkan konsumsi asam, oksidator, temperatur, dan cara pelindian. Cara tersebut di atas tidak ekonomis. Oleh karena itu untuk bijih yang diselimuti silika atau sulfida dapat dilakukan dengan flotasi (BM 281). Untuk pemisahan mineral sulfida dari bijih pernah dilakukan sedangkan pemisahan silikat dari bijih baru dalam taraf percobaan awal dengan hasil belum memuaskan.

Nusin Samosir

- Mohon dijelaskan, bagaimana teknik preparasi cuplikan mineral agar dapat diamati dengan SEM dan selanjutnya dapat dianalisis komposisi kimianya dengan EPMA ?

Kosim Affandi

- Bijih representatif diukur radioaktivitasnya, kemudian bagian yang mengandung radioaktivitas tinggi dipotong dengan mesin potong batuan sehingga didapatkan spesimen sayatan tipis dan selanjutnya dipoles. Permukaan spesimen tersebut diamati dengan mikroskop elektron (SEM) untuk identifikasi unsur dan EPMA untuk analisis kualitatif unsur.

Indro Yuwono

- Apa yang menyebabkan perbedaan kandungan mineral asal Rirang dan Eko Remaja cukup besar ?

Kosim Affandi

- Perbedaan kandungan mineral asal Rirang dan Eko Remaja disebabkan jenjang metamorfosa yang berbeda. Eko remaja terletak di jenjang atas sedangkan Rirang terletak di jenjang tengah. Jenjang atas terbentuk pada tekanan dan temperatur relatif lebih rendah dibandingkan dengan jenjang tengah sehingga mineral yang terbentuk akan berbeda.