

## KARAKTERISASI DAN SISTEM PENGELOLAAN *TAILINGS* PADA PROSES PENGOLAHAN BIJIH URANIUM RIRANG

Achmad Sorot Sudiro dan Tati Heryati  
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir

### ABSTRAK

*Tailings* proses pada pengolahan bijih uranium Rirang yang berbentuk padat dan *slurry*, masih mengandung unsur-unsur radioaktif maupun non radioaktif. Hal ini karena unsur-unsur tersebut tidak terlarut pada proses pengolahan bijih uranium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan unsur yang masih tersisa pada *tailings*, mengevaluasi dan mempelajari sistem pengelolaan *tailings* sehingga tidak mencemari lingkungan sekitarnya. Analisis yang dilakukan menggunakan metoda Spektrofotometri Serapan Atomik, Spektrofotometri UV-VIS, Radiometri dan Gravimetri. Hasil yang diperoleh dari analisis ialah silikon, *rare earth*, uranium, torium, besi, nikel, seng, posfor, vanadium, timbal, molibdenum dan radium. Dari hasil evaluasi analisis unsur dapat disimpulkan bahwa *tailings* padat dalam skala besar (asumsi 2,5 ton/hari) perlu dikenai pencucian dengan air melalui saluran tertentu sebelum ditampung dalam kolam sementara (kolam limbah I) dengan spesifikasi tertentu yang berkapasitas 1500 m kubik. Proses ini digunakan untuk mencuci sisa unsur terlarut yang terdapat dalam *tailings*. Air yang dialirkan secara *overflow*, ditampung dalam kolam limbah II yang berkapasitas 1200 m kubik. Cairan dikeluarkan secara teratur melalui valve untuk diolah dengan sistem pengolahan limbah pada beberapa tangki dan dinetralkan dengan CaO + NaOH dan BaCl<sub>2</sub>. Dengan cara ini kandungan unsur radioaktif dan non radioaktif dalam efluen yang keluar diharapkan sangat rendah, sehingga dapat dialirkan ke lingkungan.

### ABSTRACT

*Tailings generated from Rirang uranium ore processing still contains both radioactive and non radioactive elements. This is due to the incomplete dissolution of such elements in the ore processing. The aims of this investigation is to characterize the tailings elemental composition, to evaluate, and to plan a good tailings management system, hence, environmental contamination can be avoided. Several methods of analysis have been utilized, including Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), UV-Vis spectrophotometry, radiometry and gravimetry, to determine elements of interest i.e. silicon, rare earths, uranium, thorium, iron, nickel, zink, phosphor, vanadium, lead, molybdenum and radium. Based on the analytical data evaluation, it is concluded that big scale solid tailings (2,5 ton per day) should be washed with water in a designated place before finally being stored in a 1500 cubic meter pond(pond #1). Such a washing step is aimed to remove element from the tailings. The overflowing water is then fed into the second pond of 1200 cubic meter capacity. The liquid is then neutralized by adding CaO + NaOH and BaCl<sub>2</sub> solution. The effluent contains considerably small amount of radioactive and non radioactive elements, hence suitable for direct disposal to the environment (water body).*

### PENDAHULUAN

#### Latar belakang

Untuk mengantisipasi kegiatan pertambangan uranium yang meliputi penelitian penambangan dan studi pengolahan bijih uranium skala teknik, perlu dilakukan studi penyimpanan limbah padat dan cairnya. Limbah pengolahan bijih uranium pada umumnya berbentuk limbah padat dan cair yang dinamakan *tailings*.

*Tailings* padat berbentuk *slurry* dari pengolahan bijih uranium skala teknik dialiri dengan air, kemudian disimpan pada kolam limbah sementara, sedangkan *tailings* cair diolah dengan sistem pengolahan limbah cair. Hal ini dilakukan karena *tailings* tersebut mempunyai kandungan unsur radioaktif maupun non

radioaktif yang berbahaya bagi lingkungan sekitarnya.

Unsur radioaktif pada cairan hasil pengolahan limbah cair dimonitor sesuai dengan ketentuan Keputusan Dirjen BATAN No.293/DJ/VII/1995 tentang konsentrasi tertinggi yang diizinkan untuk uranium dan torium alam dalam udara dan air<sup>1</sup>. Pemonitoran unsur non radioaktif pada cairan dilakukan sesuai dengan Keputusan Menteri KLH No.02/MEN.KLH/I/1988 tentang pedoman penetapan baku mutu lingkungan<sup>2</sup>.

Tujuan penelitian karakterisasi sistem pengelolaan *tailings* pada proses pengolahan bijih uranium Rirang adalah untuk :

1. mengetahui kandungan unsur radioaktif maupun non radioaktif pada *tailings*, dan

2. mempelajari sistem pengelolaan *tailings* agar limbah cair yang dilepas ke lingkungan mengikuti pedoman yang berlaku.

## TEORI

*Tailings* adalah buangan hasil pengolahan bijih uranium yang dapat berbentuk padat dan/atau cairan. Kandungan yang terdapat pada *tailings* pengolahan bijih uranium adalah unsur radioaktif dan non radioaktif. Untuk melindungi lingkungan agar bebas dari pencemaran, perlu dilakukan pengelolaan *tailings* yang dapat mengolah cairan dan menyimpan padatan pada suatu kolam lestari. Cairan yang telah diolah diharapkan mengandung unsur radioaktif maupun non radioaktif yang relatif rendah agar dapat dilepas ke lingkungan dengan aman. Effluen yang dilepas ke lingkungan tersebut dimonitor sesuai dengan peraturan berdasarkan Keputusan Dirjen BATAN, Keputusan Menteri, dan ketentuan BAPEDAL.

Padatan yang terpisah dari cairan ditampung dalam suatu kolam sementara yang tidak memungkinkan mencemari lingkungan sekitarnya. Kolam tersebut berkapasitas 1500 m<sup>3</sup>. Bagian dasar dari kolam ini terdiri dari kerikil dan ditutup dengan pasir atau tanah liat. Material tersebut terletak di atas bangunan berpondasi semen yang cukup kuat. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi perembesan cairan keluar.

## TATA KERJA

1. Bahan yang digunakan adalah HCl, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, asam tartrat, asetamida, dan kertas saring. Peralatan yang digunakan adalah Fluorimeter, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer serapan atomik, alat pencacah SAC-R<sub>5</sub> EBERLINE.
2. Pengambilan cuplikan *tailings* yang diperlukan untuk analisis diperoleh dari residu pengolahan bijih uranium monasit Rirang dengan asam sulfat skala laboratorium.
3. Analisis
  - a. Penentuan uranium, torium, molibdenum, posfor, besi, nikel, dan silikon. Preparasi cuplikan untuk analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom dan spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan cara sebagai berikut: *tailings* yang sudah kering dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian ke dalamnya ditambahkan HCl, HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub> dan kemudian dipanaskan di atas *hot plate* sampai berbentuk pasta, kemudian ditambah HCl, akuades lalu terakhir dipanaskan. Setelah dingin, filtrat

dipisahkan untuk dianalisis guna menentukan kadar uranium, torium, molibdenum, posfor, besi, dan nikel dengan spektrofotometer UV-Vis. Sedangkan analisis seng dan timbal dilakukan dengan spektrofotometer serapan atomik. Residu digunakan untuk analisis silikon secara gravimetrik.

### b. Penentuan radium

Preparasi contoh untuk analisis menggunakan metoda radiometri dilakukan dengan menambahkan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kepada contoh dalam cawan platina, lalu dipanaskan sampai meleleh, kemudian didinginkan dan ditambah dengan akuades. Alikot tersebut dipanaskan kembali sampai lelehan terlarut dan disaring. Residu dicuci dengan akuades, kemudian dilarutkan dengan HCl di dalam labu erlenmeyer 1000 ml, didinginkan, ditutup, dan disimpan selama 30 hari. Gas radon yang keluar dipindahkan ke dalam tabung sintilasi yang telah divakumkan, dibiarkan 3,5 jam, kemudian dicacah dengan alat SAC-R<sub>5</sub> EBERLINE sehingga kandungan radiumnya diketahui.

### c. Penentuan logam tanah-jarang atau RE (*rare-earth*s)

Preparasi cuplikan untuk analisis dengan metoda gravimetri dilakukan sebagai berikut : *tailings* padat ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas piala. Kemudian ditambah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan dipanaskan selama satu jam, setelah dingin ditambah asam tartrat dan asetamida, kemudian dipanaskan kembali sampai mendidih. Filtrat disaring, dan residu dicuci dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50 %. Kemudian filtrat tersebut diendapkan dengan oksalat sehingga berbentuk RE-oksalat. Endapan tersebut dipijarkan menjadi RE-Oksida total.

## HASIL DAN BAHASAN

Dari hasil analisis kualitatif diketahui bahwa unsur-unsur radioaktif dalam *tailings* pengolahan bijih uranium Rirang terdiri dari U dan Th, sedangkan unsur-unsur non radioaktif adalah Mo, Zr, Fe, Pb, V, Ti, Mg, Na, Si, Ca, K, S, P, Cl, Ni, RE dan Al.

Di antara unsur-unsur tersebut di atas yang merupakan parameter limbah menurut Keputusan Menteri KLH.No.KEP-02/MENKLH/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan adalah Fe, Ni, Zn, Cu, Pb, Mn, As, Co dan Cl. Sedangkan unsur yang bersifat radioaktif terdiri dari U, Th dan Ra<sup>1</sup>.

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif didapatkan bahwa kandungan unsur - unsur di

atas dalam limbah Rirang adalah seperti yang dicantumkan pada tabel (1). *Tailings* padat berwarna ke abu-abuan, bersifat asam serta *tailings* cair berwarna jernih kekuningan dan bersifat asam.

Hasil evaluasi analisis dapat dibahas secara studi pustakas<sup>3</sup>. *Tailings* padat dan *slurry* dengan kandungan unsur di atas baku mutu limbah dalam skala besar (asumsi 2,5 ton/hari) perlu dikenai pencucian dengan air melalui saluran tertentu sebelum ditampung dalam kolam sementara (kolam limbah 1). Hal ini dilakukan untuk mengurangi kandungan unsur-unsur yang terikat secara fisik dalam *tailings*.

Desain kolam limbah I sebagai berikut :

Bentuk kolam limbah : persegi panjang  
panjang kolam : 25 meter  
Lebar kolam : 20 meter  
Kedalaman kolam : 3 meter

Dasar dari kolam limbah I dibuat dengan susunan sebagai berikut :

- Kerikil dan pasir atau tanah liat,
- Plastik yang dilengkapi dengan membran sintetik, adukan semen, beton aspal.

Cairan dipompakan ke atas dengan sistem saluran pipa bercabang seperti terlihat pada Gambar 1 dan dialirkan ke dalam kolam limbah II.

5

Spesifikasi sistem pipa saluran :

Diameter pipa : 10 cm  
Skedul : 80  
Bahan : PVC

Spesifikasi pompa pada kolam limbah I :

Pompa : pompa sentrifugal  
Kapasitas : 1 m<sup>3</sup>/jam  
Jenis : pompa asam  
Bahan : *stainless steel* (baja tahan karat)

Desain kolam limbah II sebagai berikut :

Bentuk kolam limbah : bujur sangkar  
Panjang kolam : 20 meter  
Lebar kolam : 20 meter  
Kedalaman kolam : 3 meter

Susunan dasar dari kolam limbah II sama dengan susunan dasar kolam limbah I. Cairan dikeluarkan secara teratur melalui *valve* dan ditambahkan dengan ( CaO + NaOH ) dalam tangki 1<sup>4</sup>, serta diaduk dengan kecepatan tertentu sampai pH mencapai 3,5. Penambahan ini digunakan untuk mengendapkan Zn, Fe dan Pb<sup>5</sup>, cairan kemudian campuran dialirkan ke

tangki pemisah padat/ cair (tangki 2). Cairan yang terpisah dialirkan secara *overflow* ke tangki 3, untuk selanjutnya dinetralkan dengan penetral yang sama dan diaduk sampai pH mencapai 7. Sedangkan endapan berupa *slurry* ditampung pada tangki penampung. Proses ini dilakukan untuk mengendapkan uranium yang masih terdapat pada larutan. Kemudian hasil penetralan dipisahkan pada tangki pemisah/ padat cair (tangki 4), dan cairan dialirkan secara *overflow* ke tangki 5 dan ditambahkan BaCl<sub>2</sub> serta diaduk sampai pH mencapai 10-11, sehingga sisa unsur (Ra, Mo, Mn) yang masih terdapat pada cairan dapat mengendap<sup>6</sup>. Hasil reaksi dari tangki 4 dialirkan melalui *sand filter* sebelum dialirkan ke sungai. Kandungan unsur radioaktif dan non radioaktif dalam *effluent* diharapkan sekecil mungkin. pH dipantau dengan batasan hanya sekitar 6-7 sehingga dapat dialirkan ke lingkungan. Diagram alir pengolahan limbah cair dapat dilihat pada Gambar 2. Pemonitoran kandungan unsur radioaktif pada cairan dilakukan dengan mengacu pada Keputusan Dirjen BATAN No.293/DJ/VII/1995 tentang konsentrasi tertinggi yang diizinkan untuk uranium dan torium di udara dan air<sup>1</sup>.

Tabel 1 Data hasil analisis *tailing* padat dan cair

No.	U n s u r	Satuan	Kandungan	
			Padat	Cair
1.	Uranium	ppm	1666	284,8
2.	Torium	ppm	48	9,9
3.	Radium	pCi/g	141	0,08
4.	RE-Oksid	%	29,3	0,5
5.	Posfor	%	5,5	0,15
6.	Besi	ppm	7301	808,5
7.	Vanadium	ppm	1424	17,9
8.	Molibdenu	ppm	766	10,7
9.	Beng	ppm	97	7,76
10.	Nikel	ppm	20	6,1
11.	Timbal	ppm	724	61,85
12.	SiO <sub>2</sub>	%	28,5	0,002

Catatan : untuk *tailings* cair satuan pCi/ml (Ra)

Untuk U dan Th di udara sebesar ( 7 x 10<sup>-4</sup>) dan 7 x 10<sup>-2</sup>) Bq/l, sedangkan di air sebesar ( 7 x 10<sup>1</sup> dan 7 x 10<sup>3</sup>). Pemonitoran unsur non radioaktif pada cairan dilakukan sesuai dengan Keputusan Menteri KLH No. 02/MEN. KLH/I/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan<sup>2</sup>. Lokasi yang digunakan untuk tempat penampungan limbah padat dan pengolahan limbah cair 1000 meter persegi. Penyimpanan *tailings* yang masih mengandung

unsur radioaktif dan non radioaktif perlu memperhatikan<sup>3</sup> hal-hal berikut :

- Tempat harus bergeologi cukup stabil, dan kekuatan tanah, penyerapan, drainase lokasi tempat pengolahan uranium serta topografi harus baik.
- Tempat penampungan limbah harus cukup besar, sehingga kemungkinan kontaminan terlepas ke lingkungan sangat kecil.
- Tempat penampungan limbah harus cukup untuk menampung *tailings* yang dihasilkan dari pengolahan uranium.
- Di sekeliling penampungan limbah harus dibuat tanggul-tanggul dari material yang kuat. Hal ini untuk menghindari luapan air.
- *Tailings* harus disimpan di bawah permukaan tanah.
- Dasar dari tempat penampungan limbah harus dilapisi kerikil, pasir dan plastik sehingga air tidak akan merembes ke lingkungan.

## SIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa *tailings* masih mengandung unsur radioaktif U, Th dan Ra dan unsur-unsur non radioaktif P, V, Mo, Zn, Pb, Fe, Ni, Re, Si (dalam bentuk SiO<sub>2</sub>) dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Untuk mendapatkan *efluen* yang tidak mencemari lingkungan, perlu dilakukan sistem pengolah limbah cair dengan menambahkan reagen CaO + NaOH, dan BaCl<sub>2</sub>. Hal ini perlu dilakukan untuk mengurangi kandungan unsur radioaktif dan non radioaktif sebanyak mungkin, sehingga *efluen* yang dilepas ke lingkungan mengikuti ketentuan yang berlaku.

Perencanaan tempat kolam limbah dari *tailings* dengan kandungan unsur radioaktif maupun non radioaktif perlu memperhatikan :

- Pemilihan tempat yang geologinya cukup stabil.
- Lokasi *tailings* padat cukup besar.
- Di sekeliling kolam limbah dibuat tanggul-tanggul.
- *Tailings* harus disimpan di bawah permukaan tanah.
- Dasar tempat penampungan limbah dilapisi kerikil, pasir dan plastik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf Bidang KKL PPBGN dan semua pihak atas segenap bantuan dalam penyiapan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN, Keputusan Dirjen BATAN No.293/DJ/VII/1995 tentang Baku Tingkat Radioaktivitas di air dan udara, 1995.
2. Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan hidup, Keputusan Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup No.KEP. 02/ MEN KLH / 1988 tentang pedoman baku mutu lingkungan, 1988.
3. IAEA, *Current Practices For the Management and Confinement of uranium Mill Tailings* IAEA, TECHNICAL REPORT SERIES No. 335, Vienna(1992).
4. IWATA, I., KITIHARA, Y., TAKENAKA, S., KUROKAWA, Y., *Mill Tailings Disposal and Environmental Monitoring at The Ningyo - Toge uranium Processing Pilot Plant*, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation Minatoku, Tokyo ( Japan ).
5. IAEA, *Uranium Extraction Technology*, TECHNICAL REPORT SERIES No. 359, Vienna (1993).
6. IAEA, *Management of Wastes from uranium Mining and Milling*, PROCEEDING SERIES, Vienna, ( 1982).

## TANYA - JAWAB

### 1. Nurdin

- Berapakah dimensi tempat penampungan limbah?
- Bahan apa yang digunakan untuk penyekat dinding penampung limbah agar tidak ada intrusi limbah cair ke lingkungan batuan disekitarnya ?.

### Achmad Sorot Sudiro

- Dimensi tempat penyimpanan limbah padat adalah panjang = 25 m, lebar = 20 m dan kedalaman = 3m.
- Dasar dan dinding kolam penampungan limbah dibuat dari semen dengan pondasi yang cukup kuat. Pada dasar kolam ditambahkan lapisan plastik yang dilengkapi dengan sintetik membran, adukan semen dan beton aspal, juga kerikil serta pasir.

### 2. Erni R.A

- Apakah limbah yang diolah tersebut adalah limbah padat? Setelah dilakukan pencucian di kolam I, air cuciannya mengandung unsur-

unsur di luar *tailings* (unsur-unsur yang terlarut pada proses sebelumnya), di manakah cairan tersebut dipisahkan?. Seharusnya cairan ini dipisahkan dan dijadikan satu dengan hasil proses, sedangkan yang dialirkan ke tangki I adalah *tailing* yang berupa padatan/slurry.

- Mohon dijelaskan bagaimana proses pencucian tersebut dilakukan, sehingga jelas mana air hasil pencucian dan mana yang merupakan *tailing*!
- Jika yang diolah limbah cair, bagaimana cara pencuciannya? Mohon penjelasan!

#### Achmad Sorot Sudiro

- Limbah yang diolah adalah limbah cair bukan limbah padat. Limbah padat/cair dari pengolahan bijih U dicuci dengan air (dalam saluran tertentu) dan dialirkan kedalam kolam I. Dalam kolam I baik cairan dari limbah proses bijih U, serta cucian air ditampung pada dasar kolam seperti Gambar 1.
- Dari kolam I (air + limbah cair dari proses) dipompa ke kolam limbah II. Dalam kolam II campuran (limbah cair + air) dialirkan melalui valve dan diatur kecepatannya, untuk selanjutnya diolah seperti skema diagram alir pada Gambar 2.
- Sudah terjawab dengan jawaban di atas.

#### 3. Elma Marela

- Dengan memilih NaOH sebagai pereaksi penetral, padahal NaOH adalah basa kuat, apakah Zn yang merupakan unsur amfoter dapat mengendap secara optimum?.

#### Achmad Sorot Sudiro

- Zn memang belum dapat dikatakan mengendap secara optimal karena Zn adalah unsur amfoter. Tapi minimal pemilihan itu dapat mengurangi kandungan Zn dalam limbah cair, sehingga dengan berkurangnya Zn, cairan dapat dialirkan (dilepaskan) ke

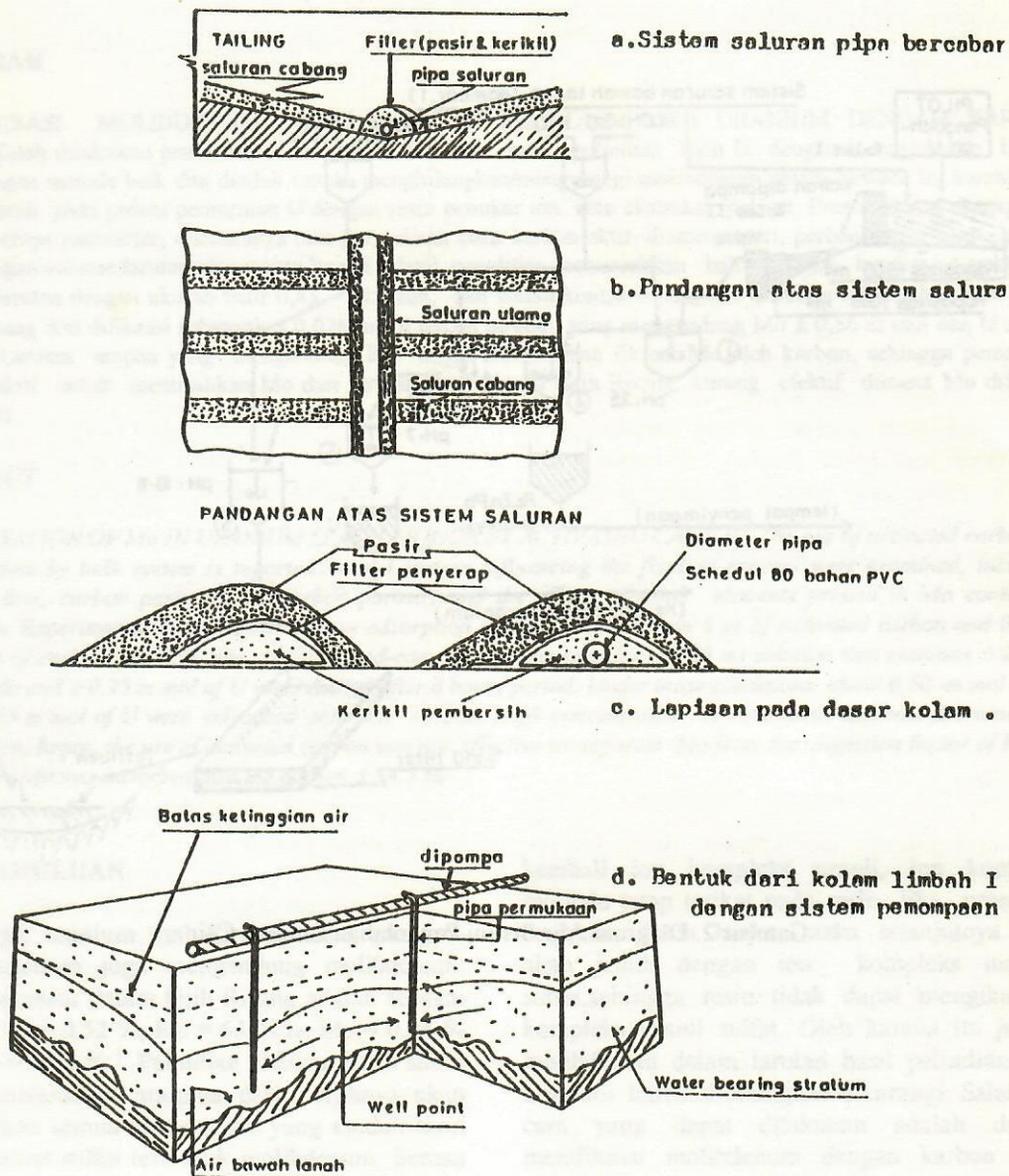
lingkungan, setelah dimonitor dengan baku mutu limbah (Keputusan Menteri KLH No. Kep. 02/MEN.KLH/1988 tentang Pedoman Baku Mutu Lingkungan).

#### 4. Andri Slamet Subandio M

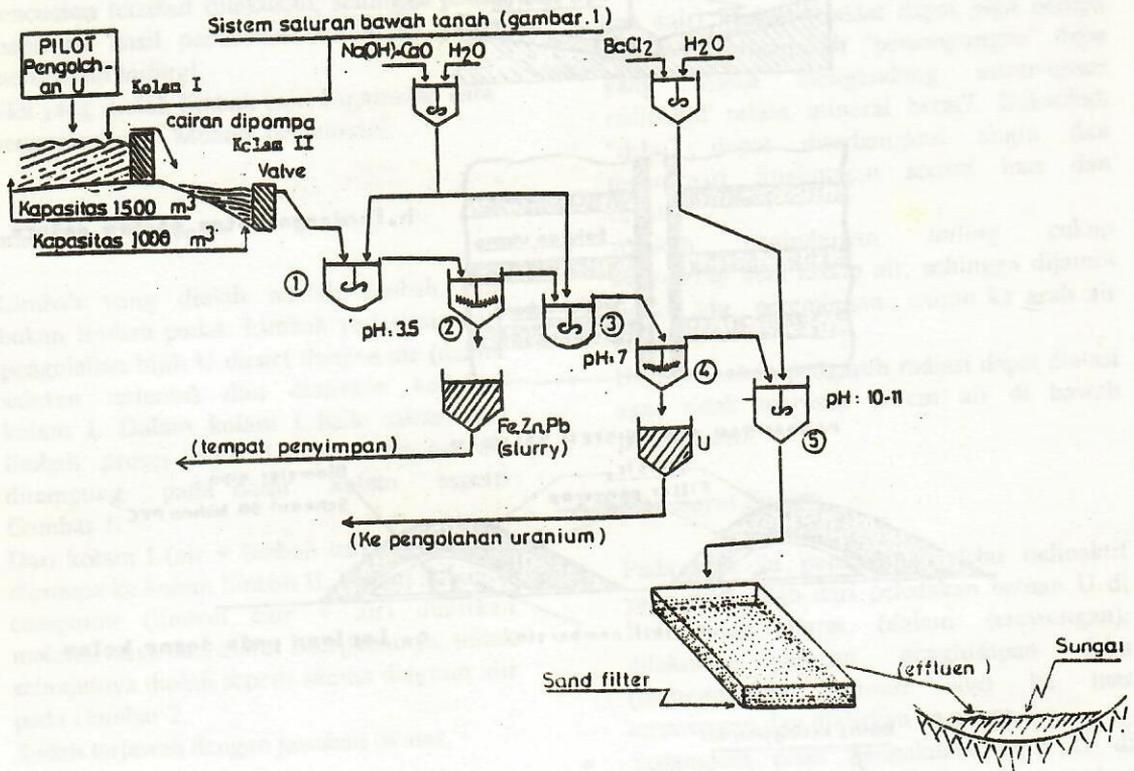
- *Tailing* dapat mengandung material padat dan cair! Material padat dapat juga berupa debu. Bagaimanakah "penampungan" debu yang masih mengandung unsur-unsur radioaktif selain mineral berat?. Bukankah "debu" dapat diterbangkan angin dan mencemari lingkungan secara luas dan cepat?.
- Apakah penimbunan *tailing* cukup *waterproof* atau kedap air, sehingga dijamin tidak ada perembesan cairan ke arah air tanah?.
- Bagaimanakah pengaruh radiasi dapat diatasi agar tidak merusak sistem air di bawah permukaan?.

#### Achmad Sorot Sudiro

- Pada saat ini penanganan debu radioaktif yang dihasilkan dari peledakan batuan U di Kalimantan Barat (dalam terowongan), dilakukan dengan penghisapan debu (menggunakan *exhaust van*) ke luar terowongan dan dialirkan ke udara.
- Sedangkan pada pengolahan bijih U di Kalimantan Barat juga menggunakan penghisap debu dan dialirkan ke udara.
- Penyimpan limbah padat cukup kuat, sehingga tidak ada kemungkinan terjadinya perembesan cairan ke luar lingkungan, karena pada dasar dan dinding kolam penampungan limbah dibuat dengan pondasi semen yang cukup kuat. Pada dasar kolam ditambahkan lapisan plastik yang dilengkapi sintetik membrane, adukan semen dan beton aspal, kerikil serta pasir.
- Pengaruh radiasi juga tidak dapat merusak sistem air di bawah permukaan, karena bangunan yang cukup kuat seperti yang kami jelaskan di atas.



Gambar 1. Sistem saluran bawah tanah.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Pengolahan Limbah Cair