

PAIR/P.282/1988

KEMAMPUAN BEBERAPA MIKROORGANISME
MELINDI URANIUM DARI BIJIH

Sri Hariani Sjarief

K.P. 567

KEMAMPUAN BEBERAPA MIKROORGANISME MELINDI URANIUM DARI BIJIH

Sri Hariani Sjarief^{*}

ABSTRAK

KEMAMPUAN BEBERAPA MIKROORGANISME MELINDI URANIUM DARI BIJIH. Dalam rangka memanfaatkan uranium dari bijih berkadar rendah dengan metode pelindian secara mikrobiologis, maka dilakukan penelitian tentang kemampuan ekstraksi uranium dari beberapa mikroorganisme yang diisolasi dari batuan yang mengandung belerang atau uranium. Dalam percobaan ini diteliti 26 strain mikroba yaitu 4 strain diisolasi dari batuan yang mengandung belerang dan 22 strain dari batuan yang mengandung uranium. Sebagai pelarut digunakan larutan 9K yang mengandung ferrosulfat sebanyak 44,2 g/l. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa semua mikroorganisme yang digunakan dalam percobaan ini mempunyai kemampuan mengekstraksi uranium. Namun ada beberapa strain yang dapat mengekstrak uranium lebih tinggi daripada yang lain yaitu TP-7/4,5, B/CB-10/1/5,5, B/CB-10/4/5,5 dan B/CB-12/3/5,5. Besarnya ekstraksi uranium dari mikroorganisme ini sekitar 19-21%, sedang dari kontrol hanya dapat mengekstrak uranium sebanyak 9-13%.

ABSTRACT

THE CAPABILITY OF SOME MICROORGANISMS TO LEACH URANIUM FROM THE ORES. For the aim of using uranium from the low grade ores by microbial leaching, the capability of microorganisms in extracting uranium was investigated. The microorganisms used in this experiment were isolated from the rocks containing sulfur or uranium. Twenty-six strain were used consist of 4 microbes isolated from the rock containing sulfur and 22 strains from those containing uranium. The solution used was 9K with 44,2 g/l of ferrosulfate. From this experiment it was obtained that all microorganisms used have the ability in extracting uranium. But only some of them have the higher capability in extracting uranium than the others. They were TP-7/4,5, B/CB-10/1/5,5, B/CB-10/4/5,5 and B/CB-12/3/5,5. The uranium recovery of these microorganisms were between 19 to 21%, while in the control treatment it was only 9 to 13% of uranium was extracted.

PENDAHULUAN

Era tenaga nuklir sebagai penyedia sebagian kebutuhan energi me-

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-BATAN, Jakarta.

merlukan kegiatan lain yang terkait, seperti kegiatan eksplorasi dan penambangan serta proses pengolahannya. Bagi negara-negara yang mempunyai cadangan bijih uranium yang cukup tinggi masalah pengolahan tidak akan ^{menjadi} persoalan. Akan tetapi negara yang memiliki cadangan bijih uranium berkadar rendah masih harus berusaha mencari metode pengolahan khusus agar dapat memanfaatkan cadangan tersebut.

Peranan mikroorganisme dalam mendekomposisi mineral telah banyak diketahui dan telah digunakan untuk membantu mengekstraksi logam-logam seperti Cu dan Zn (1). Dari penelitian terdahulu (2) dapat diisolasi beberapa strain mikroorganisme dari batuan yang mengandung sulfur dan uranium. Umumnya mikroorganisme ini termasuk mikroorganisme asidofilik yang tahan hidup pada medium asam. Dalam percobaan ini akan diteliti kemampuan beberapa strain mikroorganisme tersebut mengekstraks uranium dari bijih yang diambil dari Kalimantan. Melalui penelitian ini diharapkan, metode pelindian dengan mikroorganisme dapat digunakan untuk mengekstraks batuan uranium berkadar rendah maupun pengolahan sampah pertambangan atau sampah hasil proses ekstraksi yang masih mengandung uranium dalam jumlah yang sedikit.

TATA KERJA

Untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme mengekstraksi logam terutama uranium dari bijih, maka dilakukan percobaan dengan menggunakan mikroorganisme yang diisolasi dari batuan yang mengandung sulfur (dengan kode TP) dan dari batuan yang mengandung uranium (dengan kode CB). Strain mikroorganisme yang terisolasi belum dapat diidentifikasi secara terinci. Secara garis besar mikroorganisme yang

terisolasi termasuk dalam Subordo I. Rhodobacteriaceae (Fam. Thiobacteriaceae, Athiorhodaceae dan Chlorobacteriaceae) dan Subordo Pseudomonadiales, fam. Thiobacteriaceae (2). Dalam penelitian ini untuk nama strain digunakan kode sesuai dari nama mikroorganisme tersebut diisolasi. Jenis batuan yang mengandung sulfur dan uranium yang digunakan sebagai sumber isolasi mikroorganisme ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk penelitian ini digunakan mikroorganisme yang dapat hidup dengan baik pada medium 9K SILVERMAN cair maupun padat yang mengandung $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ sebanyak 44,2 g/l pada pH 2-3 (medium cair), dan pH 4-5 (medium padat). Mikroorganisme yang digunakan dalam percobaan ini sebanyak 26 strain yaitu 4 strain dari isolasi batuan Tangkuban - prahu, sedang 22 strain lainnya diisolasi dari bijih yang mengandung uranium. Batuan yang digunakan adalah bijih uranium TR-17 yang berkadar 0,2%. Batuan ini digiling hingga mencapai diameter 1,0 - 3,0 mm (-9+20 mesh). Untuk setiap perlakuan diperlukan 5 g bijih. Larutan yang digunakan dalam proses pelindian ini ialah 9K dengan H_2SO_4 dengan pH antara 2 dan 3 sebanyak 50 ml untuk setiap perlakuan. Volume mikroorganisme yang dimasukkan kedalam proses sebanyak 1 ml untuk setiap strain. Sebagai pembanding (kontrol) digunakan perlakuan yang tidak memakai mikroba. Perlakuan pada kontrol adalah sebagai berikut :

1. bijih ditambah cairan 9K dengan pH 2-3 (K I),
2. bijih disterilkan terlebih dahulu dalam autoclave kering dengan suhu 118°C selama 3 jam (untuk membunuh mikroorganisme yang melekat pada batuan), kemudian ditambahkan larutan 9K dengan pH 2-3 (K II)
3. bijih disterilkan seperti di atas dan kemudian ditambahkan larutan H_2SO_4 dengan pH 2-3 (K III),

Pengamatan yang dilakukan dalam percobaan ini yaitu : Jumlah uranium

yang terlarut dengan menggunakan spektrofotometer; Fe total dan ion fero dengan menggunakan Merckoquant; dan perkembangan mikroorganisme yang diukur dengan perubahan warna larutan 9 K (pengukuran MPN= Most Probable Number). Selama percobaan (4 bulan), pengamatan dilakukan sebanyak empat kali. Antara pengamatan mempunyai selang waktu satu bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan yang dilakukan selama 4 bulan memberikan hasil sebagai berikut :

Uranium terekstraksi. Hasil rata - rata uranium terekstraksi melalui proses pelindian dengan berbagai strain mikroorganisme berkisar antara 6 - 21 % (Tabel 2). Jumlah terekstraksi antar-ketiga perlakuan kontrol tidak saling berbeda. Pemanasan bijih untuk maksud mematikan mikroba (K II dan K III) tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah uranium terekstraksi maupun perkembangan mikroorganisme ternyata masih dapat berkembang walaupun tidak secepat pada perlakuan kontrol K I (bijih tidak dipanaskan). Dari strain-strain yang dicoba untuk mengekstrak uranium dari bijih ternyata 3 strain yaitu B/CB-10/1/5,5, B/CB-10/4/5,5, dan B/CB-12/3/5,5 memperlihatkan kemampuan yang cukup tinggi pada $p = 0,01$. Ketiga strain ini mampu mengekstraksi sebanyak 20-21% uranium dalam bijih. Sedang TP-7/4,5 mempunyai kemampuan mengekstraksi uranium sebanyak 19%.

Perkembangan Mikroorganisme. Pada perlakuan kontrol tanpa penambahan mikroorganisme dan tanpa pemanasan pertumbuhan mikroorganisme sangat baik (Tabel 3). Pada akhir percobaan terukur MPN mikroorganisme pada K I mencapai 10^8 mikroba per ml larutan dengan pH larutan sekitar 1,84, sedang pada K II dan K III yang menggunakan

bijih yang dipanaskan terlebih dahulu, pH larutan mencapai 2,02-2,13 dan perkembangan mikroorganisme hanya mencapai $10-10^2$ mikroba per ml larutan. Pada umumnya strain-strain yang digunakan dalam percobaan ini berkembang baik selama percobaan. Namun beberapa strain mikroorganisme seperti A/CB-1/3/5,5, B/CB-1/5,5, B/CB-3/3/5,5, B/CB-6/1/4,5, B/CB-7/1/4,5, B/CB-7/2/4,5, B/CB-10/1/5,5, TRK-22 S UV termasuk K II dan K III menunjukkan penurunan nilai MPN pada akhir percobaan tetapi nilai pH tetap, yaitu kira-kira 2,0. Perkembangan mikroba mengalami puncaknya pada bulan kedua dan ketiga.

Perubahan Jumlah Fe Total Dan Ion Fero Dalam Larutan. Pada umumnya Fe total pada permulaan percobaan berkisar sekitar 7500 ppm. Hanya pada proses yang menggunakan strain TRK-12, TRK-13, dan kontrol Fe total berkisar antara 750-5000 ppm. Larutan dengan kondisi reduksi yang lama (1-4 bulan) cenderung menyebabkan jumlah uranium yang terekstraksi pada umumnya sangat rendah. Keadaan ini dapat dilihat pada proses yang menggunakan strain-strain TRK-22 S UV, TRK-12, B/CB-7/4/4,2 dan B/CB-7/2/4,5 (Tabel 4). Keadaan reduksi yang lama mengakibatkan tidak terjadi perubahan fero menjadi feri, yang pada pH di bawah netral perubahan $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ lebih banyak dilakukan oleh aktivitas bakteri (3). Keadaan ini menumbuhkan dugaan bahwa strain yang hidup dalam larutan itu tidak sepenuhnya bergantung pada energi yang dibebaskan oleh perubahan fero menjadi feri. Ekstraksi uranium diperkirakan lebih banyak disebabkan oleh aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri bersangkutan (4). Berdasarkan Tabel 2 dan 3 diperoleh petunjuk bahwa perkembangan jumlah mikroorganisme dalam larutan tidak mempengaruhi banyaknya uranium yang terekstraksi. Keadaan ini terlihat pada TP-7/4,5 dan B/CB-10/1/5,5 dengan perkembangan mikroba yang berkisar

antara 10^{-10} masih dapat mengekstraksi 19-21% dari uranium dalam bijih. Jumlah ini juga dicapai oleh strain B/CB-10/4/5,5 dan B/CB-12/3/5,5 yang pada bulan keempat perkembangan jumlah mikroba mencapai 10^3 - 10^7 per milimeter larutan. Kemampuan mikroorganisme mengubah larutan reduktif menjadi oksidatif memegang peranan penting dalam proses pelindian uranium dari bijih dan enzim yang dikeluarkan oleh mikroba mungkin juga akan meningkatkan jumlah uranium terekstrak. Keadaan ini dapat dilihat pada proses pelindian dengan menggunakan strain B/CB-10/1/5,5 di mana dalam keadaan reduktif masih mampu meningkatkan jumlah uranium terekstrak di atas nilai yang dihasilkan oleh kontrol. Kemungkinan besar aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba lebih memegang peranan dalam proses pelindian uranium daripada proses pelindian yang terjadi pada kontrol sebagai akibat regenerasi ferosulfat.

KESIMPULAN

Beberapa strain mikroorganisme yang disolasi dari batuan yang mengandung sulfur dan uranium ternyata semua mempunyai kemampuan mengekstraksi uranium dari bijih. Namun, dari kumpulan mikroorganisme ini ada beberapa yang mempunyai kemampuan ekstraksi logam uranium jauh lebih tinggi dari lainnya, yaitu strain : TP-7/4,5; B/CB-10/1/5,5; B/CB-10/4/5,5 dan B/CB-12/3/5,5. Melihat banyaknya logam uranium yang dapat terlindi oleh mikroorganisme ini (mencapai 19-21) maka bijih kadar rendah masih dapat dimanfaatkan sebagai sumber uranium. Selain dapat digunakan untuk pengolahan bijih uranium berkadar rendah, proses pelindian dengan mikroorganisme juga dapat dimanfaatkan untuk pengolahan sampah pertambangan yang masih mengandung uranium atau logam

berat lainnya yang membahayakan lingkungan. Dalam perlakuan kontrol (tanpa penambahan mikroorganisme) masih terlihat pertumbuhan mikroba yang sejak semula ada dalam batuan dan mikroba tersebut juga mampu mengekstraksi uranium sebanyak 9-13%. Kemampuan ekstraksi uranium dari mikroorganisme yang diisolasi dari batuan yang mengandung belerang ternyata tidak berbeda dengan kemampuan ekstraksi uranium dari mikroba yang diisolasi dari batuan yang mengandung uranium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada PPBGN (Pusat Pengolahan Bahan Galian Nuklir) yang telah memberikan bantuan baik dalam bentuk informasi maupun bahan penelitian. Demikian pula ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada seluruh rekan di Laboratorium Mikrobiologi terutama Sdr. Zulhema dan Arief Djanakum yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. PINGS, W.B., Bacterial Leaching, Mineral Industries Bull. 11 3 (1988) 1.
2. SJARIEF, S.H., dan ANDINI, L., Kemampuan hidup beberapa bakteri tahan asam yang diisolasi dari batuan yang mengandung uranium dan belerang (PAIR/T.119/1984), Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1984).
3. BROCK, T.D., "The microbial environment", Principles of Microbial Ecology, Prentice Hall, Inc/Englewood Cliffs, New Jersey (1976) 5.
4. YUKAMA, T., D. VANSELOW, B.J., RALPH, and P.L. ROGERS, A kinetic model for the bacterial leaching of chalcopyrite (CuFeS_2), J. Ferment. Technol. 56 1 (1978) 45.

Tabel 1. Beberapa strain mikroorganisme yang dapat diisolasi dari batuan yang mengandung uranium dan batuan serta cairan yang mengandung belerang.

Jenis batuan dan cairan	Mineral	Asal	Radioaktivitas sampel	Kode	Jumlah Strain
<u>Batuan uranium</u>					
Meta-lanau	Autunite, uraninite, black product, quartz, felspar	TRK-12 bis dekat ROC 30	1500 c/s	CB1	6
Meta-lanau	autunite, uraninite	TRK-22	1000 c/s	CB3	6
Meta pelit lapuk berlumut	apatite, black product	TRK-26 dekat ROC-24	500 c/s	CB4	4
Meta lanau tua, lapuk	black product	TRK-7 dekat ROC-90	2500 c/s	CB5	4
Meta pelit tua, lapuk	black product, apatite, limonite	TRK-60 + 40 m dari LEML-2	300 c/s	CB6	4
Meta argilite	pyrite, limonite	+ 10 m dari LEML-9	300 c/s	CB7	5
Meta pelite	pyrite, molybdenite, tourmaline, uraninite	TRK-2	300 c/s	CB9	2
Shoulder lapuk	tourmaline, autunite, molybdenite, uraninite	TEST-2	10000 c/s	CB10	6
Regolith : meta	limonite, uraninite (?)	r.B.s.	1500 c/s	CB12	3
Braksi	ferroginous (Limonite) uraninite (?)	TR-51 PC-14	200 c/s	CB14	3
<u>Batuan dan air yang mengandung belerang</u>					
Batuan belerang		kawah		TP5	4
Air belerang dingin		kawah		TP7	3
Air belerang panas		kawah		TP8	2

Catatan : No. 1 s.d. 10 data dari PBBGN - BATAN
 No. 11 s.d. 13 sampel dari Tangkubanprahu
 Back-ground : 100 - 150 c/s SPP2.

Tabel 3. Pengaruh proses pelindian secara bakteriologis terhadap bijih uranium TR-17 pada perkembangan

STRAIN	Perkembangan bakteri (MPN) pada				bulan ke:	pH pada akhir percobaan
	0	1	2	3	4	
K I	0	3	5	7	8	1,84
K II	0	0	2	2	1	2,02
K III	0	0	2	2	2	2,13
TP-5/2/4,5	1	2	7	2	7	1,86
TP-5/2/5,5	0	3	4	2	5	1,86
TP-7/4,5	2	2	4	3	1	1,82
TP-8/2/5,5	0	3	5	1	2	2,02
A/CB-1/3/5,5	1	3	3	3	1	1,93
B/CB-1/5,5	1	2	3	3	2	2,07
B/CB-3/3/5,5	1	2	2	2	1	1,83
B/CB-3/4/5,5	1	3	5	3	4	2,04
B/CB-4/2/5,5	0	2	2	4	6	1,85
B/CB-5/2/5,5	1	3	5	5	4	1,80
B/CB-6/1/4,5	1	3	3	3	1	1,93
B/CB-7/1/4,5	1	2	4	3	1	1,94
B/CB-7/2/4,5	0	2	3	3	1	1,97
B/CB-7/4/4,2	0	2	4	4	6	1,81
B/CB-7/1/5,5	1	2	3	5	5	1,73
B/CB-9/4,5	1	2	3	4	8	1,82
B/CB-10/1/5,5	0	2	3	3	1	2,02
B/CB-10/4/5,5	0	3	7	4	4	1,80
B/CB-12/3/5,5	1	3	5	7	4	1,82
B/CB-14/1/5,5	0	1	3	5	5	2,02
B/CB-14/3/5,5	1	2	3	6	4	1,88
TRK-22 S	1	1	5	9	6	2,02
TRK-22 S UV	1	2	3	0	1	1,99
TRK-12	3	5	8	4	5	1,83
TRK-13	3	5	8	6	7	1,81
TRK-7	1	2	5	8	9	1,88

Catatan : MPN : Most Probable Number

Tabel 4. Pengaruh proses pelindian secara bakteriologis terhadap Fe total dan ion fero dalam larutan.

STRAIN	Jumlah Fe dalam larutan pada pengamatan bulan ke :							
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Fe total (ppm)				ion fero (ppm)			
Kontrol I	5000	7500	3000	3000	3000	7500	90	90
Kontrol II	5000	7500	7500	7500	250	7500	7500	7500
Kontrol III	750	7500	7500	7500	300	3000	3000	7500
TP-5/2/4,5	7500	3000	3000	3000	3000	3	90	0
TP-5/2/5,5	7500	7500	3000	7500	7500	7500	90	90
TP-7/4,5	7500	7500	3000	3000	7500	3000	90	90
TP-8/2/5,5	7500	7500	7500	7500	7500	3000	3000	7500
A/CB-1/3/5,5	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
B/CB-1/4,5	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
B/CB-3/3/5,5	7500	7500	7500	7500	3000	7500	7500	7500
B/CB-3/4/5,5	7500	3000	3000	3000	7500	3	90	300
B/CB-4/2/5,5	7500	7500	3000	3000	7500	7500	90	300
B/CB-5/2/5,5	7500	3000	3000	7500	7500	3	90	1500
B/CB-6/1/4,5	7500	7500	7500	7500	7500	7500	3000	7500
B/CB-7/1/4,5	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
B/CB-7/2/4,5	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	3000
B/CB-7/4/4,2	7500	7500	3000	3000	3000	7500	90	90
B/CB-7/1/9,5	7500	3000	3000	3000	7500	300	90	300
B/CB-9/4,5	7500	7500	3000	7500	3000	7500	60	1500
B/CB-10/1/5,5	7500	7500	7500	7500	7500	7500	3000	7500
B/CB-10/4/5,5	7500	7500	3000	3000	3000	3	30	750
B/CB-12/3/5,5	7500	7500	3000	3000	7500	7500	300	300
B/CB-14/1/5,5	7500	7500	3000	7500	7500	7500	90	300
B/CB-14/3/5,5	7500	7500	3000	7500	7500	7500	90	300
TRK-22 S	7500	7500	3000	3000	7500	7500	90	300
TRK-22 S UV	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
TRK-12	3000	3000	3000	3000	1500	0	0	300
TRK-13	3000	3000	3000	3000	750	0	0	750
TRK-7	7500	7500	3000	3000	7500	3	3	750