

PAIR/P.423/1990

PENGARUH KEASAMAN (ph) DAN POTENSIAL
REDOKSI (Eh) PADA PELINDIAN URANIUM

Edih Suwadji

KP.97

PENGARUH KEASAMAN (pH) DAN POTENSIAL REDOKSI (Eh) PADA PELINDIAN URANIUM

E. Suwadji*

ABSTRAK

PENGARUH KEASAMAN (pH) DAN POTENSIAL REDOKSI (Eh) PADA PELINDIAN URANIUM. Dalam penelitian ini telah diamati pengaruh nilai keasaman (pH) dan potensial redoksi (Eh) yang berasal dari batuananya terhadap pelindian uranium. Telah dilakukan pengaruh 4 tahap potensial redoksi (Eh) yaitu pada 100% Fe^{2+} (< 350 mV); 50% Fe^{2+} / 50% Fe^{3+} (440 mV); 100% Fe^{3+} (> 580 mV); dan pelindian secara bakteri dalam larutan 9K (400 - 500 mV). Bahan yang digunakan pada percobaan ini berasal dari bijih U TRK-7, Kalan-Kalimantan. Untuk percobaan pengaruh keasaman (pH), diberikan beberapa tahapan nilai yaitu 1,2; 1,4; 2,0 dan 2,5. Hasil pelindian menunjukkan larutan pelindi 9 K dengan bakteri dapat mengekstrak U lebih tinggi dibanding dengan hasil ekstraksi dalam larutan Fe^{3+} tanpa bakteri. Hasil ekstraksi U semakin tinggi dengan naiknya nilai potensial redoksi (Eh) larutan dan lamanya waktu pelindian.

ABSTRACT

EFFECTS OF THE ACIDITY (pH) AND REDOX POTENTIAL (Eh) ON URANIUM LEACHING. The experiment was conducted in a batch series of different acidity (pH) and redox potential (Eh). The pH and redox potential series consisted of 1,2; 1,4; 2,0; 2,5, and 100% Fe^{2+} (< 380 mV); 50% Fe^{2+} / 50% Fe^{3+} (440 mV); 100% Fe^{3+} (> 580 mV); and as biological leaching in 9 K solution (400-500 mV), were respectively investigated. The ore specimen used in the experiment was originally from TRK-7, Kalan-Kalimantan. The experiment was conducted using 250 ml of erlenmeyer glass filled with 100 g of ore in 150 ml of leach solution. Results of the experiment showed that bacterial leaching extracted U higher than chemical leaching of Fe^{3+} . U extraction was higher due to the increasing of redox potential (Eh) as well as duration of leaching period.

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN.

PENDAHULUAN

Pelindian bijih uranium dan tembaga secara biologis telah diteliti cukup intensif sehingga dapat diaplikasikan di lapangan (1,2). Keberhasilan pelindian di setiap lokasi penambangan akan ditentukan oleh sifat mineral pengotor (gangue mineral) yang menjadi batuan dasar tempat unsur yang dilindi itu berada (3).

Dalam proses pelindian uranium terutama dari bijih yang bersifat asam, akan dihasilkan suatu larutan Fe^{3+} yang bersifat asam. Uranium (VI) akan terlarut dalam cairan pada pH asam tersebut. Uranium (IV) akan menjadi U^{6+} setelah melalui proses oksidasi yang juga terdapat dalam larutan asam tersebut (4).

Hampir semua proses pelindian yang dilakukan dalam sistem tangki (vat leaching) yang bersifat komersil, biasanya nilai keasaman dipertahankan pada pH 1,8 - 2,0. Keadaan ini sedikit dibawah pH normal kehidupan bakteri *Thiobacillus* yaitu pada pH 2,5. Hal ini disebabkan proses yang berisi 100 g bijih U dengan 150 ml larutan pelindi. yang berlaku umumnya cenderung menaikkan pH larutan (5).

Pelindian dengan bakteri akan membantu pelarutan U terutama pada pelindian secara "heap" yaitu pelindian pada tumpukan bijih di tempat penambangan atau secara "in situ", yaitu pelindian sistem pemboran ke dalam lubang tempat cadangan U (6).

pH larutan selama proses berlangsung akan berubah sesuai dengan sifat bijih dan mineral yang dikandungnya, yaitu antara 1,8 - 2,6. Oleh karena itu peristiwa oksidasi oleh bakteri, pada perubahan $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, akan sangat bergantung kepada kadar awal Fe^{2+} yang terdapat di dalam bijihnya. Oksidasi $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ oleh bakteri di samping bergantung kepada sumber Fe^{2+} dalam bijihnya, juga bergantung pada keasaman (pH) larutan.

Untuk mengetahui perubahan yang terjadi selama proses pelindian berlangsung, pada percobaan ini diamati pengaruh pH dan Eh. Hal ini diamati mengingat setiap sifat batuan yang dilindi memperlihatkan perubahan-perubahan yang spesifik.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bijih U yang digunakan berasal dari TRK 7-Kalan, Kalimantan. Sifat bijih adalah sebagai berikut : Kadar Fe^{2+} 0,06 %, kadar U < 500 ppm, ukuran butir < 2mm, kadar Fe total dan kadar Fe total 0,3 %.

Percobaan dilakukan dalam 250 ml gelas erlenmeyer (volume 250 ml) yang diinkubasi dengan guncangan. Bijih U sebanyak 100 g yang berukuran < 10 mm ditambah 200 ml larutan. Larutan yang ditambahkan terdiri atas :

- a. Larutan H_2SO_4 encer dengan pH 1,2 - 2,5.
- b. Larutan pH 2,5 dengan 2000 ppm kadar Fe (100 % Fe^{2+}).

- c. Larutan pH 2,5 dengan 2000 ppm kadar Fe (50% Fe^{2+} /50% Fe^{3+}).
- d. Larutan pH 2,5 dengan 2000 ppm kadar Fe (100% Fe^{3+}).
- e. Larutan pelindi biologis 9 K (Silverman).

Larutan tersebut merupakan perlakuan percobaan yang terdiri atas 4 taraf pH yaitu 1,2; 1,6; 2,0; 2,5 sedangkan potensial redoksi (Eh) terdiri atas 4 taraf : < 390 mV atau 100% Fe^{2+} ; 440 mV atau 50% Fe^{2+} :50% Fe^{3+} ; > 580 mV atau 100% Fe^{3+} , dan 400 mV pelindian dengan bakteri. Percobaan I adalah perlakuan dengan larutan yang mengandung kadar Fe^{2+} 100%. Percobaan II, mengandung larutan dengan kadar 100% Fe^{3+} . Percobaan III mengandung kadar Fe^{2+} / Fe^{3+} yang seimbang (50%/50%), dan percobaan IV yaitu dengan pemberian larutan 9 K dengan penambahan bakteri. Setiap perlakuan diulang 4 kali.

pH diatur dengan penambahan H_2SO_4 sehingga diperoleh keasaman yang dikehendaki. Untuk pengaturan potensial redoksi < 390 mV, dilakukan penambahan hidrazin sulfat, untuk pengaturan Eh 400 dan 580 mV digunakan H_2O_2 sebagai oksidator. Larutan biologis digunakan larutan 9 K dengan penambahan bakteri *T. ferrooxidans* F 402 dengan kepadatan 9×10^3 /ml.

Untuk menghilangkan pengaruh bakteri yang mungkin tumbuh pada percobaan tanpa bakteri, ke dalam larutan diberikan antibiotik. Semua percobaan diperlakukan sama ke-

cuali pada percobaan IV yaitu perlakuan dengan pemberian larutan 9 K. Setiap 20 hari dilakukan pengambilan sampel larutan untuk ditentukan nilai potensial redoksi, pH, dan kadar U terekstraksi (7). Penetapan potensial redoksi dilakukan dengan elektroda Eh pada alat pH meter Fischer. Penetapan U dilakukan dengan metode JOHNSON dan PAKALNS (8,9).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan dengan larutan 100% Fe^{2+} (pada Eh 390 mV), terjadi penurunan ekstraksi U dengan naiknya pH. Makin lama proses pelindian makin tinggi ekstraksi U, terutama pada pH 2,0 dan pH 2,5 (Gambar 1 dan Tabel 1).

Pelindian dengan larutan yang mengandung 50%/50% Fe^{2+}/Fe^{3+} pada 440 mV, menunjukkan laju ekstraksi (pelindian) U yang sama seperti hasil percobaan I (Gambar 3). Pada percobaan ini ekstraksi tertinggi diperoleh pada pH 1,2; 1,6; dan 2,0. Sedangkan pada pH 2,5 ekstraksi terlihat paling rendah (Gambar 3 dan Tabel 3).

Percobaan II dengan perlakuan 100 Fe^{3+} (Eh > 580 mV), ekstraksi U tertinggi diperoleh pada pH 1,2 dan 1,6 (Gambar 2 dan Tabel 2)

Pada percobaan III, dimana perbandingan Fe^{2+}/Fe^{3+} sama, yaitu 50%/50%, laju ekstraksi U menunjukkan hasil percobaan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan

percobaan I, meskipun sedikit lebih rendah dari hasil percobaan II (Gambar 5). Hal ini disebabkan kadar Fe^{3+} yang lebih tinggi dari percobaan I, tetapi lebih rendah dari percobaan II.

Pada percobaan IV, yaitu pelindian dengan menggunakan larutan 9 K dan bakteri, terlihat ekstraksi U adalah paling baik bila dibandingkan dengan percobaan yang lainnya (Gambar 4 dan Tabel 4). Apabila dibandingkan dengan percobaan I, percobaan IV mengandung kadar Fe^{3+} yang lebih tinggi, sehingga menyebabkan teroksidasinya U^{4+} menjadi U^{6+} lebih mudah larut. Percobaan III kondisinya hampir serupa dengan percobaan IV, yaitu potensial redoksi berkisar antara 400 - 500 mV. Kontak langsung bakteri dengan bijih U akan membantu proses mineralisasi pirit lebih baik bila dibandingkan hanya pelarutan secara kimia biasa. Pelindian dengan bakteri dengan kondisi pH 2,5 menghasilkan ekstraksi U yang lebih rendah bila dibandingkan dengan percobaan II, tetapi secara jumlah keseluruhan ekstraksi U lebih tinggi bila dibandingkan percobaan II. Meskipun kadar Fe^{3+} larutan lebih tinggi (sebagai oksidator), tetapi karena sifat larutan bakteri cenderung mempertahankan keseimbangan pH, maka kadar Fe^{2+}/Fe^{3+} larutan, disamping membantu proses mineralisasi langsung (9), juga kadar Fe^{3+} larutan yang lebih rendah dari percobaan II dapat diabaikan.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil ekstraksi U yang semakin tinggi dengan bertambahnya bertambahnya waktu pelindian.
2. Hasil ekstraksi U semakin tinggi dengan bertambahnya kadar Fe^{3+} larutan, karena Fe^{3+} adalah bertindak sebagai oksidator yang dapat mengubah U^{4+} yang sukar larut menjadi U^{6+} yang lebih mudah larut.
3. Pelindian U dengan bakteri (percobaan IV) menunjukkan hasil ekstraksi U paling tinggi dibandingkan dengan percobaan yang lain. Meskipun kadar Fe^{3+} sama dengan percobaan III dengan potensial redoksi yang hampir sama (400-500 mV), tetapi kemampuan pelindiannya lebih tinggi. Hal ini disebabkan adanya proses mineralisasi pirit sebagai akibat kontak langsung antara bakteri dengan mineralnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. TORMA, A.E., "Importance of *Thiobacillus ferrooxidans* in Hydrometallurgy", Use of Microorganisms in Hydrometallurgy (Proc. Conf. Hungary, 1980), Hungarian Acad. of Sci. (1980) 27.
2. KARAVAIKO, G.I., KUZNETSOV, S.I., and COLONZIC, A.E., The Bacterial Leaching of Metals from Ores, Techni-copy England (1977).
3. MOSS, F.J., and ANDERSON, J.E., The Effects of Environ-

- ment on Bacterial Leaching Rate, Proc. Aust. Min. Met. 225 (1968) 15.
4. TORMA, A.E., and BOSECKER, K., Bacterial Leaching Progress in Industrial Microbiology, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam (1981).
 5. BRUYNESTEYN, A., VISZOLYI, A., and VOS, R., "The Ability of *Thiobacillus ferrooxidans* to Withstand Changes in pH", Use of Microorganisms in Hydrometallurgy (Proc. Conf. Hungary, 1980), Hungarian Acad. of Sci. (1980) 27.
 6. LARSON, W.C., Uranium in Situ Leaching Mining in The United States. Information Circ. 8777, U.S. Dep. Interior, Bur. of Min. (1978) 1-23.
 7. SUWADJI, E., Peranan Bakteri Dalam Penambangan Larutan Uranium, PAIR/g.97/1984.
 8. JOHNSON, D.A., and FLORENCE, M., Spectrophotometric Determination of U (VI) with 2-(5-Bromo-2-Pyridilazo)-Diethylaminophenol, Anal. Chem. Acta. 53 (1971) 73.
 9. PAKALNS, P., Spectrophotometric Determination of U in Ores After Decomposition in a Teflon Pressure Bomb, Anal. Chim. Acta. 69 (1974) 211.

Tabel 1. Ekstraksi uranium (%) selama masa pelindian 200 hari pada potensial redoksi / 380 mV (100%Fe²⁺),

Masa inkubasi (hari)	pH				
	1,2	1,6	2,0	2,5	X
40	28,6	25,7	18,7	8,5	20,4
80	27,7	25,8	24,6	17,8	24,0
120	26,8	24,5	24,3	29,6	23,8
160	25,2	21,4	22,4	20,2	22,3
200	25,0	24,4	21,3	23,0	23,4
	BNJ 0,05 = 5,8		BNJ 0,01 = 9,6		BNJ 0,05 = 3,3
X	26,7	24,4	22,3	17,8	K.K. =
	BNJ 0,05 = 3,9		BNJ 0,01 = 6,3		24,7

Tabel 2. Ekstraksi uranium (%) selama masa pelindian 200 hari pada potensial redoksi 580 mV (100/ Fe³⁺)

Masa inkubasi (hari)	pH				
	1,2	1,6	2,0	2,5	X
40	41,6	28,4	18,3	6,5	23,7
80	40,2	35,8	20,0	12,2	27,1
120	38,5	32,3	29,2	24,4	26,1
160	40,4	30,2	19,4	17,2	26,8
200	40,2	32,4	16,2	16,0	26,2
	BNJ 0,05 = 4,8		BNJ 0,01 = 8,7		BNJ 0,05 = t.r. BNJ 0,01 = t.r.
X	40,2	31,8	18,6	13,3	K.K. =
	BNJ 0,05 = 4,8		BNJ 0,01 = 6,7		26,3

Tabel 3, Ekstraksi uranium (%) selama masa pelindian 200 hari pada potensial redoksi 440 mV (50 % Fe²⁺ / 50 % Fe³⁺)

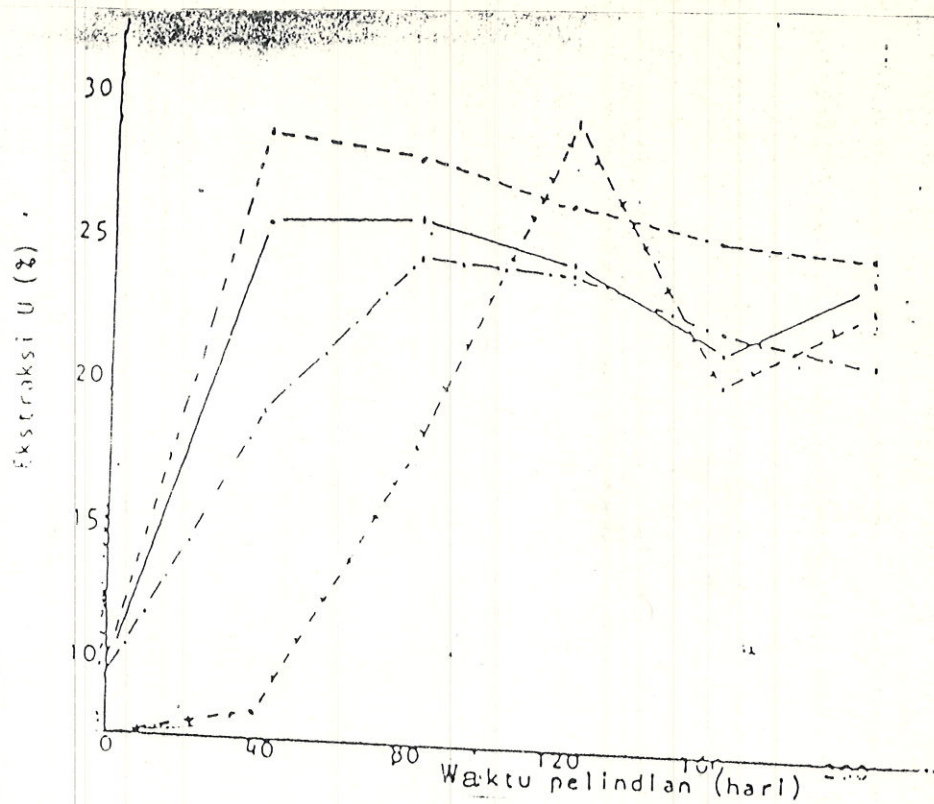
Masa inkubasi (hari)	pH				
	1,2	1,6	2,0	2,5	X
40	32,8	32,0	21,3	6,2	23,1
80	35,0	35,0	26,7	9,8	26,6
120	32,0	32,4	25,0	8,2	24,4
160	34,8	37,2	32,4	12,6	29,3
200	37,3	39,4	28,5	14,8	30,0
	BNJ 0,05 = 4,8		BNJ 0,01 = 6,7		
X	34,4	35,2	22,5	10,3	K.K. =
	BNJ 0,05 = 7,6		BNJ 0,01 = 11,3		26,5

BNJ 0,05 = 5,8
BNJ 0,01 = t.n.

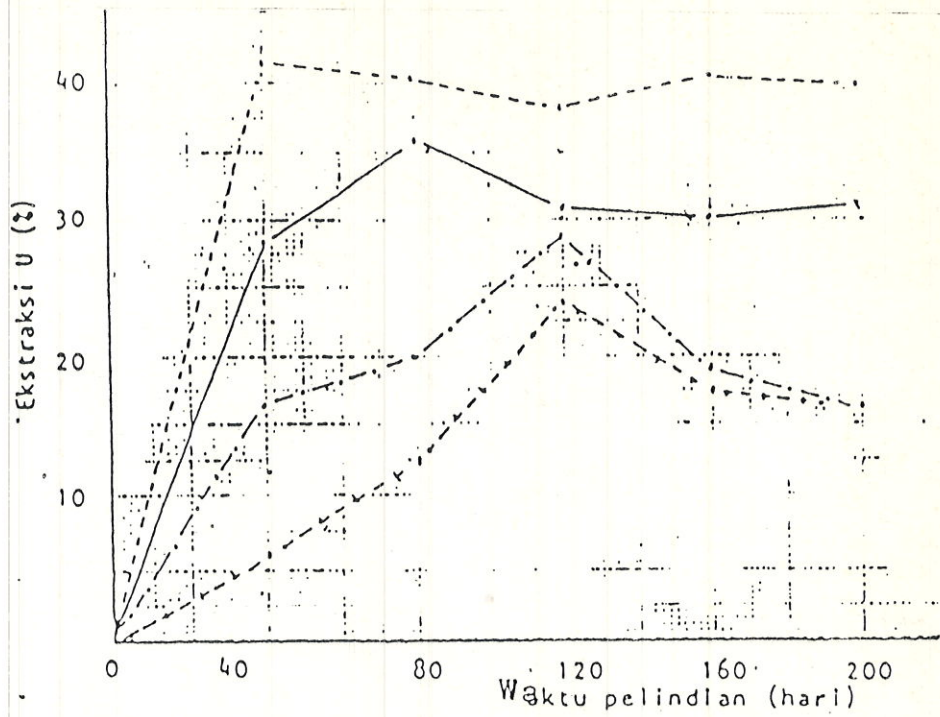
Tabel 4, Ekstraksi uranium (%) selama masa pelindian 200 hari pada potensial redoksi 400 - 500 mV (pelindian dengan bakteri)

Masa inkubasi (hari)	pH				
	1,2	1,6	2,0	2,5	X
40	26,8	34,2	19,3	3,5	21,0
80	40,0	40,0	21,4	4,8	26,6
120	35,6	41,2	23,7	10,4	27,7
160	38,4	41,3	26,4	12,5	29,7
200	40,0	41,3	29,2	17,5	32,0
	BNJ 0,05 = 2,8		BNJ 0,01 = 5,2		
X	36,2	39,6	24,0	9,7	K.K. =
	BNJ 0,05 = 3,8		BNJ 0,01 = 7,8		27,2

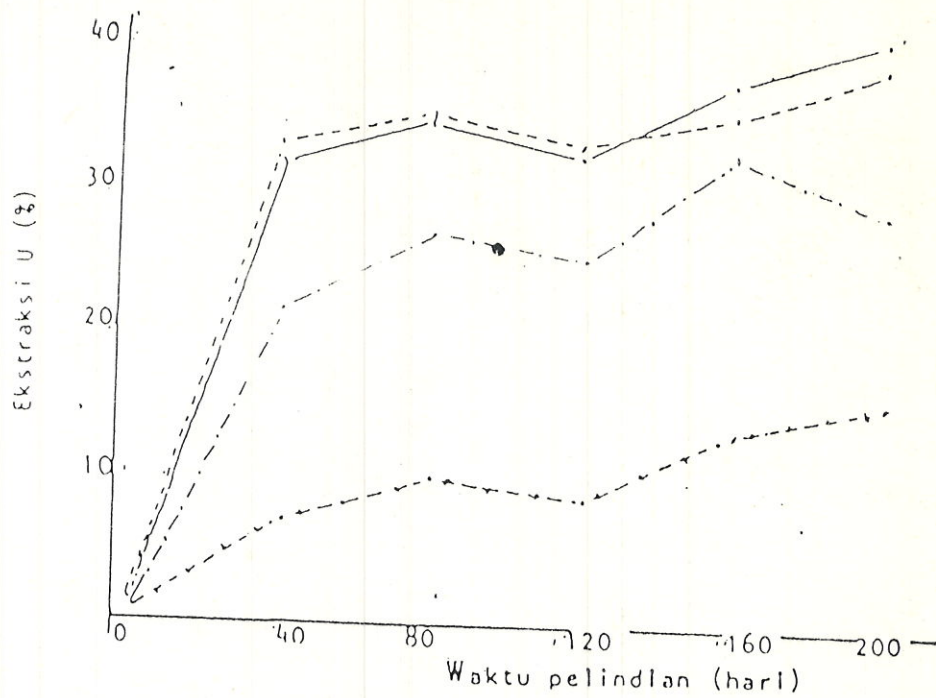
BNJ 0,05 = 6,8
BNJ 0,01 = t.n.



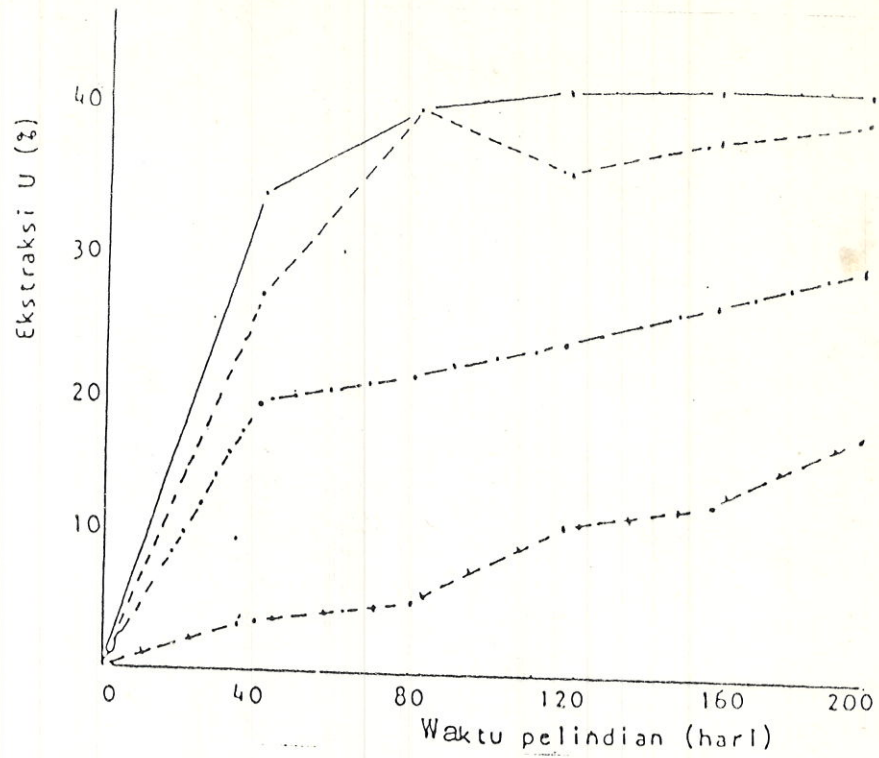
Gambar 1. Pengaruh pH pada pelindian U dengan kadar larutan 100% Fe^{2+} . (----) pH 1,2; (—) pH 1,6; (-·-·-) pH 2,0 dan (+--+) pH 2,5



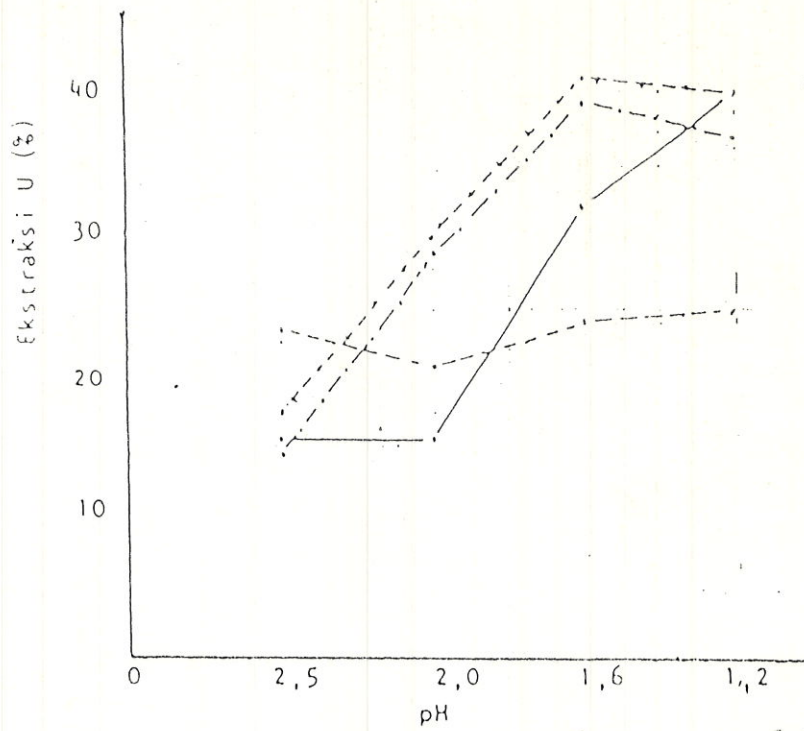
Gambar 2. Pengaruh pH pada pelindian U dengan kadar larutan 100 Fe^{3+} . (----) pH 1,2; (—) pH 1,6; (····) 2,0 dan (+·+·) pH 2,5



Gambar 3. Pengaruh pH pada pelindian U dengan kadar larutan 50% Fe^{2+} /50% Fe^{3+} (----) pH 1,2; (—) pH 1,6; (-·-·-) pH 2,0 dan (-+--+) pH 2,5



Gambar 4. Pengaruh pH pada pelindian U dengan pemberian larutan 9 K. (-----) pH 1,2; (————) pH 1,6; (-·-·-·-·) pH 2,0 dan (-+-+-+) pH 2,5



Gambar 5. Pengaruh pH pada pelindian U dalam berbagai kadar larutan Fe. (----) 100% Fe²⁺; (—) 100% Fe³⁺; (-·-·-) 50% Fe²⁺/50% Fe³⁺, dan -+--+ larutan 9 K