

PEMURNIAN ITRIUM DENGAN CARA EKSTRAKSI

Dwi Biyantoro, R. Subagiono dan Murdani Soemarsono

Puslitbang Teknologi Maju BATAN, Yogyakarta.

ABSTRAK

PEMURNIAN ITRIUM DENGAN CARA EKSTRAKSI. Telah dilakukan pemurnian itrium dengan cara ekstraksi larutan logam tanah jarang nitrat menggunakan di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP). Umpan berupa senotim nitrat dibuat dengan cara digesti pasir senotim. Untuk mengetahui kadar logam tanah jarang itrium (Y), lanthanum (La) dan serium (Ce) di analisis menggunakan alat pendar sinar X. Pemurnian dikerjakan dengan ekstraksi cair-cair dari larutan umpan campuran logam tanah jarang. Variabel yang berpengaruh terhadap distribusi logam tanah jarang, yaitu : konsentrasi asam nitrat dalam larutan umpan, konsentrasi ekstraktan dalam organik, dan waktu ekstraksi. Hasil yang diperoleh pada pemisahan yang terbaik, yaitu : molaritas asam nitrat = 0,5 M, konsentrasi ekstraktan 30 % di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid dalam kerosen, dan waktu ekstraksi = 15 menit. Pada kondisi ini diperoleh nilai factor pemisahan (FP) Y-La was 126,9403 dan FP Y-Ce was 89, 7923.

ABSTRACT

THE PURIFICATION OF YTRIUM BY EXTRACTION. The purification of yttrium by extraction process in the solution of nitric acid rare earths with di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) have been investigated. Feed as nitric acid rare earth solution was prepared by method digestion of xenotime sand. The contents of yttrium (Y), lanthanum (La), and cerium (Ce) rare earth were analyzed using X-ray fluorescence. The purification was done by liquid-liquid extraction process from the feed mixture of rare earth. Variable that effect the distribution of rare earth as function of concentration of nitric acid in the aqueous phase, the concentration of organic phase in kerosene, and time of extraction. The best results at the separation was obtained as follows : concentration of nitric acid = 0,5 M, the concentration of organic phase = 30% di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid in kerosene, and time of extraction = 15 minutes. At this condition were the value of the separation factor of Y-La = 126,9403 and separation factor of Y-Ce = 89, 7923.

PENDAHULUAN.

Unsur itrium (Y) merupakan salah satu unsur mayor dalam logam tanah jarang yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri, seperti : industri metalurgi, baja, laser, elektronik, optic, superkonduktor, magnet, tabung warna TV, dan lain-lain⁽¹⁾. Unsur ini banyak terkandung dalam pasir senotim yang merupakan hasil samping dari penambangan PT Timah di pulau Bangka, Singkep, dan Belitung⁽²⁾. Itrium adalah logam yang sangat berguna untuk pengembangan material baru, karena mempunyai sifat yang unik yang sangat menguntungkan⁽³⁾.

Pasir senotim adalah senyawa logam tanah jarang fosfat, $(Y,LTJ)PO_4$ atau sering pula ditulis sebagai $(Y)PO_4$ dalam bentuk struktur kristal tetragonal dengan kadar itrium (Y) = $\pm 23\%$. Total kadar campuran logam tanah jarang berkisar antara 55% sampai 70% LTJ_2O_3 . Kadar individual logam tanah jarang di dalam konsentrat dapat ditentukan dengan spektrometer optik, analisis aktivasi neutron dan lain-lain. Pengotor-pengotor yang sering terikut

dalam pasir senotim, yaitu : Al, Fe, Mg, Si, Ti, dan $Zr^{(4)}$.

Untuk mendapatkan itrium dengan kemurnian tinggi perlu dilakukan proses pemurnian dengan langkah-langkah proses, yaitu : dijesti pasir senotim, pengenceran dan filtrasi, pengendapan/kristalisasi, dan ekstraksi⁽⁵⁾.

Proses dijesti, pengenceran dan filtrasi dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor-pengotor tersebut di atas. Unsur-unsur pengotor ini tertinggal dalam endapan pada saat penyaringan dan filtrat yang diambil kaya akan unsur-unsur logam tanah jarang. Pada proses pengendapan dikerjakan untuk mengendapkan logam tanah jarang yang terdapat dalam filtrat. Pada proses ekstraksi dimaksudkan untuk memisahkan itrium dari unsur-unsur logam tanah jarang.

Isolasi individual logam tanah jarang dan pemisahannya sangat sulit, karena unsur-unsur logam tanah mempunyai sifat kimia yang mirip satu dengan yang lain dan diketahui bahwa kristalisasi fraksional adalah metoda pemisahan yang baik hanya untuk dua unsur, sedang metoda ekstraksi

dan pertukaran ion adalah cara yang sering dipakai untuk pemisahan unsur logam tanah jarang^(6,7).

Berdasarkan alasan tersebut di atas dan mengingat kandungan itrium yang cukup tinggi maka perlu dilakukan penelitian dalam segi proses untuk pengambilan dan pemurnian itrium dari mineral pasir senotim.

Pengembangan terakhir teknik ekstraksi cair-cair menggunakan di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) derivat dari organo fosfor semakin luas pemakaiannya untuk ekstraksi logam tanah jarang karena mempunyai selektivitas dan efisiensi yang tinggi^(7,8).

Laddha, 1976 mengatakan bahwa cara ekstraksi lebih ekonomis dibandingkan dengan proses lain, antara lain pada pemisahan⁽⁹⁾:

1. Campuran yang beda titik didihnya kecil dan campuran azeotrop
2. Campuran bahan yang mempunyai sifat kimia yang mirip antara yang satu dengan yang lain.
3. Bahan terlarut, jika penguapan sukar dijalankan.
4. Campuran bahan yang sangat peka suhu.

Ekstraksi cair-cair yaitu operasi dimana suatu zat terlarut (solute) dalam suatu fasa cair berpindah ke fasa lainnya. Pada proses ekstraksi cair-cair ini dapat dibagi menjadi dua proses:

1. Persentuhan antara solven dengan campuran yang diekstraksi, agar zat terlarut terpisah.
2. Pemisahan dua fasa cair yang menghasilkan ekstrak (fasa yang mengandung banyak solven) dan rafinat (fasa yang banyak diluen).

Metoda ekstraksi pelarut adalah metoda yang didasarkan pada perbedaan kelarutan ion atau senyawa dalam dua pelarut yang tidak bercampur (pelarut air dan organik). Keberhasilan proses ekstraksi ini dapat dilihat dari hasil efisiensi pengambilan itrium yang tinggi, koefisien distribusi (Kd), dan faktor pemisahan (FP).

Peppard, 1964 menyebutkan koefisien distribusi, Kd untuk logam M didefinisikan sebagai perbandingan konsentrasi M di dalam fasa organik dibagi dengan konsentrasi M di dalam fasa air setelah mencapai keadaan seimbang. Secara matematis dapat dituliskan:⁽¹⁰⁾

$$Kd = C_{M_o}/C_{M_a}$$

dengan

C_{M_o} : konsentrasi M dalam fasa organik

C_{M_a} : konsentrasi M dalam fasa air.

Sedang faktor pemisahan (FP), yaitu perbandingan koefisien distribusi dari dua logam M dan N. Jika diasumsikan $Kd_M > Kd_N$, maka

$$FP = Kd_M/Kd_N \quad (2)$$

TATA KERJA

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : pasir senotim, Y_2O_3 , $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$, $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, HNO_3 , HDEHP, kerosene, H_2SO_4 , H_2O_2 , asam oksalat, dan ammonia.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : magnetik stirrer, corong pisah, timbangan analitik, stop watch, almari asam, eppendorf, peralatan gelas, dan alat pendar sinar - X

Cara kerja

Pasir senotim berat 100 gram dengan ukuran butir 100 – 200 mesh didijesti dengan H_2SO_4 (96%) sebanyak 300 ml dan H_2O_2 sebanyak 30 ml pada suhu 210 °C selama 3 jam. Leburan berupa sluri kemudian diencerkan dengan ditambah air, selanjutnya dilakukan penyaringan. Filtrat hasil penyaringan kemudian ditambah asam nitrat. Senotim nitrat yang diperoleh sebagai fasa umpan kemudian di ekstraksi dengan menggunakan di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) dalam kerosen pada perbandingan volum = 1 : 1 selama 15 menit. Setelah terjadi keseimbangan kemudian dipisahkan antara fasa air dan fasa organiknya menggunakan corong pisah. Untuk mengetahui berapa kadar irium (Y), lantanum (La), dan serium (Ce) dalam umpan dan dalam fasa air hasil ekstraksi dilakukan analisis menggunakan alat pendar sinar - X.

Parameter yang diteliti adalah variasi asam nitrat (0,5 M; 1 M; 2 M; 4 M; 6 M; dan 8 M), variasi konsentrasi HDEHP (5%; 10%; 20%, 30%, dan 50%), dan variasi waktu ekstraksi (1 menit; 5; 10; 15; dan 30 menit). Dari percobaan di atas maka diperoleh kondisi yang optimum menggunakan 3 tiga parameter tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis terhadap umpan (senotim nitrat) menggunakan alat pendar sinar – X diperoleh hasil sebagai berikut :

$$Y = 2286,60 \text{ ppm}$$

$$La = 86,20 \text{ ppm}$$

$$Ce = 205,00 \text{ ppm}$$

Variasi asam nitrat

Umpan senotim nitrat dalam berbagai molaritas masing-masing diekstraksi dengan di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) dalam kerosen. Fasa air hasil pemisahan kemudian dianalisis menggunakan alat pendar sinar – X. Dari data yang diperoleh dapat dipakai untuk menghitung konsentrasi itrium (Y), lantanum (La), dan serium (Ce), seperti ditunjukkan pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Pengaruh molaritas asam nitrat terhadap kadar itrium (Y).

Umpan (fasa air) = senotim nitrat
Pelarut organik = 30% HDEHP & 70% kerosen
Rasio umpan dan organik = 1 : 1
Waktu ekstraksi = 15 menit

HNO ₃ (M)	Konsentrasi Y, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
0,5	137,14	2149,46	94,00	15,6735
1,0	170,40	2116,20	92,55	12,4190
2,0	310,98	1975,62	86,40	6,3529
4,0	453,67	1832,93	80,16	4,0402
6,0	721,67	1564,93	68,44	2,1685
8,0	965,35	1321,25	57,78	1,3687

Tabel 2. Pengaruh molaritas asam nitrat terhadap kadar lantanum (La)

HNO ₃ (M)	Konsentrasi La, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
0,5	76,70	9,5	11,02	0,1238
1,0	75,71	10,49	12,17	0,1385
2,0	70,22	15,98	18,54	0,2276
4,0	63,13	23,07	26,76	0,3654
6,0	56,75	29,45	34,16	0,5189
8,0	52,32	33,88	39,30	0,6475

Tabel 3. Pengaruh molaritas asam nitrat terhadap kadar serium (Ce)

HNO ₃ (M)	Konsentrasi Ce, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
0,5	174,41	30,59	14,92	0,1754
1,0	166,42	38,58	18,82	0,2318
2,0	155,33	49,67	24,23	0,3198
4,0	148,20	56,80	27,71	0,3833
6,0	136,07	68,93	33,62	0,5066
8,0	132,78	72,22	35,23	0,5439

Data dari Tabel 1, 2 dan 3 dapat dipakai untuk menghitung faktor pemisahan antara itrium dengan lantanum dan itrium dengan serium. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh molaritas terhadap faktor pemisahan.

HNO ₃ (M)	Faktor Pemisahan (FP)	
	FP Y/La	FP Y/Ce
0,5	126,6034	89,3586
1,0	89,6679	53,3586
2,0	27,9126	19,8652
4,0	11,0569	10,5406
6,0	4,1790	4,2805
8,0	2,1138	2,5164

Dari Table 4, yaitu pengaruh molaritas asam nitrat terhadap faktor pemisahan itrium dengan lantanum dan itrium dengan serium. Keasaman umpan sangat berpengaruh terhadap koefisien distribusi, efisiensi, dan faktor pemisahan. Tampak bahwa semakin tinggi konsentrasi umpan semakin menurun hasil pemisahan yang diperoleh. Hal ini disebabkan pada molaritas asam yang rendah pada ekstraksi menggunakan di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) terjadi reaksi pertukaran ion yang baik. Nilai faktor pemisahan yang optimal diperoleh pada molaritas asam nitrat = 0,5 M. Pada kondisi ini diperoleh faktor pemisahan (FP) Y-La = 126,6034 dan FP Y-Ce = 89,3586. Selanjutnya setelah kondisi ini diperoleh dipakai untuk menentukan parameter pengaruh konsentrasi di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (DEHP) dalam kerosen.

Variasi konsentrasi di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP)

Umpan senotim nitrat molaritas 0,5 M diekstraksi masing-masing dengan di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) pada berbagai konsentrasi dalam kerosen. Fasa air hasil pemisahan kemudian dianalisis menggunakan alat pendar sinar – X. Dari data yang diperoleh dapat dipakai untuk menghitung konsentrasi itrium (Y),

lantanium (La), dan serium (Ce), seperti ditunjukkan pada Tabel 5, 6, dan 7.

Tabel 5. Pengaruh konsentrasi ekstrak HDEHP terhadap kadar itrium (Y)

Umpan (fasa air) = senotim nitrat
Molaritas HNO₃ = 0,5 M
Rasio umpan dan organik = 1 : 1
Waktu ekstraksi = 15 menit

HDEHP (%) dalam kerosen	Konsentrasi Y, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
1	682,04	1604,56	70,17	2,3526
5	351,27	1935,33	84,64	5,5095
10	230,52	2056,08	89,92	8,9191
15	205,61	2080,99	91,01	10,1210
30	137,14	2149,46	94,00	15,6735
50	129,07	2157,53	94,35	16,7152

Tabel 6. Pengaruh konsentrasi ekstrak HDEHP terhadap kadar lantanum (La)

DEHP (%) dalam kerosen	Konsentrasi La, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
1	80,58	5,62	6,52	0,0697
5	78,74	7,46	8,65	0,0947
10	77,39	8,81	10,22	0,1138
15	76,77	9,43	10,94	0,1238
30	76,70	9,50	11,02	0,1238
50	76,40	9,80	11,37	0,1283

Tabel 7. Pengaruh konsentrasi ekstrak HDEHP terhadap kadar serium (Ce)

HDEHP (%) dalam kerosen	Konsentrasi Ce, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
1	189,11	15,89	7,75	0,0840
5	185,45	19,55	9,54	0,1054
10	180,93	24,07	11,74	0,1330
15	178,69	26,31	12,83	0,1472
30	174,41	30,59	14,92	0,1754
			15,55	0,1841

Dari Tabel 5, 6 dan 7 tersebut dapat dipakai untuk menghitung faktor pemisahan antara itrium dengan lantanum dan itrium dengan serium. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh konsentrasi HDEHP terhadap faktor pisah.

HDEHP (%)	Faktor Pemisahan (FP)	
	FP Y/La	FP Y/Ce
1	33,7532	28,0071
5	58,1784	52,2723
10	78,3778	67,0631
15	82,4186	59,3259
30	126,6034	89,3586
50	130,2821	90,7829

Dari data Tabel, yaitu pengaruh konsentrasi ekstrak di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) dalam kerosen terhadap faktor pemisahan itrium dengan lantanum dan itrium dengan serium, tampak bahwa semakin tinggi konsentrasi HDEHP semakin meningkat hasil pemisahan yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena konsentrasi HDEHP semakin tinggi maka kemampuannya daya tangkap ekstrak terhadap itrium, lantanum dan serium organiknya menjadi lebih kuat. Peningkatan daya pisah optimum terjadi sampai konsentrasi 30% di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) dalam kerosen. Di atas konsentrasi ini penambahan daya pisahnya sudah tidak begitu menguntungkan. Hal ini disebabkan karena dengan konsentrasi HDEHP yang semakin tinggi akan menaikkan biaya operasi. Nilai faktor pemisahan yang optimal diperoleh pada konsentrasi ekstrak 30% HDEHP dalam kerosen. Untuk selanjutnya dipakai untuk menentukan parameter pengaruh waktu ekstraksi.

Variasi waktu ekstraksi

Umpan senotim nitrat molaritas 0,5 M diekstraksi menggunakan 30% di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) dalam kerosen pada perbandingan volum = 1 : 1. masing-masing pada berbagai waktu ekstraksi. Fasa air hasil pemisahan kemudian dianalisis menggunakan alat pendar sinar - X. Dari data yang diperoleh dapat dipakai untuk menghitung konsentrasi itrium (Y), lantanum (La), dan serium (Ce), seperti ditunjukkan pada Tabel 9, 10 dan 11.

Tabel 9. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar itrium (Y)

Umpan (fasa air) = senotim nitrat
 Molaritas HNO_3 = 0,5 M
 Pelarut organik = 30% HDEHP & 70% kerosen
 Rasio umpan dan organik = 1 : 1

Waktu, Menit	Konsentrasi Y, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
1	364,85	1921,75	84,04	5,2672
5	215,43	2071,17	90,58	9,6141
10	158,21	2128,39	93,08	13,4259
15	136,59	2150,01	94,03	15,7406
30	136,57	2150,03	94,03	15,7431

Tabel 10. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar lantanum (La)

Waktu, Menit	Konsentrasi La, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
1	80,26	5,94	6,89	0,0740
5	78,88	7,32	8,49	0,0928
10	77,81	8,39	9,73	0,1078
15	76,69	9,51	11,03	0,1240
30	76,69	9,51	11,03	0,1240

Tabel 11. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar serium (Ce)

Waktu, Menit	Konsentrasi Ce, ppm		Efisiensi (%)	Koef. Dist. (Kd)
	Fasa Air	Fasa Organik		
1	185,17	19,83	9,67	0,1071
5	179,31	25,69	12,53	0,1433
10	177,26	27,74	13,53	0,1565
15	174,42	30,50	14,42	0,1753
30	174,13	30,87	15,06	0,1773

Data dari Tabel 9, 10 dan 11 dapat dipakai untuk menghitung faktor pemisahan antara itrium dengan lantanum dan itrium dengan serium. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap faktor pisah

Waktu, Menit	Faktor Pemisahan (FP)	
	FP Y/La	FP Y/Ce
1	71,1784	49,1802
5	103,0002	67,0907
10	124,7950	85,9610
15	126,9403	89,7923
30	126,9605	88,7936

Dari Tabel 12, pengaruh waktu ekstraksi terhadap faktor pemisah yaitu waktu kontak antara umpan fasa air dengan ekstrak di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid dalam kerosen (fasa organik) mempengaruhi distribusi itrium, lantanum, dan serium kedalam fasa organik. Semakin lama kontak antar fasa selama ekstraksi, maka semakin tinggi konsentrasi itrium, lantanum, maupun serium yang terikat dalam di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid. Waktu yang optimum pemisahan untuk mendapatkan itrium yang relatif lebih murni diperoleh pada ekstraksi selama = 15 menit. Waktu > 15 menit relatif sudah stabil, keadaan seimbang sudah tercapai. Pada kondisi ini diperoleh nilai faktor pemisahan (FP) Y-La = 126,9403 dan FP Y-Ce = 88,7923.

KESIMPULAN

Dari percobaan pemurnian itrium dari larutan senotim nitrat dengan cara ekstraksi menggunakan ekstrak di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid (HDEHP) dalam kerosen diperoleh kondisi optimum sebagai berikut :

1. Molaritas asam nitrat = 0,5 M,
2. Konsentrasi HDEHP = 30% dalam kerosen,
3. Waktu ekstraksi = 15 menit.

Hasil yang diperoleh pada kondisi ini nilai faktor pemisahan (FP) Y-La = 126,9403 dan nilai faktor pemisahan (FP) Y-Ce = 89,7923.

DAFTAR PUSTAKA

1. MOORE, C. M., Rare Earth Element and Yttrium, Mineral Commodity Profiles, Bureau of Mines, United States Departement of the Interior, Washington (1979).

2. ZUCHRI, m., "Proposal Pengolahan bijih Monasit/Xenotim", PPBGN-BATAN, Jakarta (1987).
3. MICHELSEN, B., "Analysis and Application of Rare Earth Materials", Nato Advanced Study Institute, Norway (1972).
4. ALADJEM, A., "Analytical Chemistry of Yttrium and Lanthanide Elements", Ann Arbor-Humphrey Sciences Publishers, London (1970).
5. BENEDICT, M., PIGFORD, T. H., AND LEVI, H. W., Nuclear Chemical Engineer, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, New York (1981).
6. BUTLER, T. A. AND KETCHEN, R. E., Solvent Extraction Separation of Cerium and Yttrium, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn (1961).
7. PEPPARD, D. F., "Fractional of Rare Earth by Liquid-Liquid Extraction Using Phosphorus Based Extractants", Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, Progress in the Science and Technology of the Rare Earths, Volume 1, Pergamon Press, Oxford (1964).
8. SATO, "The Extraction of Uranium (IV), Yttrium (III), and Lanthanum (III) from Hydrochloric Solution by Acid Organophosphorus Compounds", Proceeding of the International Symposium on Actinide/Lanthanide Separation, Honolulu, USA (1984).
9. LADDHA, G. S. AND DEGALLESAN, T. E., Transport Phenomena in Liquid Extraction, Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd., New Delhi (1976).
10. MOLLER, T., "The Chemistry of the Lanthanides", Pergamon Text in Inorganic Chemistry, Volume 26, Oxford (1973).

TANYA JAWAB

Philips

- ▶ Pemisahan itrium dengan cara ekstraksi ini menjadi pilihan. Karena alasan diantaranya limbahnya sedikit dan tidak berbahaya, mohon penjelasan detailnya ?
- ▶ Apakah ada cara lain ?
- ▶ Penggunaan yang konkrit saat ini di Indonesia.

Dwi Biyantoro

- Hasil ekstraksi adalah fase cair dan fase organik yang mudah dipisahkan, sehingga penampungan limbahnya akan lebih mudah.
- Ada diantaranya menggunakan kolom penukar ion
- Sudah dikerjakan di Riset Unggulan terpadu dan kerjasama antara P3TM-BATAN dengan PT Timah.

Kasilani

- ▶ Molaritas asam nitrat dipilih 0,5 M, dalam penelitian molaritas ini paling kecil. Bagaimana bila molaritas dicoba pada yang lebih rendah lagi ? mungkinkah hasilnya lebih baik.

Dwi Biyantoro

- Sudah pernah dicoba pada 0 – 0,1 M hasil kurang/ tidak baik. Untuk keasaman 0,4 – 0,5 M relatif kecilnya sama.