



ADSORPSI LIMBAH URANIUM MENGGUNAKAN LEMPUNG HARGO MULYO

Sunardi, Wasim Yuwono, Tri Suyatno

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, Yogyakarta

Email : ptapb@batan.go.id

ABSTRAK

ADSORPSI LIMBAH URANIUM MENGGUNAKAN LEMPUNG HARGO MULYO.

Pada Kegiatan ini dilakukan dengan penyerapan menggunakan lempung dari Hargo Mulyo Bantul Jogjakarta. Penyerapan dilakukan dengan cara mencampur lempung dan limbah cair dengan kandungan uranium 50 s/d 800 ppm. Campuran diaduk menggunakan magnetik stirer pada kecepatan pengadukan 20 s/d 300 rpm, waktu 5 s/d 35 menit dan suhu 20 s/d 60 °C. Setelah penyaringan filtrat dianalisis kandungan uraniumnya menggunakan spektrofotometer. Dari percobaan diketahui hasil yang paling baik adalah pada kandungan uranium 200 ppm waktu pengadukan 25 menit dengan kecepatan pengadukan 50 rpm, suhu 30 °C, Pada kondisi ini diperoleh faktor dekontaminasi 98,65.

Kata kunci : Lempung Hargo Mulyo.

ABSTRACT

THE ADSORPTION OF URANIUM WASTE USING HARGO MULYO CLAY. *This activity done by absorption using clay from Hargo mulyo Bantul Jogjakarta. The absorption made by mixing clay and liquid waste uranium contain are 50 to 800 ppm. The mixture is stirred using the magnetic stirrer on the speed stirring 20 to 300 rpm, time 5 to 35 minutes and temperature 28 to 60°C. After filtration the filtrate analyzed the contain of uranium with spektrofotometer. From the experiments known best results on the uranium content 200 ppm, time of stirring 25 minuts, with speed mixing 50 rpm, temperature 30 °C. On this conditions obtained decontaminaton factor is 98.65.*

Key words : Hargo Mulyo Clay.

PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi nuklir semakin banyak digunakan di berbagai bidang diantaranya adalah untuk industri, kedokteran, pertanian, pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dan sebagainya. Dengan semakin banyaknya penggunaan teknologi nuklir, maka perlu dicermati kemungkinan timbulnya limbah radioaktif. Timbulnya limbah radioaktif akan berdampak negatif terhadap manusia dan lingkungan. Oleh karena itu perlu dicari solusi teknis yang paling tepat agar tidak terjadi pencemaran lingkungan yaitu dengan cara mengolah limbah tersebut secara tepat. Pengolahan limbah radioaktif pada prinsipnya adalah untuk memisahkan zat radioaktif dari dalam limbah dan mereduksi jumlah limbah agar pada pengelolaan lanjut menjadi mudah. Uranium adalah salah satu limbah radioaktif yang banyak

ditimbulkan oleh karena itu perlu dicari solusi teknis yang paling tepat agar tidak terjadi pencemaran lingkungan yaitu dengan cara mengolah limbah tersebut secara tepat. Salah satu metode pengolahan limbah uranium cair yang banyak adalah pengolahan secara kimia menggunakan bahan penyerap seperti magnesium hidroksida, natrium hidroksida, tawas, kapur, lempung dan lain-lain. Penyerapan menggunakan lempung sangat efisien dalam menurunkan kadar uranium dalam limbah cair. Oleh karena itu dalam percobaan ini digunakan lempung dari Jogjakarta untuk menyerap limbah uranium cair.

Lempung adalah mineral lokal yang secara ekonomis dapat digunakan sebagai bahan penyerap uranium dalam limbah cair. Salah satu faktor penting berkaitan dengan penggunaan mineral lokal lempung untuk penyerap zat berbahaya dalam



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

limbah industri adalah kemampuan lempung dalam hal pertukaran ionnya. Selain harganya murah, pemakaian mineral lokal untuk mengolah limbah cair, memiliki kemudahan dalam pengolahan lanjut misalnya dalam proses solidifikasi pasca penjerapan, misalnya dengan metode sementasi atau metode keramikisasi. Kemampuan lempung sebagai adsorben karena di dalam mineral lempung mengandung senyawa alumunium silikat yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi terbentuk oleh tetrahedral AlO_4^{5-} dan SiO_4^{4-} dengan rongga di dalamnya terisi ion-ion logam biasanya logam alkali tanah (Na, K, Mg, Ca dan Fe) dan molekul air yang dapat bergerak bebas.

Lempung diduga juga mengandung monmorilonit cukup besar, sehingga diperkirakan dapat digunakan sebagai adsorben yang efisien, terlebih setelah dilakukan pengaktifan fisika maupun pengaktifan kimia. Karakter adsorben mineral lokal pada umumnya terjadi karena adanya pembentukan kerangka struktur molekuler dari penggabungan molekul-molekul tetrahedral membentuk celah dan saluran yang teratur sehingga menyebabkan adanya struktur berpori. Celah dan saluran dalam struktur yang terjadi memungkinkan suatu molekul yang mungkin melewatinya dapat terperangkap di dalamnya. Sifat-sifat ini yang menjadikan mineral lokal lempung dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berbahaya dalam limbah cair, penyaring molekul dan sebagai penukar ion.

Penyerapan uranium dalam limbah cair menggunakan mineral lokal lempung sebagai adsorben, perlu terus dikembangkan mengingat adanya kemudahan dari pengolahan lanjut dari metode ini, misalnya dengan sementasi dan atau metode keramik limbah. Dengan pertimbangan tersebut diatas dilakukanlah percobaan penyerapan menggunakan lempung Hargo Mulyo Bantul Jogjakarta.

DASAR TEORI

Pengertian Dasar Limbah Radioaktif

Limbah radioaktif adalah zat radioaktif dan atau bahan bekas serta alat-alat yang terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena dipergunakan dalam kegiatan nuklir dan tidak dapat dipergunakan lagi. Bahan bekas tersebut dapat berupa benda padat, seperti jarum suntik bekas, kain pembersih bekas, kertas penyerap, peralatan gelas untuk penanganan zat radioaktif atau pernah digunakan untuk menampung larutan zat radioaktif, binatang percobaan, resin penukar ion bekas, peralatan bekas dari pabrik pemurnian uranium. Untuk yang berupa cairan seperti dari air cucian, benda padat yang terkontaminasi atau cairan zat

radioaktif yang sengaja dibuang baik untuk percobaan, maupun sisa cairan dari pabrik pengolahan uranium dari olah ulang bekas nuklir⁽¹⁾.

Sumber Limbah Radioaktif

Limbah radioaktif pada dasarnya bersumber dari paparan radiasi, setelah radiasi dimanfaatkan oleh instalasi nuklir sehingga dari instalasi olahan bahan bakar nuklir ini akan menimbulkan limbah radioaktif⁽¹⁾.

Jenis Radioaktif.

Radioaktif berdasarkan terjadinya dapat dibedakan menjadi 2:

1. Radioaktif alam.

Radioaktif alam sudah ada sejak terbentuknya bumi dari alam semesta, batuan dan tanah di bumi mengandung sejumlah kecil elemen radioaktif uranium dan thorium dengan hasil turunannya. Untuk kalium-40 dalam lapisan litoster memberikan kontribusi terbanyak sehingga terjadinya radioaktif didalam batuan.

2. Radioaktif buatan.

Radioaktif buatan ditimbulkan akibat buatan proses manusia, diantaranya dari pembedahan fisi, reaksi inti, dan debu-debu radioaktif dari hasil ledakan bom nuklir.

Beberapa sumber radioaktif buatan dapat terjadi melalui:

a. Pembelahan (Reaksi fisi).

Pembelahan (reaksi fisi) dilakukan didalam reaktor nuklir atau ditimbulkan dari percobaan senjata nuklir. Beberapa bahan yang dapat bereaksi fisi adalah U^{238} , U^{235} , U^{233} , dan Pu^{239} .

b. Hasil Aktivasi

Diakibatkan aktifasi dari teras reaktor dimana hasil dari reaksi fisi termasuk elemen nuklir, misalnya peralatan untuk produksi radioisotop termasuk juga di dalamnya bahan struktur reaktor, air pendingin dan sebagainya.

c. Hasil kontaminasi.

Dihasilkan akibat kontak langsung antara radio nuklida dengan benda atau alat yang digunakan untuk menampung bahan bakar radioaktif⁽¹⁾.

Radioaktif pada akhirnya akan menjadi limbah radioaktif, maka diperlukan pengolahan yang sesuai.

Limbah Radioaktif Cair

Limbah radioaktif cair adalah limbah yang paling banyak dihasilkan oleh instalasi yang menggunakan fasilitas nuklir, karena hampir pada setiap bagian instalasi nuklir menggunakan air sebagai bahan untuk proses ataupun pencucian. Dari bahaya yang ditimbulkan limbah radioaktif cair dapat dibagi menjadi tiga, yaitu limbah cair



konsentrasi tinggi, limbah cair konsentrasi menengah dan limbah cair konsentrasi rendah⁽¹⁾.

Menurut aktivitasnya, limbah radioaktif cair diklasifikasikan menjadi lima kategori:

Kategori 1 : Limbah radioaktif cair yang mempunyai aktivitas dibawah 10^{-6} μCi /ml.

Limbah ini dapat langsung dibuang ke lingkungan.

Kategori 2 : Limbah radioaktif cair yang mempunyai aktivitas antara 10^{-6} μCi /ml sampai 10^{-3} μCi /ml Limbah ini diolah tanpa menggunakan perisai.

Kategori 3 : Limbah radioaktif cair yang mempunyai aktivitas antara 10^{-3} μCi /ml sampai 10^{-1} μCi /ml Limbah ini perlu perisai pada bagian tertentu dalam pengolahannya.

Kategori 4 : Limbah radioaktif cair yang mempunyai aktivitas antara 10^{-1} μCi /ml sampai 10^1 μCi /ml Limbah ini perlu menggunakan perisai dalam pengolahannya.

Kategori 5 : Limbah radioaktif cair yang mempunyai aktivitas antara 10^1 μCi /ml sampai 10^4 μCi /ml Limbah ini perlu pendingin dalam pengolahannya atau ditingkatkan waktu yang lama sebelum diolah⁽¹⁾.

Pengolahan Limbah Cair

Tujuan pengolahan limbah cair adalah untuk menurunkan kadar zat pencemar yang terkandung di dalam air limbah sampai memenuhi persyaratan yang berlaku⁽¹⁾.

Pengolahan Limbah Uranium

Pengolahan limbah uranium pada dasarnya adalah untuk meminimasi pencemaran uranium yang ada, maka diperlukan suatu proses. Proses pengolahan limbah uranium diantaranya adalah: Absorpsi, penukar ion, evaporasi, sementasi dan sebagainya.

Absorpsi

Pada prinsipnya proses absorpsi sama dengan proses dekontaminasi dan penukar ion, tetapi pada proses absorpsi menggunakan mineral (sorbent) sehingga lebih ekonomis.

Sifat sorpsi yang penting di antaranya adalah:

- ◆ Sorpsi kapasitas.
- ◆ Sorpsi kinetik.
- ◆ Pengaruh ion.
- ◆ Porositas

Sifat-sifat hidrodinamika.

Kriteria tersebut sebagai dasar untuk memilih sorben yang sesuai untuk dekontaminasi radionuklida yang ada dalam limbah⁽¹⁾.

Lempung

Lempung adalah mineral lokal yang secara ekonomis dapat digunakan sebagai bahan penyerap

uranium dalam limbah cair. Salah satu faktor penting berkaitan dengan penggunaan mineral lokal lempung untuk penyerap zat berbahaya dalam limbah industri adalah kemampuan lempung dalam hal pertukaran ionnya. Selain harganya murah, pemakaian mineral lokal untuk mengolah limbah cair, memiliki kemudahan dalam pengolahan lanjut misalnya dalam proses solidifikasi pasca penjerapan, misalnya dengan metode sementasi atau metode keramikisasi. Kemampuan lempung sebagai adsorben karena di dalam mineral lempung mengandung senyawa aluminium silikat yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi terbentuk oleh tetrahedral AlO_4^{5-} dan SiO_4^{4-} dengan rongga di dalamnya terisi ion-ion logam biasanya logam alkali tanah (Na, K, Mg, Ca dan Fe) dan molekul air yang dapat bergerak bebas^(2,3).

Lempung diduga juga mengandung monmorilonit cukup besar, sehingga diperkirakan dapat digunakan sebagai adsorben yang efisien, terlebih setelah dilakukan pengaktifan fisika maupun pengaktifan kimia. Karakter adsorben mineral lokal pada umumnya terjadi karena adanya pembentukan kerangka struktur molekuler dari penggabungan molekul-molekul tetrahedral membentuk celah dan saluran yang teratur sehingga menyebabkan adanya struktur berpori. Celah dan saluran dalam struktur yang terjadi memungkinkan suatu molekul yang mungkin melewatinya dapat terperangkap di dalamnya. Sifat-sifat ini yang menjadikan mineral lokal lempung dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berbahaya dalam limbah cair, penyaring molekul dan sebagai penukar ion. Penyerapan uranium dalam limbah cair menggunakan mineral lokal lempung sebagai adsorben, perlu terus dikembangkan mengingat adanya kemudahan dari pengolahan lanjut dari metode ini, misalnya dengan sementasi dan atau metode keramik limbah^(4,5,6).

Perhitungan

1. Menentukan faktor dekontaminasi.

Untuk menentukan faktor dekontaminasi digunakan rumus⁽¹⁾.

$$FD = \frac{A_0}{A_1} \quad (1)$$

FD = Faktor dekontaminasi (ppm/ppm)

A_0 = Aktivitas sebelum diolah (ppm)

A_1 = Aktivitas sesudah diolah (ppm)

2. Menentukan Efisiensi pemisahan.

Untuk menentukan efisiensi pemisahan digunakan rumus⁽¹⁾

$$EP = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (2)$$

EP = Efisiensi Pemisahan (%)

A_0 = Aktivitas sebelum diolah (ppm)

A_1 = Aktivitas sesudah diolah (ppm)



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

TATA KERJA

Bahan yang digunakan

Uranium nitrat $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, Lempung dari Hargo Mulyo Bantul Yogyakarta dengan ukuran butiran lolos 100 mesh (mesh-100 +200) dan Aquades.

Peralatan yang digunakan

Lumpang / alat penumbuk, Ayakan, Neraca analitis, Peralatan gelas, Kertas saring, Perangkat Jar Test dan Spektrometer, UV

Cara kerja

Preparasi mineral lempung

Lempung kering dari Nanggulan ditumbuk dalam lumpang besi sampai hancur menjadi serbuk halus. Selanjutnya serbuk diayak hingga diperoleh serbuk dengan ukuran butir lolos (100 mesh), selanjutnya disimpan dalam wadah yang rapat.

Proses sorpsi

Gelas beker 100 ml sebanyak 4 buah yang berisi limbah cair uranium 10 ml (kadar uranium = 100 ppm) ditambahkan serbuk lempung hasil pengayaan dengan ukuran butir 100 mesh sebanyak 0,5 gram, selanjutnya campuran diaduk menggunakan Jar Tes pada kecepatan pengadukan 20 rpm selama 30 menit. Dan suhu 30 °C Hasil pengadukan dianalisis kadar uraniumnya menggunakan spektrofotometri.

Dengan cara yang sama dilakukan variasi waktu pengadukan (35,30,25,20, 15, 10, 5 menit) dan variasi suhu (28,30,35, 40, 50, 60 °C) dan variasi konsentrasi awal uranium 50, 100, 200, 400, 800 ppm dan variasi kecepatan pengadukan (20,50,100, 150, 200, 250 dan 300 rpm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini ukuran butir lempung sebagai penyerap ditentukan yaitu butiran dengan ukuran lolos 100 mesh.

Menentukan pengaruh waktu pengadukan terhadap hasil absorpsi

Pada percobaan pengaruh waktu pengadukan terhadap hasil absorpsi menggunakan limbah awal dengan kandungan uranium 100 ppm dan pengadukan divariasikan 5 s/d 35 menit. Waktu pengadukan mempunyai pengaruh yang signifikan pada proses absorpsi limbah uranium menggunakan lempung. Hal ini dapat dimengerti karena pada waktu yang lama maka kontak antara penyerap dengan uranium menjadi semakin sempurna. Dari data yang ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan, akan menghasilkan penyerapan limbah

uranium yang semakin baik sehingga kadar uranium didalam limbah menurun dan efisiensi pemisahan semakin besar. Apabila waktu pengadukan terus dinaikkan maka kadar uranium dalam beningan terus menurun dan mencapai hasil maksimum pada waktu pengadukan 25 menit. Pada waktu pengadukan 25 menit apabila waktu pengadukan terus ditambah hasilnya tetap sama, yang mengakibatkan kadar uranium didalam limbah dan efisiensi pemisahannya sama juga, sehingga ditetapkan bahwa kondisi proses absorpsi limbah uranium menggunakan adsorben lempung Hargo Mulyo Bantul terbaik dicapai pada waktu pengadukan selama 25 menit. Data dari pengaruh waktu pengadukan terhadap hasil adsorpsi dapat dilihat seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh waktu pengadukan terhadap hasil absorpsi pada pemisahan U (umpan U = 100 ppm).

No	Waktu Pengadukan (menit)	Konsentrasi U dalam beningan (ppm)	Efisiensi Pemisahan (%)
1	5	30,25	69,75
2	10	20,20	79,80
3	15	15,30	84,70
4	20	8,15	91,85
5	25	1,35	98,65
6	30	1,35	98,65
7	35	1,35	98,65

Dari tabel 1 menunjukkan bahwa apabila waktu pengadukan dinaikkan maka kadar uranium dalam beningan terus menurun sedangkan efisiensi pemisahannya meningkat dan mencapai hasil maksimum pada waktu pengadukan 25 menit. Pada waktu pengadukan 25 menit apabila waktu pengadukan terus ditambah hasilnya tetap sama, Sehingga kadar uranium didalam limbah dan efisiensi pemisahannya juga sama, sehingga ditetapkan bahwa kondisi proses absorpsi limbah uranium menggunakan adsorben lempung Nanggulan terbaik dicapai pada waktu pengadukan 25 menit.

Pengaruh suhu dan konsentrasi awal terhadap faktor dekontaminasi

Dalam proses penyerapan (absorpsi) terdapat dua media yang saling berinteraksi, yaitu adsorben sebagai media penyerap dan adsorbat sebagai media terserap. Pada penelitian ini lempung merupakan adsorben dan larutan uranium sebagai adsorbat. Absorpsi adalah pembentukan lapisan gas, cair atau padat diatas permukaan suatu zat padat. Pada proses absorpsi akan terjadi pertukaran ion, sehingga ada kemungkinan proses ini akan terpengaruh oleh suhu. Dalam penelitian ini



dilakukan percobaan penyerapan dalam beberapa macam suhu dan beberapa macam konsentrasi awal uranium.

Dari hasil penelitian diperoleh hasil seperti pada tabel 2

Tabel 2. Pengaruh suhu pengadukan dan konsentrasi awal terhadap faktor dekontaminasi

No	Suhu °C	Faktor Dekontaminasi (FD) pada umpan awal uranium dalam limbah cair				
		A	B	C	D	E
1	28	46,15	46,46	46,46	20,38	14,64
2	30	99,10	99,10	99,10	25,50	17,60
3	35	47,42	47,42	47,42	22,20	15,82
4	40	36,88	36,88	36,88	20,32	14,68
5	45	20,79	20,79	20,79	18,25	12,74
6	50	11,63	11,63	11,63	8,46	8,08
7	60	7,10	7,10	7,10	5,93	4,71

(A = 50; B = 100; C = 200; D = 400; E = 800) ppm

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal yang besar akan semakin menurunkan faktor dekontaminasi hal ini dapat terjadi karena konsentrasi awal yang semakin besar akan semakin pekat yang mengakibatkan kemampuan lempung menyerap semakin turun sehingga menurunkan faktor dekontaminasi dan jika konsentrasi awal diturunkan akan semakin memperbesar faktor dekontaminasi karena konsentrasi awal yang kecil lebih encer sehingga kemampuan lempung menyerap semakin besar yang mengakibatkan faktor dekontaminasi semakin besar pula. Apabila konsentrasi uranium sebelum diolah diturunkan faktor dekontaminasi akan terus meningkat dan mencapai hasil maksimum pada konsentrasi awal 200 ppm. Pada saat konsentrasi awal 200 ppm jika diturunkan sudah tidak berpengaruh lagi dan hasil konsentrasi dalam beningan tetap sama dan faktor dekontaminasi sama juga. Sehingga ditetapkan bahwa konsentrasi awal terbaik adalah 200 ppm. Sedangkan suhu 30 °C memperoleh hasil terbaik apabila suhu dinaikkan akan semakin menurunkan faktor dekontaminasi hal ini terjadi karena jika suhu dinaikkan limbah akan menguap sehingga konsentrasi uranium semakin besar yang mengakibatkan faktor dekontaminasi semakin turun.

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap hasil absorpsi.

Pada percobaan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap hasil absorpsi menggunakan limbah awal dengan kandungan uranium 100 ppm sedangkan kecepatan pengadukan divariasikan 20 s/d 300 rpm. Kecepatan pengadukan berpengaruh cukup besar terhadap hasil absorpsi. Semakin cepat

kecepatan pengadukan akan menghasilkan beningan dengan kadar uranium yang semakin besar sehingga menurunkan faktor dekontaminasi. Data dari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap hasil absorpsi dapat dilihat seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap hasil absorpsi.

No	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi U dalam beningan (ppm)	Faktor Dekontaminasi
1	20	1,50	66,67
1	50	1,35	74,07
2	100	1,48	67,57
3	150	1,94	51,55
4	200	2,20	45,45
5	250	2,95	33,90
6	300	3,30	30,30

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa apabila kecepatan pengadukan dinaikkan maka kandungan uranium pada beningan akan semakin besar sehingga faktor dekontaminasi menurun hal ini dapat terjadi karena kecepatan pengadukan yang tinggi akan mengakibatkan kehomoginan cairan berkurang yang mengakibatkan kandungan uranium pada beningan akan semakin besar sehingga faktor dekontaminasi menurun dari hasil penelitian diperoleh hasil terbaik adalah kecepatan pengadukan 50 rpm yang menghasilkan beningan dengan kadar uranium 1,35 ppm dan faktor dekontaminasi 74,07.

Pada penelitian ini untuk perbandingan limbah cair dengan penyerap yang digunakan adalah 0,5 gram lempung pada 10 ml limbah uranium.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan :

1. Lempung dari Hargo Mulyo Bantul dapat digunakan untuk bahan absorben yang efektif untuk mengolah limbah uranium aktivitas rendah.
2. Diketahui hasil yang paling baik adalah pada waktu pengadukan 25 menit, kecepatan pengadukan 50 rpm, suhu 30 °C, dengan konsentrasi awal uranium 200 ppm, yang memberikan faktor dekontaminasi 98,65.

PUSTAKA

1. Rono Dirdjo, S, *Diktat Kuliah Pengolahan Sampah Radioaktif*, Bagian Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, (1982).
2. ANONIM, "Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup tentang,



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

- Standart Baku Mutu air Limbah di Indonesia, Jakarta, (1999)
3. OTHMER, KIRK, "Molecular Sieve ", Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Volume 15, John Wiley and Sons, p.14, (1981)
 4. ENDRO.K, DKK, " Pengolahan Kimia Limbah Khrom Menggunakan Teknologi Flokulasi Koagulasi", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, ISSN : 1420, Yoyakarta, (2000).
 5. NURIMANIWATHY, DKK, Pengolahan Konsentrat Limbah Cair Khrom Menggunakan Natrium Hidroksida dan Natrium Bikarbonat, Prosiding Seminar Penelitian Pengelolaan Perangkat Nuklir, ISSN : 1410, Yogyakarta, (2001)
 6. ENDRO, DKK, "Optimasi Pengolahan Limbah Uranium Residu Proses Recovery Uranium Menggunakan Kalsium Karbonat", Prosiding

Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, Yogyakarta, (2002).

TANYA JAWAB

Sudaryadi

- Yang bagaimanakah kondisi terbaik itu?

Sunardi

- ✧ *Kondisi terbaik adalah waktu pengadukan 25 menit, kecepatan pengadukan 50 rpm, suhu 30 oC dan kandungan umpan U 200 rpm*

Purwoto

- Bagaimana cara penentuan FD dan efisiensi pemisahan?

Sunardi

- ✧ *FD dihitung dengan persamaan 1 dan efisiensi dengan persamaan 2*