

STABILIZATION OF DRY SLUDGE OF LIQUID WASTE OF LEATHER TREATMENT BY USING FLY ASH

Stabilisasi Lumpur Kering Dari Limbah Cair Pengolahan Kulit Dengan Abu Layang

Cahya Widiyati ^{a,*} and Herry Poernomo ^b

^a Akademi Teknologi Kulit – Departemen Perindustrian,
Ring Road Selatan, Jl. Imogiri Km. 6, Bangunharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta

^b Center of Research and Development for Advanced Technology,
National Nuclear Energy Agency, Jl. Babarsari Kotakpos 1008 Yogyakarta, 55010

Received 20 January 2005; Accepted 26 January 2005

ABSTRACT

The experiment of solidification of dry sludge of liquid waste of leather treatment are containing chrome (Cr) by using fly ash has been done. The experiment objective are immobilize Cr in the solid waste by using pozzoland cement was made of fly ash in order to stable in the repository. The experiment were carried out by solidification of solid waste are containing total chrome of 1480.5 mg/kg sum of 2 – 10 weight % of (water + pozzoland cement) by using pozzoland cement was made from the mixture of fly ash and calcite were burned at 1000 °C temperature for 2 hours. The characterization of the solid composite of stabilization result consist of the compressive strength test and the leaching test by American Nuclear Society (ANS-16.1) method. The experiment result were shown that pozzoland cement can binding solid waste sum of 10 weight % of (water + pozzoland cement) became the composite of waste concrete with the compressive strength of 577 ton/m² and the chrome leaching test for 14 days of 0.059 mg/l. The composite of waste concrete according to Bapedal rule for solidification of toxic waste with minimum compressive strength of 10 ton/m² and maximum leached chrome of 5 mg/L.

Keywords: stabilization, solid waste, leather treatment, fly ash.

PENDAHULUAN

Kandungan krom yang terdapat di dalam limbah padat hasil *filter press* dari industri penyamakan kulit PT. Budi Makmur Yogyakarta adalah 1480,5 mg/kg. Tingginya kandungan bahan pencemar ini melampaui kategori untuk pembuangan di *secure landfill* kategori II yaitu 250 mg Cr/kg [1]. Dengan demikian limbah padat tersebut masih memerlukan penanganan dengan stabilisasi agar aman untuk dibuang ke *secure landfill*.

Proses stabilisasi ini merupakan suatu proses pengolahan limbah B3 untuk mengungkung atau menjepit kandungan B3 dalam suatu komposit beton-limbah bentuk monolit yang terbentuk dari kristal-kristal yang saling berikatan secara erat dan kuat sehingga akan memperkecil daya larut limbah B3 tersebut bila dibuang ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). Untuk mengurangi dampak negatif

dari pembuangan limbah padat dengan biaya yang relatif murah, maka limbah padat tersebut perlu distabilisasi atau disolidifikasi menggunakan bahan yang bersifat pozolanik. Bahan pozolan merupakan material halus aluminasilika yang tidak mengandung semen, tetapi dengan keberadaan kapur dan air akan mengeras seperti semen.

Menurut ASTM 618-91, pozolan terbagi menjadi beberapa jenis yaitu [2,3]:

Kelas N : Pozolan yang berasal dari material-material alam seperti trass, diatome, lempung, kaolin, bentonit, dan lain-lain.

Kelas F & C : Pozolan artifisial atau buatan dengan contoh *slag furnace* atau abu layang dari pembakaran batubara.

Karakteristik beberapa jenis pozolan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 [2,3]

Semen yang dapat digunakan sebagai substitusi semen portland adalah semen pozolan (SP). Secara umum keberadaan pozolan pada beton akan menurunkan kuat tekan awal pada beton. Kekuatan akhirnya akan melebihi kuat tekan beton dari semen *portland* tipe I [3].

* Corresponding author.
Email address : cahyawidiyati@yahoo.com

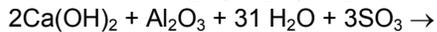
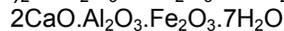
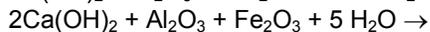
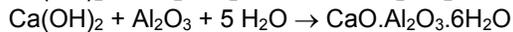
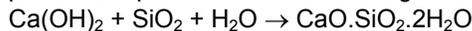
Tabel 1 Pengelompokan pozolan menurut ASTM C 618-91

		N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	min (%)	70,0	70,0	50,0
SO ₃	maks (%)	4,0	5,0	5,0
Kadar air	maks (%)	3,0	3,0	3,0
Hilang pijar	maks (%)	10,0	12,0	6,0
Alkali sebagai Na ₂ O	maks (%)	1,5	1,5	1,5
Pozolan activity dengan kapur 7 hari : min (psi)		800	800	-
	min (kg/cm ²)	56,248	56,248	-

Tabel 2 Syarat pozolan menurut NI -20 [3]

	Tingkat I	Tingkat II	Tingkat III
Kadar air bebas pada 110°C (%)	6	6-8	8-9
Besar butir : lolos ayakan 2,5 mm sisa di ayakan 0,21 mm (%)	10	10-30	30-50
Waktu pengikatan	1x24 jam	2x24jam	3x24jam
Umur 14 hari : kuat tekan (kg/cm ²)	100	100-75	75-50
kuat tarik (kg/cm ²)	15	15-12	12-8

Pada semen pozolan reaksi yang terjadi antara pozolan, kapur dan air adalah sebagai berikut :



Pada semen pozolan terbentuknya kalsium hidroksida melambat dan berjumlah sedikit, maka timbulnya panas hidrasi juga melambat. Hal ini dapat menghindari adanya pecah-pecah atau retak-retak pada beton.

Bahan-bahan pozolan yang akan digunakan sebagai pengikat pada proses stabilisasi yaitu abu layang. Abu layang mudah diperoleh dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) batubara karena merupakan limbah padat dalam jumlah yang sangat banyak. Abu layang dari PLTU Suralaya mengandung 54,04% SiO₂, 24,29% Al₂O₃, 7,42% Fe₂O₃, 2,28% Na₂O, 0,41% SO₃ [3]. Ditinjau dari total kandungan SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃, maka abu layang dapat bersifat pozolanik seperti persyaratan pada Tabel 1, sehingga apabila dicampur dengan senyawa kalsium (kapur) dan air dapat mengeras seperti beton semen.

Proses stabilisasi limbah krom sebagai berikut: senyawa seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ yang terdapat dalam abu layang akan bereaksi dengan kapur dan air membentuk kristal-kristal seperti kalsium silikat hidrat (KSH), kalsium aluminat hidrat (KAH), kalsium aluminat ferit hidrat (KAFH) yang akan mengikat kuat senyawa B3 tersebut menjadi komposit beton-

limbah dalam bentuk monolit yang keras, kuat dan relatif tahan terhadap pengaruh panas dan air.

Analisis logam krom di dalam limbah dapat ditentukan dengan kolometri menggunakan spektrofotometer. Dalam penentuan krom valensi 6 dengan cara penambahan karbazide dalam larutan asam, maka akan dihasilkan komposisi warna merah violet. Reaksi pembentukan warna ini sangat sensitif dan akan menyerap sinar pada panjang gelombang 540 nm. Apabila krom valensi 3 dan valensi 6 terlarut akan ditentukan bersama, maka krom valensi 3 dioksidasi terlebih dahulu dengan KMnO₄, kelebihan KMnO₄ direduksi dengan natrium azida (NaN₃). Pada pembentukan warna dengan penambahan diphenyl karbazide berlebihan, akan memberikan warna merah violet. Kemudian absorbansi diukur pada spektrofotometer, pada panjang gelombang 540 nm.

METODE PENELITIAN

Bahan

Abu layang dari PLTU Suralaya lolos saringan 400 mesh dengan komposisi kimia (dalam % berat) : SiO₂ = 60,51, Al₂O₃ = 23,24, Fe₂O₃ = 5,07, CaO = 2,95, MgO = 1,37, K₂O = 0,47, Na₂O = 0,72, TiO₂ = 0,61, MnO = 0,07, P₂O₅ = 0,33, SO₃ = 0,41. Sedangkan kandungan mineral antara lain adalah gelas amorf (SiO₂ amorf), mullite (3Al₂O₃.2SiO₂), magnetite (Fe₂O₃), hematite (Fe₃O₄) dan kuarsa (SiO₂) [4]. Limbah padat penyamakan kulit dari PT. Budi Makmur dengan kandungan Cr = 1480,5 mg/kg, kapur (CaCO₃) dan akuades.

Alat

Mixer, neraca analitik Sartorius, alat tekan hidrolis Paul Weber, Spektrofotometer.

Prosedur Kerja

Pembuatan semen pozolan dari abu layang

Semen pozolan dibuat dengan cara mencampur abu layang lolos saringan 400 mesh dengan dicampur serbuk CaCO_3 berukuran -200 + 400 mesh, dibakar dalam oven pada suhu 1000 °C dengan variasi waktu 1 s.d. 5 jam. Semen pozolan (SP) sebanyak 370 g dimasukkan ke dalam beker gelas, ditambah 130 g air (A) sehingga perbandingan A/SP = 0,35; kemudian diaduk dengan alat pengaduk listrik (*mixer*) sampai menjadi adonan yang homogen. Setelah homogen adonan dimasukkan ke dalam beberapa tabung polietilen dengan diameter 3,78 cm dan tinggi 3,72 cm. Selanjutnya tabung polietilen ditutup, diberi tanda dan diperam selama 14 hari. Dari variasi waktu pembakaran tersebut yang mempunyai hasil kuat tekan terbesar digunakan untuk kondisi proses pada proses stabilisasi limbah padat penyamakan kulit dengan beban limbah padat : 2% - 10% berat (A + SP).

Stabilisasi limbah padat dengan semen pozolan

Semen pozolan sebanyak 370 g, 130 g air dan limbah padat penyamakan kulit sebanyak 2 % berat (A+SP) atau 10 g limbah padat dengan ukuran butir -200 + 400 mesh dan kandungan krom sebesar 1480,5 mg/kg dimasukkan ke dalam beker gelas 1000 mL, diaduk dengan *mixer* sampai homogen, adonan dituang ke dalam beberapa tabung polietilen, ditutup dan diperam selama 28 hari. Setelah 28 hari komposit beton-limbah dalam tabung polietilen dikeluarkan, dilakukan uji tekan menggunakan alat tekan hidrolis dan diuji lindi secara statis dengan cara merendam dalam media lindi akuades di dalam wadah tertutup. Perbandingan volume akuades dalam wadah dengan luas permukaan komposit beton-limbah yang direndam = 10 cm. Setelah 14 hari perendaman dianalisis kandungan krom dalam komposit beton-limbah yang terlindi dalam akuades, analisis krom dilakukan dengan spektrofotometer. Dilakukan dengan cara yang sama masing-masing untuk beban limbah krom 4, 6, 8, dan 10% berat (A+SP). Setiap variasi beban limbah krom dibuat bahan uji masing-masing sebanyak 6 buah dengan rincian 4 buah untuk uji tekan dan 2 buah untuk uji lindi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Semen Pozolan dari Abu Layang

Semen pozolan yang terbuat dari abu layang dilakukan uji kuat tekan terhadap komposit beton

pada umur 14 hari sesuai NI-20 yang disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa semen pozolan yang terbuat dari proses pembakaran campuran abu layang dan CaCO_3 pada suhu 1000 °C selama 2 jam mempunyai kuat tekan terbaik. Waktu pembakaran campuran abu layang dan CaCO_3 yang lebih dari 2 jam menjadikan sifat pozolanik menjadi berkurang yang ditandai dengan hasil kuat tekan komposit beton yang berumur 14 hari semakin berkurang. Hal ini dapat dijelaskan dengan reaksi sebagai berikut [5] :

1. Pada saat pembakaran mencapai suhu 650 °C aluminasilika dan CaCO_3 terdekomposisi:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$
2. Pada pembakaran mencapai suhu 650 – 940 °C terjadi reaksi :

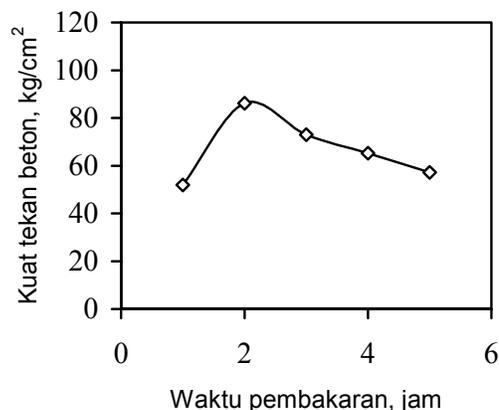
$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ amorf} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (kristal)} + \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$$
3. Pada suhu 1000 °C, alumina dan silika bergabung menjadi *mullite*

$$3\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (kristal)} + 2\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$$

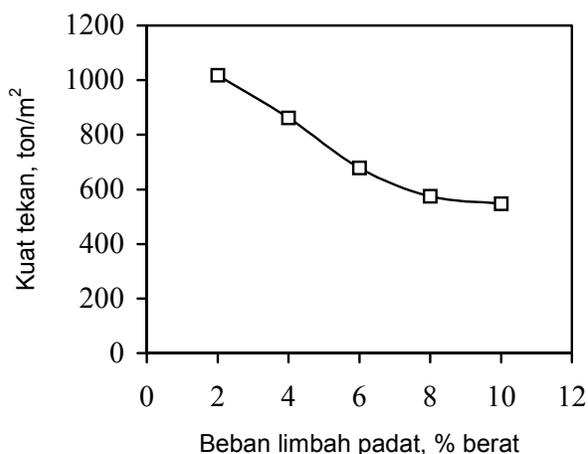
mullite

Dengan bertambahnya waktu pembakaran maka SiO_2 dalam abu layang yang semula menjadi reaktif berangsur-angsur reaktifasinya berkurang karena mulai bereaksi dengan Al_2O_3 membentuk senyawa *mullite* ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) yang merupakan bahan pembentuk keramik yang stabil.

Ditinjau dari syarat pozolan menurut NI-20 pada Tabel 2, maka pembuatan semen pozolan dari campuran abu layang dan CaCO_3 yang dibakar pada suhu 1000 °C selama 2 jam memberikan komposit beton terbaik dengan kuat tekan 86,10 kg/cm² yang termasuk bahan dengan sifat pozolanik tingkat II dengan kuat tekan komposit beton umur 14 hari sebesar 75 – 100 kg/cm².



Gambar 1 Pengaruh waktu pembakaran adonan abu layang + kapur terhadap kuat tekan komposit beton pada *curing time* 14 hari



Gambar 2 Pengaruh beban limbah padat terhadap kuat tekan komposit beton-limbah hasil stabilisasi limbah padat menggunakan semen pozolan hasil pembakaran abu layang + kapur 1000 °C selama 2 jam

Tabel 3 Nilai kuat tekan komposit beton-limbah hasil stabilisasi pada variasi beban limbah menurut katagori SII

Beban Limbah (%)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Bata Beton Pejal Kategori SII
2	101,7	Kelas B (100)
4	86,1	Kelas B (40)
6	67,8	Kelas B (40)
8	57,4	Kelas B (40)
10	54,7	Kelas B (40)

Pembuatan semen pozolan dari campuran abu layang dan CaCO₃ yang dibakar selama 1, 3, 4 dan 5 jam termasuk bahan dengan sifat pozolanik tingkat III dengan kuat tekan komposit beton umur 14 hari sebesar 50 - 75 kg/cm².

Kuat Tekan Komposit Beton-Limbah Hasil Stabilisasi Limbah Padat Krom Menggunakan Semen Pozolan

Komposit beton tanpa beban limbah dengan kualitas terbaik yaitu semen pozolan dari campuran abu layang dan CaCO₃ yang dibakar pada suhu 1000 °C selama 2 jam. Semen pozolan ini digunakan sebagai bahan pengikat atau pematat limbah padat penyamakan kulit dengan kandungan krom 1480,5 mg/kg. Dengan adanya beban limbah tentu akan mengurangi kualitas komposit beton-limbah dari hasil stabilisasi. Berapa beban limbah yang mampu diikat oleh semen pozolan menjadi komposit beton-limbah yang memenuhi persyaratan dari Bapedal tentang stabilisasi limbah B3 [1]. Pada penelitian ini dicoba beban limbah padat krom dari 2 s.d. 10% dari berat (air + semen pozolan).

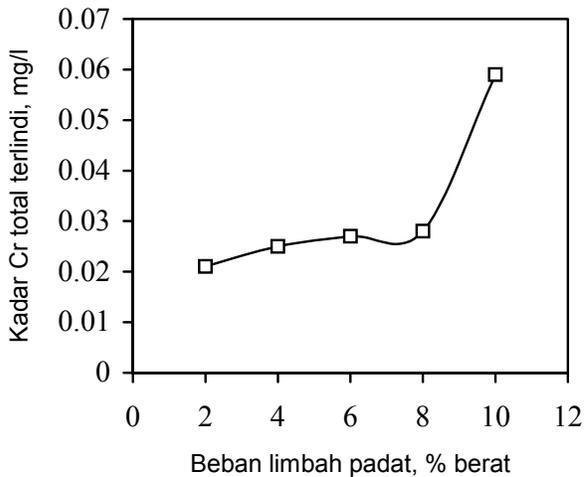
Pengaruh beban limbah padat krom terhadap karakteristik komposit beton-limbah hasil stabilisasi ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak beban limbah padat yang mengandung krom menyebabkan kuat tekan komposit beton-limbah hasil stabilisasi semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena daya ikat kristal-kristal seperti kalsium silikat hidrat (KSH), kalsium aluminat hidrat (KAH) dan kalsium aluminat-ferit hidrat (KAFH) yang terbentuk dari reaksi antara air kapur dengan senyawa SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ dalam abu layang menjadi berkurang karena terganggu oleh molekul-molekul yang berada dalam limbah padat tersebut. Sampai dengan beban limbah 10% ternyata abu layang hasil reaktifasi mampu menstabilisasi limbah padat krom hasil *filter press* dari industri penyamakan kulit dengan hasil kuat tekan komposit beton-limbah yang jauh lebih besar daripada yang dipersyaratkan oleh Bapedal untuk stabilisasi limbah B3 yaitu kuat tekan minimum adalah 10 ton/m².

Ditinjau dari nilai kuat tekan komposit beton-limbah yang cukup tinggi maka komposit beton-limbah bisa dimodifikasi dan dikembangkan supaya bisa dimanfaatkan untuk bahan bangunan menurut kategori SII [6] sesuai dengan nilai kuat tekan yang dimiliki oleh masing-masing komposit beton-limbah yang tercantum pada Tabel 3.

Kadar Cr Total yang Terlindi ke Air dari Komposit Beton-Limbah

Ketentuan penting lainnya yang dipersyaratkan oleh Bapedal terhadap padatan hasil stabilisasi limbah B3 adalah uji pelindian. Uji kimia-fisik dengan pelindian atau ekstraksi pada umumnya digunakan untuk menilai kinerja komposit hasil proses stabilisasi limbah yang akan di *landfilling*, dikenal sebagai uji pelindian atau *leaching test*. Terdapat beragam uji pelindian, diantaranya dapat dibagi menjadi : uji dengan ekstraksi atau ekstraksi secara *batch*, uji dengan kolom lisimeter, uji pelindian. Uji-uji tersebut umumnya digunakan untuk mensimulasi kondisi limbah dalam *landfill* yang terpapar dengan lingkungan sekitarnya, seperti air hujan, air lindi dari limbah itu sendiri.

Uji pelindian dilakukan dengan limbah dilindian tanpa dihaluskan lebih dahulu (kondisi komposit) yang dapat dijalankan dengan dua kondisi, pertama yaitu kondisi statis dengan kecepatan pelindian rendah karena dalam kondisi hidrolis yang statis, kedua yaitu kondisi dinamis yang mana pelindian terjadi dalam kondisi *non-equilibrium*, karena larutan pelindi diganti secara periodik dengan yang baru [7].



Gambar 3 Pengaruh beban limbah padat terhadap krom yang terlindi berdasarkan metoda *American Nuclear Society* ANS-16.1

Dalam hal ini uji pelindian Cr total terhadap komposit komposit beton-limbah dilakukan dengan memodifikasi metode uji pelindian pada kondisi statis dengan metode dari *American Nuclear Society* (ANS-16.1, 1986) [8]. Caranya yaitu monolit komposit beton-limbah direndam dalam media pelindi akuades dengan perbandingan antara volume bahan uji dengan luas permukaan bahan uji = 10 cm. Setelah 14 hari dianalisis kandungan Cr total yang terlindi di dalam akuades dengan hasil seperti terlihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa kadar Cr total yang terlindi dalam akuades dari komposit komposit beton-limbah dengan beban limbah padat penyamakan kulit sebesar 2, 4, 6, 8 dan 10% berturut-turut adalah 0,021, 0,025, 0,027, 0,028 dan 0,059 mg/L. Dari hasil uji pelindian tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar beban limbah, maka Cr total yang terlindi semakin banyak. Hal ini disebabkan karena daya ikat kristal-kristal (KSH, KAH, KAFH) untuk menjepit senyawa Cr dalam limbah padat semakin kecil karena terganggu oleh molekul-molekul yang ada dalam limbah padat. Karena proses stabilisasi terganggu, maka dimungkinkan akan menambah jumlah pori yang terbentuk di dalam bodi komposit komposit beton-limbah. Dengan demikian akuades di luar bodi komposit komposit beton-limbah akan masuk ke dalam bodi komposit dan mengisi pori-pori, kemudian Cr dalam bodi komposit terdifusi ke luar bodi komposit masuk ke media lindi bersama-sama dengan Cr yang terlindi lebih awal dari permukaan bodi komposit.

KESIMPULAN

1. Kuat tekan monolit komposit beton-limbah dengan beban limbah sampai dengan 10% dari berat (air + semen pozolan) adalah 54,7 kg/cm²

atau 547 ton/m², sedangkan syarat Bapedal kuat tekan minimum adalah 10 ton/m². Menurut SII 0284-80 hasil monolit komposit dengan kuat tekan tersebut termasuk katagori batu beton pejal kelas B (100) - kelas B (40).

2. Hasil uji pelindian Cr terhadap monolit komposit beton-limbah dalam media akuades secara statis pada hari ke-14 untuk beban limbah sampai dengan 10% dari berat (air + semen pozolan) adalah 0,059 mg/L yang terdapat dalam air lindi. Konsentrasi krom tersebut masih di bawah syarat Bapedal yaitu kadar maksimum krom dalam air lindi adalah 5 mg/L.
3. Limbah abu layang dari PLTU batubara dapat dipakai untuk stabilisasi limbah B3 (Cr) dari industri penyamakan kulit dengan hasil yang baik yaitu uji kuat tekan dan uji pelindian terhadap monolit komposit beton-limbah telah memenuhi syarat dari Bapedal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1996, *Himpunan Peraturan tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Bapedal, Jakarta.
2. Nelson, E.B., 1990, *Cement Additive and Mechanisms of Action*, In : "Well Cementing", Schlumberger Educational Services, 5000 Gulf Freeway Houston, Texas, 3-12.
3. Kawigraha, A., 1997, *Pemanfaatan Sifat Pozolan Abu Batubara untuk Bahan Baku Semen*, Prosiding Konferensi Energi, Sumberdaya Alam dan Lingkungan, BBPT, Jakarta, 278-283.
4. Herry Poernomo, Ign. Djoko Sardjono, M.E. Budiyo, 2000, *Pertukaran Total ⁹⁰Sr dalam Abu Layang untuk Pengolahan Limbah Radioaktif Cair*, Prosiding Seminar Sains Teknologi Nuklir, P3TKN - BATAN, Bandung.
5. Austin, G.T., 1984, *Shreve's Chemical Process Industries*, 5 ed., Mc Graw-Hill International Editions, New York, 144-169.
6. Anonim, 1980, *Mutu dan Cara Uji Bata Beton Pejal (SII 0284-80)*, Departemen Perindustrian, Jakarta.
7. Damanhuri, E., 1999, *Teori TCLP, Hubungannya dengan Uji Karakteristik Limbah B3, Pelatihan Pengujian Karakteristik Limbah B3 dengan Metode TCLP*, Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan, Pusarpedal-Bapedal bekerjasama dengan Japan International Cooperation Agency (JICA).
8. Neilson, R.M., Colombo, P., 1973, *Waste from Development Program Annual Progress Report*, BNL 51614, UC-70, Nuclear Waste Management-TIC 45, New York.