

UJI PELINDIAN SENYAWA-SENYAWA TEMBAGA DAN TIMAH HITAM SETELAH STABILISASI/SOLIDIFIKASI DENGAN SEMEN PORTLAND MENGGUNAKAN ROTARY AGITATOR

Ardeniswan

Pusat Penelitian Kimia - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Cisit - Sangkuriang, Bandung 40135
Telp : 022-2503051, 7106427
E-mail : gutjis@yahoo.com

INTISARI

Dalam penelitian ini, limbah cair yang digunakan sebagai percobaan adalah limbah cair buatan yang mengandung tembaga (II) dan timah hitam (II) masing-masing dengan konsentrasi 500 mg/L. Ion-ion logam ini diendapkan sebagai senyawa hidroksida $[Cu(OH)_2; Pb(OH)_2]$ dan senyawa-senyawa sulfida (CuS, PbS). Endapan ini sebagian langsung diuji pelindiannya dan sebagian lagi dilakukan proses stabilisasi/solidifikasi menggunakan semen Portland. Selanjutnya dilakukan uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) menggunakan alat Rotary Agitator dengan kecepatan putaran rotasi 30 ± 2 rpm selama 18 ± 2 jam.

Dari hasil uji TCLP menunjukkan bahwa senyawa hidroksida $[Cu(OH)_2; Pb(OH)_2]$ tanpa dilakukan proses solidifikasi dengan semen Portland, terlindi sebesar 0,86 mg/L dan 45,6 mg/L. Sedangkan senyawa-senyawa sulfida (CuS, PbS) juga tanpa dilakukan proses solidifikasi dengan semen Portland, yang terlindi sebesar 424 mg/L; dan 159 mg/L. Bilamana senyawa $Cu(OH)_2, CuS, Pb(OH)_2, PbS$ dilakukan proses stabilisasi/solidifikasi dengan semen portland pada perbandingan 1:1 ternyata ion tembaga (II) dari $Cu(OH)_2$ dan ion timah hitam dari $Pb(OH)_2$ tidak mengalami pelindian. Berbeda dengan ion tembaga (II) dalam bentuk CuS , dan ion timah hitam (II) dalam bentuk PbS ternyata mengalami pelindian sebesar 3,56 dan 1,16 mg/L tetapi masih berada dibawah baku mutu TCLP yang dipersyaratkan.

Kata Kunci : limbah cair, logam berat, limbah B3, stabilisasi/solidifikasi, Uji TCLP.

ABSTRACT

In this study, wastewater used in the experimental is an artificial wastewater containing copper and lead with each concentration of 500 mg/L. Metal ions were precipitated as hydroxide compounds $[Cu(OH)_2, Pb(OH)_2]$ and sulfide compounds (CuS, PbS). The precipitate partly was direct leached tested and the other part was stabilized/solidified by using Portland cement. Furthermore, TCLP test (Toxicity Characteristic Leaching procedure) was done by using the Rotary Agitator with rotational speed 30 ± 2 rpm for 18 ± 2 hours.

From the TCLP test results showed that the compounds of $Cu(OH)_2$ and $Pb(OH)_2$ leached without solidification process which carried out with Portland cement, both are 0.86 mg/L and 45.6 mg/L. While the compounds CuS , and PbS leached also without solidification process which carried out with Portland cement, are 424 mg/L; and 159 mg/L.

When the compounds of $Cu(OH)_2, CuS, Pb(OH)_2, PbS$ were stabilized/solidified with Portland cement at the ratio 1:1, apparently both of copper ions from $Cu(OH)_2$ and lead ions from $Pb(OH)_2$ did not experience leaching. In contrast to copper ions in the form of CuS , and lead ions in the form PbS , leaching was experienced at 3.56 mg/L and 1.16 mg/L. These values were still below the required quality standard for TCLP.

Keyword : wastewater, heavy metals, hazardous waste, stabilization/solidification, TCLP test.

PENDAHULUAN

Menurut A. Sukanda, hasil samping kegiatan industri berupa limbah berbahaya dan beracun (B3) di Indonesia diperkirakan rata-rata mencapai 15 juta ton per tahun. Diantaranya baru 2,2 juta ton limbah B3 dapat dikelola dan diolah. Sisanya dibuang ke media perairan umum, tanah, dan laut. Diantara limbah B3 dari industri yang tersebar luas di lingkungan adalah logam berat berbahaya seperti kadmium (Cd), krom valensi enam [Cr(VI)], tembaga (Cu), merkuri (Hg) dan timah hitam (Pb) yang dapat berasal dari industri tekstil, industri cat, industri elektronika, industri penyamakan kulit, dan pelapisan logam. Di dalam perairan, logam-logam pencemar ini akan terakumulasi dalam tubuh ikan dan/atau terserap oleh tanaman, yang pada akhirnya dapat dikonsumsi oleh manusia.

Akumulasi logam berat di dalam tubuh manusia akibat sering mengkonsumsi makanan yang telah tercemar logam berat meskipun dalam konsentrasi rendah. Misalnya, masuknya kadmium (Cd) dalam tubuh manusia dapat mengganti kalsium (Ca) di dalam tulang sehingga dapat menimbulkan rasa nyeri yang luar biasa. "Di dalam tubuh, krom heksavalen Cr(VI) dapat menyebabkan kerusakan liver dan bersifat karsinogenik, merkuri (Hg) yang bersifat racun dapat merusak syaraf, dan timah hitam (Pb) yang bisa menyebabkan kerusakan ginjal dan otak. Adanya pencemaran limbah B3 pada media perairan umum, tanah, laut dan udara dapat menimbulkan gangguan ekosistem yang pada akhirnya dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia/masyarakat. Untuk mencegah bahaya yang dapat ditimbulkannya, diperlukan metoda pengolahan limbah B3 yang dapat menghilangkan/mengurangi daya toksisitasnya ataupun mengambil kembali (recovery) limbah B3 tersebut menjadi bahan yang bermanfaat dan aman digunakan.

Teh.S.Su., et al. (2006) menerangkan bahwa ada berbagai metoda yang telah digunakan untuk

menghilangkan dan mengambil kembali (recovery) logam-logam berat yang ada di dalam limbah yaitu metoda pengendapan secara kimiawi, pertukaran ion, adsorpsi, reverse osmosis dan filtrasi membran.

Hal yang sama juga diterangkan oleh Freeman (1988), dan R. Malviya. (2006) mengatakan bahwa secara kimia pengikatan ion-ion logam berat dapat dilakukan melalui proses absorpsi, detoksifikasi, adsorpsi dan proses pengendapan seperti menggunakan senyawa hidroksida, senyawa sulfida ataupun senyawa karbonat. Selanjutnya dilakukan proses stabilisasi/solidifikasi yaitu proses perubahan menjadi bahan padat, umumnya dilakukan penyemenan (cement based), dan mempunyai karakteristik lebih baik dikaitkan dengan kemungkinan terjadinya pelindian (leachate).

M.A.R Silva, et al. (2007), melakukan pengendapan logam-logam berat dari limbah cair industri pelapisan logam (electroplating) menggunakan campuran lempung dan kapur yang mengandung senyawa hidroksida sebagai zat pengendap serta semen Portland sebagai bahan stabilisasi/solidifikasi.

Secara umum stabilisasi dapat didefinisikan sebagai proses pencampuran limbah dengan bahan tambahan (aditif) dengan tujuan menurunkan laju migrasi bahan pencemar dari limbah serta untuk mengurangi toksisitas limbah tersebut. Sedangkan solidifikasi didefinisikan sebagai proses pemadatan suatu bahan berbahaya dengan penambahan aditif. Kedua proses tersebut seringkali terkait sehingga sering dianggap mempunyai arti yang sama

Penilaian terhadap keefektifan proses stabilisasi/solidifikasi dapat dilakukan melalui uji kualitas bahan yang dihasilkan. Menurut PP 18/1999 juncto PP 85/1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, uji yang dilakukan adalah dengan prosedur ekstraksi Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP).

Berdasarkan Metoda 1311 dari EPA (1992), uji TCLP dirancang untuk menentukan mobilitas

ke dua analit organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah cair, padat dan multi fasa. Pengujian terhadap limbah non-volatil seperti logam berat adalah menguji logam terlindi dalam asam asetat pH $4,93 \pm 0,05$ dengan alat ekstraksi rotary agitator yaitu alat ekstraksi yang berputar secara rotasi, dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm selama 18 ± 2 jm. Hasil pelindian dianalisis untuk mengetahui konsentrasi ion-ion logam yang terlindi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai penanganan limbah B3 secara fisika-kimia dari limbah cair industri.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan kimia yang digunakan adalah asam asetat (p.a), asam nitrat pekat, air bebas mineral, natrium hidroksida, natrium sulfide, semen Portland dan garam-garam dari tembaga (II) dan timbel (II). Semua bahan yang digunakan dalam tingkat kemurnian pro analisis kecuali semen Portland.

Tabel 1. Komposisi Semen Portland

No.	Komposisi	Rumus Kimia	Kadar (%)
1	Kalsium oksida	CaO	67
2	Silikat	SiO ₂	22
3	Aluminium oksida	Al ₂ O ₃	5
4	Ferit	Fe ₂ O ₃	3
5	Komponen lainnya	-	3

Sumber : S. Pariaa and Pak K. Y, (2006)

Peralatan

Peralatan yang digunakan diantaranya spektrofotometer Serapan Atom (SSA), pH- meter, neraca analitis, rotary agitator, seperangkat alat

gelas, corong Buchner, dan botol plastik.

Metoda

Pembuatan larutan pengestraksi pH $4,93 \pm 0,05$

Tambahkan 5,7 mL asam asetat pekat ke dalam 500 mL air bebas mineral, kemudian tambahkan 64,3 mL larutan NaOH 1 N dan diencerkan sampai 1 liter. Atur pH larutan sampai $4,93 \pm 0,05$.

Pembuatan Endapan Tembaga Sulfida dan Tembaga Hidroksida

Untuk pembuatan tembaga sulfida, dibuat dengan cara melarutkan sebanyak 2,3575 gram CuSO₄.5H₂O dalam 600 mL air bebas mineral. Kemudian tambahkan larutan natrium sulfida (Na₂S.8H₂O) sampai tercapai pH 11.

Begitu juga halnya dengan pembuatan tembaga hidroksida dibuat dengan cara mengendapkan larutan garam tembaga (3,5361 gram CuSO₄.5H₂O dalam 600 mL air bebas mineral) dengan penambahan natrium hidroksida [Na(OH)] berlebih sampai tercapai pH 9.

Pembuatan Endapan Timah Hitam Sulfida dan Timah Hitam Hidroksida

Untuk pembuatan timah hitam sulfida, dibuat dengan cara melarutkan sebanyak 0,3996 gram Pb(NO₃)₂ dalam 600 mL air bebas mineral. Kemudian tambahkan larutan natrium sulfida (Na₂S.8H₂O) sampai tercapai pH 11.

Begitu juga halnya dengan pembuatan timah hitam hidroksida dibuat dengan cara mengendapkan larutan garam timah hitam [1,4386 gram Pb(NO₃)₂ dalam 600 mL air bebas mineral] dengan penambahan natrium hidroksida [Na(OH)] berlebih sampai tercapai pH 9.

Uji Pelindian Endapan Senyawa-Senyawa Logam Sulfida dan Hidroksida 500 ppm Tanpa Proses Solidifikasi

Timbang dengan teliti masing-masing 1 gram endapan tembaga sulfida (CuS), endapan timah hitam sulfida (PbS), endapan tembaga

hidroksida [Cu(OH)₂], endapan timah hitam hidroksida [Pb(OH)₂], kemudian masing-masing endapan dimasukkan ke dalam botol berukuran 250 mL yang telah berisi 20 mL larutan pengestraksi natrium asetat pH 4,98. Tutup masing-masing botol tersebut, kemudian kocok selama 18 ± 2 jam dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm menggunakan Rotary Agitator Model SQ - 192. Setelah selesai, saring larutan pengestraksi tersebut dan ukur konsentrasi masing-masing senyawa logam berat yang terlindi menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (SSA).

Uji Pelindian Senyawa-Senyawa Logam Hidroksida dan Sulfida 500 ppm Setelah Proses Stabilisasi/Solidifikasi Dengan Semen Portland

Timbang dengan teliti masing-masing 1 gram endapan tembaga sulfida (CuS), endapan timah hitam sulfida (PbS), endapan tembaga hidroksida [Cu(OH)₂], endapan timah hitam hidroksida [Pb(OH)₂], kemudian masing-masing endapan dicampur dengan semen Portland 1:1 dan tambahkan air bebas mineral secukupnya sampai menjadi pasta di dalam wadah plastik kecil dan biarkan beberapa hari sampai kering dan padat (pengeringan dilakukan selama 7 hari). Kemudian padatan digerus sampai berukuran kecil dari 0,9 cm. Selanjutnya padatan ini dimasukkan ke dalam botol berukuran 250 mL yang telah berisi 40 mL larutan pengestraksi natrium asetat pH 4,98. Tutup masing-masing botol tersebut, kemudian kocok selama 18 ± 2 jam dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm menggunakan Rotary Agitator Model SQ - 192. Setelah selesai, saring larutan pengestraksi tersebut dan ukur konsentrasi masing-masing senyawa logam berat yang terlindi menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (SSA).

Pengaruh Keasaman Terhadap Pelindian Senyawa-Senyawa Logam Berat yang Telah Distabilisasi/solidifikasi Dengan Semen Portland 1:1

Timbang masing-masing 1 gram padatan hasil stabilisasi/solidifikasi dengan ukuran partikel 0,9 cm, masukkan ke dalam masing-masing botol berukuran 250 mL. Kemudian ke dalam masing-masing botol masukkan larutan pengestraksi (asam asetat) sebanyak 20 mL dengan berbagai tingkat keasaman yaitu dari pH 2 sampai pH 7. Tutup botol-botol tersebut dan dikocok menggunakan rotary agitator selama 18 ± 2 jam dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm. Setelah disaring, ukur konsentrasi logam tembaga dan timah hitam yang terlindi menggunakan spektrofotometer serapan atom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan konsentrasi logam berat seperti tembaga dan timah hitam yang terlindi, digunakan peralatan spektrofotometer serapan atom (SSA) pada panjang gelombang 324,8 nm untuk tembaga (II) dan 217 nm untuk timah hitam (II). Batas konsentrasi terkecil yang dapat diukur oleh spektrofotometer serapan atom (SSA) ini untuk logam tembaga adalah 0,014 mg/L dan untuk timah hitam 0,0061 mg/L.

Uji TCLP Untuk Senyawa Logam Hidroksida dan Sulfida Tanpa Proses Solidifikasi.

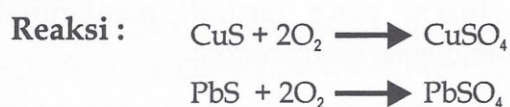
Uji pelindian terhadap senyawa-senyawa logam hidroksida dan sulfida ini menggunakan larutan pengestraksi pH 4,93 ± 0,05. Hasil uji pelindian logam tembaga dan timah hitam ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pelindian logam hidroksida dan sulfida tanpa solidifikasi dengan konsentrasi awal masing-masing logam 500 mg/L

No.	Senyawa	Konsentrasi Logam Terlindi	
		(mg/L)	(%)
1	Tembaga hidroksida Cu(OH) ₂	0,86 ± 0,016	0,17
2	Timah hitam hidroksida Pb(OH) ₂	45,6 ± 0,14	9,12
3	Tembaga sulfida CuS	424 ± 5,33	84,8
4	Timah hitam sulfida PbS	159 ± 4,07	31,8

Keterangan:
- percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan
- Baku Mutu TCLP (Bapedal/18/99) untuk logam tembaga = 10 mg/L dan logam timah hitam = 5 mg/L

Dari *Tabel 2* terlihat bahwa kelarutan senyawa tembaga dan timah hitam sebagai senyawa sulfida masih cukup besar yaitu 84,8 % untuk CuS dan 31,8 % untuk PbS. Menurut C.N. Sawyer, et al. (1994) bahwa logam-logam sulfida seperti CuS dan PbS cenderung mudah larut. Hal ini disebabkan senyawa sulfida mudah teroksidasi oleh udara terutama dalam keadaan lembab menjadi senyawa logam sulfat yang bersifat mudah larut atau mudah mengalami pelindian (*leachate*).



Hal yang sama juga dinyatakan oleh Haas, C.N., et. al, (1988), kelemahan pengendapan dengan sulfida diantaranya; terbentuk gas H₂S yang bersifat toksik, senyawa logam sulfida cenderung teroksidasi dalam proses disposal, sehingga terjadi perubahan sulfida menjadi sulfat. Sebagian besar senyawa logam sulfat mudah larut dalam air, sehingga oksidasi lumpur sulfida menghasilkan remobilisasi logam dalam lumpur dan dapat mencemari tanah dan air tanah.

Uji TCLP Untuk Senyawa-senyawa Logam hidroksida dan Sulfida Setelah Stabilisasi/Solidifikasi Menggunakan Semen Portland.

Dalam percobaan ini senyawa logam hidroksida dan sulfida di stabilisasi/solidifikasi menggunakan semen Portland dengan perbandingan 1:1. Sedangkan larutan pengestraksi yang digunakan mempunyai pH 4,93 ± 0,05. Hasil pelindian senyawa logam hidroksida dan sulfida ini dapat dilihat pada *Tabel 3*.

Hasil uji TCLP untuk senyawa tembaga hidroksida [Cu(OH)₂] dan timah hitam hidroksida [Pb(OH)₂] setelah proses stabilisasi/solidifikasi menggunakan semen Portland 1:1, ternyata konsentrasi logam tembaga dan timah hitam yang terlindi sangat kecil yaitu 0,014 mg/L dan 0,006 mg/L jika dibandingkan senyawa-senyawa

logam hidroksida tanpa solidifikasi dengan semen. Nilai tersebut berada di bawah nilai batas pengukuran terendah metoda (*method detection Limit*).

Tabel 3. Hasil pelindian senyawa logam hidroksida dan sulfida setelah stabilisasi / solidifikasi dengan semen Portland 1:1, dengan konsentrasi awal masing-masing logam 500 mg/L

No.	Senyawa	Konsentrasi Logam Terlindi (mg/L)	Jumlah Terlindi (%)
1	Tembaga hidroksida Cu(OH) ₂	< 0,014	tt
2	Timah hitam hidroksida Pb(OH) ₂	< 0,006	tt
3	Tembaga sulfida CuS	3,56 ± 0,001	0,71
4	Timah hitam sulfida PbS	1,16 ± 0,002	0,23

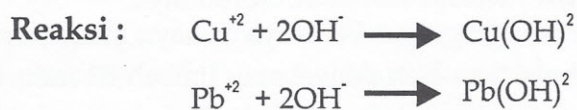
Catatan :
 - percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan
 - tt adalah tidak terlindi
 - Baku Mutu TCLP (Bapedal/18/99) untuk logam tembaga = 10 mg/L dan logam timbel = 5 mg/L

Menurut *Patterson (1981)*, pengendapan secara kimiawi menggunakan ion hidroksida menjadi endapan logam hidroksida merupakan proses yang sangat luas digunakan. Bagaimanapun, endapan logam hidroksida ini akan terlindi ke lingkungan bila dibuang begitu saja tanpa dilakukan stabilisasi/solidifikasi.

Berbeda dengan hasil uji TCLP untuk senyawa tembaga sulfida (CuS) dan timah hitam sulfida (PbS) setelah proses stabilisasi/solidifikasi dengan semen Portland 1:1, ternyata ada sebagian kecil konsentrasi tembaga dan timah hitam yang terlindi yaitu sebesar 3,56 mg/L dan 1,16 mg/L, tetapi konsentrasi logam yang terlindi ini masih di bawah Baku Mutu TCLP (Bapedal/18/99) untuk logam tembaga dan timah hitam.

Dari hasil uji TCLP ini terlihat bahwa proses solidifikasi dengan semen Portland pada senyawa-senyawa logam sulfida sangat membantu dalam memperkecil kelarutan atau terlindinya ion-ion logam ke dalam larutan pengestrak. Menurut *Wentz (1989)*, perubahan secara kimia dari proses solidifikasi ini menyebabkan terbentuknya ikatan logam-

hidroksida disebabkan semen mempunyai nilai pH cukup tinggi dan struktur kristal yang keras. Sedangkan menurut Conner (1990), ikatan logam dan semen semakin kuat setelah dilakukan pengeringan.



Menurut La Grega, et.al., (1995), mekanisme lain yang dapat menyebabkan berkurangnya konsentrasi logam yang terlindi adalah adanya proses sorpsi. Proses ini merupakan proses dimana komponen berubah dari satu fase ke fase lain dalam ikatan yang sama. Komponen yang tersorpsi tersebut perlahan-lahan berubah menjadi bentuk yang semakin sukar larut.

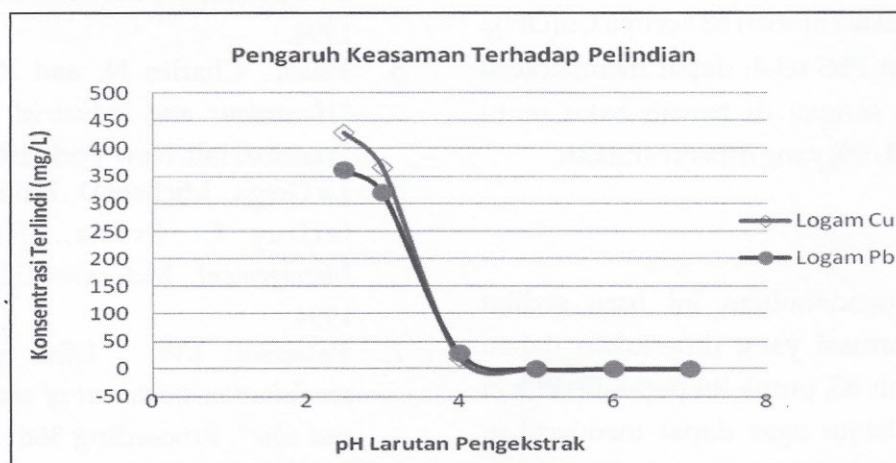
Pengaruh keasaman terhadap pelindian senyawa-senyawa logam hidroksida yang telah distabilisasi/solidifikasi dengan semen portland 1:1

Menurut Metoda 1311 dari EPA (1992), larutan pengestrak yang biasa digunakan dalam melakukan uji TCLP ada dua macam tingkat keasaman yaitu : larutan pengestrak dengan pH $4,93 \pm 0,05$ dan larutan pengestrak dengan pH $2,88 \pm 0,05$. Pemakaian kedua macam larutan tersebut bergantung kepada nilai pH contoh limbah B3 yang akan diuji pelindiannya. Jika contoh limbah padat ditambahkan air bebas mineral dan diaduk kemudian diukur nilai

keasamannya, bila pH larutan $< 5,0$, gunakan larutan pengestrak dengan pH $4,93 \pm 0,05$ dan bila pH larutan $\geq 5,0$, tambahkan 3,5 mL HCl 1 N dan aduk, tentukan pH larutan ini. Bila pH $\leq 5,0$ gunakan larutan pengestrak pH $4,93 \pm 0,05$ dan bila pH $\geq 5,0$ gunakan larutan pengestrak pH $2,88 \pm 0,05$.

Uji pelindian menggunakan larutan pengestrak dengan berbagai tingkat keasaman yaitu dari pH 2,5 sampai pH 7 terhadap contoh buatan yang telah di stabilisasi/solidifikasi dengan semen Portland 1:1 (konsentrasi logam Cu dan Pb masing-masing 500 ppm) dimaksudkan untuk mengetahui pada derajat keasaman berapa kekuatan ikatan semen dengan senyawa logam tersebut tidak mengalami pelindian dan juga tidak melebihi baku mutu TCLP yang dipersyaratkan.

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan terlihat bahwa keasaman larutan sangat berpengaruh terhadap kekuatan ikatan senyawa logam dengan semen. Pada nilai pH 2,5 logam Cu terlindi sebesar 428 mg/L, logam Pb sebesar 361 mg/L dan melebihi baku mutu TCLP yang dipersyaratkan. Tetapi pada pH 5, logam Cu dan Pb logam Cu terlindi sebesar 0,14 mg/L, logam Pb terlindi sebesar 0,16 mg/L dan tidak melebihi baku mutu TCLP yang dipersyaratkan. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa logam yang telah distabilisasi/solidifikasi tersebut tidak begitu kuat ikatannya sehingga mudah larut dalam pelarut yang bersifat asam seperti yang dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh keasaman larutan terhadap pelindian senyawa logam

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian pendahuluan ini didapatkan informasi yang sangat dibutuhkan dalam penanganan limbah B3 menggunakan metoda stabilisasi/solidifikasi yaitu :

Spektrofotometer serapan atom (SSA) dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi logam-logam berat terlindi jauh di bawah baku mutu TCLP (Bapedal, 18/199) yang dipersyaratkan.

Senyawa-senyawa logam hidroksida seperti $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ternyata mengalami pelindian lebih kecil dibandingkan senyawa-senyawa logam sulfida seperti CuS dan PbS sekalipun senyawa logam hidroksida ini tanpa dilakukan solidifikasi

Stabilisasi/solidifikasi terhadap senyawa logam hidroksida dan sulfida ternyata dapat memperkecil terlindinya logam berat tembaga dan timah hitam ke dalam larutan pengekstrak, bahkan senyawa logam hidroksida dapat dikatakan tidak mengalami pelindian disebabkan hasil pengukuran dengan SSA menunjukkan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ terlindi lebih kecil dari nilai 0,014 mg/L dan $\text{Pb}(\text{OH})_2$ terlindi lebih kecil dari 0,006 mg/L jauh di bawah nilai Method Detection Limit alat SSA.

Penggunaan semen Portland dengan berbagai perbandingan berat 1:1 dalam proses stabilisasi/solidifikasi limbah B3 berupa $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, CuS dan PbS telah dapat memperkecil proses pelindian sampai di bawah baku mutu TCLP (Bapedal, 18/99) yang dipersyaratkan.

Saran

Penelitian pendahuluan ini baru sedikit memberikan informasi yang diperlukan dalam pengolahan limbah B3, untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat memberikan informasi lebih lengkap yang sangat dibutuhkan oleh kalangan industri dalam menangani

limbahnya

Perlu dilakukannya penelitian penggunaan bahan-bahan kimia lainnya untuk proses stabilisasi/solidifikasi logam-logam berat yang terdapat dalam limbah B3 seperti penggunaan senyawa fosfat, karbonat, dan lainnya.

Mengingat besarnya bahaya yang dapat ditimbulkan oleh penyebaran limbah B3 industri ke media perairan, tanah, dan laut, perlu dilakukan sosialisasi kepada pihak industri oleh Perguruan Tinggi, Bapedalda (dalam hal ini Pemerintah Daerah) dan lembaga-lembaga penelitian agar penanganan limbah B3 industri selain menguntungkan pihak industri juga aman bagi ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agus Sukanda., *Pemerintah Dihimbau Awasi Ketat Pembuangan Limbah B3*. <http://www.kapanlagi.com/h/0000085962/html>, 8 Oktober 2005.
2. Conner, Lesse R. *“Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste”*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990
3. Freeman, Harry M. *“Standard Handbooks of Hazardous Waste Treatment and Disposal”*, McGraw-Hill, Inc. New York, 1996
4. C.N. Sawyer, P L. MacCarty, G.F. Parkin., *“Chemistry for Environmental” Engineering*, Fourth Edition, McGraw-Hill, Inc. New York, 1994.
5. Haas, Charles N. and Richard J. Vamos., *“Hazardous and Industrial Waste Treatment”*, Prentice Hall. New York, 1990.
6. La Grega., Michael D., Philip L. Buckingham., Jeffrey C. Evans., *Hazardous Waste Management*, McGraw-Hill, Inc. New York, 1994
7. Patterson, J.W. *“Effect of carbonate ion on precipitation treatment of cadmium, copper, lead and zinc”*. Proceeding 36th Annual Industrial Waste Conference, p. 579-602, Purdue University, West Lafayette, Indiana. (1981).

8. Peraturan Pemerintah No 85 Tahun 1999 Tentang : "Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun".
9. R. Malviya and R. Chaudhary., "Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization", *Journal of Hazardous Materials A review*, Volume 137, Indore-India, 2006.
10. S.Pariaa and Pak K.Y. "Solidification/Stabilization of Organic and Inorganic Contaminants using Portland Cement": A Literature Review, Department of Process Engineering and Applied Science, Dalhousie University Halifax, NS, Canada, 2006.
11. M.A.R Silva, L. Mater, M. M. Souza-Sierra, A.X.R. Corrêa, R. Sperb, C.M. Radetski., "Small hazardous waste generators in developing countries: Use of stabilization/solidification process as an economic tool for metal wastewater treatment and appropriate sludge disposal", *Journal of Hazardous Materials*, Volume 147, Issue 3, pp. 986-990, Florianopolis-Brazil, 2007.
12. Teh.S.S., Yi-Kuo Chang., Juu-En Chang., Ming-Sheng Ko and Yan-Hsuen Chen., "Stability prediction of the xanthate-stabilized Zn(OH)₂ and Cu(OH)₂ sludge in simulated landfill environment", *Environmental Informatics Archives*, Volume 4, Taiwan, 2006.
13. USEPA., "Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)", Method 1311 SW-846, 3rd. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. (1992).
14. Wentz, Charles A. "Hazardous Waste Management", McGraw-Hill, Inc. New York, 1989.