

STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KEMIRI DENGAN KARBON AKTIF KOMERSIAL DALAM SOLIDIFIKASI Cr(VI)

A COMPARATIVE STUDY OF THE APPLICATION OF ACTIVATED CARBONS FROM NUTMEG SHELL AND COMMERCIAL IN Cr(VI) SOLIDIFICATION PROCESS

Yusie Rossita dan Yulinah Trihadiningrum
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITS, Surabaya
Email: yusi@tunashijau.org
yulinah@rad.net.id

Abstrak

Penelitian ini membandingkan penambahan karbon aktif komersial dan tempurung kemiri pada proses solidifikasi limbah Cr (VI). Variasi perbandingan komposisi (semen portland+fly ash) dan karbon aktif sebesar 97%:3%, 94%:6%, 91%:9% dari total berat kering campuran. Sampel direndam buffer asetat pH 2 dengan variasi waktu perendaman 0, 7, 14 dan 28 hari. Data penelitian menunjukkan bahwa proses S/S dengan karbon aktif dapat menurunkan nilai kelolosan Cr(VI) ke lingkungan sebesar $\pm 70,5\%$ dari total kelolosan tanpa karbon aktif. Secara keseluruhan penggunaan karbon aktif tempurung kemiri, terbukti lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif komersial. Komposisi karbon aktif pada tiap jenis karbon aktif tidak begitu mempengaruhi hasil kuat tekan dan kelolosan Cr(VI). Pada kadar 3% karbon aktif dapat diperoleh hasil uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) dan uji kuat tekan yang diinginkan pada setiap jenis karbon aktif.

Kata kunci: solidifikasi, karbon aktif, tempurung kemiri, uji kuat tekan, *Toxicity Characteristic Leaching Procedure*

Abstract

This research compared the influence of composition variations of commercial and nutmeg shell activated carbons in solubilisation/stabilization (S/S) process of Cr(VI) artificial liquid waste. The dry weight variations of portland cement+fly ash and activated carbon were of 97%:3%, 94%:6%, 91%:9%. The S/S specimens were soaked in acetate buffer pH 2 solution with time variations of 0, 7, 14 and 28 days. Research data showed that activated carbon, could decrease the Cr(VI) leaching until $\pm 70,5\%$ and increased the compressive strength. The use of nutmeg shell activated carbon showed better performance of S/S products than those of commercial activated carbon. The weight composition variations in every type of activated carbon used, did not influence the compressive strength test results and leachability of Cr(VI). Addition of 3% of activated carbon represented the most economical composition with acceptable results of *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) and compressive strength tests.

Keywords: solidification, activated carbon, nutmeg shell, compressive strength, *Toxicity Characteristic Leaching Procedure*

1. PENDAHULUAN

Salah satu contoh unsur logam yang tergolong B-3 adalah *chromium* (Cr). Unsur ini cukup berbahaya bagi manusia, karena jika terpapar dalam jangka pendek berpotensi menyebabkan iritasi kulit dan terjadinya borok pada luka. Sedangkan menurut Anderson (2003), pada jangka panjang, jika terpapar secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal, jaringan saraf dan hati.

Di Indonesia sudah ada peraturan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B-3), yaitu

Peraturan Pemerintah RI No. 18/1999 jo No. 85/1999 tentang Pengelolaan limbah B-3. Perlakuan terhadap limbah B-3 dapat dilakukan dengan proses pengolahan seperti: netralisasi, pengendapan, solidifikasi/stabilisasi (S/S), adsorpsi, pertukaran ion dan proses biologis (Trihadiningrum, 2000).

Proses S/S merupakan alternatif pengolahan limbah B-3 yang banyak digunakan oleh industri. Proses ini bertujuan mengubah bentuk limbah cair atau lumpur menjadi padatan, sehingga kontaminan yang terkandung dapat diikat oleh bahan-bahan yang mempunyai daya ikat. Pematatan

limbah B-3 dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan fisik limbah dan mengurangi sifat kompresibilitas dan permeabilitasnya (LaGrega, Buckingham dan Evans, 2001). Dengan demikian proses S/S merupakan alternatif yang sesuai untuk pengolahan limbah mengandung logam berat. Untuk itu perlu diteliti metode yang dapat meningkatkan daya ikat logam berat pada produk hasil S/S dengan seekonomis mungkin.

Pada penelitian ini digunakan karbon aktif sebagai bahan aditif guna menurunkan *leaching* dari limbah hasil produk S/S. Irwan dan Agamuthu (2005) menyatakan bahwa penambahan karbon aktif dapat meningkatkan immobilisasi logam berat dan menurunkan pelepasannya dari hasil proses S/S.

Karbon aktif merupakan bahan yang dapat meniadakan warna, fosfat, klorin, kloramin, logam berat, dan berbagai bahan lainnya. Telah banyak penelitian dilakukan mengenai bahan karbon aktif dari bahan murah dan banyak tersedia (Bailey *et al.*, 1999), seperti tempurung kelapa, serat kayu, dll. Dalam penelitian ini digunakan limbah tempurung kemiri sebagai bahan karbon aktif. Selama ini limbah tempurung kemiri belum dimanfaatkan sama sekali.

Karakteristik karbon aktif ditentukan oleh bahan baku yang digunakan dalam pembuatannya (Abdelrasool, 1992). Pada Tabel 1 tercantum karakteristik karbon aktif tempurung kemiri dan karbon aktif tempurung kelapa.

Tabel 1. Karakteristik Karbon Aktif Tempurung Kemiri dan Kelapa

| Parameter | T. Kemiri ^a | T. Kelapa ^b |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Bulk density (g/ml) | 0.54 | 0,47(±0,004) |
| Kandungan Abu (%) | 2.04 | 9,60(±0,07) |
| pH (1% solution) | 4.76 | 8.63 |
| Kandungan Kelembaban (%) | 7.84 | - |
| Luas Permukaan (m ² /g) | 441 | 630.80 |
| Kelarutan dalam air (%) | 0.82 | - |
| Kelarutan dalam 0.25M HCl (%) | 1.14 | - |
| Decolourizing power (mg/g) | 18.4 | - |
| Iodine number (mg/g) | 204 | - |
| Ukuran Partikel (mm) | 0.90 - 1.80 | - |

Keterangan: ^a Sumber Demirbas *et al.* 2002

^b Sumber Gaikwad, 2004

Dalam penelitian ini juga digunakan *fly ash* sebagai bahan pengikat bersama dengan semen *portland* Tipe 1 (PC1). *Fly ash* bersifat sebagai bahan *pozzolan*, yaitu bahan yang tidak mempunyai sifat sebagai perekat pada dirinya sendiri, dapat bereaksi secara kimia dengan kapur dan air membentuk bahan perekat. Karenanya, penambahan atau

penggantian sejumlah semen dengan *fly ash* berpotensi menambah keawetan beton tersebut.

2. METODOLOGI

Persiapan Bahan

Kulit kemiri terlebih dahulu dibersihkan dari isi yang masih menempel dan dijemur matahari. Selanjutnya dilakukan karbonisasi pada suhu sekitar 600 °C Selanjutnya arang kulit kemiri diaktifasi dengan larutan H₂SO₄ 22%. Penggunaan H₂SO₄ menghasilkan area permukaan dan derajat porositas mikro yang lebih tinggi (Demirbas *et al.*, 2002). Setelah dingin, arang dicuci dengan air sampai hilang asamnya, kemudian dikeringkan dan dihaluskan dengan *grinder*, serta kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh.

Pembuatan Limbah Buatan

Limbah sintetik dibuat dari K₂Cr₂O₇ agar mengandung Cr(VI) sebesar 251 mg/kg berat kering.

Pembuatan Sampel

Komposisi *fly ash* dan semen tipe PC I ditentukan sebesar 90%:10% berat kering. Sampel dengan berbagai variasi kandungan karbon aktif komersial dan tempurung kemiri, serta kontrol dibuat dalam bentuk silinder berdiameter 2 cm dan tinggi 4 cm sesuai AFNOR NF.B49104 (Triwulan, 1997). Variasi campuran *fly ash*+semen dan karbon aktif adalah: 97%:3%. 94%:6%, dan 91%:9%. Sampel dibuat dua buah untuk setiap komposisi dengan menggunakan limbah buatan Cr(VI). Sebagai kontrol disiapkan campuran *fly ash*+ semen dan karbon aktif sesuai komposisi di atas dengan menggunakan akuades sebagai pengganti limbah buatan.



Gambar 1. Bentuk Benda Uji (Sampel)

Curing

Pada setiap sampel diperlakukan curing kelembaban (*moist curing*) dengan cara meletakkan sampel dan kontrol dalam bak yang terjaga kelembabannya selama 28 hari. Tujuan

curing adalah untuk mencegah kehilangan kelembaban selama proses hidrasi berlangsung, guna meningkatkan kuat tekan, durabilitas, impermeabilitas, ketahanan abrasi serta kestabilan bentuk secara umum (Triwulan, 1997).

Perendaman dengan asam

Hasil S/S direndam dalam larutan agresif, *buffer* asetat pH 2 guna melihat kemampuan pengikatan Cr(VI) oleh karbon aktif. Perendaman dilakukan selama 0, 7, 14, dan 28 hari pada suhu ruang.

Uji Kuat Tekan, Tes kuat tekan sampel dan benda kontrol dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine*,

Uji TCLP

Uji TCLP dilakukan dengan mengikuti prosedur menurut Wagner (1997) dalam Hastutik (2005). Dalam hal ini setiap sampel yang telah dihancurkan (lolos ayakan 100 mesh) direndam dan diagitasi selama 18±2 jam dengan buffer asam asetat pH 2,88±0,05 pada perbandingan berat sampel:larutan asam 1:20. Selanjutnya dilakukan penyaringan. Kadar Cr (VI) dari larutan ekstrak TCLP *extract* ditentukan dengan Spektrofotometri Serapan Atom.

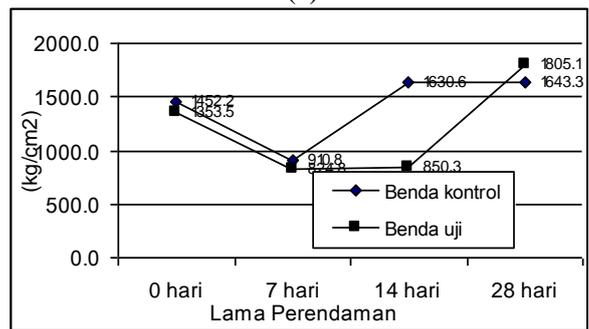
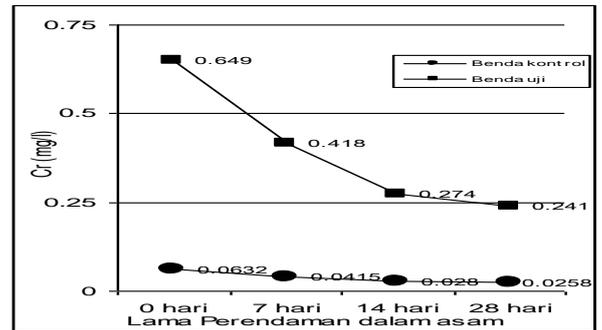
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji TCLP

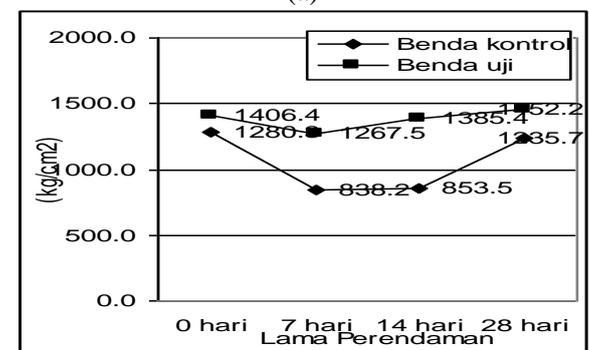
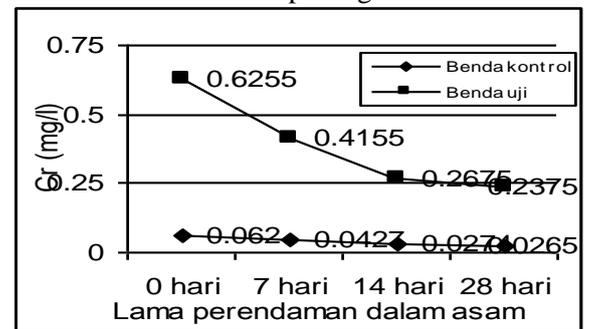
Hasil penentuan kadar Cr(VI) pada uji TCLP sampel dari ketiga komposisi *fly ash* + semen dan karbon aktif menunjukkan kecenderungan yang sama, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2a, 3a dan 4a.

Kadar Cr(VI) dari hasil uji TCLP mengalami penurunan dengan meningkatnya lama perendaman dalam asam. Fenomena tersebut terlihat pada ketiga komposisi campuran yang menggunakan karbon aktif dari tempurung kemiri sebanyak 3, 6, dan 9%. Nilai Cr(VI) terbesar terukur pada hasil uji TCLP menggunakan sampel dengan kandungan karbon aktif tempurung kemiri 3% yang tidak direndam asam, yaitu 0.65 mg/L (Gambar 2a). Kadar Cr(VI) tersebut turun secara tidak signifikan pada campuran karbon aktif 6% sebesar 0,63 mg/L dan 9% sebesar 0,625 mg/L yang tidak direndam asam (Gambar 3a dan 4a). Semakin lama waktu perendaman dengan asam, semakin rendah pula Cr(VI) yang terlepas. Semua hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh sampel memenuhi

baku mutu uji TCLP untuk Cr(VI) sebesar < 5 mg/L.



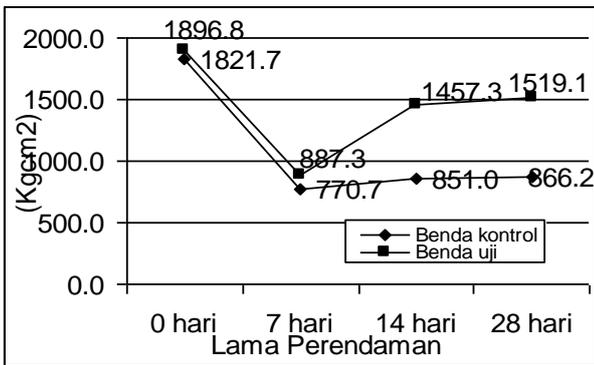
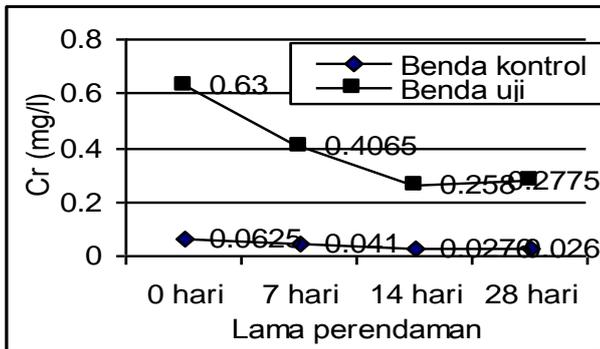
Gambar 2. Hasil Uji TCLP (a) dan Kuat Tekan (b) pada Sampel dengan Karbon Aktif Tempurung Kemiri 3%



Gambar 3. Hasil Uji TCLP (a) dan Kuat Tekan (b) pada Sampel dengan Karbon Aktif Tempurung Kemiri 6%

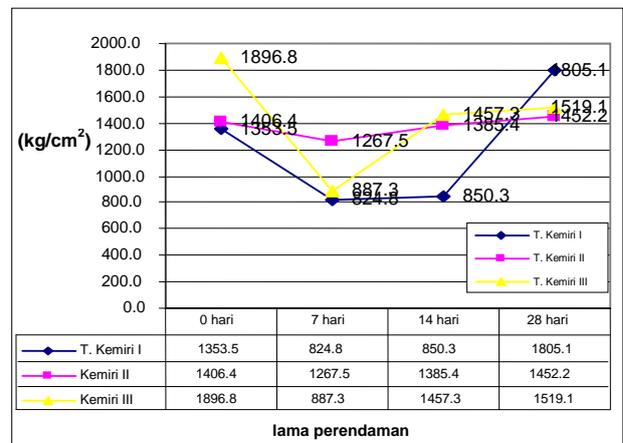
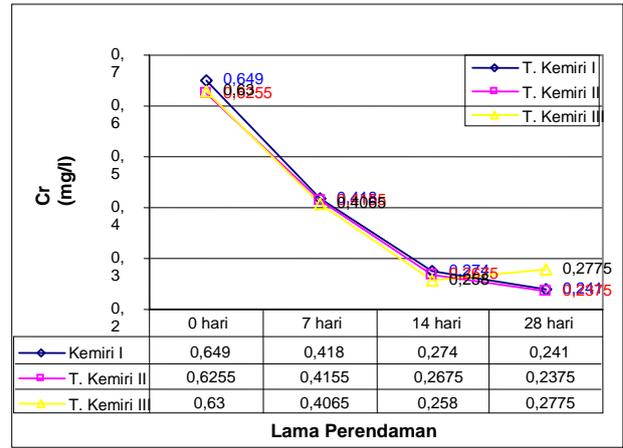
Hasil uji kuat tekan

Seluruh sampel memiliki nilai kuat tekan minimum 824,8 kg/cm² (82,5 ton/m²) dan maksimum 1805,1 kg/cm² (180,5 ton/m²), sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2b, 3b, 4b. Nilai kuat tekan tersebut memenuhi baku mutu nilai uji kuat tekan minimum hasil solidifikasi, mengacu pada Keputusan Kepala BAPEDAL No. KEP-03/BAPEDAL/09/1995 sebesar 10 ton/m². Hasil uji kuat tekan pada semua variasi kandungan karbon aktif tempurung kemiri menunjukkan kecenderungan kuat tekan yang relatif menurun dengan semakin lamanya waktu perendaman dalam asam.



Gambar 4. Hasil Uji TCLP (a) dan Kuat Tekan (b) pada Sampel dengan Karbon Aktif Tempurung Kemiri 9%

Pada Gambar 5 dapat dilihat rekapitulasi perbandingan hasil uji TCLP dan kuat tekan pada semua perbandingan kadar tempurung kemiri. Gambar tersebut menunjukkan bahwa tidak tampak adanya perbedaan yang signifikan antara kadar Cr(VI) yang dilepaskan pada uji TCLP. Demikian pula pada pola nilai kuat tekan menunjukkan variasi yang hampir mirip. Dari fenomena yang telah dijelaskan dapat diambil suatu kesimpulan bahwa arang dari tempurung kemiri sebanyak 3% telah mencukupi untuk memenuhi baku mutu uji TCLP.

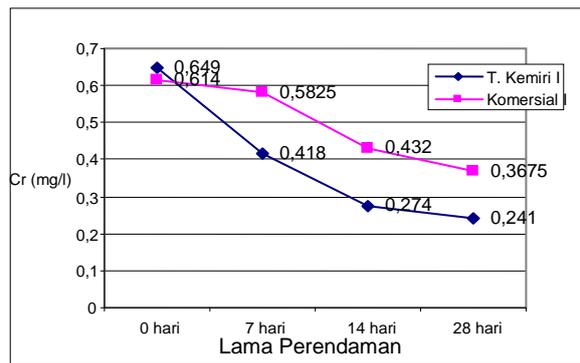


Gambar 5. Perbandingan Hasil Uji TCLP (a) dan Kuat Tekan (b) antar Komposisi Karbon Aktif Tempurung Kemiri

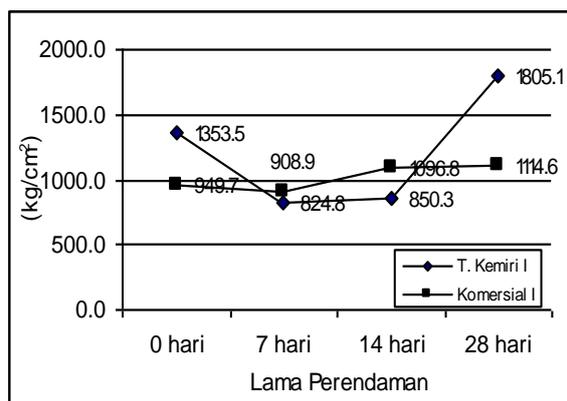
Pada Tabel 1 terlihat bahwa dengan penambahan karbon aktif menurunkan nilai kelolosan Cr(VI) ke lingkungan sebesar ±70,5% dari total kelolosan tanpa karbon aktif. Hal ini membuktikan bahwa karbon aktif menurunkan tingkat kelolosan limbah dan penggunaannya dapat menurunkan jumlah bahan pematat yang digunakan. Pada tabel tersebut dapat dilihat pula bahwa karbon aktif dapat meningkatkan kekuatan benda solidifikasi.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan dan Uji TCLP Dengan dan Tanpa Karbon Aktif

| Jenis | Kuat Tekan (kg/cm ²) | Cr (VI) (mg/L) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Tanpa Penambahan Karbon Aktif | | |
| Benda Kontrol | 966,80 | 0,0300 |
| Sampel | 814,50 | 2,1400 |
| Dengan Penambahan Karbon Aktif 3% | | |
| Benda Kontrol | 1452,20 | 0,0632 |
| Sampel | 1353,50 | 0,6490 |
| Karbon aktif komersial 3% | | |
| Benda Kontrol | 1261,10 | 0,0610 |
| Sampel | 949,70 | 0,6140 |



(a)



(b)

Gambar 6. Hasil Uji TCLP (a) dan Kuat Tekan (b) pada Sampel Karbon Aktif Tempurung Kemiri dan Komersial

Efflorescence

Hasil uji TCLP dan hasil uji kuat tekan menunjukkan nilai yang membaik dengan semakin lamanya waktu perendaman dalam larutan buffer asetat pada pH 2. Namun demikian pada sampel yang direndam selama 14 dan 28 hari ditemukan kristal putih pada permukaan laurutan perendamnya. Endapan putih yang terdapat pada sampel S/S dari karbon aktif tempurung kemiri terdiri atas 81,60% CaCO₃ dan 11,50% Fe₂O₃. Sedangkan endapan putih yang terdapat pada sampel S/S dari karbon aktif komersial adalah 56,70% CaCO₃ dan 6,80% Fe₂O₃. Endapan kristal putih CaCO₃ terbentuk dari kalsium oksida atau CaO yang terdapat dalam semen.

Peristiwa tersebut di atas disebut *efflorescence*, yaitu terbentuknya endapan kristal putih pada permukaan hasil pengerasan *Portland Cement*. Dalam *efflorescence* ini terjadi proses pelarutan garam di dalam substrat, yang berpindah ke permukaan substrat dengan membentuk endapan setelah berlangsungnya proses evaporasi

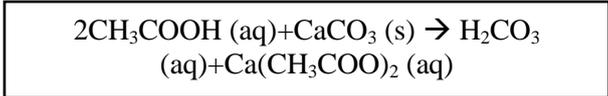
(Anonymous, 2003). Divisi Penelitian Bangunan dari National Research Council-Canada, menyebutkan bahwa senyawa-senyawa natrium sulfat, natrium karbonat, natrium silikat, natrium bikarbonat, kalium sulfat, kalsium sulfat, kalsium karbonat, dan magnesium sulfat dalam proses *efflorescence*. Dapat juga ditemukan garam-garam khlorida, nitrat, dan garam-garam lainnya (Anonymous, 2004).

Pada penelitian ini, proses *efflorescence*, dimungkinkan terjadi karena adanya CaO di dalam semen (60-65%) dan *flyash* (8,065%). Dengan perlakuan *curing* dan perendaman dengan asam, proses *efflorescence* terjadi.

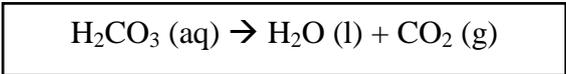
Pengaruh Perendaman Asam Asetat terhadap Hasil Uji Kuat Tekan dan TCLP

Seiap komposisi dan jenis karbon aktif menunjukkan nilai kuat tekan yang cenderung makin besar. Hal ini terjadi karena kondisi asam, dari buffer asetat pH 2, diperkirakan bereaksi dengan CaCO₃ dari proses *efflorescence*. Tahapan reaksinya:

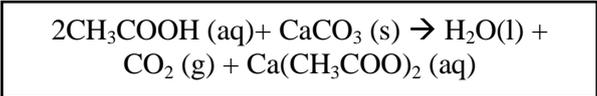
Langkah 1. pertama kali terjadi adalah ion karbonat (CO₃⁻²) dari kalsium karbonat terprotonasi oleh asam asetat sehingga membentuk asam karbonat (H₂CO₃). Membentuk kalsium asetat (Topper, 1999).



Langkah 2. Asam karbonat (H₂CO₃) tidak stabil dalam temperatur ruang, sehingga terurai menjadi karbon dioksida (CO₂) dan air



Secara keseluruhan reaksi asam dan karbonat diatas dapat ditulis sebagai berikut:



Reaksi asam-basa menyebabkan perubahan pH larutan menjadi netral. Hal tersebut diduga menurunkan pengaruh negatif asam terdapat nilai uji kuat tekan dan tingkat kelolosan Cr pada setiap sampel hasil S/S. Karena benda hasil S/S tersebut mengalami peristiwa *curing* untuk kedua kalinya

sehingga semakin memperlama waktu proses hidrasi dalam semen.

4. KESIMPULAN

Variasi komposisi karbon aktif tempurung kemiri 3, 6 dan 9% tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil uji kelolosan Cr (VI). Campuran S/S dan limbah buatan Cr(VI) dengan kandungan karbon aktif terendah (3%) telah dapat memenuhi baku mutu uji TCLP. Selain itu penggunaan karbon aktif dapat meningkatkan kekuatan benda solidifikasi. Karbon aktif juga dapat menurunkan nilai kelolosan Cr(VI) ke lingkungan hingga 70,5%. Secara keseluruhan sampel hasil S/S dengan campuran karbon aktif tempurung kemiri terbukti lebih baik dalam menurunkan tingkat *leaching* Cr(VI) dibandingkan dengan karbon aktif komersial. Perusakan oleh asam terhadap benda S/S belum dapat dilihat karena terbatasnya volume larutan asam serta singkatnya waktu perendaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrasool, Fifi, M. (1996). Kinetic of Adsorption. UMI Dissertation Service, Ann Arbor, A Bell and Howell Company, Michigan.
- Anonymous. January. (2003). **Efflorescence in Portland Cement Plaster Finishes**. Technology Bulletin 101 Omega Products International, Inc. California. <http://www.omega-products.com>.
- Anonymous. (2004). Hanson The Face of Brick: Efflorescence <<http://na.hansonbrick.com/en/builder/techProfiles.php>>
- Bailey SE, Olin TJ, Bricka RM and Adrian DD. (1999). "A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals". Water Research. 33 2469-2479.
- Demirbas E, Kobya M., Oncel MS dan Sencan S., (2002). **Removal of Ni(II) from Aqueous Solution by Adsorption onto Nutmeg Shell Activated Carbon**. Equilibrium studies. Bioresour.Technol. 84 291-293.
- Gaikwad, R. W. (2004). **Removal of Cd(II) from Aqueous Solution by Activated Charcoal Derived from Coconut Shell**. Department of Chemical Engineering, Pravara Rural Engineering College. Loni, India.
- Hastutik, S. (2005). **Tugas Akhir: Pengaruh Salinitas dan Pemakaian Lateks Terhadap Kestabilan Hasil Proses Solidifikasi Limbah Yang Mengandung Cr⁶⁺**. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS, Surabaya.
- Irwan, T. dan Agamutu, P. (2005). **Solidification/Stabilization of Electronic Wastewater Sludge Using Cement**. Institute of Malaya. Kualalumpur, Malaysia.
- LaGrega, M.D., P.L. Buckingham dan J.C.Evans. (2001) **Hazardous Waste Management 2nd Edition**, McGraw-Hill International Editions, New York.
- Topper, R., dan Barrans, R. (1999). **Newton, Ask A Scientist**. <[URL:http://newton.dep.anl.gov/askasci/chem99/chem99442.htm](http://newton.dep.anl.gov/askasci/chem99/chem99442.htm)>.
- Trihadiningrum, Y. (2000). **Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B-3)**, Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP. ITS, Surabaya.
- Triwulan, I. G. P. Raka dan Sadji. (1997). **Laporan Penelitian: Perubahan Tegangan Tekan Beton Fly Ash karena Pengaruh Steam Curing**, Lembaga Penelitian ITS, Surabaya.