



## ANALISIS KANDUNGAN KIMIA DAN PEMANFAATAN *SLUDGE* INDUSTRI KERTAS SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BATAKO

Himnil Khusna\*), Wisnu Sunarto dan Mohammad Alauhdin

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Juni 2013  
Disetujui Juni 2013  
Dipublikasikan Agustus 2013

Kata kunci:  
batako  
kandungan kimia  
*sludge* kertas

### Abstrak

Kandungan kimia *sludge* kertas seperti CaO, SO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pembuatan batako. Pengujian XRF pada kandungan tersebut diperoleh masing-masing sebesar 59,72; 8,28; 4,34; 2,99; 2,75 dan 0,73%. Komposisi bahan dalam pembuatan batako yaitu semen, pasir, *sludge* kertas dan air dengan perbandingan semen terhadap agregat (pasir dan *sludge* kertas) = 1 : 5 dan FAS 0,5. Pengujian karakteristik batako meliputi: penyerapan air dan kuat tekan. Hasilnya batako dengan penambahan *sludge* kertas maksimal 3 bagian dari total agregat menghasilkan penyerapan air sesuai standar yaitu kurang dari 25%. Sedangkan hasil uji kuat tekan, semua perbandingan komposisi bahan diperoleh nilai kuat tekan yang masuk dalam range kategori batako sebagai dinding pemisah, klasifikasi batako ringan mutu I dengan nilai kuat tekan sebesar 0,35-7,00 MPa. Penelitian dilanjutkan dengan analisis kandungan logam berat Pb dengan AAS untuk membuktikan aman tidaknya batako karena *sludge* kertas yang digunakan diperoleh dari hasil pengolahan kertas proses *deinking*. Hasilnya menunjukkan kandungan Pb dalam batako sebesar 1,428 mg/L dengan batas ketentuan zat pencemar limbah untuk logam berat Pb maksimal 5 mg/L, sehingga batako *sludge* kertas yang dihasilkan tergolong aman dan dapat difungsikan untuk pemasangan dinding bangunan yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

### Abstract

The chemical content of paper sludge as CaO, SO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> can be used as materials for making bricks. XRF testing on materials are 59.72, 8.28, 4.34, 2.99, 2.75 and 0.73% respectively. Composition of the materials used are cement, sand, paper sludge, and water in the ratio of cement to aggregate (sand and paper sludge) = 1:5, with FAS 0.5. Testing bricks characteristics include: water absorption and compressive strength. Result shown that water absorption of bricks with addition of paper sludge up to 3 parts of the total aggregate less than 25%. While the compressive strength test results showed that compressive strength values of all composition were in the range category as the separation wall bricks type. It matches with lightweight concrete bricks quality I with compressive strength of 0.35 to 7,00 MPa. The analysis of heavy metal lead (Pb) in the bricks was done to know the Pb content in the product. The analysis showed that the content of Pb in bricks is 1.428 mg/L. While the limit of Pb pollutants is 5 mg/L, so the brick paper sludge produced is safe and can be used for wall mounting building does not require high strength.

## Pendahuluan

Meningkatnya jumlah industri akan disertai dengan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan sehingga resiko terhadap kerusakan lingkungan juga akan semakin meningkat. Hal ini akan berdampak pada kualitas air tanah menjadi menurun apabila limbah tersebut dibuang ke sungai. Industri kertas banyak menggunakan bahan baku dari kayu, *pulp* dan kertas bekas.

Pengolahan kertas bekas menjadi bahan baku industri perlu melalui proses secara mekanis dan kimia yang disebut proses *deinking*. *Deinking* merupakan proses penghilangan tinta dan bahan-bahan non serat dari kertas bekas dengan melarutkan tinta secara kimiawi dan memisahkan tinta dari *pulp* secara mekanis. Salah satu limbah bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan oleh kegiatan kertas proses *deinking* adalah logam timbal (Pb) (Hardiani, dkk; 2011). Jumlah logam Pb dalam tanah dapat menggambarkan kondisi tanah telah terjadi kontaminasi atau tidak terkontaminasi. Kontaminasi logam berat di lingkungan merupakan suatu masalah, karena akumulasi sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam tidak mengalami transformasi sehingga menyimpan potensi keracunan yang laten (Notodarmojo; 2005).

Hasil samping dari proses pengolahan limbah berupa limbah padat sering disebut dengan *sludge*. *Sludge* akan terus meningkat dengan bertambahnya kebutuhan produksi sehingga diperlukan pemecahan dalam hal pembuangannya karena peningkatan kapasitas produksi perusahaan tidak sebanding dengan peningkatan kemampuan pengelolaan limbahnya (Samosir; 2007). Perkembangan regulasi Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang semakin ketat menghimbau pada industri *pulp* dan kertas untuk lebih meningkatkan upaya pengelolaan lingkungannya. Kekhawatiran akan meningkatnya limbah *sludge* ini yang tidak diimbangi dengan pengelolaan yang tepat, maka diperlukan solusi dengan memanfaatkan potensi yang dimiliki limbah *sludge* tersebut.

Hasil analisis kimia terhadap *sludge* kertas memiliki unsur-unsur yang mirip dengan komposisi semen seperti kandungan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), sulfur trioksida ( $SO_3$ ), silikon dioksida ( $SiO_2$ ) (Anonim; 2005), yang merupakan senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuat semen.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hardiani dan Sugesty (2009), limbah padat kertas dapat dimanfaatkan sebagai campuran pembuatan bata beton terutama dari kandungan  $CaCO_3$  maupun CaO. Penelitian lain menyebutkan bahwa limbah *sludge* IPAL industri kertas berbahan baku *waste paper* dengan proses *deinking* dapat menghasilkan batako kualitas I dan II dengan komposisi tertentu (Supriyadi; 2008).

Dengan diketahui adanya kandungan anorganik pada *sludge* kertas yang mirip semen ini, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap bahan bangunan, misalnya pasir, semen, kapur dan sebagainya yang semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya kebutuhan perumahan dan pendirian bangunan lainnya, maka produk batako berbahan *sludge* kertas ini tentunya bermanfaat dalam menekan biaya pembuatan batako yang semakin mahal.

Upaya pengelolaan *sludge* kertas yang tepat dalam pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan batako ini akan sangat mendukung program pemerintah dalam pengadaan bahan bangunan perumahan dengan harga murah. Selain murah, batako berbahan *sludge* yang dihasilkan ini akan lebih ringan dibandingkan dengan produk-produk batako tanpa campuran *sludge* kertas. Kualitas batako yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran bahan yang digunakan. Dengan demikian perlu diketahui komposisi campuran bahan-bahan sehingga memberikan hasil yang optimum.

Permasalahan yang didapat dalam penelitian ini, antara lain berapakah kandungan CaO,  $SO_3$ ,  $SiO_2$ , MgO,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$  dalam *sludge* kertas yang dapat digunakan sebagai campuran pembuatan batako, bagaimana pengaruh perbandingan berat semen, pasir, dan *sludge* kertas terhadap penyerapan air dan kuat tekan batako yang dihasilkan, bagaimana pengaruh waktu pengeringan terhadap kualitas batako yang dihasilkan, serta berapakah kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batako yang dihasilkan.

Berdasarkan permasalahan yang ingin diteliti, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui kandungan CaO,  $SO_3$ ,  $SiO_2$ , MgO,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$  dalam *sludge* kertas yang dapat digunakan sebagai campuran pembuatan batako, mengetahui pengaruh perbandingan berat semen, pasir, dan

*sludge* kertas terhadap penyerapan air dan kuat tekan batako yang dihasilkan, mengetahui pengaruh waktu pengeringan terhadap kualitas batako yang dihasilkan, serta mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batako yang dihasilkan.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sampel *sludge* kertas PT. Pura Nusapersada Kudus. Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kandungan CaO, SO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta uji kuat tekan, uji penyerapan air batako, dan uji kandungan logam berat Pb pada batako berbahan *sludge* kertas. Variabel bebas meliputi komposisi campuran *sludge* kertas dan pasir dalam pembuatan batako. Sedangkan variabel terkontrol selama penelitian adalah alat dan bahan yang digunakan, ukuran cetakan batako dan waktu yang dibutuhkan dalam pengerasan batako.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbagai alat gelas, ayakan ukuran 100 mesh, mortar dan alu, neraca analitik merek Adventurer TM Ohaus, neraca digital, labu Kjeldahl, kertas saring Whatman, cetakan batako, ember plastik, pengaduk, *drying oven*, *hotplate stirrer* merek Daihan Lab Tech, alat uji X-Ray Fluorescence merek JEOL Element Analyzer JSX-3211, alat uji kuat tekan batako CBR Test Machine, dan AAS Perkin Elmer Aanalyst100. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sludge* kertas PT. Pura Nusapersada Kudus, semen Portland, air, pasir dan bahan kimia dengan *grade pro analysisist* HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> buatan Merck.

Penelitian dilakukan dengan beberapa langkah meliputi analisis kandungan kimia *sludge* kertas, preparasi sampel batako, uji penyerapan air dan kuat tekan produk batako, serta analisis logam berat Pb pada batako yang dihasilkan.

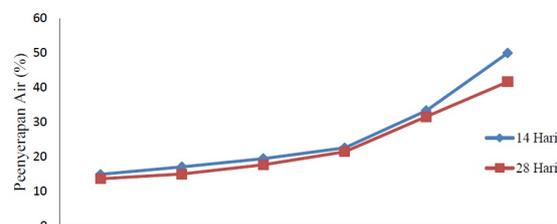
### Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di laboratorium MIPA terpadu UNS untuk pengujian XRF, laboratorium Konstruksi dan Bangunan Fakultas Teknik UNNES untuk uji karakterisasi batako, serta laboratorium Kimia UNNES untuk analisis kandungan logam berat Pb dalam batako menggunakan AAS. Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah preparasi *sludge* kertas dengan mengoven *sludge* kertas sampai kering, dihaluskan kemudian diayak

hingga lolos 100 mesh. Selanjutnya ditimbang sebanyak 1 gram dan dipres ke dalam *sample holder* dari alat XRF. Diperoleh hasil kandungan CaO, SO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam *sludge* kertas masing-masing sebesar 59,72; 8,28; 4,34; 2,99; 2,75 dan 0,73%. Unsur-unsur kimia tersebut mendukung dalam proses campuran pembuatan batako, seperti silika dan alumina yaitu dapat meningkatkan daya rekat batako yang dihasilkan.

Preparasi sampel batako dilakukan untuk uji karakterisasi batako, yaitu dipersiapkan bahan-bahan pembuatan batako meliputi semen, air, pasir, dan *sludge* kertas dengan perbandingan semen : agregat (*sludge* kertas dan pasir) = 1 : 5 dan faktor air semen (FAS) = 0,5. Sedangkan untuk variasi perbandingan agregat (*sludge* kertas : pasir) yang digunakan dengan kode sampel A, B, C, D, E dan F adalah 0:5 ; 1:4 ; 2:3 ; 3:2 ; 4:1 dan 5:0. Dalam pembuatan batako *sludge* kertas, agregat dicampur dengan semen dan air dalam suatu wadah dengan perbandingan bagian semen : agregat : air = 1 : 5 : 0,5 kemudian diaduk hingga merata dan homogen. Selanjutnya adonan dituangkan dalam cetakan batako dengan ukuran kubus: 5 x 5 x 5 cm. Kemudian dikeringkan untuk proses pengerasan (*ageing*). Pada proses *ageing* secara alami dilakukan dengan variasi waktu: 14 dan 28 hari. Setelah benda uji mengalami proses *ageing*, kemudian dilakukan pengujian karakterisasi meliputi: penyerapan air dan kuat tekan.

Uji penyerapan air batako dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh massa jenuh batako konstan. Hasil dari pengujian penyerapan air oleh batako dengan massa pengeringan 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik hubungan komposisi agregat dengan penyerapan air pada batako umur 14 dan 28 hari

Pada pengeringan 14 hari, daya serap air batako berkisar 14,89-50,00%, sedangkan pada pengeringan 28 hari menurun berkisar 13,64-41,67%. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton (batako) menyebutkan, persyaratan nilai penyerapan air maksimum pada batako

adalah 25%. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa batako dengan kode sampel A, B, C dan D memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Batas maksimum daya serap air oleh batako ditunjukkan pada kode sampel D, yaitu sampel dengan komposisi agregat (pasir:sludge kertas) = 2:3. Jadi penggunaan *sludge* kertas sebagai agregat dalam pembuatan batako untuk uji penyerapan air maksimal mencapai 3/2 bagian dari total 5 bagian agregat yang digunakan dalam campuran bahan.

Pada Gambar 1, terlihat grafik yang semakin meningkat baik pada batako dengan pengeringan 14 atau 28 hari. Pengaruh penambahan *sludge* kertas menunjukkan nilai daya serap air cenderung meningkat. Hal ini dibuktikan dengan pengujian yang dilakukan terhadap sampel batako tanpa campuran *sludge* kertas (kode sampel A) memiliki nilai serap air paling rendah diantara sampel batako dengan penambahan *sludge* kertas pada campuran bahan. Reaksi yang terjadi pada waktu pencampuran bahan batako adalah sebagai berikut.



(Riyadi dan Amalia: 2005)

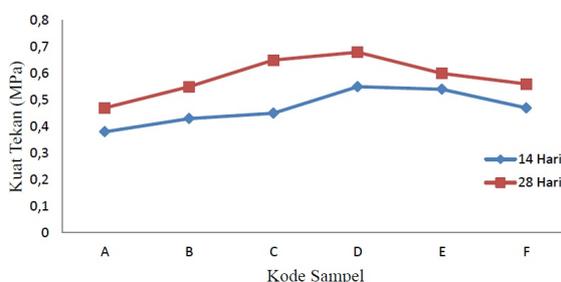
Reaksi tersebut menyebabkan timbulnya panas hidrasi, yaitu panas yang terjadi pada saat bereaksi dengan air, sehingga pada saat pengadukan campuran bahan batako terasa panas akibat pelepasan kalor dari bahan-bahan yang digunakan.

Dilihat dari proses pengeringan batako, menunjukkan hasil bahwa pada proses pengeringan 28 hari daya serap air cenderung menurun. Hal ini menunjukkan hubungan antara fungsi waktu pengeringan batako pada uji penyerapan air adalah semakin lama pengeringan batako semakin kecil daya serap air dan daya serap air pada batako yang rendah menandakan kualitas batako semakin baik. Artinya, waktu pengeringan batako 28 hari lebih baik dari pada waktu pengeringan batako 14 hari, karena *sludge* kertas dalam campuran batako mempunyai daya serap air tinggi sehingga proses hidrasi lebih lama.

Pada uji kuat tekan batako dilakukan sebanyak 3 kali untuk mempertegas hasil yang diperoleh. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.

Pada proses pengeringan 14 hari, kuat tekan dari batako berkisar 0,38-0,56 MPa, sedangkan pada proses pengeringan 28 hari

memiliki kuat tekan berkisar 0,48-0,67 MPa. Menurut Satyarno (2004), klasifikasi batako ringan berdasarkan kuat tekannya antara 0,35-7 MPa digunakan sebagai dinding pemisah, 7-17 MPa digunakan sebagai dinding pemikul beban, dan > 17 MPa dapat digunakan sebagai batako normal struktur.



**Gambar 2.** Grafik hubungan komposisi agregat dengan kuat tekan pada batako umur 14 dan 28 hari

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa batako berbahan *sludge* kertas ini dapat digunakan sebagai dinding pemisah. Pengujian kuat tekan optimum batako diperoleh pada sampel dengan komposisi agregat (pasir:sludge kertas) = 2:3 (kode sampel D). Semakin besar nilai kuat tekan maka kualitas batako semakin baik. Jadi penggunaan *sludge* kertas sebagai agregat dalam pembuatan batako untuk uji kuat tekan optimum yaitu pada 3/2 bagian dari total 5 bagian agregat, lebih atau kurang dari itu kualitas batako menurun. Aplikasi pembuatan batako berbahan *sludge* kertas ini dapat mengurangi pemakaian pasir dalam campuran bahan, sehingga dapat menekan biaya produksi. Selain itu, karena bobot batako yang lebih ringan, maka akan jauh lebih mudah dan cepat dalam proses pemasangannya. Pada Gambar 2 juga terlihat dengan komposisi yang sama dan waktu pengeringannya diperpanjang dari 14 hari menjadi 28 hari, maka nilai kuat tekan batako cenderung naik, artinya jika dilihat dari fungsi waktu pengeringan yang baik adalah selama 28 hari. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pengeringan batako maka diperoleh batako dengan pengerasan yang baik seiring menurunnya daya serap air optimal.

Setelah pengujian karakterisasi batako dilakukan, diperoleh hasil yaitu batako dengan perbandingan bahan (semen:pasir:sludge kertas) = 1:2:3 bagian dan dengan waktu pengeringan selama 28 hari, ternyata paling optimum dibanding variasi komposisi bahan lainnya. Selanjutnya batako dengan komposisi tersebut dijadikan sampel untuk dianalisis logam berat Pb dengan AAS untuk mengetahui sejauh mana

kualitas dari batako yang dihasilkan.

Pada pelaksanaannya, *sludge* kertas yang digunakan dalam campuran bahan pembuatan batako ini merupakan limbah proses pengolahan kertas bekas. Pada proses tersebut terjadi peluruhan tinta (*deinking*) dan penghilangan bahan-bahan non serat dari kertas bekas dengan melarutkan tinta secara kimiawi dan memisahkan tinta dari *pulp* secara mekanis. Hasil dari proses *deinking* menimbulkan limbah bahan berbahaya dan beracun salah satunya logam berat timbal, maka dilakukan analisis ini untuk mengetahui aman tidaknya batako *sludge* dari adanya pencemar logam berat timbal.

Hasil dari pengujian ini diperoleh konsentrasi Pb dalam sampel uji batako optimum sebesar 1,428 mg/L. Angka ini masih di bawah angka maksimum baku mutu zat pencemar limbah berkategori racun yang dikeluarkan oleh PP. 85/1999, yaitu sebesar 5 mg/L. Sedangkan kadar Pb pada sampel batako diperoleh sebesar 0,476 mg/Kg. Jadi dalam pelaksanaannya, *sludge* kertas yang dipakai sebagai agregat dalam campuran pembuatan batako ini teruji aman dan dapat digunakan dalam aplikasi sehari-hari untuk pemanfaatan optimal sebagai pemasangan dinding pemisah dan untuk konstruksi/bangunan yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

### Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu kandungan CaO, SO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam *sludge* kertas masing-masing adalah sebesar 59,72; 8,28; 4,34; 2,99; 2,75 dan 0,73%. Unsur-unsur kimia tersebut mendukung dalam proses campuran pembuatan batako, seperti silika dan alumina yang dapat meningkatkan daya rekat batako yang dihasilkan. Perbandingan berat semen, pasir, dan *sludge* kertas sangat berpengaruh terhadap uji penyerapan air dan kuat tekan batako. Batako pada kode sampel A, B, C, dan D untuk

uji penyerapan air memenuhi standar SNI 03-0349-1989 yaitu kurang dari 25%. Pada uji kuat tekan, semua perbandingan komposisi bahan diperoleh nilai kuat tekan yang masuk dalam *range* kategori batako sebagai dinding pemisah. Waktu pengeringan untuk kualitas batako menunjukkan waktu 28 hari pengeringan lebih baik dari 14 hari, ditandai dengan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dan daya serap air yang menurun. Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batako optimum berbahan *sludge* kertas yang dihasilkan adalah sebesar 1,428 mg/L dan kadar Pb dalam massa sampel batako sebesar 0,476 mg/Kg. Batako dengan memanfaatkan *sludge* kertas sebagai campuran bahan, yaitu sebagai agregat atau pengisi untuk mengurangi pemakaian pasir ternyata aman digunakan dan dapat diaplikasikan untuk pemasangan dinding pemisah atau bangunan yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

### Daftar Pustaka

- Anonim. 2005. Hasil Tes Laboratorium Terhadap Sampel Limbah Kertas. Surabaya: Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri (LPKI)
- Hardiani, H. dan S. Sugesty. 2009. Pemanfaatan Limbah Sludge Industri Kertas Sigaret untuk Bahan Baku Bata Beton. Berita Selulosa. Vol. 44 No. 2
- Hardiani, H., Teddy, K. dan S. Sugesty. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. Berita Selulosa. Vol. 1 No.1
- Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Penerbit ITB. ISBN 979-3507-43-8
- Riyadi, M. dan Amalia. 2005. Teknologi Bahan I. Jakarta: Diktat Teknik Sipil PNJ
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)
- Samosir, J. 2007. Limbah Riau Andalan Jadi Wabah Penyakit. Diakses dari <http://www.tempointeraktif.com> pada 18 Juni 2011