

PENGEMBANGAN MATERIAL SEMEN BERBAHAN DASAR INSINERASI LIMBAH RUMAH SAKIT DENGAN TEKNOLOGI HIDROTERMAL

Ade Ramos Ferdinand*, Agus Tri Prasetyo, Athanasius Priharyoto Bayuseno

¹ Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang, Semarang 50275.

*Email: ramos_pasaribu@yahoo.com

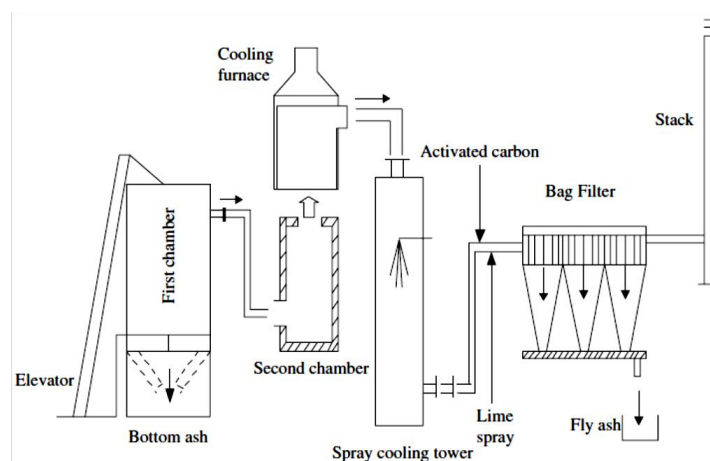
Abstrak

Abu berat (*bottom ash*) hasil pembakaran *incinerator* limbah rumah sakit digunakan sebagai material semen, bertujuan untuk mengurangi emisi karbon dalam pembuatan semen. Abu hasil insinerasi diuji dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui kandungan unsur logam dan fasa-fasa yang terbentuk di dalamnya. Hasil XRD menunjukkan fasa utama yang terbentuk antara lain Calcite (CaCO_3), Quartz (SiO_2), Halite (NaCl), Calcium Titanate (CaTiO_3), Gehlenite ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$) dan Aluminate (Al_2O_3). Adapun besar kandungan logam yang menunjang dalam pembuatan semen berdasarkan hasil XRF adalah Ca 46%, Si 8,21%, Al 1,8%, dan S 1,5% sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai material semen. Hasil uji AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) menunjukkan nilai pelepasan unsur Pb dari abu sebesar 2,89 ppm sehingga termasuk aman untuk lingkungan dimana nilai maksimal dari Kementerian Lingkungan Hidup adalah 5 ppm. Pengujian hidrotermal dengan larutan NaOH dan KOH dengan konsentrasi 2M dilakukan untuk mempromosikan terbentuknya fasa semen di dalam abu untuk menambah nilai kekuatan semen. Abu dan semen dicampur air dengan perbandingan air/pengikat 0,5. Didapat bahwa komposisi semen-abu 90%-10%, 70%-30%, maupun 50%-50% memiliki nilai kekuatan yang cukup baik.

Kata kunci: limbah rumah sakit, abu berat, hidrotermal, bahan semen

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Kementerian Kesehatan, jumlah rumah sakit di Indonesia sudah mencapai 1.959 unit per Mei 2012. Seiring bertambah banyaknya jumlah unit rumah sakit di Indonesia, bertambah pula sampah atau limbah yang dihasilkan. Secara umum sampah dan limbah rumah sakit dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu sampah atau limbah klinis dan non klinis baik padat maupun cair. Biasanya pengelolaan limbah-limbah ini dibagi dengan dua cara, yaitu untuk limbah yang bisa dipakai kembali seperti limbah non medis berupa kertas, kaleng, dan botol dijual, sedangkan limbah lainnya yang bersifat racun, infeksius, dan radioaktif untuk alasan kesehatan harus dibakar dengan suhu yang tinggi agar bakteri, virus, atau kuman yang melekat di dalamnya dapat mati dan tidak membahayakan lingkungan sekitar dengan alat khusus yang disebut dengan *incinerator*. Skema *incinerator* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema dari *Medical Waste Incinerator*

Hasil dari limbah yang dibakar dengan *incinerator* pada suhu tinggi (pada penelitian ini suhu yang digunakan adalah 1000 °C) adalah berupa abu yaitu *bottom ash* dan *fly ash*. Karena secara umum jumlah *bottom ash* sangat besar yaitu sekitar 70% dari total keseluruhan abu yang dihasilkan, maka *bottom ash* yang digunakan sebagai bahan dasar penelitian ini. Tetapi masalah besar timbul dalam pengelolaan *bottom ash* karena abu ini termasuk golongan beracun. Hal ini disebabkan karena *bottom ash* biasanya mengandung; (i) zat partikulat halus, (ii) logam berat (As, Pb, dll), (iii) senyawa organik (polychlorined dibenzodioxins, furans, dll) yang tidak sesuai dengan regulasi lingkungan yang berlaku karena kadarnya yang tinggi sehingga dapat membahayakan kesehatan lingkungan sekitar. Selain memiliki kandungan unsur logam berat yang berbahaya, *bottom ash* juga memiliki kandungan unsur kalsium, silicon, aluminium, dan sulfur yang dapat berguna sebagai bahan campuran (mortar) semen. Dengan mengurangi penggunaan semen diharapkan dapat mengurangi polusi udara CO₂ yang dihasilkan dari proses pembuatannya, seperti yang ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut:



Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dan menstabilkan kandungan unsur logam berat dengan menggunakan proses hidrotermal, dimana dalam penelitian ini yang dikaji adalah unsur logam berat Pb, agar tidak mudah lepas ke lingkungan dimana standar konsentrasi dalam ekstraksi limbah dari Kementerian Lingkungan Hidup sebesar 5 mg/L serta membandingkan kekuatan lentur campuran semen dengan *bottom ash* pada beberapa variasi.

METODE PENELITIAN

1. Material

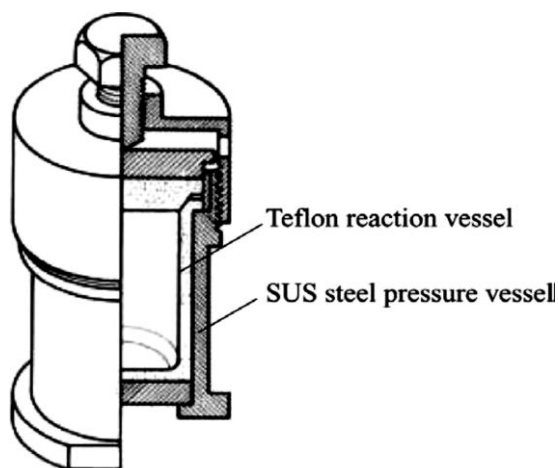
Bottom ash yang digunakan adalah abu hasil pembakaran limbah rumah sakit incinerator pada suhu 1000 °C di sebuah rumah sakit swasta yang terletak di Ungaran, Semarang. Abu kemudian ditumbuk dan di mesh 100.

2. Karakteristik Material

Untuk mengetahui karakteristik dari abu dilakukan pengujian XRD dan XRF. XRD dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk sedangkan XRF untuk mengetahui kandungan unsur dan besarnya yang terdapat d dalam abu.

3. Hidrotermal

Hidrotermal yang digunakan adalah jenis tipe Morey seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat hidrotermal tipe Morey

Perlakuan hidrotermal dilakukan menggunakan larutan NaOH dan KOH dimana perbandingan abu dan larutan 1:10 dengan waktu 24 jam pada suhu 200 °C.

4. Leaching Test

Abu hasil hidrotermal dicampur aquades dengan perbandingan abu/aquades 1:10 kemudian diaduk pada magnetic stirrer dengan frekuensi 200/menit dengan lama 6 jam. Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas Whatmann, dan air setelah penyaringan kemudian diuji dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) untuk mengetahui nilai ekstraksi unsur logam berat Pb.

5. Uji Fleksural Mortar

Abu hasil proses hidrotermal kemudian dibuat menjadi campuran (mortar) semen. Adapun variasi perbandingan abu/semen antara lain 1:9, 3:7, dan 5:5 dengan berat perbandingan kandungan air/mortar adalah 1:2. Mortar dikeringkan dengan lama waktu 1 dan 7 hari.

6. Densitas

Densitas digunakan untuk membandingkan massa jenis dan kepadatan dari beberapa variasi mortar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Material

Dari hasil pengujian XRD diketahui fasa-fasa yang terdapat di abu antara lain fasa Calcite (CaCO_3), Quartz (SiO_2), Halite (NaCl), Calcium Titanate (CaTiO_3), Gehlenite ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$) dan Aluminate (Al_2O_3).

Sedangkan unsur-unsur dan besar kandungannya hasil pengujian XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian XRF

Unsur	Kandungan (wt%)
Al	1.8
Si	8.21
Cl	23
Ca	46
Ti	4.68
Fe	4.81
Zn	5.02
Mo	2
Pb	0.2

Nilai kandungan unsur yang meningkatkan fasa semen (C-S-H) yaitu Ca dan Si besar nilainya sehingga baik digunakan sebagai bahan sekunder untuk mengurangi pemakaian semen.

2. Leaching Test

Hasil dari pengujian AAS unsur logam berat Pb ditampilkan pada Tabel 2.

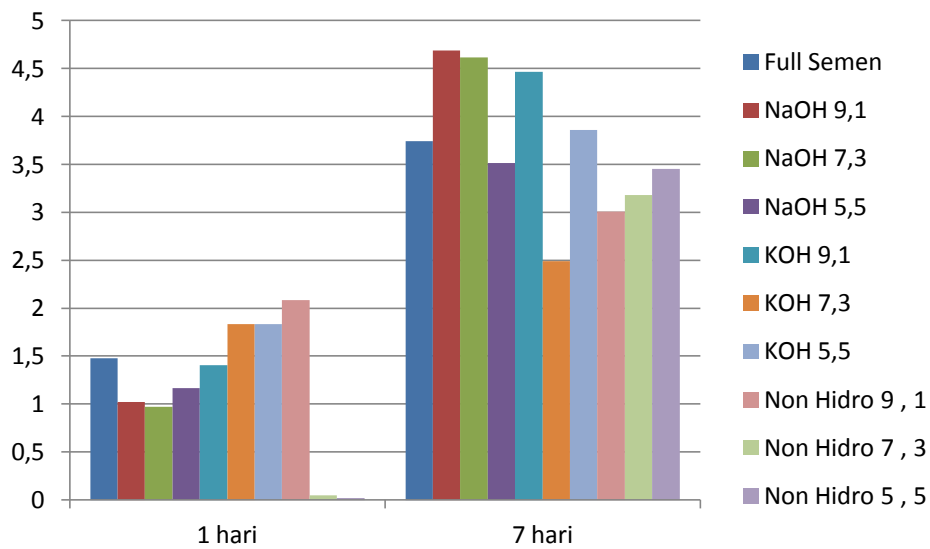
Tabel 2. Hasil Pengujian AAS

Kode Sampel	Pb (ppm)
Non Perlakuan	2.89
NaOH 3M	2.38
KOH 3M	2.46
KOH 2M	2.73

Dari hasil pengujian AAS diketahui bahwa ekstraksi unsur logam Pb pada abu hasil pembakaran sudah berada di bawah standar Kementerian Lingkungan Hidup yaitu sebesar 5 ppm sehingga sudah aman untuk lingkungan.

3. Kekuatan Fleksural

Perbandingan kekuatan fleksural dari beberapa mortar disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3 dengan lama pengeringan 1 dan 7 hari.

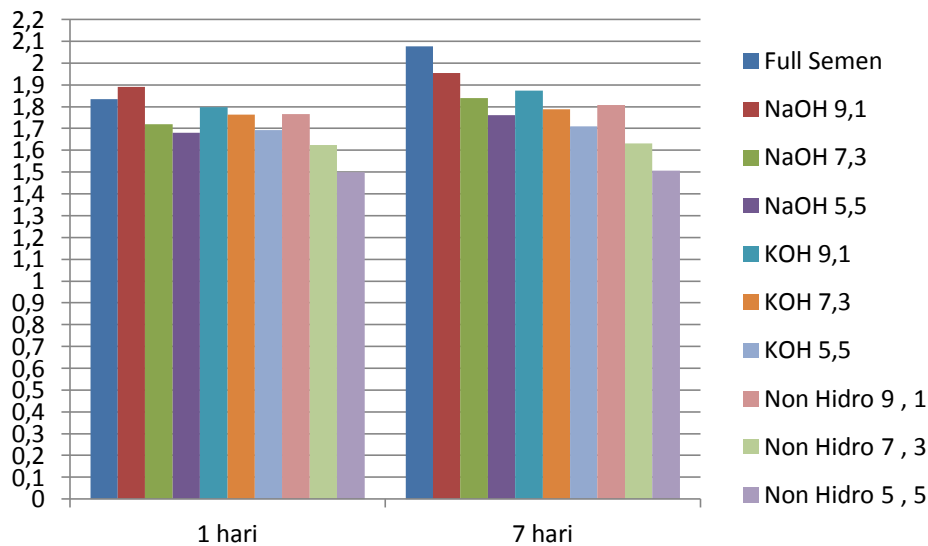


Gambar 3. Grafik kekuatan fleksural dengan variasi mortar

Dilihat dari Gambar 3 kekuatan fleksural mortar semua variasi di atas standar kekuatan fleksural umumnya yaitu 0,4 MPa, sehingga penggunaan abu hasil pembakaran incinerator efektif untuk mengurangi penggunaan semen. Dari Gambar 3 juga didapat kesimpulan bahwa mortar yang menggunakan abu tanpa perlakuan hidrotermal lebih rendah dibandingkan mortar yang menggunakan abu dengan perlakuan hidrotermal, kecuali hanya satu pada mortar KOH 7:3. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sangat efektif meningkatkan kekuatan fleksural mortar dengan menggunakan abu perlakuan hidrotermal.

4. Densitas

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyaknya jumlah abu yang digunakan pada mortar berbanding terbalik dengan kepadatan mortar. Mortar yang menggunakan abu hidrotermal lebih besar densitasnya dibandingkan dengan yang tidak menggunakan perlakuan hidrotermal, tetapi masih di bawah nilai densitas *full* semen. Abu yang menggunakan larutan NaOH saat hidrotermal juga lebih besar nilai densitasnya dibandingkan yang menggunakan larutan KOH.



Gambar 4. Grafik densitas dengan variasi mortar

KESIMPULAN

Dari beberapa pengujian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Abu sampah yang digunakan sebagai sampel memiliki nilai ekstraksi yang rendah, 2.89 ppm, di bawah standar Kementerian Lingkungan Hidup yaitu sebesar 5 ppm sehingga aman untuk lingkungan.
2. Proses hidrotermal efektif untuk mengurangi nilai ekstraksi unsur logam berat Pb pada abu.
3. Penggunaan abu sebagai bahan sekunder untuk mengurangi pemakaian semen efektif, sebab nilai fleksural dari semua variasi mortar di atas standarisasi kekuatan fleksural yang nilainya 0,4 MPa.
4. Proses hidrotermal juga efektif untuk meningkatkan kekuatan fleksural mortar dibandingkan dengan mortar yang menggunakan abu tanpa perlakuan hidrotermal.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiang, Y.W., Ghyselbrecht, K., Santos, R.M., Meesschaert, B., Martens, J.A., (2011), *Synthesis of Zeolitic Type Adsorbent Material from Municipal Solid Waste Incinerator Bottom Ash and Its Application in Heavy Metal Adsorption*, Journal of Catalysis Today, vol. 190, pp 23-30.
- Jing, Z., Ran, X., Jin, F., Ishida, E. H., (2009), *Hydrothermal Solidification of Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash with Slag Addition*, Journal of Waste Management, vol. 10, pp. 1521-1527.
- Sukandar, S., Yasuda, K., Tanaka, M., and Aoyama, I., (1991), *Metal Leachability from Medical Waste Incinerator Fly Ash: A Case Study on Particle Size Comparison*, Journal of Environmental Pollution, vol. 144, pp. 726-735.