

# **UTILIZATION OF HOSPITAL WASTE INCINERATOR ASH AS A SUBSTITUTE FOR THE MANUFACTURE OF CONCRETE ROOF TILE**

## **PEMANFAATAN ABU INSINERATOR RUMAH SAKIT SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI DALAM PEMBUATAN GENTENG BETON**

*Muh Ridwan Sabu<sup>1</sup> dan Kasam<sup>2</sup>*

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta

Email : [riidwan\\_angga@yahoo.co.id](mailto:riidwan_angga@yahoo.co.id)

### **ABSTRACT**

*Wirosaban Hospital Solid Waste Incinerator (HSWI) ash is the waste generated from the combustion of solid waste incinerators by using a temperature of 800-1200 ° C and produce a bottom ash or bottom ash. Waste incinerator ash is included in the class of hazardous and toxic waste (B3) which can contaminate the surrounding environment so it needs special management. This study aims to determine the effect of the use of ash as a substitute for the manufacture of concrete roof tiles, and immobilization capabilities of each variation of the concrete tile. Therefore, toxic or poisonous nature of the factors contained in the ash, need some treatment for the waste. In this study were taken for heavy metal test parameters Pb, Cr, and Cd. With the method of the TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure). In addition, to determine the quality of flexibility strength, impermeability in concrete tile and optimal presentation additional waste in the establishment of concrete tile with a substitute most of the sand and add ashes. One of the alternatives that can be done such as solidification with variation 0%, 10%, 15%, 20%, and 25% waste incinerator ash in concrete roof tiles. Based on these test results, the TCLP test obtained optimum presentation in the immobilization of heavy metals by 99% Pb, 99% Cr, and Cd is 56%. Levels of heavy metals contained in Pb from 0.27-0.39 mg/l, Cr 0.13-0.65 mg/l and Cd 0.016-0.022 mg/l still below the quality standard PP 101 in 2014. In the flexibility strength concrete roof tile obtained a variation of 20% as the optimum variation of 90kg, and for impermeability test obtained relatively good results in the addition of 0-20% variation.*

**Keywords :** *HSWI, TCLP, Flexibility Strength, Impermeability*

### **ABSTRAK**

*Limbah abu insinerator RSUD Wirosaban merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran limbah padat insinerator dengan menggunakan suhu 800-1200°C dan menghasilkan abu dasar atau bottom ash. Limbah abu insinerator ini termasuk dalam golongan limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) yang dapat mencemari lingkungan disekitarnya sehingga perlu adanya pengelolaan secara khusus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sebagai bahan substitusi pembuatan genteng beton, dan kemampuan immobilisasi dari setiap variasi genteng beton. Oleh karena faktor toxic atau sifat beracun yang terkandung di dalam abu, perlu dilakukan suatu pengolahan atau treatment terhadap limbah tersebut. Pada penelitian ini diambil parameter uji untuk logam berat yaitu Pb, Cr, dan Cd. Dengan metode TCLP ( Toxicity Characteristic Leaching Procedure ). Disamping itu juga untuk mengetahui kualitas beban lentur, rembesan air pada genteng beton serta presentasi penambahan limbah yang optimum dalam pembentukan genteng beton dengan mensubstitusi sebagian pasir dan menambahkan abu. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan antara lain solidifikasi (pemadatan) dengan variasi penambah dari 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% limbah abu insinerator dalam genteng beton. Berdasarkan hasil pengujian ini, pada pengujian TCLP diperoleh presentasi yang optimum dalam mengimmobilisasi logam berat dengan Pb sebesar 99%, Cr sebesar 99%, dan Cd sebesar 56%. Kadar logam berat yang terkandung dalam Pb 0,27-0,39 mg/l , Cr 0,13-0,65 mg/l dan Cd 0,016-0,022 mg/l masih dibawah standar baku mutu PP 101 tahun 2014. Pada beban lentur genteng beton didapat variasi 20% sebagai variasi optimum sebesar 90kg, dan untuk pengujian rembesan air didapatkan hasil yang relatif baik pada variasi penambahan 0-20%.*

**Kata-kata Kunci :** *Abu Insinerator rumah sakit, TCLP, beban lentur, rembesan air*

## I. PENDAHULUAN

Jumlah rumah sakit di Indonesia sudah mencapai 1.959 unit per Mei 2012. Dengan bertambah banyaknya jumlah rumah sakit di Indonesia, berpengaruh juga terhadap sampah atau limbah yang dihasilkan. Sampah dan limbah rumah sakit dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu sampah atau limbah klinis dan non klinis baik padat maupun cair. Penanganan limbah ini dibagi dengan dua cara, yaitu untuk limbah yang bisa dipakai kembali seperti limbah non medis berupa kertas, kaleng, dan botol (Ferdinand, 2013). Sedangkan Limbah medis yang bersifat racun, infeksius, dan radioaktif untuk alasan kesehatan harus dibakar dengan suhu yang tinggi 1200°C dengan menggunakan alat pembakar seperti insinerator. Agar bakteri, virus, atau kuman yang melekat di dalamnya dapat mati dan tidak membahayakan lingkungan sekitar (Depkes, 2014).

Limbah medis di China menjadi perhatian besar untuk pengelolaan limbah medis, sejak China terkena wabah sindrom pernapasan akut parah pada tahun 2003. Limbah medis harus diolah dengan tepat sebelum bisa dibuang ke lingkungan. Insinerasi adalah salah satu teknologi yang paling menjanjikan dan kompetitif untuk pembuangan limbah medis, karena ia mampu mengefisiensi volume limbah, sterilisasi dan detoksifikasi limbah medis infeksius menggunakan proses pembakaran dengan suhu tinggi. Teknologi ini tidak hanya dapat secara efektif mengatasi berbagai limbah medis, seperti limbah infeksius, patologis bahan, farmasi dan limbah kimia, tetapi juga secara signifikan mengurangi massa dan volume medis limbah. Saat ini, insinerasi telah terbukti menjadi teknologi yang paling menjanjikan untuk pengolahan limbah medis di banyak negara maju (Pan, 2013).

Pada proses pembakaran limbah padat ini, jumlah dan konsentrasi residu pembakaran tergantung pada karakteristik limbah, perancangan dan pengoperasian peralatan sistem pembakaran. Residu padat yang dihasilkan pada pembakaran limbah padat mencapai 25-30% massa (Millarth et.al,

2004 dalam Naryono 2011) yang dapat menghasilkan dua macam abu yaitu bottom ash dan fly ash. Residu pembakaran tersebut perlu diolah atau dimanfaatkan agar tidak mengganggu lingkungan, mengingat abu tersebut jumlahnya meningkat setiap harinya. Abu insinerator dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan terutama polusi udara terhadap kehidupan sekitarnya. Prinsip utama pemanfaatan atau pengolahan residu insinerator adalah mengubah bahan tersebut menjadi stabil sehingga pada kondisi terpapar tidak berbahaya bagi lingkungan. Teknik pengolahan residu secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi tiga proses utama yaitu (1) proses pemisahan, (2) solidifikasi atau stabilisasi, dan (3) proses termal.

Mengurangi permasalahan limbah medis ini, perlu dilakukan penanganan khusus salah satunya yaitu dengan cara solidifikasi untuk mengimobilisasi kontaminan logam berat yang terkandung dalam abu. Dalam penelitian ini, dimana limbah padat abu insinerator ini di solidifikasi dengan menggunakan semen menjadi genteng beton. Mekanisme solidifikasi dengan menggunakan semen dapat menyebabkan kestabilan kimia dan mengikat polutan di dalam padatan. Di harapkan dengan cara ini, dapat menurunkan kadar logam berat seperti Pb, Hg, Cd, Cu dan Zn yang terdapat pada abu tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah teknis yang akan dilakukan selama penelitian tugas akhir.

### 2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti tahapan-tahapan meliputi : persiapan, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian dan analisis data. Parameter pengujian logam berat pada penelitian ini yaitu Pb, Cr, dan Cd.

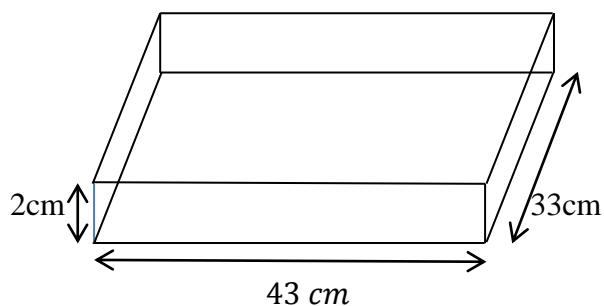
1. Pelaksanaan pengujian terhadap abu insinerator

2. Pelaksanaan pengujian TCLP terhadap benda uji genteng beton
3. Pelaksanaan pengujian rembesan air (permeabilitas)
4. Pelaksanaan Pengujian beban lentur genteng beton

## 2.2 Variabel dalam Penelitian

Variabel benda uji yang di gunakan dan di buat pada penelitian kali ini adalah :

1. Variabel terikat yaitu analisis beban lentur, rembesan air (*permeabilitas*), dan logam berat dengan TCLP
2. Variabel bebas antara lain :
  - a. Variabel unsur yang di analisa berupa logam berat seperti Pb, Cr, dan Cd
  - b. Variabel per variasi penambahan sampel limbah abu yaitu dibuat dengan 6 formula 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari pasir.
  - c. Ukuran benda uji genteng beton yang digunakan meliputi panjang 42 cm, lebar 33 cm, tebal 2cm, dan  $\pm 6$  kg.



Gambar 2.1 Benda uji genteng beton

- d. Benda uji genteng beton dengan komposisi pencampuran seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 2.1 Komposisi Bahan campuran genteng beton

Sampel	1 unit genteng beton			
	semen(kg)	pasir (kg)	abu(kg)	air(ml)
0%	1	5	-	600
10%	1	4,5	0,5	600
15%	1	4,25	0,75	600
20%	1	4	1	600
25%	1	3,75	1,25	600

(Sumber: data primer)

## 2.3 Acuan Standar Pengujian

Pengujian yang dilakukan terhadap benda uji genteng beton tersebut mengacu pada :

1. Beban lentur pada genteng beton (SNI 4431:2011)
2. Rembesan air (*permeabilitas*) (SNI 0096:2007)
3. Toxicity Characteristic Leaching Procedure atau TCLP
  - a. Parameter pengujian Pb (SNI 06-6989.7-2004)
  - b. Parameter pengujian Cr (SNI 06-6989.53-2005)
  - c. Parameter pengujian Cd (SNI 06-6989.16-2004)

## 2.4 Analisis Hasil Pengujian

Setelah dikukan pengujian terhadap benda uji, kemudian dilakukan analisa data untuk mengetahui apakah hasil pengujian tersebut sudah sesuai standar baku mutu yang ada dan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi penambahan abu insinerator dalam mengimmobilisasi logam berat yang terdapat di dalam genteng beton.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Logam Berat Pada Abu

Penelitian ini dilakukan pengujian toxisitas yang pada abu dan benda uji genteng beton. Hasil analisa kandungan logam berat nya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil Analisa Logam Berat Dalam abu dengan AAS

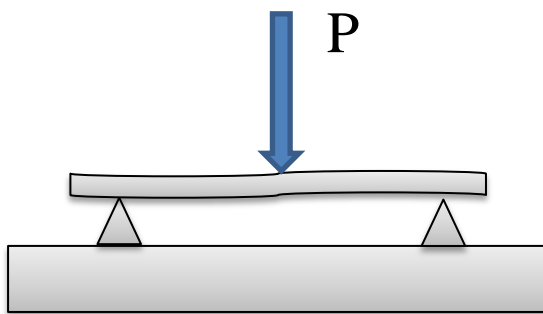
Sampel	hasil(mg/L)		
	Pb	Cd	Cr
abu 1	20,647	0,041	73,807
abu 2	21,867	0,054	71,651
abu 3	22,477	0,014	ND
R	21,664	0,036	72,729

Hasil pengujian menunjukkan besaran kandungan logam berat Pb sebesar 21,664 mg/l, Cd sebesar 0,036 mg/l dan Cr sebesar 72,729 mg/l. Jika dibandingkan dengan standar baku mutu (PP 101 thn 2014) maka dapat di kategorikan bahwa untuk parameter Pb dan Cr melebihi standar baku mutu. Hal yang sama terjadi pada penelitian Yijun (2012) dinyatakan bahwa besaran logam Pb yang terkandung di dalam abu insinerator adalah 142 mg/l dan jauh dari standar baku mutu. Begitu juga jika dibandingkan dengan kadar kandungan logam Cr yang melebihi standar baku mutu. Hal ini di sebabkan karena dominannya limbah padat medis seperti plsatik dan kaca.

Namun untuk parameter logam berat Cadmium (Cd) berada di tingkat aman terhadap pengaruh pencemaran lingkungan jika kita bandingkan pada baku mutu yang berada dibawah standar dengan nilai besaran logam. Hal ini dikarenakan sedikitnya limbah yang berupa besi dan tembaga pada saat pembakaran abu di insinerator.

### 3.2 Beban Lentur Genteng beton

Genteng beton diletakkan pada mesin kuat lentur beton dalam posisi bagian tengah beton berada pada titik tengah dari posisi pembeban seperti gambar dibawah ini (P = Beban).



Gambar 3.1 Peletakkan genteng beton pada mesin uji

Hasil dari pengujian beban lentur genteng beton yang didapat pada tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.2 Beban Lentur Masing-Masing Benda Uji

Benda Uji (%)	Hasil uji (kg)
R1	70
R2	80
R3	85
R4	90
R5	65

(Sumber : Data Primer)

Tabel 3.3 Standar Beban Lentur

Tingkat Mutu	Beban lentur rata-rata genteng yang di uji (kg)
I	150
II	120
III	80
IV	50
V	30

(Sumber : PUBLI, 1982)

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa kuat lentur seluruh benda uji masih masuk pada standar mutu beban lentur genteng beton, yang dimana varias benda uji R1 70 kg, R2 80 kg, R3 85 kg, R4 90 kg, dan R5 sebesar 65 kg. Terlihat dari grafik untuk hasil uji dar R1 sampai dengan R4 terjadi peningkatan secara berlanjut. Namun jika kita bandingkan pada variasi limbah R1 (sebagai pembanding), nilai variasi R5 berada dibawahnya. Ini terjadi akibat perbandingan pasir antara variasi 0% dan 25% berbeda jauh. Di katakan pada penlitian Fatharoni (2015) bahwa pengurangan agregat pasir dapat mempengaruhi kekuatan beban lentur pada beton non pasir. Semakin banyak penambahan abu, maka semakin mempengaruhi rongga yang terdapat dalam beton dilihat dari persenan penambahan yang paling tinggi.

### 3.3 Pengujian Rembesan Air (*permeabilitas*)

Penelitian rembesan air dilakukan selama 24 jam, dengan menggunakan pipa PVC berdiameter 8 mm dan malam (lilin).



Gambar 3.2 Pengujian Rembesan Air

Data hasil Perhitungan dan analisis pengujian terlampir pada tabel 4.4 di bawah ini :

Tabel 3.4 Data Pengujian

sampel (%)	p(cm)	l(cm)	Tebal (cm)	Φ pipa	h pipa (cm)	Tinggi Air (cm)		volume(ml)		penurunan volum (ml)	penurunan volume (%)
						h (awal)	h(akhir)	h(akhir)	sesudah		
R1	43	33	2	8,75	28	10	9,4	600	564	36	6,0
R2	43	33	2	8,75	28	10	9,6	600	577	23	3,8
R3	43	33	2	8,75	28	10	9,75	600	586	14	2,3
R4	43	33	2	8,75	28	10	9,8	600	589	11	1,8
R5	43	33	2	8,75	42	10	9,7	600	583	17	2,8

(sumber : Data Primer, 2016)

Pengujian dengan menggunakan pipa berukuran tinggi 28 cm dimasukkan air 600ml setinggi 10 cm dengan variasi penambahan limbah R1, R2, R3, R4, dan R5. Tabel 3.3 menunjukkan hasil bahwa penyerapan air pada tabel tersebut sebesar 3,4 %. Hal ini sesuai dengan standar nilai penyerapan air pada *SNI 0096:2007* yaitu maksimal penyerapan air sebesar 10%.

Tabel 3.5 Ketahanan Terhadap Rembesan Air

no	benda uji	Menetes	Tidak Menetes	Keterangan
1	R1	-	V	permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
2	R2	-	V	permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
3	R3	-	V	permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
4	R4	-	V	permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
5	R5	-	V	permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng

(sumber : Data Primer, 2016)

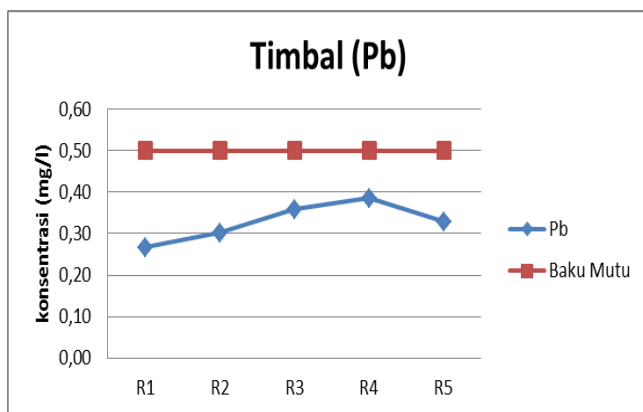
Dari tabel 4.5 pengujian ketahanan rembesan air menunjukkan bahwa pada variasi R1 tidak terjadi tetesan air pada permukaan bawah genteng dan keadaan pada permukaan atas genteng terlihat basah yang berarti air meresap pada genteng tersebut. Begitu juga pada variasi R2, R3, R4, dan R5. Hal ini terjadi karena kerapatan di dalam material pencampuran genteng beton. Adapun standar ketahanan rembesan air yaitu mampu menahan atau tidak menetes nya air selama 24 jam, genteng menjadi basah namun tidak terjadi tetesan air. Maka dapat dinyatakan pengujian genteng beton ini tahan terhadap rembesan air sesuai dengan *SNI 0096:2007*.

### 3.4 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

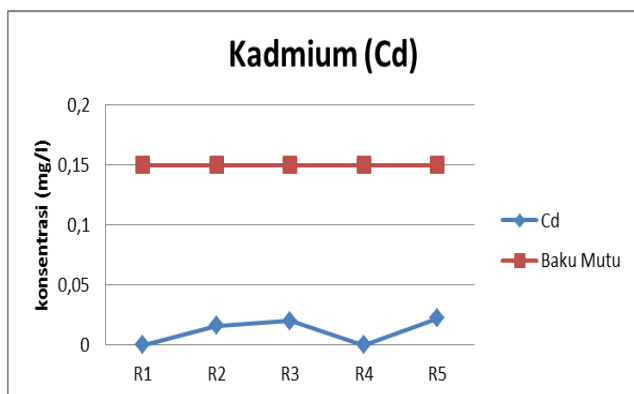
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran kandungan logam berat terhadap benda uji genteng beton dan menganalisa tingkat keamanan bagi kesehatan mengingat bahan tambah yang digunakan bersumber dari limbah medis. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada tabel 3.6

Tabel 3.6 hasil analisa TCLP

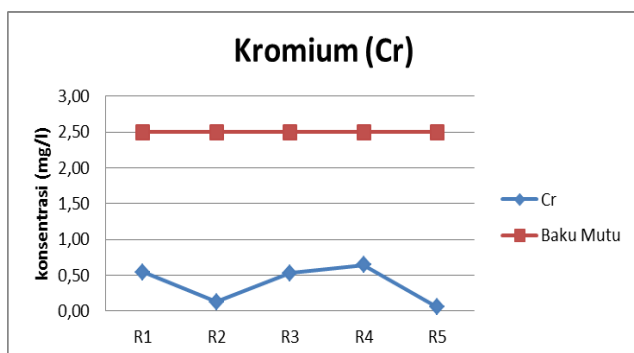
Sampel	Hasil Uji (mg/L)		
	Pb	Cr	Cd
R1	0,27	0,54	0
R2	0,30	0,13	0,016
R3	0,36	0,53	0,020
R4	0,39	0,65	0
R5	0,33	0,05	0,022



Gambar 3.3 Grafik Logam berat Pb pada genteng beton



Gambar 3.4 Grafik Logam berat Cd Pada Genteng beton



Gambar 3.5 Grafik Logam berat Cr pada genteng Beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata dari setiap variasi R1, R2, R3, dan R4 masih berada di bawah baku mutu PP no 101 tahun 2014. Dalam keadaan terbaik dari setiap hasil pengujian dimana Pb dengan penambahan abu variasi R1, Cd variasi R2 dan Cr pada variasi limbah R5. Hal ini di

ungkapkan dalam penelitian Aghumuthu (2003) dimana menjelaskan bahwa setelah pengujian TCLP terjadi penurunan kandungan logam berat Pb dan Cd yakni smpa kisaran 0,045 mg/l dan sebagian besar logam ditemukan meningkatkan persentase immobilisasi logam berat ketika fraksi leachable bercampur dengan agregat semen. Untuk parameter limbah padat Cd juga terjadi penurunan yang tidak terlalu jauh dari perbandingan nilai besaran logam antara abu dan benda uji. Meskipun dalam keadaan masih menjadi abu yang telah di nyatakan dalam situasi yang aman atau dibawah baku mutu, setelah di lakukan pengujian TCLP menggunakan benda uji genteng beton masih mengalami penurunan.

Adapun Tabel hasil presentasi penurunan logam berat yang ditunjukkan pada tabel 3.7 sebagai berikut :

Tabel 3.7 Presentasi logam berat yang terimmobilisasi

Variasi	Pb (mg/l)			
	Abu	Benda	penurunan	%
R1	21,664	0,27	21,394	99
R2		0,30	21,364	99
R3		0,36	21,304	98
R4		0,39	21,274	98
R5		0,33	21,334	98
Variasi	Cr (mg/l)			
	abu	benda uji	penurunan	%
R1	72,729	0,540	72,189	99
R2		0,130	72,599	99
R3		0,530	72,199	99
R4		0,650	72,079	99
R5		0,050	72,679	99
Variasi	Cd (mg/l)			
	abu	benda uji	penurunan	%
R1	0,036	ND	ND	ND
R2		0,0160	0,020	56
R3		0,0200	0,016	44
R4		ND	ND	ND
R5		0,022	0,014	39

Tabel 3.7 menunjukkan penurunan tertinggi pada logam berat Pb sebesar 99%, penurunan pada Cr sebesar 99%, dan penurunan Cd sebesar 56%. Pada dasarnya, penurunan yang signifikan ini terjadi karena adanya proses solidifikasi/stabilisasi yang terjadi dalam benda uji genteng beton. Solidifikasi merupakan salah satu teknik untuk pencegahan atau meminimalisasi potensi dari senyawa yang berbahaya dan beracun. Proses solidifikasi ini mengkonversi limbah beracun ke fisik dan bentuk kimia yang lebih stabil dan mengimmobilisasi logam berat. Penelitian yang dilakukan Lodeiro (2016) menerangkan tentang proses solidifikasi dan stabilisasi logam berat berbahaya dan beracun yang terkandung dalam abu insinerator mampu terimmobilisasi dengan semen. Walaupun penambahan kandungan abu pada penelitiannya berkisar 40 %, namun masih terbukti mampu melumpuhkan logam berat yang awalnya ada dalam abu.

Proses reaksi pengikatan logam berat pada genteng beton terjadi karena abu bercampur dengan agregat semen sehingga membentuk produksi hidrat kalsium silika (C-S-H). Dalam penelitian Sobiecka (2014) menjelaskan bahwa abu HSWI (Hospital Solid Waste Incinerator) yang digunakan dapat diklasifikasikan sebagai pozzolan yang merupakan salah satu dari komponen dalam pembuatan beton. Penambahan abu dan semen dapat mengstabilisasi logam berat. Kedua elemen pencampuran tersebut yang digunakan untuk pemadatan atau solidifikasi mengakibatkan produksi hidrat kalsium silika, yang dapat membuat sampel abu menjadi stabil. C-S-H yang dihasilkan bertindak sebagai penghalang pergerakan limbah padat dan cairan disekitarnya, mengontrol potensi absorpsi ion yang hadir ke dalam limbah padat serta mengimmobilisasi logam berat dalam produk yang dihasilkan. Dalam studinya menunjukkan bahwa HSWI abu, diklasifikasikan sebagai berbahaya limbah oleh Komisi Eropa, dapat atas secara efektif dengan pemadatan pemanfaatan solidifikasi / stabilisasi. Penambahan Semen portland

untuk HSWI abu meningkatkan stabilitas campuran. Menggunakan dua proses solidifikasi / stabilisasi telah menunjukkan bahwa produk yang lebih stabil yang dibentuk menggunakan proses hidrasi semen.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan pengujian TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) pada genteng beton, besaran kandungan logam berat Pb, Cr, dan Cd masih dibawah baku mutu pada PP 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3).
2. Pembuatan genteng beton dengan tambahan abu insinerator mampu mengimmobilisasi kandungan logam berat yang ada pada abu limbah medis rumah sakit yakni dengan presentasi terbaik masing-masing Pb sebesar 99%, Cr dengan 99%, dan Cd 56%.
3. Pada pengujian rembesan air di anggap sangat baik dan memenuhi baku mutu dinyatakan dengan tidak ada tetesan air yang menembus genteng dari semua variasi penambahan limbah.
4. Pengaruh genteng beton terhadap beban lentur pada variasi R1 sampai dengan R4 terjadi peningkatan, sedangkan pada variasi R5 terlihat menurun yang di akibatkan semakin banyak penambahan limbah dan pengurangan pasir maka semakin menuru juga tingkat kekuatan genteng beton terhadap kelenturan

#### V. SARAN

Saran dalam penelitian berikutnya adalah sebagai berikut :

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan limbah yang sama namun persenan penambahan limbah lebih besar dari penelitian ini karena pada persenan terakhir penelitian ini terjadi penurunan kualitas beban lentur.
2. Perlu adanya perhatian dalam kualitas bahan baik kualitas fisiknya aupun kualitas kimia yang digunakan untuk

membuat genteng beton baik itu semen dan pasir karena akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.

Perlu adanya pengujian lain seperti uji SEM ( Scanning Electron Microscop) untuk mengetahui secara spesifik ikatan fisik dan kimia yang terjadi di dalam genteng beton.

## REFERENSI

- Aghumuthu, P.,S. Chitra. 2003. *Solidification And Stabilizattion Disposal Of Medical Waste Incinerator Fly Ash Using Cement*. University of Malaya. Kuala Lumpur
- Depkes,RI. 2004. **Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit**. Jakarta: Departemenen Kesehatan RI
- Fatharoni, Naya,. Saputro, Ida Nugroho,. Sumarni, Sri. 2015. **Pemanfaatan Abu Terbang Fly Ash Pada Beton Non Pasir Ditinjau Dari Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Untuk Green Pedestarian Road**. Universitas Sebelas Maret. Surabaya
- Ferdinand, Ade Ramos,. Prasetyo, Agus Tri,. Bayuseno A.P. 2013. **Pengembangan Material Semen Berbahan Dasar Insinerasi Limbah Rumah Sakit Dengan Teknologi Hidrotermal**. *Pengembangan Material Semen Berbahan Dasar Insenerasi Limbah*. Halaman 72-76.
- Lodeiro-Garcia, V. Carcelen-Taboada, A. Fernández-Jiménez, A .Palomo. 2016. **Manufacture of Hybrid Cements with Fly Ash and Bottom Ash From a Municipal Solid Waste Incinerator**. *Construction and Building Materials*. Vol 105. 218-226
- Pan, Xinchao,. Yan, Jianhua,. Xie, Zhengmiao. 2013. **Detoxifying PCDD/Fs and Heavy Metals in Fly Ash from Medical Waste Incinerators with a DC Double Arc Plasma Torch**. *Journal of Enviromental Science*. Vol 25. Nomor 7. 1362-1367
- Sobiecka, Elzbieta,. Obraniak A,. Antizar-Ladislao B. 2014. **Influence of Mixture Ratio and pH to Solidification/Stabilization Process of Hospital Solid Waste Incineration Ash in Portland Cement**. *Cheomosphere*, Vol 111. 18-23.
- Yijun, Xie & Jianxin, Zhu. 2012. **Detoxification of Medical Waste Incineration Fly Ash Using Self-Propagating Reaction**. *Procedia Enviromental Science*. Vol 16. 222-228.