

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Umum

Penelitian ini menggunakan bahan dasar pembuatan genteng beton seperti pasir, semen, air, dan penambahan abu insinerator limbah medis. Abu tersebut diambil dari Rumah Sakit Umum Wirosaban, Kota Yogyakarta. Penggunaan abu insinerator dimaksudkan untuk mensubstitusi bahan dasar pasir. Pengujian dilakukan terhadap abu dan sampel genteng beton. Pengujian abu untuk mengetahui kandungan logam berat seperti Pb, Cr, dan Cd. Adapun pengujian terhadap sampel meliputi beban lentur, rembesan air, dan pelindian (leachate).

#### 4.2. Hasil Pengujian Logam Berat Pada Abu

Penelitian ini dilakukan pengujian toksitas terhadap abu dan sampel genteng beton. Pengujian Abu dilakukan untuk mengetahui tingkat atau kadar besaran logam berat yang terkandung, serta untuk mengetahui tingkat keamanan bagi kesehatan lingkungan mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah medis dari hasil pembakaran insinerator. Hasil analisa kandungan logam berat nya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Analisa Logam Berat Dalam Abu

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

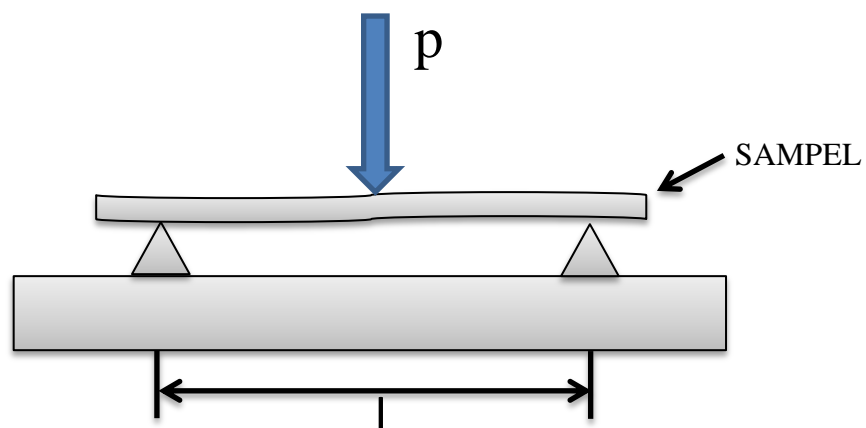
Hasil pengujian menunjukkan besaran kandungan logam berat Pb sebesar 21,664 mg/L, Cd sebesar 0,036 mg/L dan Cr sebesar 72,729 mg/L. Jika

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 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.

#### 4.3. Beban Lentur Genteng beton

Pengujian beban lentur genteng beton dilakukan dengan menggunakan sampel berumur 28 hari. 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,  $l$  = Lebar Bentang).



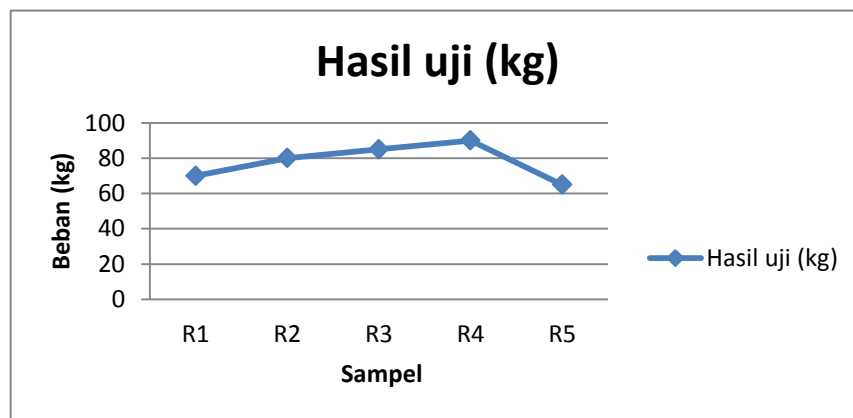
Gambar 4.1 Skema Pengujian Genteng Beton

Hasil dari pengujian beban lentur genteng beton yang didapat pada tabel 4.2 dan gambar 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.2 Beban Lentur Masing-Masing Sampel

Sampel	Hasil uji (kg)
R1	70
R2	80
R3	85
R4	90
R5	65

Sumber : Data Primer



Gambar 4.3 Beban Lentur pada Berbagai Sampel

Tabel 4.2 dan gambar 4.3 menunjukkan hasil uji kuat lentur seluruh sampel masih masuk pada standar mutu beban lentur genteng beton seperti terlihat standar baku mutu pada tabel 2.2. Terlihat pada tabel 4.2 untuk hasil uji dari R1 sampai dengan R4 terjadi peningkatan secara berlanjut. Namun jika kita bandingkan pada variasi limbah R1 (sebagai pembanding), nilai variasi R5 berada di bawahnya. Ini terjadi akibat perbandingan pasir antara variasi 0% dan 25% berbeda jauh. Di katakan pada penelitian 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.

Kekuatan beban lentur genteng beton akan bertambah tinggi seiring bertambahnya umur dihitung sejak pembuatan genteng beton. Selain umur, mutu beton juga dipengaruhi oleh agregat terutan bentuk, tekstur permukaan, dan

ukuran butirannya. Jika ukuran agregat lebih besar maka luas permukaan agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah. Akibatnya kekuatan beton menjadi lemah, apalagi butir agregat yang besar menyebabkan tertahannya proses susutan pada pasta semen nya, yang juga berarti menimbulkan adanya tegangan internal dalam pasta, sehingga mengurangi kekuatan betonnya (Tjokrodinuljo, 1992).

#### 4.4 Rembesan Air

Penelitian rembesan air dilakukan selama 24 jam, dengan menggunakan pipa PVC berdiameter 8 cm dan malam (lilin). Pipa PVC digunakan sebagai penampung air yang kemudian di letakkan pada permukaan atas dari genteng beton. Malam atau lilin digunakan sebagai perekat antara pipa dan genteng dimaksudkan agar tidak ada aliran air yang keluar dari pipa pada saat pengujian.



Gambar 4.4 Pengujian Rembesan Air

Data hasil Perhitungan dan analisis pengujian terlampir pada tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.3 Data Pengujian Rembesan Air

sampel (%)	p(cm)	L(cm)	Tebal (cm)	Φ pipa	h pipa (cm)	Tinggi Air (cm)		volume(ml)		penurunan volum (ml)	penurunan volume (%)	R(%)
						h (awal)	h(akhir)	h(akhir)	sesudah			
R1	43	33	2	8,75	28	10	9,4	600	564	36	6,0	3,4
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

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 4.3 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 4.4 Ketahanan Terhadap Rembesan Air

No	Sampel	Menetes	Tidak Menetes	Keterangan
1	R1	-	✓	Permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
2	R2	-	✓	Permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
3	R3	-	✓	Permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
4	R4	-	✓	Permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng
5	R5	-	✓	Permukaan genteng basah dan air meresap ke dalam genteng

Sumber : Data Primer

Tabel 4.4 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*.

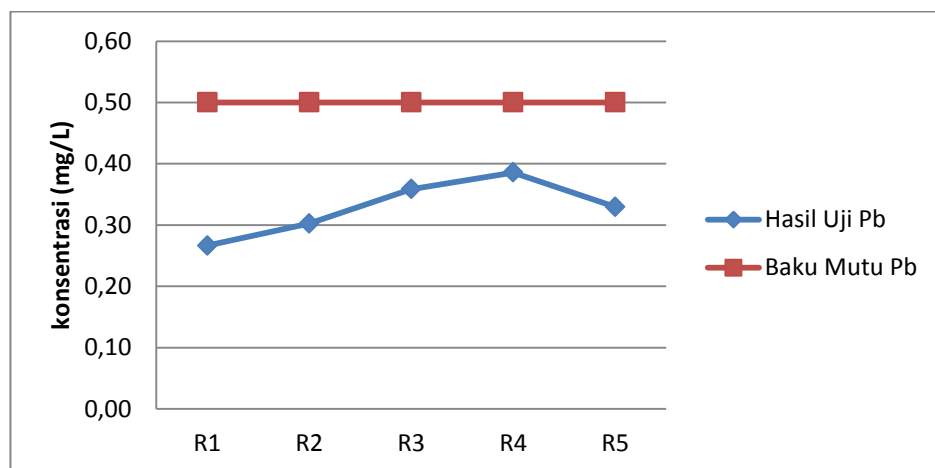
#### 4.5 Hasil Pengujian Lindi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran kandungan logam berat terhadap sampel genteng beton dan menganalisa tingkat keamanan bagi kesehatan mengingat bahan tambah yang digunakan bersumber dari limbah medis. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada tabel 4.5

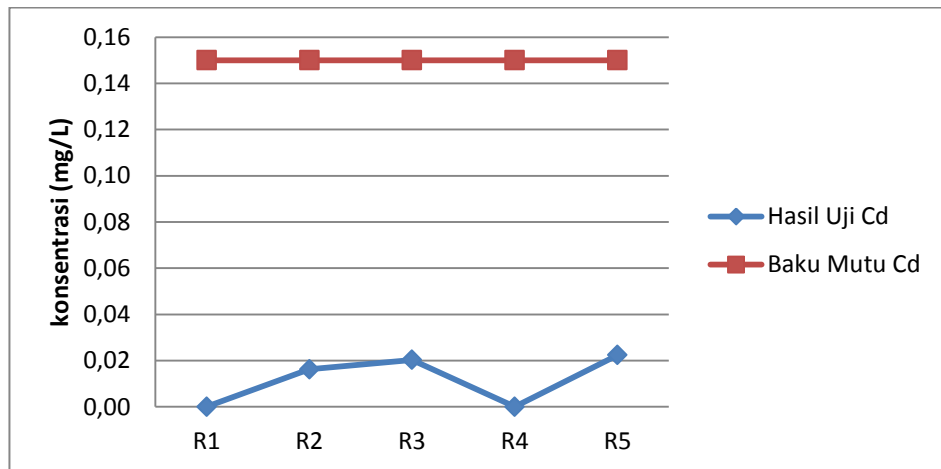
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Logam Berat dalam Lindi

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

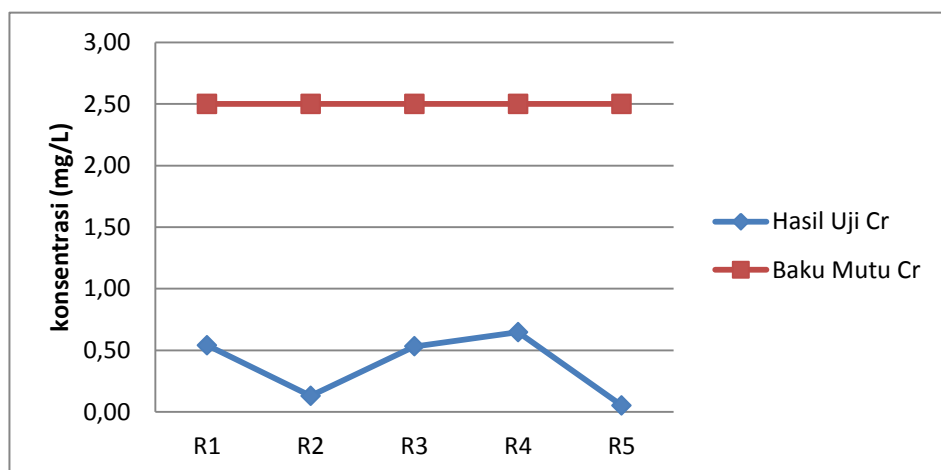
Sumber : Data Primer



Gambar 4.5 Grafik Logam Berat Pb pada Genteng Beton



Gambar 4.6 Grafik Logam Berat Cd pada Genteng Beton



Gambar 4.7 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 sampa 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 sampel.

Meskipun dalam keadaan masih menjadi abu yang telah di nyatakan dalam situasi yang aman atau dibawah baku mutu, setelah di lakukan pengujian TCLP menggunakan sampel genteng beton masih mengalami penurunan.

Adapun Tabel hasil persen penurunan logam berat yang ditunjukkan pada tabel 4.6 sebagai berikut

Tabel 4.6 Persen Logam Berat Pb,Cr, dan Cd yang Terimmobilisasi

Variasi	Pb (mg/l)				Cr (mg/l)				Cd (mg/l)			
	Abu	Sampel	Penurunan	%	Abu	Sampel	Penurunan	%	Abu	Sampel	Penurunan	%
R1	21,664	0,27	21,394	99	72,73	0,54	72,189	99	0,036	ND	ND	ND
R2		0,3	21,364	99		0,13	72,599	99		0,016	0,02	56
R3		0,36	21,304	98		0,53	72,199	99		0,02	0,016	44
R4		0,39	21,274	98		0,65	72,079	99		ND	ND	ND
R5		0,33	21,334	98		0,05	72,679	99		0,022	0,014	39

Sumber : Data Primer

Tabel 4.6 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 dan stabilisasi. 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 menstabilisasi 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 studi nya 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.