

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Setelah melakukan pemeriksaan bahan susun berupa berat jenis, modulus halus butir, berat volume, dan logam berat yang terkandung, di laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia maka hasil yang didapat tertera pada tabel sebagai berikut :

Tabel. 4.1 Hasil Analisa Fisik Limbah Katalis

No	Parameter	Hasil Penelitian
1	Berat Jenis	2,445 gr/ml
2	Modulus Kehalusan	0,643
3	Berat Volume	0,32 gr/cm <sup>3</sup>

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.2 Hasil Analisa Kimia Limbah Katalis

No	Parameter	Hasil Penelitian	P.P No. 85 Thn. 1999
1	Pb	35,250 mg/l	5,0 mg/l
2	Cr	18,627 mg/l	5,0 mg/l
3	Cu	16,734 mg/l	10,0 mg/l
4	Zn	19,379 mg/l	50,0 mg/l
5	Ni	12750 mg/l ± 250,00 mg/l	-

(Sumber : Data Primer, 2005)

Untuk semen portland I, berat jenisnya sebesar  $3,15 \text{ ton/m}^3$  (sumber pabrik). Tujuan dari diselidiki nilai gradasi/modulus halus agregat pasir dan limbah adalah untuk diketahuinya nilai gradasi yang telah disyaratkan agar didapatkan genteng beton dengan kemampuan tinggi. Modulus halus butir adalah angka yang menunjukkan tingkat kehalusan dan kekasaran agregat, semakin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa pasir/limbah tersebut semakin kasar.

Berat jenis rendah umumnya menunjukkan, bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat menyerap air banyak. Sedang berat jenis tinggi umumnya menunjukkan bahwa kualitas bahannya umumnya baik (A. Antono, 1988).

#### 4.2 Kuat Lentur Genteng Beton

Dari pengujian terhadap benda uji genteng beton dengan umur 28 hari didapat kuat lentur rata-rata seperti pada tabel 4.4 untuk data hasil perhitungannya terdapat pada lampiran.

Tabel 4.3 Standar Kuat Lentur Rata-rata

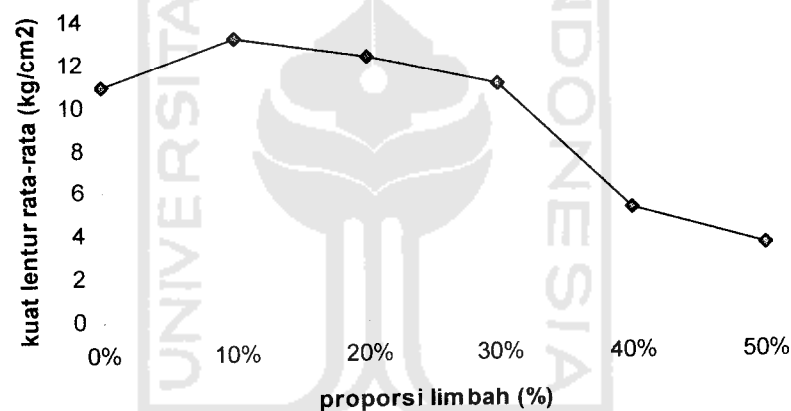
No.	Mutu Genteng	Kuat Lentur Rata-rata
1.	Tingkat I	$20,67 \text{ kg/cm}^2$
2.	Tingkat II	$10,33 \text{ kg/cm}^2$

(Sumber : SII. 0447-81)

Tabel 4.4 Kuat Lentur Rata-rata Genteng Beton umur 28 hari

No.	Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	0% (normal)	10,97
2.	10% limbah	13,20
3.	20% limbah	12,33
4.	30% limbah	11
5.	40% limbah	5,12
6.	50% limbah	3,38

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gambar 4.1 Kuat Lentur Rata-rata Berbagai Proporsi Limbah

Berdasarkan data yang didapat seperti tertera diatas menunjukkan bahwa pada percobaan pertama atau dengan porsi limbah 0% (sebagai pembanding) didapat kuat lentur rata-rata sebesar 10,97 kg/cm<sup>2</sup>, data yang didapat ini apabila dibandingkan dengan genteng yang ada di pasaran (SII. 0447-81) dapat digolongkan genteng tingkat II. Untuk percobaan kedua dengan penambahan limbah sebesar 10% didapat nilai kuat lenturnya sebesar 13,20 kg/cm<sup>2</sup> yang juga tergolong genteng tingkat II. Begitu juga untuk penambahan limbah 20% dan 30%

didapat kuat lentur rata-rata  $12,33 \text{ kg/cm}^2$  dan  $11 \text{ kg/cm}^2$  yang masih dapat digolongkan genteng tingkat II.

Namun untuk percobaan kelima dan keenam dengan penambahan limbah sebesar 40% dan 50%, kuat lentur rata-rata yang didapat adalah di bawah genteng pembanding, sehingga tidak memenuhi persyaratan kuat lentur genteng tingkat II. Berdasarkan uraian diatas bahwa dengan penambahan limbah 10% kuat lentur yang didapatkan adalah yang paling besar dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya sedangkan dengan penambahan limbah 50% kuat lentur yang didapatkan adalah yang paling kecil hal ini dapat dilihat bahwa dengan semakin banyak porsi limbah maka semakin menurun nilai kuat lenturnya, jadi campuran untuk mendapatkan kuat lentur yang paling baik adalah dengan penambahan limbah 10%.

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari karena pada umur 28 hari ini kuat lentur yang didapatkan 100%, pada umumnya kuat lentur beton/genteng bertambah tinggi dengan bertambahnya umur, yang dimaksudkan umur disini dihitung sejak genteng beton dibuat. Selain umur mutu genteng beton juga dipengaruhi agregat terutama bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran butirannya, pengaruh kekuatan agregat sendiri terhadap kekuatan beton/genteng tidak begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi dari pada kekuatan pasta semennya. Jika ukuran agregat lebih besar maka luas permukaan agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton lebih rendah, lagi pula butir agregat yang besar menyebabkan tertahannya proses susutan pada pastanya, yang

berarti menimbulkan adanya tegangan internal dalam pasta, sehingga mengurangi kekuatan betonnya (Tjokrodimuljo, 1992).

Dari pernyataan diatas diketahui butiran limbah katalis lebih besar daripada pasir hal ini memungkinkan terjadinya penurunan mutu kuat lentur dari genteng beton tersebut, seperti pada data mutu kuat lentur untuk masing-masing penambahan limbah dengan semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan maka mutu kuat lenturnya menurun karena banyaknya kuantitas limbah akan mengurangi lekatan secara fisik dengan pasta semen.

#### **4.3 Kerapatan Air Genteng Beton**

Dari hasil analisa kerapatan air rata-rata yang dilakukan selama 4 jam, dengan menggunakan malam (lilin) sebagai dinding penampung air dengan ukuran 16 x 8 x 5 cm dapat dilihat pada tabel 4.5, dan tinggi permukaan air ini tetap dijaga dengan penambahan air bila tingginya kurang dari 5 cm.

Adapun standar kerapatan air adalah tidak tetes selama 24 jam. Dalam hal genteng menjadi basah, tetapi tidak terjadi tetesan air, maka dapat dinyatakan bahwa genteng tahan terhadap perembesan air (SII. 0447-81).

Tabel 4.5 Kerapatan Air Rata-rata Genteng Beton

No.	Benda Uji	Tetes	Tidak Tetes	Keterangan
1.	0% (normal)	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng basah
2.	10% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
3.	20% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
4.	30% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
5.	40% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
6.	50% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng basah

(Sumber : Data Primer, 2005)

Berdasarkan data yang didapat seperti tertera diatas menunjukkan bahwa permukaan bawah genteng pada benda uji normal (tanpa limbah) dan 50% limbah basah, namun dalam waktu 4 jam tidak ada air yang menetes. Sedangkan untuk genteng pada benda uji 10 – 40% limbah tidak basah dan tidak menetes selama 4 jam. Hal ini terjadi karena kemampuan daya ikat katalis pada penambahan limbah 10 – 40% lebih tinggi.

Pada penelitian ini hasil uji kerapatan air yang diperoleh tidak dapat dibandingkan dengan standar, karena waktu pengujian hanya selama 4 jam.

#### 4.4 Pelindian Hasil Solidifikasi

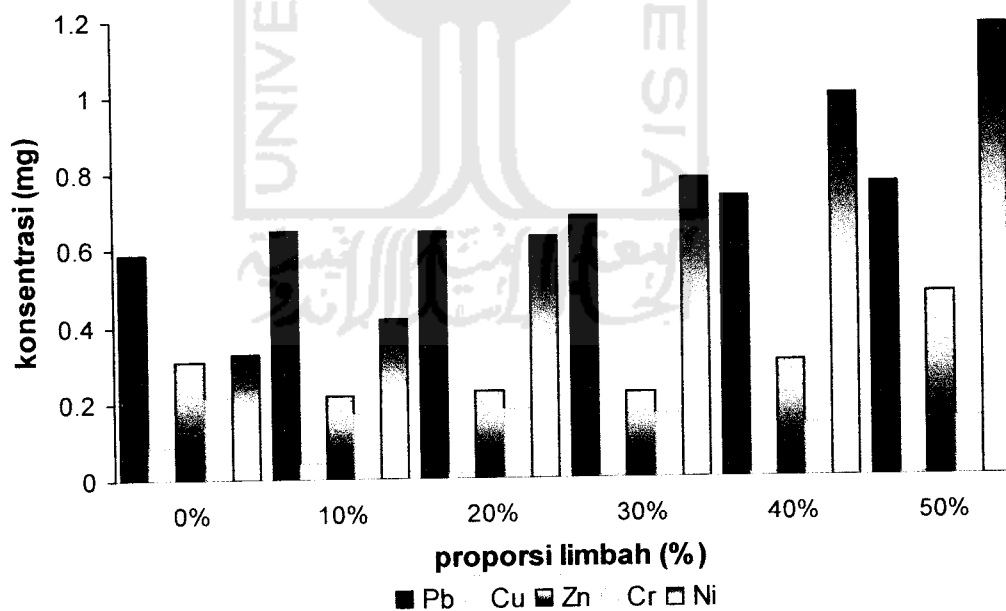
Analisa ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bagi kesehatan dan lingkungan mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah dari proses penyulingan minyak mentah. Untuk maksud tersebut dilakukan uji lindi

(TCLP) terhadap produk genteng beton yang dihasilkan, dan hasil analisisnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel. 4.6 Hasil Analisa TCLP

Benda Uji	Hasil Analisa TCLP Rata-rata (mg/l)				
	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
0% (normal)	0,586	0,086	0,306	0,215	0,329
10% limbah	0,650	0,042	0,216	0,171	0,417
20% limbah	0,644	0,016	0,230	0,179	0,630
30% limbah	0,684	0,005	0,223	0,168	0,782
40% limbah	0,734	0,010	0,304	0,138	1,002
50% limbah	0,768	0,003	0,480	0,153	1,179

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gambar 4.2 Pelindian Logam Berat Rata-rata Dalam Genteng Beton

Dalam proses uji TCLP sebelumnya dilakukan pengukuran pH terlebih dahulu yakni pengukuran pH genteng beton seperti tertera pada tabel 4.7 dan juga dilakukan pengukuran pH dalam larutan ekstraksi seperti tertera pada tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel. 4.7 Nilai pH Dalam Genteng Beton

No	Benda Uji	pH Dalam Genteng Beton			Rata-rata
		I	II	III	
1	0% (normal)	11,95	11,87	11,87	11,90
2	10% limbah	11,89	11,98	11,89	11,92
3	20% limbah	11,81	11,92	11,84	11,86
4	30% limbah	11,43	11,37	11,29	11,36
5	40% limbah	11,31	11,37	11,23	11,30
6	50% limbah	10,61	10,80	10,87	10,76

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel. 4.8 Nilai pH Dalam Larutan Ekstraksi

No	Benda Uji	pH Dalam Larutan Ekstraksi			Rata-rata
		I	II	III	
1	0% (normal)	5,12	5,18	5,30	5,20
2	10% limbah	5,51	5,37	5,28	5,39
3	20% limbah	5,38	5,41	5,38	5,39
4	30% limbah	5,33	5,55	5,60	5,49
5	40% limbah	5,23	5,19	5,21	5,21
6	50% limbah	5,29	5,15	5,05	5,16

(Sumber : Data Primer, 2005)



Dari hasil Penelitian yang telah dilakukan, diperoleh perbedaan konsentrasi logam berat yang masuk (*input*) dengan konsentrasi logam berat yang keluar (*output*) dari genteng beton, seperti yang ditampilkan pada tabel 4.9. Pada perbandingan massa logam berat ini, sampel awal (tanpa katalis) tidak dianggap nol. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keterikatan logam berat setelah proses solidifikasi. Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.9 Massa Logam Berat

No	Benda Uji	Parameter	Massa Logam Berat (mg)	
			Masuk	Keluar
1.	0% (normal)	Pb	-	263,552
2.		Cu	-	38,506
3.		Zn	-	137,636
4.		Cr	-	96,934
5.		Ni	-	147,951
6.	10% limbah	Pb	352,50	292,466
7.		Cu	167,34	18,797
8.		Zn	193,80	97,061
9.		Cr	186,27	76,964
10.		Ni	127500	187,758
11.	20% limbah	Pb	705,01	289,763
12.		Cu	334,68	7,277
13.		Zn	387,59	103,459
14.		Cr	372,54	80,481
15.		Ni	225000	283,462
16.	30% limbah	Pb	1057,51	307,961
17.		Cu	502,02	2,238
18.		Zn	581,39	100,196
19.		Cr	558,81	75,399
20.		Ni	382500	351,725
21.	40% limbah	Pb	1410,01	330,455
22.		Cu	669,36	4,653
23.		Zn	775,19	136,748
24.		Cr	745,08	62,263
25.		Ni	510000	450,860
26.	50% limbah	Pb	1762,52	345,659
27.		Cu	836,70	1,320
28.		Zn	968,99	215,788
29.		Cr	931,35	68,887
30.		Ni	637500	530,547

(Sumber : Data Primer, 2005)

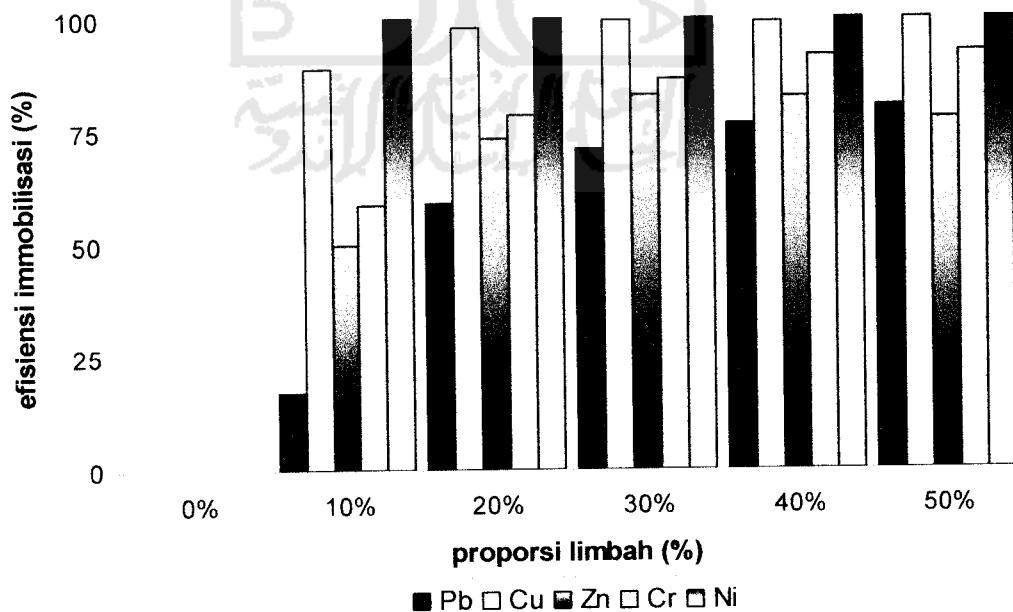
Pada perbandingan massa logam berat ini, sampel awal (tanpa katalis) juga mengandung logam berat. Hal ini dikarenakan adanya logam berat yang masuk dari bahan-bahan pembentuk genteng seperti pasir atau *mill*.

Setelah dilakukan uji TCLP kemudian dilihat dari masing-masing perbandingan sampai sejauh mana tingkat perlindungan pada logam-logam berat hasil solidifikasi limbah pada genteng beton seperti tertera pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

Benda Uji	Hasil Logam Berat (%)				
	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
0% (normal)	-	-	-	-	-
10% limbah	17,032	88,767	49,916	58,682	99,853
20% limbah	58,899	97,826	73,307	78,397	99,889
30% limbah	70,879	99,554	82,766	86,507	99,908
40% limbah	76,564	99,305	82,359	91,643	99,912
50% limbah	80,388	99,842	77,730	92,604	99,917

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gambar 4.3 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

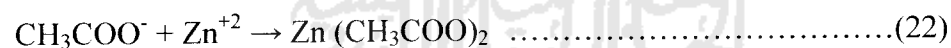
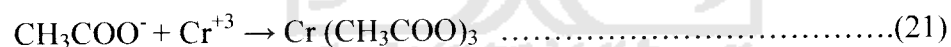
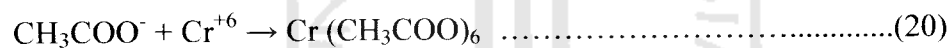
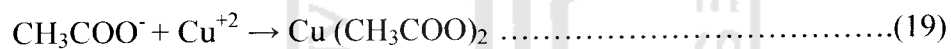
Berdasarkan data yang dihasilkan bahwa semakin banyak proporsi limbah cenderung menunjukkan semakin meningkat konsentrasi lindinya, akan tetapi ada proporsi limbah tertentu tidak menunjukkan hasil yang demikian seperti untuk analisa konsentrasi lindi Zn pada proporsi limbah 10-40% cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 50% yakni 0,480 mg. Begitu juga dengan konsentrasi lindi Cu dan Cr. Sehingga grafik yang ditampilkan tidak linier hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor kurang homogenya campuran genteng beton yang dibuat. Dari data yang dihasilkan konsentrasi lindi yang terlepas seperti pada tabel 4.6 baik itu logam berat Pb, Cu, Cr, Zn, dan Ni semuanya kecil dan masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan yakni berdasarkan baku mutu TCLP (PP85/1999). Untuk efisiensi immobilisasi logam berat yang didapat semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan cenderung semakin meningkat nilai efisiensi immobilisasinya hanya saja untuk efisiensi immobilisasi logam Zn dengan penambahan limbah 50% nilai efisiensi immobilisasinya lebih kecil dari pada penambahan limbah 40% hal ini dikarenakan konsentrasi lindinya paling besar dan bedanya dengan konsentrasi lindi penambahan limbah lainnya cukup signifikan sehingga berat Zn yang keluarpun besar.

Dari data efisiensi immobilisasi yang didapat menunjukkan hasil yang bervariasi hal ini tergantung dari jumlah/konsentrasi logam berat yang terlepas/keluar, semakin kecil jumlah logam berat yang terlepas maka akan semakin besar efisiensi immobilisasi yang didapatkan.

Di dalam proses ekstraksi logam pada analisa ini tergolong dalam hidrometalurgi, yang mana merupakan teknik untuk mengekstrak logam dari

bijihnya dengan reaksi dalam larutan air, proses penting dalam hidrometalurgi adalah *leaching*. Setelah proses *leaching* logam atau senyawa terlarut dalam bentuk ion biasa atau ion kompleks (Hiskia Achmad, 1992). Umumnya dalam ikatan hidrolisis, di dalam larutan berpelarut air, garam terurai sempurna menjadi ion-ion. Ikatan hidrolisis itu adalah ikatan antara ion dengan air (Petrucci, 1992). Adapun larutan asam asetat mampu mengeluarkan anion (-) begitu pula pada asam-asam yang lain, asam asetat ini tergolong sebagai asam lemah pada larutan ekstraksi yang fungsinya untuk melepas logam-logam berat yang ada pada genteng beton.

Logam berat pada genteng beton yang berada dalam larutan ekstraksi dengan menggunakan asam asetat akan terbentuk garam/senyawa baru yang nantinya dianalisa pada AAS. Adapun reaksi yang terjadi, sebagai berikut :



Semen Portland dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir-butir semen Portland bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras dan saling melekat. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat macam yang paling penting yaitu Tricalcium Aluminate (tiga molekul kapur terikat pada satu alumina) atau C<sub>3</sub>A, Tricalcium silikat (tiga molekul kapur pada satu silikat) atau C<sub>3</sub>S, Dicalcium Silikat (dua molekul kapur pada satu silikat) atau C<sub>2</sub>S, dan Tetra

calcium aluminoferrite (empat molekul kapur pada satu alumina dan satu Besi oksida) atau  $C_4AF$ . Reaksi-reaksi tersebut berlangsung pada formasi suatu campuran “gel” dan kristal dari larutan semen dengan air, dimana timbul adhesi dan daya tarik fisik satu dengan lainnya dan terhadap agregat, berangsur-angsur saling ikat dan mengeras menghasilkan beton (Murdock, 1999).

Agregat (yaitu pasir atau kerikil) tidak mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi saja yaitu bahan yang dilekatkan (Tjokrodinuljo, 1992). Dari pernyataan diatas dapat diketahui bahwa bahan penyusun berupa pasir pada genteng beton tidak terjadi proses pengikatan secara kimia melainkan terjadinya pengikatan secara fisik saja/sebagai bahan pengisi.

Maka dari itu proses solidifikasi yang terjadi antara bahan-bahan penyusun genteng beton tidak saja terjadi pengikatan secara fisik melainkan juga terjadi pengikatan secara kimia.

#### **4.5 Perbandingan Optimum**

Dari data diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa perbandingan optimum antara kuat lentur dan uji TCLP tidak sejalan. Karena seiring penambahan limbah katalis terjadi penurunan kuat lentur, sedangkan di sisi lain terjadi peningkatan konsentrasi logam berat pada hasil uji TCLP.

Dari aspek kesehatan, kandungan logam berat yang dihasilkan juga relatif aman, karena berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

Tabel 4.11 Kuat Lentur, Kerapatan Air dan Lindi Logam Berat Rata-rata

Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata	Kerapatan Air		Lindi Logam Rata-rata				
				Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
	(kg/cm <sup>2</sup> )	Tetes	Tidak tetes	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
0% (normal)	10,97	-	√	0,586	0,086	0,306	0,215	0,329
10% limbah	13,20	-	√	0,650	0,042	0,216	0,171	0,417
20% limbah	12,33	-	√	0,644	0,016	0,230	0,179	0,630
30% limbah	11	-	√	0,684	0,005	0,223	0,168	0,782
40% limbah	5,12	-	√	0,734	0,010	0,304	0,138	1,002
50% limbah	3,38	-	√	0,768	0,003	0,480	0,153	1,179

(Sumber : Data Primer, 2005)

Dari data hasil pengujian kuat lentur, kerapatan air dan lindi logam berat seperti tertera pada tabel 4.11 diatas maka perbandingan penambahan proporsi limbah yang paling baik berdasarkan aspek teknis dan tingkat toksisitas didapatkan dari hasil penelitian tentang tingkat perlindian, uji kuat lentur dan analisa kerapatan air yakni dengan penambahan limbah sebanyak 10 % akan menghasilkan konsentrasi lindi yang paling kecil 0,216 mg dan 0,417 mg untuk logam Zn dan Ni, nilai kuat lentur yang paling besar yakni 13,20 kg/cm<sup>2</sup> dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya. Sedangkan untuk nilai kerapatan air relatif baik dalam penambahan katalis sebanyak 10 - 40%. Walaupun dari aspek kesehatan/tingkat toksisitas logam berat, semua porsi limbah yang ditambahkan masih dibawah baku mutu TCLP berdasarkan PP85/1999 akan tetapi dari aspek teknis kuat lentur untuk porsi limbah 40% dan 50% tidak memenuhi standar kuat lentur mutu genteng tingkat 2 berdasarkan SII. 0447-81 yang tertera pada tabel 4.3.

#### 4.6 Biaya Produksi Pembuatan Genteng Beton

Dalam pembuatan sampel genteng beton di PT. Diamond Baru sebanyak 150 buah dibutuhkan biaya seperti tercantum pada tabel 4.12, sehingga nantinya dapat diketahui berapa harga satuan tiap komposisi sampel genteng beton.

Tabel 4.12 Rincian Biaya Pembuatan Sampel Genteng Beton

Jenis Barang/Jasa	Harga (Rp)	Jumlah Sampel	Jumlah Bahan (gr)						Harga (Rp)										
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1	F2	F3	F4	F5	F6					
Bahan																			
- Semen	725		1000	900	800	700	600	500		725	653	580	508	435	363				
- Pasir	32		2500	2500	2500	2500	2500	2500		80	80	80	80	80	80				
- Mill	167		1000	1000	1000	1000	1000	1000		167	167	167	167	167	167				
- Katalis	0		0	100	200	300	400	500		0	0	0	0	0	0				
Tenaga																			
Pembentukan																			
- Penimbangan	18000	150								120	120	120	120	120	120				
- Pengadukan	18000	150								120	120	120	120	120	120				
- Pembentukan	30000	150								200	200	200	200	200	200				
- Finishing	30000	150								200	200	200	200	200	200				
Harga Total										1612	1540	1467	1395	1322	1250				

(Sumber : Data Primer, 2005)