

PEMANFAATAN LIMBAH KATALIS RCC-15 PERTAMINA UP VI SEBAGAI GENTENG BETON

REUSE OF KATALIS RCC-15 WASTE PERTAMINA UP VI AS CONCRETE TILE.

Kasam¹⁾ dan Masjuli²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan UII

²⁾ Kepala Lindungan Lingkungan Pertamina UP VI Balongan

email: kasam@ftsp.uui.ac.id

Abstrak

Pengelolaan limbah khususnya limbah katalis dari industri pengolahan minyak sudah banyak dilakukan dengan pembuangan pada suatu lahan (*land disposal*), tetapi pengelolaan limbah yang sekaligus dapat dimanfaatkan masih perlu ditingkatkan. Pada kajian ini merupakan kegiatan laboratorium dan aplikasi dilapangan dengan tujuan menentukan kuat lentur, daya rembes, dan leachet dari benda uji berupa genteng beton. Bahan susun genteng beton terdiri dari semen portlan, pasir, tepung kapur dan limbah katalis RCC-15. Penggunaan limbah katalis dalam benda uji adalah sebagai bahan tambah dengan komposisi masing-masing 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat bahan susun. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat lentur genteng beton proporsi limbah 10%, 20%, 30% memberikan hasil lebih besar dari genteng beton normal (tanpa limbah), yaitu 1,20, 12,33, and 11,00 kg/cm² sedangkan kuat lentur genteng beton tanpa limbah 10,97 kg/cm². Pengujian rembesan air menunjukkan bahwa semua benda uji pada berbagai proporsi limbah tidak terjadi rembesan. Pengujian pelindian dengan menggunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) terhadap logam berat Cr, Pb, Zn, Ni, dan Cu dari genteng beton menunjukkan bahwa lindi yang terjadi masih di bawah standar yang ditentukan. Lindi terbesar adalah Pb yaitu 1,179 mg/L untuk proporsi 50% limbah.

Kata kunci : daya rembes, kuat lentur, limbah katalis, pelindian

Abstract

Waste management in particular catalyst waste of oil cracking industry has been many proposed by land disposal, but waste management by all at once reuse still be increased. This research are laboratory scale and application activity by make concrete roof-tile. The concrete roof-tile materials are used portland cement, fine coarse (sand), mill, and catalyst waste. The using of catalyst asadditif materials with compositioin 0 %, 10%, 20 %, 30%, 40 %, 60 %, 80 %, and 50 %. The result of testing shown bending strength at 10 %, 20%, and 30% of catalyst waste are more than the normal concrete roof-tile (0% waste). That are 1,20, 12,33, and 11,00 kg/cm² for10%, 20 %, 30%, % waste at the time that bending strength of normal concrete roof-tile is 10.97 kg/cm². Testing of permeability shown that all of the sample are impermeable of water. The leaching experiment of heavy metal Cr, Pb, Zn, Ni and Cu on monolite matrix (concrete roof) by Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) shows that the leaching of heavy metal is under standard. The greater leaching is Ni, that is 1,179 mg/L for 50% proportion of waste.

Keywords : bending strength, catalyst waste, leaching, permeability

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah khususnya katalis pada pengolahan minyak bumi selama ini telah dilakukan. Metode pengelolaan yang banyak digunakan oleh industri adalah pembuangan pada suatu lahan (*land disposal*). Disamping metode *land disposal*, limbah katalis juga bisa dimanfaatkan untuk pembuatan filler beton dan beton aspal (Lembaga Penelitian Unpad, 2000).

Pemanfaatan limbah katalis sebagai bahan bangunan merupakan hal yang sangat baik. Hal ini adalah sesuai dengan hirarkhi kedua dalam konsep pengelolaan limbah yaitu hirarki *minimize, Reuse, recovery, Insineration, Land disposal*. Pada sisi yang lain, kaitannya dengan kesehatan lingkungan adalah perlu diperhatikan. Hal ini diperlukan karena limbah katalis pengolahan minyak bumi termasuk jenis limbah B-3 yang banyak mengandung unsur-unsur logam berat. Pencemaran terhadap lingkungan oleh limbah katalis yang dimanfaatkan sebagai

bahan bangunan dapat disebabkan oleh bercampurnya limbah secara langsung maupun akibat lindi (*leachet*) yang terjadi pada hasil solidifikasi limbah tersebut.

Solidifikasi limbah katalis RCC-15 Pertamina UP VI yang dibuat sebagai bahan bangunan berupa filler beton aspal dan mineral admixture beton telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton umur 28 hari dengan kadar katalis RCC-15 10% memberikan kuat desak tekan $347,25 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan untuk beton tanpa limbah, kuat tekan $338,95 \text{ kg/cm}^2$ (Lembaga Penelitian Unpad, 2000).

Secara umum, katalis didefinisikan sebagai zat yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa terkonsumsi selama reaksi. Katalis dapat memperbesar laju reaksi karena dapat menghasilkan mekanisme baru yang mempunyai energi aktivasi yang lebih rendah dibandingkan dengan reaksi tanpa katalis. Katalis tidak dapat merubah kesetimbangan termodinamika reaksi, tetapi hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan reaksi.

Umumnya katalis dapat digolongkan menjadi 2 kelas, yaitu katalis homogen dimana semua zat yang terlibat dalam reaksi termasuk katalis berada dalam satu fasa yang sama, dan katalis heterogen dimana reaksi terjadi pada batas 2 fasa. Kebanyakan katalis heterogen adalah padatan seperti halnya katalis pada proses RCC (*Residu Catalytic Cracking*). Katalis akan menurunkan energi pengaktifan, sehingga memudahkan terjadinya reaksi.

Limbah katalis ini digunakan pada suatu kilang minyak yang dilengkapi RCC sebagai suatu bahan untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti LPG (*Elpiji*), Propylene, Polygasoline, Naptha, LCD (bahan dasar diesel) dan *Decant Oil* (bahan dasar fuel oil). Sedangkan sifat-sifat limbah katalis jenis Zeolit kristalin adalah kapasitas adsorpsi tinggi dan tidak bersifat korosif.

Adapun rumus yang menyusun limbah katalis jenis Zeolit kristalin adalah $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur reguler, yang merupakan hasil proses dari RCC. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. Selain itu didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya, seperti sodium, calcium, magnesium dan *rare earth family* (*lantha-*

num, cerium). Sebagian unsur-unsur penyusun dari Zeolit kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti alumina, silika dan kalsium.

Limbah katalis (katalis bekas) proses pengolahan minyak bumi menurut Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (limbah B3). Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dengan unsur-unsur penyusun semen, sehingga limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dapat digunakan sebagai bahan tambah adukan beton (semen). Dengan penambahan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi maka faktor air semen (f.a.s) akan berkurang, sehingga dapat meningkatkan kuat desak beton. Faktor air semen akan mempengaruhi kualitas beton yang diinginkan, semakin kental pastinya maka akan semakin berkurang susut pengerasannya. Jadi dengan adanya penambahan limbah katalis terhadap adukan semen maka nilai faktor air semen akan menurun, sehingga akan meningkatkan kuat desak beton.

Pengelolaan limbah, khususnya limbah bahan berbahaya dan beracun mempunyai beberapa kepentingan yaitu mengurangi sifat toksik, misal dengan pengkapsulan/solidifikasi, memudahkan penanganan berikutnya, menghindari kontak dengan manusia, dan menjadi produk yang bermanfaat, misal sebagai bahan bangunan (Sagel dkk, 1993).

Dalam pengelolaan limbah, maka terdapat empat elemen hirarkhi yaitu reduksi sumber (*source reduction*) adalah mengurangi timbulan (*minimize*) limbah yang muncul pada sumbernya atau dapat digunakan kembali. Pemanfaatan limbah (*recycling of material*) yaitu limbah dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk. pembakaran/pemusnahan (*combustion*) yaitu limbah dilakukan pemusnahan dengan cara pembakaran dengan perolehan energi, dan pembuangan (*landfilling*) adalah melakukan pembuangan dan penimbunan limbah.

Solidifikasi merupakan salah satu cara pengelolaan limbah dengan proses *recycling* yaitu limbah dapat dimanfaatkan menjadi sebuah produk dan saat ini sangat dianjurkan. Limbah diupayakan menjadi produk samping yang dapat digunakan baik sebagai industri itu sendiri maupun pada industri lain. Teknologi yang digunakan adalah dengan mencampur bahan tambahan (aditif) sehingga diper-

lelehan matrik padat (monolit) yang disebabkan oleh reaksi kimia. Matrik padat tersebut diharapkan mempunyai karakteristik sebagai berikut (Sagel dkk, 1990), sifat-sifat toksik rendah (tidak berbahaya), memudahkan penanganan selanjutnya, mengurangi produksi lindi (*leachate*), dan baik sebagai bahan bangunan.

Dampak yang potensial akan timbul dari pengelolaan limbah dengan metode solidifikasi/stabilisasi adalah terjadinya pelindian. Pelindian (*leaching*) didefinisikan sebagai cairan yang terkontaminasi zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari limbah yang mengalami pengomposan atau pembusukan. Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi/stabilisasi kaitannya dengan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu matrik padat sebagai hasil proses solidifikasi mutlak harus dilakukan pengujian. Salah satu metode untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP). Sebagai faktor yang mempengaruhi terhadap komposisi lindi adalah komposisi limbah padat, usia, operasi pada *landfill*, iklim, kondisi tanah dan air tanah sekitar *landfill*, dan kondisi *landfill* seperti temperatur, pH, kimia, dan aktifitas biologi (Edwarrrd dkk, 1995).

Matrik padat sebagai hasil dari proses solidifikasi adalah sekaligus digunakan sebagai bahan bangunan, yang dalam kegiatan ini di buat sebagai genteng beton. Genteng beton didefinisikan sebagai bahan komposit dari beberapa bahan butiran pasir dan tepung kapur yang direkatkan oleh bahan ikat. Bahan susun genteng beton adalah terdiri dari semen portland, pasir, tepung kapur, air, dan bahan aditif jika diperlukan. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan yang biasa digunakan yaitu gypsum. Jika semen dicampur dengan air akan terbentuk adukan yang disebut pasta semen, sedangkan jika dicampur dengan air kemudian ditambahkan dengan agregat halus dan tepung kapur yang selanjutnya dicetak dengan tekanan (Tjokrodimulyo, 1992). Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau adukan genteng beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau genteng beton. Genteng beton mempunyai kuat tekan tinggi, jika terbentuk dari bahan-bahan yang berkualitas baik dan membentuk massa yang kokoh dan kuat serta

pori yang terbentuk sekecil mungkin (Tjokrodimulyo, 1992).

Tekstur permukaan adalah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butiran termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Secara umum permukaan butiran hanya disebut kasar, agak kasar, agak licin, dan licin. Tetapi berdasarkan pemeriksaan visual butir agregat, tekstur permukaan agregat dapat dibedakan menjadi sangat halus (*glassy*), halus, berbutir kasar, berkrystal (*crystalline*), berpori, dan berlubang-lubang. Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan dan juga tergantung pada besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut.

Air didalam adukan genteng beton mempunyai dua buah fungsi, yang pertama diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, yang kedua sebagai pelumas antara campuran butiran agregat dan semen agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk berlangsungnya proses hidrasi, air yang dibutuhkan sekitar 25% dari berat semen.

Salah satu sifat genteng beton yang paling menonjol sehingga banyak dipakai adalah kuat desak dan kuat lentur yang tinggi setelah mengeras. Beberapa sifat yang lain dan dipengaruhi oleh kuat lentur misalnya keawetan, kedap air, dan ketahanan aus. Bila kuat desaknya tinggi maka sifat-sifat yang lain juga baik. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak dan kuat lentur genteng beton adalah kualitas air, faktor air semen (f.a.s), umur, jumlah semen, jenis semen, dan sifat agregat. Kekuatan genteng beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada genteng beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan genteng beton, serta kekuatan genteng betonnya setelah mengeras. Adanya butiran melayang (lumpur) dalam air diatas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan genteng beton. Adanya garam-garam, mangan, timah, seng, tembaga, dan timah hitam dengan jumlah cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan genteng beton. Beberapa garam seperti sodium iodium, sodium phosphate, sodium arsenat, dan sodium borat mengurangi kuat awal genteng beton menjadi sangat rendah. Sodium karbonat dan potasium dapat menyebabkan ikatan sangat cepat dan dalam konsentrasi yang besar akan mengu-

rangi kekuatan genteng beton. Adanya kalsium klorida mempercepat ikatan dan pengerasan. Air laut umumnya mengandung 3,5 persen larutan garam, sekitar 78 persennya adalah magnesium sulfat. Adanya garam-garam dalam air laut ini dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20 persen. (Tjokrodimulyo, 1992).

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen. f.a.s yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek. Akibatnya massa semen menjadi lebih berkaitan. Oleh karena itu kekuatan awal lebih dipengaruhi oleh f.a.s, tekanan cetak serta batuan semen yang terbentuk menjadi kepadatannya tinggi. Disamping itu f.a.s juga berpengaruh terhadap proses pembentukan panas hidrasi, sehingga untuk mengatasi retak-retak pada permukaan genteng beton dapat juga dengan mengatur f.a.s yang dipakai. Semen dapat mengikat air sekitar 30% dari beratnya dengan kata lain, air sebanyak 30% terhadap berat semen sudah cukup untuk membentuk semen portland terhidrasi. Namun pada f.a.s yang kecil adukan genteng beton mengalami kesulitan dalam pengerjaan terutama dalam pencetakan/pemadatan. Akibat pemadatan yang kurang sempurna ini menjadikan genteng beton keropos sehingga kuat desak dan kuat lentur rendah atau menurun. Genteng beton akan mencapai kuat tekan maksimum bila digunakan nilai f.a.s yang minimum dimana semen masih dapat berhidrasi secara sempurna dan dengan pengerjaan yang sempurna sehingga tercapai massa beton yang kompak. (Tjokrodimulyo, 1992)

Kekuatan genteng beton akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian lajunya semakin lambat. Ada beberapa faktor kecepatan bertambahnya kekuatan genteng beton, antara lain f.a.s dan suhu perawatan. Semakin tinggi f.a.s, kenaikan kekuatan genteng beton semakin lambat dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya. Tetapi disisi lain dengan suhu perawatan menimbulkan penguapan yang cepat, dimana pada saat awal air masih diperlukan untuk hidrasi. Untuk mendapatkan kualitas genteng beton yang optimum, beton setelah selesai dibuat perlu dipertahankan kondisinya pada suhu tertentu sampai beberapa hari dengan cara menyiram dengan air atau merendam sehingga retak-retak akibat suhu yang

memanas dapat dihindarkan (Tjokrodimulyo, 1992).

Hitungan Kuat Lentur Genteng Beton masing-masing benda uji dan hitungan mutu genteng beton, maka di hitung dengan Persamaan 1.

$$\sigma = (M \cdot Y) / I \quad (1)$$

$$M = \frac{1}{4} P \cdot L$$

$$Y = \frac{1}{2} \cdot h$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot (h)^3$$

Dimana :

σ = Tegangan terjadi, M = Momen lentur, I = Momen Inersia, Y = Jarak garis netral ke tepi, P = Beban Patah (Hasil Uji), L = Panjang Benda Uji, h = Tinggi Benda Uji

Penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium dengan membuat matrik padat berupa genteng beton limbah katalis bertujuan untuk menentukan karakteristik yang meliputi pertama adalah menentukan sifat-sifat fisik (kuat lentur dan daya rembes dari genteng beton hasil solidifikasi dengan penggunaan semen, campuran pasir, dan tepung kapur. Tujuan kedua adalah mengetahui seberapa besar tingkat pelindian (leaching) pada matrik padat hasil solidifikasi.

2. METODOLOGI

Bahan utama dalam penelitian ini adalah limbah katalis RCC-15 yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak di Pertamina UP VI Balongan. Penggunaan limbah katalis dalam benda uji adalah sebagai bahan tambah (Tabel 1). Bahan lain yang dipakai dalam proses solidifikasi yang menjadi matrik padat genteng beton adalah semen portland, pasir, tepung kapur/mill, dan air. Semen portland adalah berfungsi sebagai bahan ikat secara hidrolis yaitu akan terjadi ikatan jika ditambahkan dengan air. Dalam penelitian ini digunakan semen portland tipe I (semen standar). Pasir atau agregat halus adalah berfungsi sebagai pengisi Bahan lain yang digunakan sebagai tambahan adalah tepung kapur (mill).

Pembuatan benda uji dikerjakan sesuai dengan peralatan standar yang tersedia. Sedangkan ukuran benda uji adalah 42,5 x 34 x 3 komposisi campuran seperti pada Tabel 1. Perawatan terhadap benda uji dilakukan dengan penguapan dan penyiraman setelah genteng beton umur satu hari.

Tabel 1. Komposisi Bahan Pembuat Genteng Beton

Kode Sampel	Bahan Susun			
	Semen Portland	Pasir	Mill	Katalis
A	1	2,5	1	0
B	0,9	2,5	1	0,1
C	0,8	2,5	1	0,2
D	0,7	2,5	1	0,3
E	0,6	2,5	1	0,4
F	0,5	2,5	1	0,5

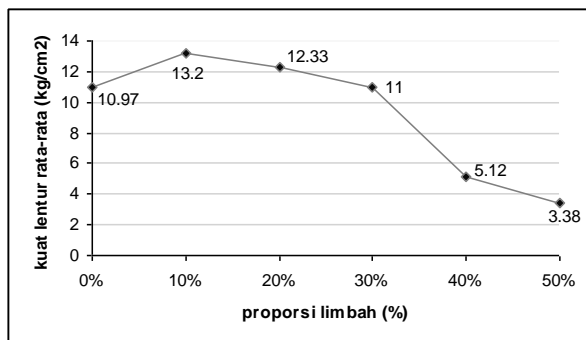
Parameter-parameter yang dilakukan pengujian adalah meliputi karakteristik fisik dan kimia limbah (kandungan logam berat), kuat lentur, rembesan dan uji pelindian (*leaching*). Pengujian benda uji dilakukan setelah mencapai umur 28 hari untuk seluruh parameter pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian kuat lentur seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Kuat Lentur Genteng Beton Umur 28 Hari

Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata (kg/cm ²)
0% (normal)	10,97
10% limbah	13,20
20% limbah	12,33
30% limbah	11,00
40% limbah	5,12
50% limbah	3,38



Gambar 1. Kuat Lentur Genteng Berbagai Proporsi Limbah

Kinerja secara kimia genteng beton sebagai hasil solidifikasi dilakukan dengan mengukur pelindian yaitu zat-zat kimia yang terlepas dari matrik padat. Unsur kimia yang dilakukan pengukuran adalah unsur logam berat yaitu Cr, Zn, Cu, Ni, dan Pb. Metode pengukuran pelindian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP). Secara garis besar, pengujian pelindian dengan metode TCLP adalah zat-zat kimia (logam berat) diukur dari larutan ha-

sil ekstraksi yang berasal dari matrik padat yang dihancurkan. Tabel 3 menunjukkan rembesan/kerapatan air. Hasil uji lindi dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah.

Tabel 3. Rembesan/Kerapatan Air Rata-rata Genteng Beton

Benda Uji	Tetes	Tidak Tetes	Keterangan
0% (normal)	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng basah
10% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
20% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
30% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
40% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
50% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng basah

Tabel 4. Hasil Pengujian Pelindian Logam Berat

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

Dari hasil pengujian kuat lentur terhadap benda uji genteng beton seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 1, maka menjelaskan bahwa kuat lentur genteng beton mengalami perubahan pada setiap proporsi campuran limbah, pada campuran 0% sampai 30% limbah katalis kuat lentur mengalami kenaikan dan selanjutnya kuat lentur semakin menurun sejalan dengan semakin bertambahnya proporsi limbah. Pada proporsi campuran 10% menunjukkan bahwa kuat lentur yang terbesar yaitu 13,20 kg/cm², sedangkan kuat lentur terendah pada proporsi campuran limbah 50% yaitu sebesar 3,38 kg/cm². Terjadinya fenomena kuat lentur seperti pada Tabel 2 serta Gambar 1 dapat disebabkan oleh hal-hal yang berkaitan dengan kandungan kimia dan bentuk fisik serta tekstur pada limbah katalis.

Kandungan kimia dalam bahan susun genteng beton dapat berpengaruh terhadap proses terjadinya pengikatan maupun pada proses pengerasannya. Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa kandungan silika (SiO₂) dalam limbah sebesar 48,46%, hal ini akan menyerupai unsur silika pada semen portlan yang dapat membantu pengikatan. Penyebab lain dari terjadinya perubahan kuat lentur genteng beton adalah karena bentuk fisik dan tekstur dari limbah yang lebih halus dari pasir.

Pengujian terhadap rembesan air (Tabel 3) menunjukkan bahwa penambahan limbah katalis sampai proporsi 40% membuat genteng menjadi lebih kedap air. Hal ini disebabkan butiran limbah katalis yang lebih kecil dari butiran pasir mampu mengisi pori-pori (rongga) pada bahan susun genteng.

Hasil penelitian yang dilaksanakan terhadap masing-masing proporsi campuran dengan menggunakan metode TCLP seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, menunjukkan bahwa logam-logam berat yang terlepas dari matrik padat (genteng beton) perbedaannya tidak signifikan, kecuali pada unsur Ni yang semakin besar sejalan dengan besarnya proporsi limbah. Apabila mengacu pada TCLP yang berlaku sesuai Ka Bapedal No. 04/BAPEDAL/09/95 serta EPA tentang pengujian menggunakan metode TCLP, maka limbah katalis yang dipakai sebagai bahan campuran genteng beton adalah memenuhi syarat-syarat tentang pelindian.

4. KESIMPULAN

Sifat fisik genteng beton, khususnya kuat lentur mengalami perbedaan pada setiap presentase limbah. Dimana kuat lentur terbesar pada proporsi limbah 10% dengan kuat lentur sebesar 13,20 kg/cm². Genteng beton limbah katalis termasuk mam-

pu menahan rembesan air. Pelindian yang diuji dengan metode TCLP menunjukkan bahwa lindi yang terjadi masih di bawah standar baku mutu Kepala Bapedal No. 04/BAPEDAL/09/95 serta EPA.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1999). **Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.**
- Edward A. B, Frank A. R, dan Grhame J. F. (1995). **Solid Waste Landfill Engineering and Design.** Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Lembaga Penelitian Unpad. (2000). **Implementasi dan Sertifikasi Pemanfaatan Katalis Bekas Sebagai Filler Beton Aspal dan Mineral Admixture Beton Struktur dan Non Struktur.** Unpad- Bandung.
- Sagel. R., Kole. P., dan Gideon H. K. (1993). **Pedoman Pengerjaan Genteng Beton.** Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Tjokrodimulyo, K. (1992). **Teknologi Genteng Beton.** Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.