

**PEMANFAATAN LIMBAH Fe(III) DARI INDUSTRI PENGETSAAN
SEBAGAI BAHAN PENAMBAH KUALITAS SINTESIS GENTENG KERAMIK**

**THE UTILIZATION OF Fe(III) WASTE OF ETCHING INDUSTRY
AS QUALITY ENHANCEMENT MATERIAL IN CERAMIC ROOFTILE
SYNTHESIS**

Eva Vaulina Yulistia Delsy¹, Dwi Kartika, Wilma Aziza

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jenderal Soedirman

email: ¹evasyamsumar@yahoo.com

ABSTRAK

Limbah dihasilkan dari berbagai macam kegiatan manusia, di antaranya dari bidang industri. Salah satu Industri yang menghasilkan limbah adalah industri pengetsaan yang bergerak di bidang cetak relief seperti industri percetakan, industri pengrajin logam, dan industri pengrajin lencana. Limbah yang dihasilkan mengandung senyawa anorganik dan asam-asam kuat seperti H_2SiF_6 , HNO_3 , dan $FeCl_3$. Senyawa anorganik banyak berperan dalam industri genteng keramik terutama dalam hal kualitas genteng. (Darmono, 2009). Limbah $FeCl_3$ yang dihasilkan dari kegiatan pengetsaan digunakan pada penelitian ini sebagai bahan penambah kualitas pembuatan genteng keramik dari tanah lempung Desa Kalijaran, Purbalingga. Limbah dikontakkan dengan tanah yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan genteng, divariasikan menjadi limbah yang tidak diencerkan dan limbah yang diencerkan. Lempung dibuat variasi ukuran butir 60, 80, 100, 140, dan 230 mesh, sedangkan variasi waktu yang dilakukan adalah 30-100 menit agar diketahui ukuran partikel dan waktu optimum ketika terjadi penyerapan maksimal logam Fe (III). Hasil penelitian menunjukkan ukuran partikel dan waktu optimum untuk pengontakan lempung dengan kedua variasi limbah yaitu pada ukuran partikel 80 mesh dengan waktu 70 menit. Uji sifat fisik pada genteng-Fe memenuhi semua standar SNI dan diketahui genteng dengan kualitas terbaik yaitu menggunakan lempung yang telah dikontakkan dengan limbah yang dibuat 1000 kali pengenceran. Uji pelucutan Fe(III) pada badan genteng oleh air hujan dan air laut menunjukkan bahwa laju rata-rata pelucutan badan genteng yang direndam dengan limbah yang diencerkan sebesar 68 ppb/ hari dan 55 ppb/hari sedangkan untuk badan genteng yang direndam dengan limbah yang tidak diencerkan sebesar 72,2 ppb/ hari dan 56 ppb/hari.

Kata Kunci: Limbah Fe, pengetsaan, genteng keramik.

ABSTRACT

Waste is produced from various industrial activities. $FeCl_3$ used in this study as an addition to the material quality in synthesis of ceramic roof tile from Kalijaran village clay, Purbalingga. Etching industrial waste $FeCl_3$ contacted with clay. Waste being varied waste as diluted and undiluted while clay grain size varied as 60, 80, 100, 140, and 230 mesh. Both clay and waste are contacted at 30-100 minutes. The results showed that the optimum of time and grain size variation is clay with 80 mesh grain size within 70 minutes. While physical properties of the roof tile contained Fe meet all ISO standards and are known to tile, the best quality is to use clay that has been in contact with the waste that is created 1000 times dilution. The stripping test of Fe (III) by rain water and sea water showed that the average rate of Fe-stripped of the tile body that is made with soaked with diluted waste

are 0.068 ppm/day and 0.055 ppm/day while for tile bodies soaked with waste is not diluted are 0.0722 ppm/day and 0.0560 ppm/day.

Keywords : Fe waste, etching, ceramic roof tile.

PENDAHULUAN

Upaya pemenuhan kebutuhan manusia dipengaruhi oleh perkembangan budaya, ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mengembangkan berbagai industri. Perkembangan industri tidak hanya mengubah lingkungan tetapi juga menimbulkan pencemaran (Azwar, 1995). Salah satu Industri yang menghasilkan limbah adalah industri pengetsaan. Industri pengetsaan merupakan industri yang bergerak di bidang cetak relief seperti industri percetakan, industri pengrajin logam, dan industri pengrajin lencana. Limbah yang dihasilkan industri pengetsaan adalah limbah yang mengandung senyawa anorganik dan asam-asam kuat seperti H_2SiF_6 , HNO_3 , dan $FeCl_3$ (Larosa, 2007). Senyawa anorganik banyak berperan dalam industri genteng keramik terutama dalam hal kualitas genteng, baik kekuatan maupun estetika genteng (Darmono, 2009). Kualitas genteng dipengaruhi oleh sifat dari lempung yang digunakan sebagai bahan baku. Bahan baku lempung saat ini terbatas, beberapa industri genteng mencampur tanah liat dengan tanah biasa atau pasir sehingga kualitas yang didapatkan dalam beberapa hal tidak memenuhi standar SNI (Murjito, 2006). Penelitian Rachman dan Subari (1998), yang menggunakan limbah $FeCl_3$ menyatakan bahwa penambahan $FeCl_3$ dapat memberikan beban lentur yang baik terhadap genteng keramik di atas standar yang disyaratkan. Dalam hal estetika, senyawa anorganik banyak berperan dalam pewarnaan. Bahan pewarna gelasir dapat diperoleh dari senyawa anorganik, seperti oksida logam atau campuran oksida-oksida sampai kurang lebih 10%. Oksida logam tersebut di antaranya oksida besi yang memberi warna kuning sampai merah, oksida mangan yang memberi warna

merah jambu sampai ungu cerah, dan lain-lain (Darmono, 2009).

Berdasarkan latar belakang di atas, telah dilakukan penelitian menggunakan tanah lempung sebagai bahan baku pembuatan genteng keramik dan limbah $FeCl_3$ dari industri pengetsaan sebagai bahan yang diharapkan dapat menambah kualitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel tanah lempung dan waktu kontak optimum ketika terjadi penyerapan maksimum logam Fe(III) pada lempung serta mengetahui karakter dan sifat fisik badan genteng yang susut kering, susut bakar, beban lentur, porositas, daya serap air serta pelucutan logam Fe(III). Penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan potensi tanah lempung Desa Kalijaran Purbalingga dan memanfaatkan limbah $FeCl_3$ yang dihasilkan oleh industri pengetsaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lempung dari Desa Kalijaran, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Purbalingga, asam sulfat, natrium hidroksida, air laut, air hujan, dan larutan limbah pengetsaan. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain gelas piala, labu ukur, pengaduk, gelas arloji, pipet tetes, mortar, botol plastik, kertas saring, oven, neraca analitik, XRD, AAS, piknometer, *shaker*, pH meter, alat hidrolis press, dan spektrofotometer uv-vis.

Prosedur Penelitian

Preparasi sampel lempung (Sarifin, 2008)

Lempung dikeringkan di bawah sinar matahari selama 6 hari, kemudian ditumbuk dan dibersihkan dari

kontaminan, butiran lempung diayak sehingga diperoleh butiran lempung 100 mesh. Butiran lempung 100 mesh dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu 100 °C untuk menguapkan air yang masih terdapat dalam pori-pori lempung.

Penentuan Waktu Kontak Optimum (Sarifin, 2008)

Larutan standar FeCl₃ dibuat dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm masing-masing sebanyak 100 mL. Sebanyak 5 g lempung dimasukkan ke dalam 100 mL larutan FeCl₃ dengan konsentrasi tersebut di atas, kemudian dikontakkan selama 80 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Larutan disaring, filtrat yang diperoleh dianalisis dengan SSA untuk menentukan konsentrasi Fe (III) yang terserap maksimum. Konsentrasi optimum yang diperoleh digunakan untuk menentukan waktu kontak. Lempung dikontakkan dengan larutan limbah dengan konsentrasi yang telah diketahui, lalu dilakukan optimasi waktu kontak pada variasi waktu 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Filtrat hasil pengontakkan disaring dan dianalisis dengan menggunakan SSA untuk menentukan waktu kontak optimum.

Pembuatan Badan Genteng Keramik (Tugino, 2011)

Lempung-Fe dicampur dengan pasir, digiling hingga terbentuk kotak-kotak yang siap cetak, kemudian dipress dengan pompa hidrolik tekana 1000 KN hingga terbentuk badan genteng. Genteng dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari, sebelum dibakar, genteng disusun dalam tungku pembakaran selama ± 24 jam pada suhu ± 600-800 °C.

Uji Lucut Badan Genteng Keramik (Afidah, 2001)

Uji lucut dilakukan dengan cara merendam badan genteng ke dalam air hujan dan air laut dengan volume media lucut 10 x volume badan genteng. Uji lucut

dilakukan pada hari ke 1, 7, 14, 21, dan 28, dilakukan pula penggantian media lucut pada hari-hari tersebut. Banyaknya Fe yang terlucut diamati oleh AAS.

Karakterisasi Sifat Fisik Badan Genteng Keramik

a. Susut Massa

Badan genteng keramik sebelum dibakar dibersihkan dari kotoran, kemudian ditimbang massanya. Setelah dibakar badan genteng ditimbang kembali massanya. Besarnya susut massa ditentukan dengan persamaan (Sembiring, 1995):

$$\% \text{ susut massa} = \frac{(W_0 - W_t)}{W_0} \times 100\%$$

W₀ = Massa benda uji sebelum dibakar

W_t = Massa benda uji setelah dibakar

b. Susut Volume

Badan genteng keramik sebelum dibakar dibersihkan dari kotoran, kemudian diukur volumenya. Setelah dibakar badan genteng diukur kembali volumenya. Besarnya susut volume ditentukan dengan persamaan (Sembiring, 1995):

$$\% \text{ susut volume} = \frac{(V_0 - V_t)}{V_0} \times 100\%$$

V₀ = Volume benda uji sebelum dibakar

V_t = Volume benda uji setelah dibakar

c. Beban Lentur

Genteng ditekan dalam alat hidrolik press, kemudian ditekan dan dibaca skala tekanan pada alat saat genteng mulai pecah. Penambahan beban yang tetap dengan kecepatan pembebanan maksimum 108 N/ dt hingga genteng patah. Tekanan maksimum genteng dicatat dengan ketelitian 10 N.

Porositas Total

Proses pengujian porositas total dilakukan berdasarkan perhitungan rapat teoritis massa dengan piknometer. Benda bakar digerus dengan mortar untuk mendapatkan bubuk benda bakar yang

halus. Piknometer kosong ditimbang (W_1), piknometer diisi penuh dengan heptana kemudian ditimbang (W_2). Piknometer diisi dengan bubuk sampel kira-kira tingginya $\frac{1}{4}$ piknometer kemudian

ditimbang (W_3), piknometer dengan bubuk sampel kemudian diisi dengan n-heptana kemudian ditimbang (W_4). Porositas dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$D_U = \frac{W_3 - W_1}{(W_3 - W_1) - (W_4 - W_3)} \times [D_L - D_A] + D_A$$

$$V_{n-Hep} = \frac{W_4 - W_3}{\rho_{n-Hep}}$$

$$D_{bulk} = \frac{M}{V_b} = \frac{W_3 - W_1}{V_{pik} - V_{n-Hep}}$$

Keterangan : D_A = rapat massa udara
 D_L = rapat massa n - heptana

Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan pada badan genteng keramik. Sampel direndam dalam air selama 24 jam dalam suhu kamar. Massa awal dan massa sesudah perendaman diukur. Nilai penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Gani dkk, 2001) :

$$\text{Daya serap air} = \frac{(b-a)}{a} \times 100\%$$

b = Massa sesudah direndam
a = Massa sebelum direndam

Analisis Komposisi Lempung-Fe

Lempung-Fe sebanyak 10 gram dikeringkan dan dibersihkan dari kontaminan, kemudian ditumbuk untuk mendapatkan butiran halus, kemudian disaring dengan ukuran 100 mesh. Serbuk sampel diletakkan pada XRD. Hasil keluaran pola difraksi dan hasil perhitungan dari sampel merupakan "*finger print*" dari bahan tersebut. Setiap pola serbuk dicirikan dengan sekumpulan posisi sudut difraksi (2θ) dan intensitas relatif (I/I_1), selama 50 menit setiap satu sampel, dengan tegangan 30 KV (Asmuni, 2003).

Pengelasaniran

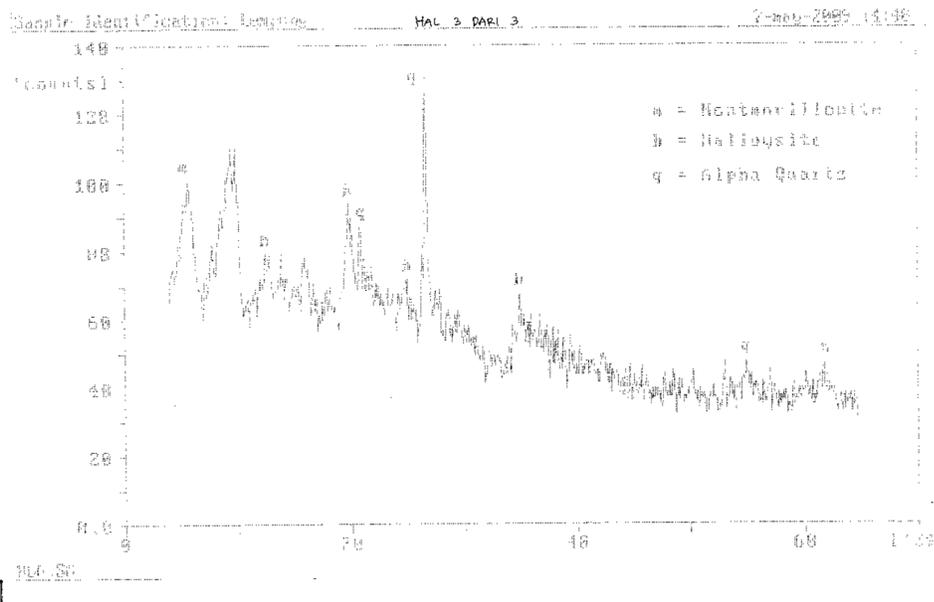
Setelah genteng dibakar, limbah dengan konsentrasi yang sama dengan

pengontakkan kemudian dituangkan ke atas permukaan genteng dengan ketebalan tertentu. Didiamkan beberapa saat kemudian masukkan ke dalam tungku untuk proses pembakaran selanjutnya. Pembakaran dilakukan selama 13 jam, pembakaran dijaga konstan pada 900 °C (Budiyanto, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel

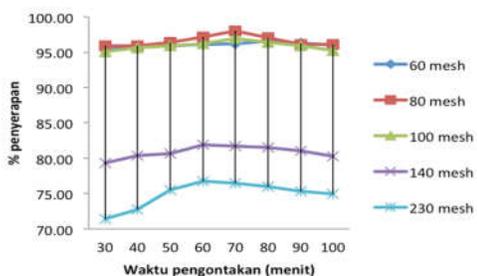
Pengambilan tanah lempung dilakukan di Desa Kalijaran, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Purbalingga. Tanah lempung yang diambil kemudian dikeringkan. Tanah lempung dikeringkan selama 10 hari. Tanah lempung mempunyai plastisitas tinggi ketika terkena air karena daya tariknya yang kuat terhadap air (Adamson, 1990). Lempung yang sudah dikeringkan kemudian ditumbuk dan dibersihkan dari kontaminan batu dan akar tanaman hingga menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dan halus sebesar 60, 80, 100, 140, dan 230 mesh. Hasil XRD menunjukkan bahwa lempung Desa Kalijaran mengandung halosit, kuarsa, dan monmorilonit. Hasil XRD kandungan mineral pada lempung Desa Kalijaran dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hasil Uji XRD lempung Desa Kalijaran

Penentuan Ukuran Partikel dan Waktu Kontak Optimum

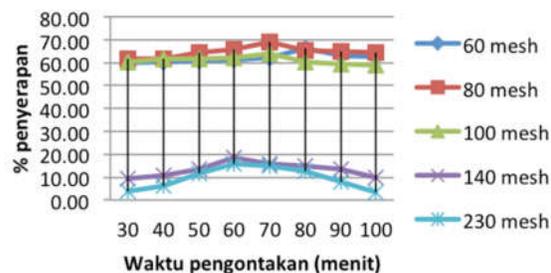
Lempung ditentukan ukuran partikel optimum dan waktu optimumnya ketika terjadi penyerapan maksimal Fe (III) pada lempung. Setiap ukuran partikel lempung dikontakkan dengan larutan limbah dan dilakukan optimasi waktu kontak dengan variasi waktu 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 menit. Pengontakan dilakukan dengan dua variasi limbah yaitu limbah FeCl₃ yang tidak diencerkan dan limbah FeCl₃ yang diencerkan 1000 kali, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Grafik ukuran partikel dan waktu kontak optimum lempung Desa Kalijaran

menggunakan limbah yang diencerkan 1000 kali

Adapun hasil uji penentuan ukuran partikel dan waktu optimum penyerapan Fe (III) menggunakan limbah FeCl₃ yang tidak diencerkan pada lempung ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik ukuran partikel dan waktu kontak optimum lempung Desa Kalijaran menggunakan limbah yang tidak diencerkan.

Berdasarkan data-data tersebut dapat diketahui bahwa baik dengan limbah pekat maupun dengan limbah yang sudah diencerkan lempung menyerap dengan maksimal pada ukuran partikel 80 mesh. Tempat terjadinya proses adsorpsi dan

pertukaran kation adalah pada permukaannya. Montmorilonit merupakan lempung 2:1 atau dapat diartikan lempung dengan 2 lapisan tetrahedral dan satu lapisan oktahedral pada setiap lembaran lapisannya. Lapisan tetrahedral dan oktahedral ini bersama-sama membentuk suatu lapisan yang masing-masing lapisannya berikatan melalui gaya Van der Waals, gaya elektrostatis, serta ikatan hidrogen. Antara lapisan satu dengan lapisan yang lainnya memiliki ruang (interlayer) atau gallery yang dapat ditempati oleh sejumlah kation, molekul air, dan molekul lainnya (Bahri et al., 2010).. Grafik ukuran partikel dan waktu kontak optimum lempung ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.

Pembuatan Badan Genteng Keramik

Tanah yang sudah diambil harus dipecahkan agar tidak ada lagi tanah yang menggumpal (*crushing*). Tanah liat dalam keadaan halus dan tidak menggumpal mempengaruhi produk genteng dan memungkinkan terjadinya penyerapan optimal ion Fe(III) pada lempung. Tanah yang sudah dilakukan *crushing* kemudian direndam dengan limbah FeCl₃ pekat dan FeCl₃ yang diencerkan selama 70 menit. Penambahan limbah harus diperhatikan jangan sampai terlalu banyak, karena jika terlalu banyak akan mengurangi keplastisan tanah dan akan terlalu basah sehingga susah dipress serta akan menambah susut pada genteng sedangkan apabila terlalu sedikit maka tanah akan menjadi terlalu liat dan sulit digiling. Tanah lempung yang diberi limbah ditambahkan pasir dengan perbandingan 1:2. Tujuan penambahan pasir adalah untuk mengurangi susut pembakaran pada genteng dan memperhalus partikel tanah yang nantinya digiling. penambahan pasir dapat mengurangi retak pada genteng. Setelah dicampur pasir hingga merata, campuran digiling dengan mesin penggiling (*extruder*). Bentuk gilingan yang diperoleh berbentuk balok dan

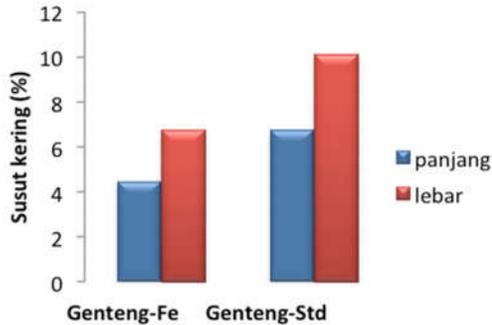
langsung disisihkan serta dijemur di tempat teduh untuk mengurangi kadar air pada cetakan. Genteng kemudian dipress dengan alat press manual setelah itu dijemur di tempat teduh agar tidak lagi mengandung banyak air. Genteng keramik yang baru selesai dipress biasanya masih mengandung air dengan kadar 7-30 %. Kadar air yang tinggi pada proses pembakaran dapat menyebabkan banyaknya susut dan retak pada genteng. Setelah genteng dirasa cukup kering, dilakukan proses pembakaran badan genteng (Tugino, 2011). Proses pembakaran meliputi penyusunan genteng dalam tungku pembakaran. Penyusunan ini berpengaruh pada jalannya api sehingga mempengaruhi masak atau tidaknya genteng setelah pembakaran. Pembakaran dilakukan pada temperatur sekitar 1000 °C dan memakan waktu 2-3 hari. Untuk menghindari pecahnya genteng yang dibakar akibat penyusutan yang mendadak, proses kenaikan suhu pada tahap pembakaran awal harus dilakukan secara perlahan-lahan. Genteng setelah dibakar harus didiamkan terlebih dahulu setelah itu baru siap digunakan.

Karakterisasi Genteng Keramik:

a. Susut Kering dan Susut Bakar

Pengujian susut kering pada genteng keramik dilakukan untuk mendapatkan besarnya susut yang terjadi pada waktu pengeringan genteng. Hasil uji susut kering genteng disajikan pada **Gambar 4**. **Gambar 4** menunjukkan pada bagian panjang dan lebar genteng keramik, susut kering yang terjadi sebesar 4,46% dan 6,74%. Sedangkan pada bagian panjang dan lebar genteng-Standar terjadi penyusutan sebesar 6,72% dan 10,11%. Susut kering yang terjadi harus kurang dari 10%, karena bila penyusutan yang terjadi terlalu besar akan menyebabkan perubahan-perubahan bentuk genteng, retak-retak pada genteng, dan cacat-cacat yang lainnya (Sanjaya, 2009). Berdasarkan

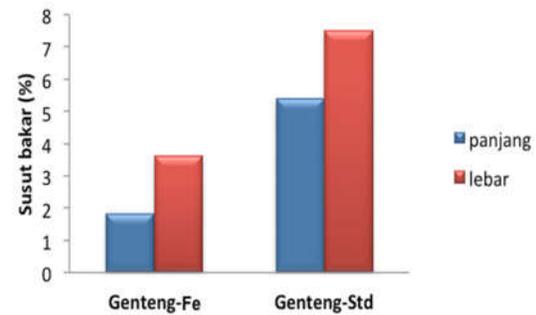
hasil uji susut kering, maka genteng telah memenuhi standar genteng keramik.



Gambar 4. Susut kering genteng-Fe dibandingkan dengan genteng standar

Pengujian genteng keramik selanjutnya adalah pengujian susut bakar. Pengujian susut bakar dilakukan untuk mendapatkan besar susut yang terjadi pada waktu pembakaran genteng. Hasil uji susut bakar dapat dilihat pada Gambar 5. Susut kering pada genteng yang diberi penambahan limbah yang diencerkan lebih besar daripada genteng yang diberikan limbah yang tidak diencerkan. Hal ini dikarenakan plastisitas pada badan genteng dengan limbah yang diencerkan lebih besar karena limbah yang diencerkan mengandung lebih banyak partikel air sedangkan limbah yang tidak diencerkan mengandung partikel air yang lebih sedikit. Susut bakar pada genteng yang diberi penambahan limbah yang diencerkan lebih sedikit daripada genteng yang diberikan limbah yang tidak diencerkan. Proses pembakaran disertai peleburan logam Fe(III) bersama dengan mineral-mineral lempung (Budiyanto, 2008). Jumlah logam Fe(III) pada limbah yang tidak diencerkan lebih banyak daripada pada limbah yang diencerkan. Sehingga

pengurangan baik massa, volume, dan ukuran juga dipengaruhi hal tersebut.



Gambar 5. Susut bakar genteng-Fe dan genteng standar

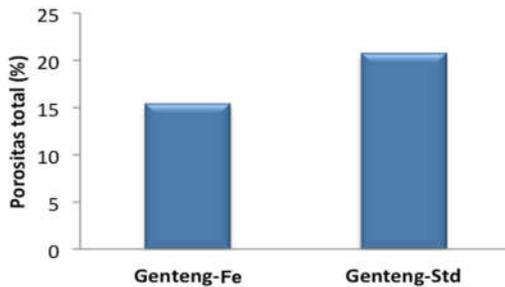
b. Porositas dan Daya Serap

Uji porositas dan daya serap air dilakukan untuk mengetahui kelayakan genteng. Genteng yang baik seharusnya tahan terhadap air agar dalam pengaplikasiannya sebagai pelindung rumah tidak terjadi kebocoran. Hasil uji porositas dan juga penyerapan air pada genteng dapat dilihat pada **Tabel 1**. Porositas yang terlalu besar dapat membuat penyerapan air yang besar. Jika suatu genteng dapat banyak menyerap air, hal yang terjadi adalah kebocoran dan timbulnya lumut pada genteng karena seringnya genteng berada pada keadaan lembab. Hal ini mempengaruhi mutu genteng. Menurut (SNI) 03-2095-1998, daya serap air pada genteng tipe ideal adalah maksimal 15%. Genteng dengan penambahan limbah yang diencerkan maupun dengan limbah yang tidak diencerkan, seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 1**, memenuhi standar SNI. Sedangkan genteng tanpa penambahan limbah melebihi kadar yang ditetapkan oleh SNI.

Tabel 1. Hasil uji porositas dan penyerapan air

Jenis Genteng	Porositas (%)	Daya Serap (%)
Genteng keramik tanpa penambahan limbah	20,39	15,19
Genteng keramik dengan limbah diencerkan	15,32	12,32
Genteng keramik dengan limbah tidak diencerkan	18,41	14,50

Hasil pengujian porositas genteng dapat dilihat pada **Gambar 6**. **Gambar 6** menunjukkan bahwa genteng-Standar memiliki porositas yang lebih besar yaitu 20,39%, sedangkan genteng keramik memiliki porositas sebesar 15,32%. Kerapatan pori-pori tanah akan menekan terjadinya susut kering dalam proses pengeringan genteng sehingga akan memperkecil pula porositas dalam proses pembakaran dan susut bakar yang terjadi semakin kecil (Rasma, dkk, 2011).

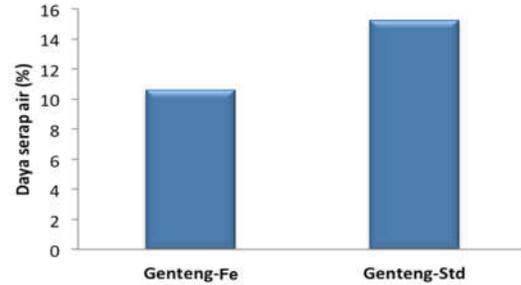


Gambar 6. Porositas genteng keramik dibandingkan dengan genteng standar

c. Daya serap air

Pengujian untuk ketahanan daya serap air dilakukan untuk mengetahui besarnya tingkat penyerapan air oleh genteng. Penyerapan air yang tinggi diatas 20% disebabkan terlalu banyak bahan pengisi, bahan plastis atau peleburannya kurang dan suhu pembakaran genteng yang rendah. Penyerapan air yang terlalu besar dapat menyebabkan air hujan mudah masuk meresap pada permukaan genteng dan badan genteng bagian dalam sehingga mengurangi mutu dari genteng keramik.

Gambar 7 menunjukkan bahwa genteng keramik mampu menyerap air sebanyak 10,62%, sedangkan genteng-Standar menyerap air se-banyak 15,19%. Daya serap air yang tinggi disebabkan oleh porositas genteng yang tinggi. Berdasarkan hasil uji daya serap air, maka genteng keramik dapat diklasifikasikan kedalam genteng keramik tingkat mutu I dengan penyerapan air maksimum dibawah 12%.



Gambar 7. Daya serap air genteng keramik dibandingkan dengan genteng standar

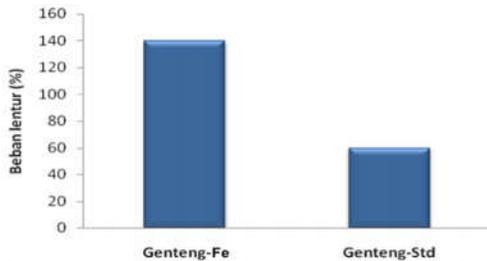
Hasil ini didukung oleh uji porositas yang dilakukan bahwa porositas genteng keramik tanpa penambahan limbah lebih besar dari porositas genteng keramik dengan penambahan limbah. Porositas pada genteng dapat disebabkan oleh masih tertinggalnya molekul air pada badan genteng ketika dilakukan pembakaran dan kurang meratanya penyebaran bahan pelebur pada lempung yang membuat kurang terisinya rongga-rongga yang ditinggalkan partikel air (Budiyanto, 2008).

d. Beban Lentur

Beban lentur merupakan salah satu parameter kelayakan genteng. Parameter ini penting untuk mengetahui beban maksimal yang dapat diterima oleh genteng hingga patah atau retak. Hasil uji beban lentur terhadap ketiga jenis genteng dapat dilihat pada Gambar 8. Beban lentur genteng tanpa penambahan limbah adalah sebesar 61,22 Kg. Besar beban lentur ini adalah dibawah standar (SNI) 03-2095-1998 yaitu sebesar 65 Kg pada setiap gentengnya. Adapun genteng dengan penambahan limbah yang diencerkan merupakan yang paling kuat yakni memiliki beban lentur sebesar 112,24 Kg sedangkan beban lentur genteng dengan penambahan limbah yang tidak diencerkan adalah sebesar 71,43 Kg.

Gambar 8 menunjukkan beban lentur genteng keramik lebih besar dari pada beban lentur genteng standar yaitu 140 Kg, sedangkan genteng standar hanya

60 Kg. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan terhadap beban lentur genteng keramik menunjukkan bahwa genteng keramik termasuk genteng keramik tingkat mutu I (Sanjaya, 2009).



Gambar 8. Beban lentur genteng keramik dibandingkan dengan genteng standar

Beban lentur genteng yang baik ditandai oleh kemampuan penyerapan air oleh genteng. Kemampuan penyerapan air yg kecil memperlihatkan genteng dengan

Tabel 2. Laju pelucutan Fe dari badan genteng yang direndam dengan limbah yang diencerkan

Hari ke-	Laju lucut (ppb)	
	Air hujan	Air laut
1	152	256
7	638	82
14	3,8	7,4
21	1,6	0,06
Rata-rata laju lucut (ppb)	68	55,3

Tabel 3. Laju pelucutan Fe dari badan genteng yang direndam dengan limbah yang tidak diencerkan

Hari ke	Laju lucut (ppb)	
	Air hujan	Air laut
1	170	140
7	59	71,4
14	52,2	9,8
21	7,6	1,6
Rata-rata laju lucut (ppb)	68	55,3

Laju pelucutan Fe dari badan genteng menggunakan air hujan lebih besar dari air laut namun penurunan laju menurun secara signifikan seiring lama waktu perendaman dan konsentrasi Fe yang terlucut setiap harinya berada dibawah baku mutu baik perairan maupun

porositas yang sedikit dan susunan yang rapat pada genteng. Kerapatan tersebut membuat struktur genteng menjadi kompak dan tahan beban lebih kuat (Budiyanto, 2008).

Uji Lucut

Uji lucut merupakan parameter penting dalam pembuatan genteng yang mengandung logam agar diketahui banyaknya logam yang nantinya akan memasuki lingkungan. Ambang batas Fe(III) dalam lingkungan sebesar 5 ppm sedangkan ambang batas Fe(III) di perairan adalah 0,3 ppm (Widowati, 2008). Hasil uji pelucutan Fe pada badan genteng yang pada proses pembuatannya direndam menggunakan limbah $FeCl_3$ yang diencerkan dan yang tidak diencerkan, berturut-turut ditunjukkan oleh **Tabel 2.** dan **Tabel 3.**

lingkungan, hal ini membuktikan bahwa ion Fe terikat kuat pada lempung sehingga dapat dikatakan bahwa pembuatan genteng keramik menggunakan limbah industri pengetsaan yang mengandung Fe baik yang diencerkan maupun yang tidak diencerkan, aman bagi lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penyerapan optimum Fe(III) dari limbah FeCl₃ baik yang diencerkan maupun yang tidak diencerkan pada lempung adalah pada butir lempung 80 mesh dengan waktu 70 menit.

Karakterisasi genteng yang meliputi susut massa, susut volume, porositas, daya serap air, dan beban lentur pada genteng yang tidak diberi penambahan logam, diberi penambahan limbah yang diencerkan, dan limbah yang tidak diencerkan menunjukkan bahwa genteng yang paling baik adalah genteng keramik dengan pemberian limbah yang dilakukan 1000 kali pengenceran.

Uji pelucutan Fe(III) pada badan genteng oleh air hujan dan air laut menunjukkan bahwa laju rata-rata pelucutan badan genteng yang dibuat dengan direndam dengan limbah yang diencerkan sebesar 68 ppb/ hari dan 55 ppb/hari sedangkan untuk badan genteng yang direndam dengan limbah yang tidak diencerkan sebesar 72,2 ppb/ hari dan 56 ppb/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry of Surface*, John Wiley&Sons, Inc, California.
- Afidah, A., 2001, Pembuatan dan Karakterisasi Keramik dari Lempung, Limbah Gelas Lunak dan Limbah Logam B3. FMIPA-ITS, Surabaya.
- Bahri, S., Muhdarina, A., Fitrah, 2010, Lempung Alam Termodifikasi Sebagai Adsorben Larutan Anorganik : Keseimbangan Adsorpsi Lempung Terhadap Ion Cu²⁺, *Jurnal Sains dan Teknologi* 9 (1): 9-13.
- Darmono. 2009. Tinjauan Kualitas Genteng Bergelasir Produk Uji di Universitas Negeri Yogyakarta

Berdasarkan Hasil Uji Laboratorium Bahan Bangunan. *Jurnal Inotek*, Volume 13, Nomor 2, Agustus 2009.

- Departemen Pekerjaan Umum, 1978, Peraturan Genteng Keramik Indonesia NI-19, Departemen Pekerjaan Umum (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan), Bandung.
- Rasma, A., A. Setiati, Subari, 2011, Identifikasi Kualitas Produk Genteng Keramik Produksi Industri Kecil di Wilayah Aceh, Jawa dan Nusa Tenggara Barat Berbasis Standar Nasional Indonesia (SNI), *Jurnal Standarisasi* Vol. 13 No. 2, Balai Besar Keramik, Bandung.
- Sarifin, 2008, Sintesis dan Karakterisasi Genteng Keramik Sokka Kebumen melalui Proses Pemadatan Lempung dengan Limbah Logam Cr Electroplating. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto
- Sanjaya, I.P.A., 2009, Pengaruh Jumlah Penggilingan Tanah Liat Sebagai Bahan Pembuat Genteng Terhadap Karakteristik Genteng Keramik Darmasaba, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 13 No. 1, Universitas Udayana, Denpasar
- Tugino, 2011, Kajian Kualitas Genteng Keramik dengan Penambahan Pasir Sungai (Studi Kasus Pasir Sungai Blorong, Boja, Kabupaten Kendal), *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, Nomor 1, Volume 13 hal: 21-30.