

PENGARUH PENAMBAHAN POZZOLAN ALAM BATU APUNG TERHADAP KARAKTERISTIK GENTENG (STUDI KASUS GENTENG PLENTONG EX. PEJATEN)

I Putu Ari Sanjaya¹

Abstract: Research about influence of addition of natural pozzolan pumice in making of Pejaten ceramic tile was conducted. This research was conducted based on condition that in the recent time the tile industries in Bali have experienced degradation of quality compared to existing marketing tile. The natural pozzolan pumice was selected as an additive because this pumice is less exploited and highly contained SiO₂ component. If burned this component will yield silica/glass materials and filled the tile void. This research was conducted to obtain the influence of addition of natural pozzolan pumice to ceramic tile characteristics such as bending strength, water absorption, and water infiltration.

The ceramic tiles were made by mixing of clay, paras powder, natural pozzolan pumice and water. The mixture consisted of paras powder counted by 20% from clay weight, natural pozzolan of pumice counted by percentage addition of paras powder. Addition of natural pozzolan pumice was 5%, 10%, 15% from paras powder weight. The process started from preparation of materials, mixing of materials, hulling, molding, draining and burning at the stove for about 12 hours with temperature of 800°C to 1000°C.

Results of the research showed that the addition of 15% natural pozzolan pumice resulted in smallest water absorption, longest time of water infiltration. The value of bending load of the tile was 71,30 kg and bending strength was 0,675 kg/mm². For plain part of the tile, the average bending load was 14,40 kg and bending strength was 0,250 kg/mm². The water absorption rate was equal to 26,39% and time of water infiltration was 99 minutes. Shrinkage happened in tile with addition of 15% of natural pozzolan pumice with contraction value of 7,27% in long and contraction value of 9,20% in wide. Standard tile had smaller value of bending load and bending strength than the tile with 15% of natural pozzolan pumice addition, with were 54,90 kg and 0,520 kg/mm², respectively. For the plain part of standard tile, the value of bending load and bending strength were 11,80 kg and 0,205 kg/mm², respectively. Largest water absorption value of tile occurred in ceramic tile with addition of natural pozzolan pumice of 5%, which had value of 27,60%. These tiles had fastest water infiltration time with a value of 68 minutes.

Keywords: pejaten tile, paras powder, natural pozzolan pumice, tile characteristics, absorption and infiltration of water)

¹ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

PENDAHULUAN

Genteng adalah unsur bangunan yang dipakai sebagai penutup atap. Genteng dapat dibuat dengan menggunakan tanah liat (lempung) dengan atau tanpa campuran bahan lainnya, dibakar sampai suhu yang cukup tinggi sehingga tidak hancur apabila direndam air. Pada proses pembuatan genteng, umumnya bahan-bahan yang digunakan seperti: tanah liat (lempung), serbuk paras dan air. Proses pengolahan akhirnya melalui proses pembakaran dilakukan dengan suhu maksimum mencapai 1000°C (Frick, 1988).

Di Bali genteng yang paling populer adalah genteng keramik Pejaten. Hal ini disebabkan karena mutunya yang baik disamping harganya yang masih terjangkau oleh masyarakat. Produksi genteng di Bali terutama genteng Pejaten mengalami kemajuan yang pesat. Berdasarkan hasil pencatatan terakhir Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Bali tahun 2003 diperoleh data produksi mencapai 70.109.729 buah dengan produksi terbesar di kabupaten Tabanan mencapai 60.130.200 buah. Namun dalam perkembangan terakhir kondisi di lapangan menunjukkan bahwa produksi genteng mengalami penurunan dengan jumlah produksi sebesar 42.237.700 buah pada tahun 2005. Ini disebabkan karena genteng yang mengalami penurunan mutu misalnya mudah pecah dan rembes air. Penurunan mutu ini disebabkan karena tanah liat yang dipakai bukan tanah asli Pejaten, selain itu proses pembuatan genteng juga bisa menjadi penyebab misalnya tanah liat yang dulunya digiling dua kali sedangkan sekarang hanya satu kali. Penurunan mutu ini menyebabkan genteng Pejaten sulit bersaing dengan genteng yang didatangkan dari luar Bali.

Pozzolan merupakan bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan atau alumina yang reaktif. Butirannya yang halus bila

ditambahkan ke dalam campuran tanah liat dan serbuk paras akan mengisi pori-pori dari genteng, disamping itu senyawa SiO_2 yang dikandung oleh batu apung Bungkulan juga tinggi yaitu sebesar 82,66%. Senyawa ini bila dibakar akan menghasilkan bahan silika/gelas yang mengisi pori-pori genteng. Keberadaan pozzolan alam batu apung di daerah Bungkulan belum dimanfaatkan secara maksimal. Umumnya batu apung ini diolah untuk dijadikan bahan menggosok kain jeans, seperti pada industri UD. Darma, yang berlokasi di Bungkulan, Buleleng. Pada proses pengolahan batu apung, dihasilkan sisa hasil pengolahan berupa serbuk batu apung. Serbuk batu apung ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Serbuk batu apung merupakan pozzolan alam namun sudah dihaluskan.

Maka dilakukan penelitian eksperimental untuk membuat genteng dengan menggunakan campuran tanah liat, serbuk paras, air dan pozzolan alam batu apung sebagai bahan tambahan.

(1) Genteng

Genteng adalah unsur bangunan yang dipakai sebagai penutup atap. Genteng dapat dibuat dengan menggunakan tanah liat (lempung) sebagai bahan dasar atau dengan menggunakan campuran bahan-bahan semen portland, agregat halus, dan air.

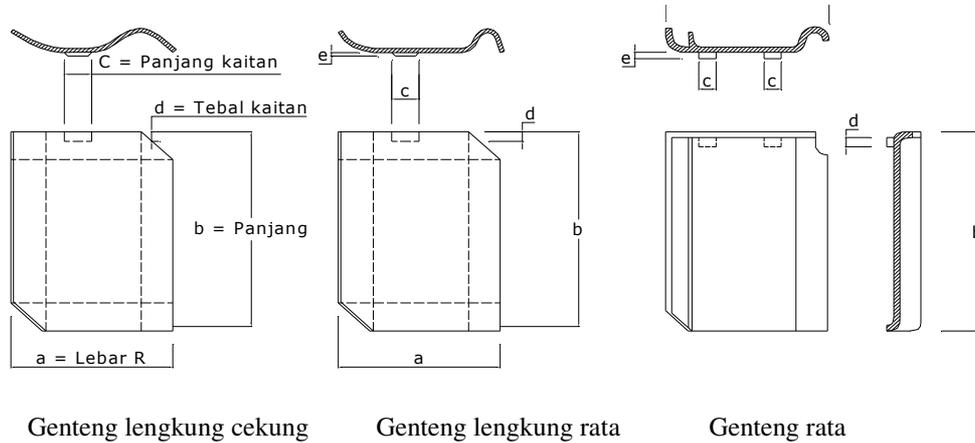
Genteng keramik adalah suatu unsur bangunan yang berfungsi sebagai penutup atap dan yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur dengan bahan tambahan, dibakar dalam suhu yang cukup tinggi, sehingga tidak dapat hancur apabila direndam dalam air (Anonimus, 1978).

(2) Jenis Genteng Keramik

Menurut SNI 03-6861.1-2002, berdasarkan bentuknya genteng keramik dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Genteng Lengkung Cekung, yaitu genteng dengan penampang yang

- berbentuk gelombang, tidak simetris dan tidak mempunyai bagian yang rata.
2. Genteng Lengkung Rata, yaitu genteng dengan penampang bagian tengah yang rata dan tepi-tepinya melengkung.
 3. Genteng Rata, yaitu genteng dengan permukaan rata, tepi yang satu beralur dan tepi lainnya berlidah. Biasanya dibuat dengan mesin kempa atau pres.



Gambar 1. Jenis genteng berdasarkan bentuk

(3) Persyaratan Genteng Keramik

Genteng keramik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi ukuran-ukuran sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran genteng keramik

URAIAN	GENTENG			KETERA- NGAN
	KECIL (mm)	SEDAN G (mm)	BESAR (mm)	
Panjang berguna	200	250	333	Penyimpangan < 6mm
Lebar berguna	200	200	200	
Jarak penutup memanjang	min 40	min 50	min 67	
Jarak penutup melintang	min 40	min 40	min 40	
Kaitan :				
- Tinggi	10	10	10	
- Panjang	30	30	30	
- Lebar	10	10	10	

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

2. Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi kekuatan terhadap beban lentur sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kekuatan terhadap beban lentur genteng keramik

TINGKAT MUTU	KEKUATAN TERHADAP BEBAN LENTUR (Kg f) atau (Kg)	
	Rata-rata dari minimal 6 (enam) genteng yang diuji	Angka minimal untuk masing-masing genteng yang diuji
I	150	110
II	120	90
III	80	60
IV	50	35
V	30	25

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

3. Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi ketentuan pandangan luar dan ketetapan bentuk sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Pandangan luar dan ketetapan bentuk genteng keramik

TINGKAT MUTU	PANDANGAN LUAR	KETETAPAN BENTUK (% KELENGKUNGAN MAKSIMAL)			
		JENIS GENTENG	200 mm	259 mm	333 mm
I	Harus mempunyai permukaan yang utuh. Kerapatan pada pemasangan baik. Warna sama untuk semua partai. Suara nyaring.	Lengkung cekung	4	4	5
		Lengkung rata	3	3	3,3
		Rata	2,5	2,5	3
II	Harus mempunyai permukaan yang utuh. Kerapatan pada pemasangan baik.	Lengkung cekung	5	5	6
		Lengkung rata	4	4	4,5
		Rata	3	3	4
III	Terdapat cacat-cacat sangat sedikit. Sedikit retak rambut. Kerapatan pada pemasangan cukup baik.	Lengkung cekung	6	6	7
		Lengkung rata	5	5	5,5
		Rata	4	4	5
IV	Cacat-cacat tidak terlalu besar. Sedikit retak-retak. Kerapatan pada pemasangan cukup baik.	Lengkung cekung	7	7	8
		Lengkung rata	6	6	7
		Rata	5	5	6
V	Terdapat cacat-cacat dan retak tetapi masih dapat dipakai.	Lengkung cekung	8	8	9
		Lengkung rata	7	7	8
		Rata	6	6	7

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

(4) Material Pembuatan Genteng Keramik
1. Tanah Liat (*Lempung*)

Tanah liat berasal dari kerak bumi yang terjadi karena pelapukan dan erosi angin, air dan gletser sehingga berbentuk halus. Pada tanah liat terdapat akar-akaran dan sisa tumbuh-tumbuhan serta bahan organik lainnya yang membusuk sehingga tanah liat menjadi berwarna (Sinugroho dan Hartono,1979).

Menurut persyaratan umum bahan bangunan Indonesia (PUBI 1986) mendefinisikan tanah liat dalam tiga jenis:

- a. Tanah Liat (*clay*) adalah jenis tanah yang dalam keadaan kering terasa seperti berlemak, mempunyai daya susut muai yang besar dan mempunyai daya ikat yang besar baik dalam keadaan kering maupun basah.
- b. Tanah Geluh (*loam*) adalah jenis tanah dalam keadaan kering tidak terasa seperti berlemak, mempunyai daya

susut muai yang kecil dan mempunyai daya ikat yang kecil dalam keadaan basah maupun kering.

- c. Tanah Liat dan Shale untuk pembuatan agregat ringan adalah tanah liat yang akan mengembang atau membekah bila dipanaskan sampai temperatur tinggi pada atau diatas titik leburnya, dan membentuk butiran yang keras dan ringan.

Lempung adalah hasil pelapukan dari batuan keras dan merupakan batuan sedimen. Berdasarkan atas tempat pengendapan dan jarak pengangkutannya dari daerah asal, lempung dapat dibagi dalam jenis-jenis sebagai berikut (Sinugroho dan Hartono,1979):

- a. Lempung Residual adalah lempung yang terdapat pada tempat dimana lempung itu terjadi, atau dengan kata lain lempung tersebut belum berpindah tempat sejak terbentuknya.

- b. Lempung Illuvial adalah lempung yang telah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asalnya, misalnya di kaki-kaki bukit.
- c. Lempung Alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai di sekitar atau sepanjang sungai.
- d. Lempung Marin adalah lempung yang endapannya diendapkan di laut.
- e. Lempung Rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa.
- f. Lempung danau adalah lempung yang diendapkan di danau (air tawar).

Lempung yang dibakar pada temperatur tinggi akan mengalami perubahan-perubahan (Sinugroho dan Hartono, 1979) antara lain :

1. Pada temperatur $\pm 150^{\circ}$ C, maka semua air pembentuk yang ditambahkan pada lempung pada waktu membuat genteng akan menguap.
2. Pada temperatur antara $400^{\circ} - 600^{\circ}$ C, air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain didalam lempung akan menguap.
3. Pada temperatur diatas 800° C, terjadi perubahan-perubahan kristal dari lempung dan mulai terbentuk bahan gelas yang mengisi pori-pori, sehingga bahan menjadi padat dan kuat.
4. Senyawa-senyawa besi akan berubah menjadi senyawa yang lebih stabil dan umumnya memberi warna merah (bila temperatur terlalu tinggi, maka warna menjadi hitam).
5. Lempung mengalami susut kembali dan dinamakan susut bakar. Susut bakar ini tidak boleh terlalu besar (maksimum 2%) supaya tidak timbul cacat, seperti perubahan bentuk, pecah-pecah, dan retak-retak. Secara praktis lempung yang telah dibakar tidak kembali lagi menjadi lempung oleh pengaruh air atau udara.

Lempung adalah bahan dasar dalam pembuatan genteng. Adapun beberapa syarat lempung dalam pembuatan genteng adalah sebagai berikut (Sinugroho dan Hartono, 1979):

- a. Lempung terdapat disuatu tempat yang dekat dengan jalan dan jumlahnya cukup banyak.
- b. Lempung harus plastis atau agak plastis, sehingga dapat mudah diberi bentuk. Bila lempung kurang plastis harus dilakukan usaha-usaha peningkatan keplastisan, seperti penyimpanan di luar, penggilingan lebih halus, perendaman atau dengan penambahan bahan-bahan lain.
- c. Lempung mempunyai kekuatan kering tinggi dan susut kering rendah (maksimum 10%). Bila susut kering terlalu besar, dapat ditambahkan bahan pengurus.
- d. Lempung tidak mengandung fraksi-fraksi dari batuan keras berukuran lebih besar dari 1,410 mm. Bila terdapat kerikil, harus dihaluskan dengan alat penggiling.
- e. Lempung tidak mengandung butir-butir kapur berukuran lebih besar dari 0,5 mm. Bila terdapat butir-butir kapur, maka perlu dihaluskan hingga tembus saringan 0,5 mm.
- f. Lempung telah padat pada pembakaran disekitar $900^{\circ}\text{C}-1000^{\circ}\text{C}$.
- g. Lempung tidak boleh mempunyai susut bakar terlalu tinggi (maksimum 2%).

2. Batu Padas

Batu padas disebut juga tuff vulkanik merupakan jenis batuan hasil aktifitas vulkanik yang berbutir halus sampai lanau, berwarna abu kecoklatan dengan kenampakan struktur batuan sedimen yang telah mengalami pemadatan (kompaksi), keras namun pada bagian-bagian tertentu bersifat lunak.

Batu padas ini termasuk jenis batuan lempung vulkanik atau lebih khusus lagi termasuk dalam jenis pyroklastik rock yang kandungan mineral didominasi oleh mineral gelas (non kristalin). Dimana mineral gelas ini unsur yang mendominasi adalah senyawa SiO_2 (Thornton, 1979).

Di Provinsi Bali terdapat beberapa jenis batu padas diantaranya adalah : Batu

padas halus dengan butir halus dan homogen, biasanya digunakan untuk pembuatan ukiran/patung. Jenis lain adalah batu padas kasar dengan butir yang tidak homogen mengandung fragmen – fragmen vulkanik dan biasanya digunakan sebagai ornamen eksterior seperti tembok gerbang dan dinding luar bangunan. Terdapat pula batu padas yang mengandung lempung vulkanik (*compact clay*) yang di temui di Desa Taro (Anonimus, 2004).

Pada industri genteng, yang dipakai adalah sisa-sisa hasil penggalian batu padas halus, bagian yang padat diambil sedangkan bagian yang rapuh berupa butiran – butiran inilah yang kemudian dihaluskan lagi untuk dijadikan serbuk paras.

3. Air

Air merupakan salah satu bahan tambahan dalam pembuatan genteng. Penambahan air dilakukan agar lempung menjadi lebih plastis sehingga memberikan kemudahan dalam pembentukan atau pencetakan. Air yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan genteng mempunyai syarat-syarat sebagai berikut (Sinugroho dan Hartono, 1979):

- a. Air cukup banyak dan kontinyu sepanjang tahun.
- b. Air harus tidak sadah (tidak mengandung garam-garam yang larut dalam air, seperti garam dapur dan lain-lain).
- c. Air cukup bersih (tidak mengandung bibit penyakit).

Dalam proses pembuatan genteng, air ditambahkan secukupnya pada lempung sampai lempung tersebut menjadi plastis dan mudah untuk dibentuk atau dicetak.

4. Pozzolan

Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-

senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium silikat hidrat dan kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah (Subakti, 1994).

Standar mutu pozzolan telah diatur dalam ASTM C 618-86 (dalam Aman Subakti, 1994) yang dibedakan menjadi tiga kelas :

1. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran pozzolan alam, yang dapat digolongkan ke dalam jenis seperti: tanah diatomic, *opaline cherts, shales, tuff* dan abu terbang vulkanik atau *punicite*. Semuanya bisa diproses melalui pembakaran atau tanpa pembakaran

2. Kelas C

Fly ash mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub bitumen batu bara.

3. Kelas F

Fly ash mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batu bara.

Menurut ASTM C 593-82 (dalam Aman Subakti, 1994) dilihat dari proses pembentukannya, bahan pozzolan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu : pozzolan buatan dan pozzolan alam. Pozzolan buatan berasal dari tungku maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif melalui proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly ash*), abu sekam (*rice huck ash*) dan mikro silika (*silica fume*).

Sedangkan pozzolan alam adalah bahan alam yang merupakan timbunan-timbunan atau bahan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif dan bila dicampur dengan kapur padam akan terjadi proses sedimentasi. Salah satu contoh pozzolan alam adalah batu apung.

Batu apung adalah salah satu contoh dari pozzolan alam, yang terjadi

disebabkan oleh lemparan lava dan pendinginan yang cepat di udara sehingga terbentuk pori-pori yang sebagian tertutup oleh membran gelas. Batu apung merupakan batuan vulkanis yang mengandung pori-pori, kaya dengan kandungan gelas/silikat dan umumnya berwarna terang, oleh karena itu batu apung ringan dan memiliki berat jenis lebih kecil dari satu (Anonimus, 2004).

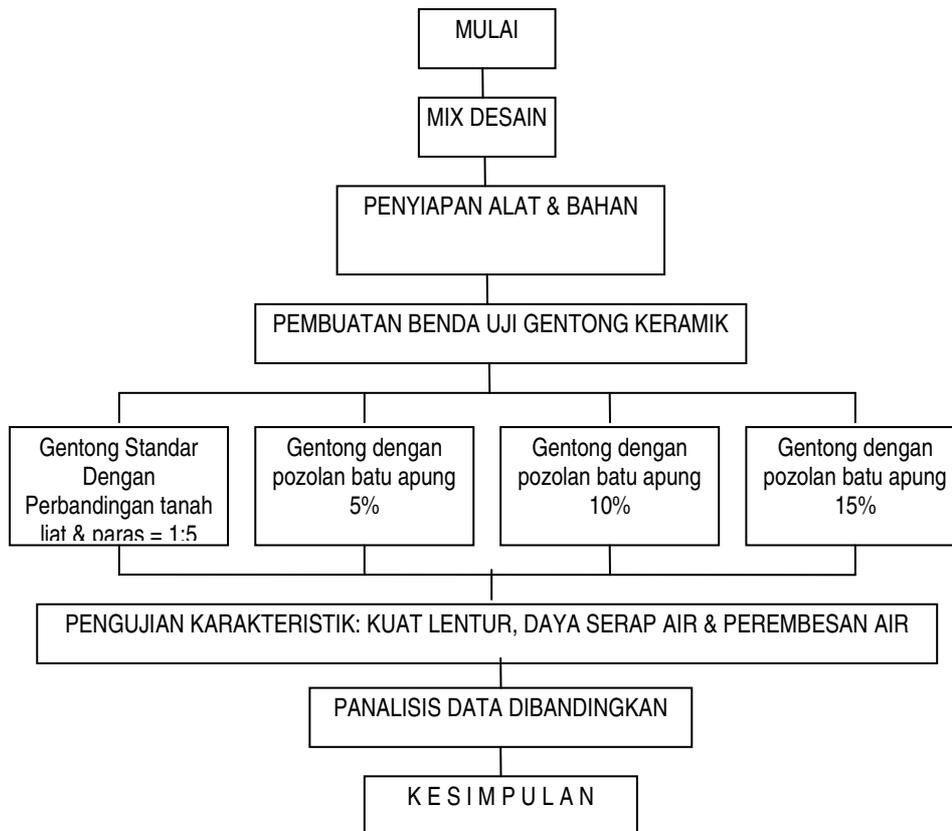
METODOLOGI

Bahan dasar yang terdiri dari tanah liat(lempung), batu padas(serbuk paras) dan bahan tambahan berupa batu apung(serbuk batu apung) dicampurkan dalam empat komposisi perbandingan berat yang didasarkan atas berat tanah liat yang dipergunakan. Berat serbuk paras yang digunakan adalah 20% dari berat tanah liat. Berat serbuk batu apung yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dari

berat serbuk paras. Selanjutnya keempat meteri bahan campuran tersebut digiling pada mesin penggiling. Hasil gilingan yang berbentuk segi empat kemudian dipotong untuk dicetak.

Pencetakan dilakukan dengan menggunakan alat press genteng/cetakan besi. Hasil cetakan kemudian dikeringkan dengan diangin-anginkan selama 2 hari, dikeringkan di sinar matahari selama 2 hari dan pengeringan dengan pembakaran selama 12 jam pada suhu antara 800⁰C sampai 1000⁰C. Kemudian dapat dilakukan pengujian terhadap genteng keramik.

Karakteristik genteng yang diuji adalah: daya serap air, beban lentur/kuat lentur, perembesan air dan susut genteng. Dengan demikian, proses pengujian dilakukan terhadap benda uji genteng keramik yang diperoleh dari empat komposisi campuran. Tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahap – tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap daya serap air dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap daya serap air

No benda uji	Daya serap air untuk berbagai komposisi Pozzolan alam batu apung			
	Pozzolan alam batu apung 0% (%)	Pozzolan alam batu apung 5% (%)	Pozzolan alam batu apung 10% (%)	Pozzolan alam batu apung 15% (%)
1	27,46	28,04	27,18	25,79
2	27,32	28,45	26,64	26,23
3	27,10	26,59	26,57	26,86
4	26,84	26,28	26,57	26,98
5	26,74	27,61	26,78	26,86
6	26,63	28,61	26,83	25,63
Rata-rata	27,01	27,60	26,76	26,39

Pengujian terhadap daya serap air menghasilkan nilai minimum sebesar 26,39% yang diperoleh pada genteng

dengan komposisi penambahan pozzolan alam batu apung sebesar 15%. Ini terjadi karena penambahan pozzolan alam batu apung yang sudah berupa serbuk batu apung pada genteng mampu menutup atau mengisi pori-pori dari genteng.

Untuk genteng standar menghasilkan nilai daya serap sebesar 27,01%, terpaut 0,62%. Hal ini terjadi karena pori-pori dalam genteng standar tidak tertutupi oleh butiran-butiran halus dari serbuk batu apung. Nilai maksimum diperoleh pada komposisi penambahan serbuk batu apung 5%, yaitu sebesar 27,60%.

Hal tersebut disebabkan karena penambahan pozzolan alam batu apung pada komposisi 5% tidak cukup menutupi pori-pori genteng yang pada mulanya terisi oleh air, dimana air ini menguap pada proses pengeringan dan pembakaran genteng.

Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap perembesan air dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap perembesan air

No	Komposisi pozzolan alam batu apung (%)		Tinggi penurunan air setiap 30 menit (mm)					
			30	60	90	120	150	180
1	0	Percobaan I	3,00	4,80	6,10*	6,80	7,50	8,60
		Percobaan II	2,70	4,50	5,80*	6,60	7,20	8,10
		Rata-rata	2,85	4,65	5,95	6,70	7,35	8,35
2	5	Percobaan I	2,40	3,60	5,10	5,80*	6,50	6,80
		Percobaan II	2,80	4,40	5,70*	6,50	7,20	7,70
		Rata-rata	2,60	4,00	5,40	6,15	6,85	7,25
3	10	Percobaan I	2,10	3,50	4,90*	5,90	6,50	7,00
		Percobaan II	2,00	3,40	4,40*	5,30	6,30	7,10
		Rata-rata	2,05	3,45	4,65	5,60	6,40	7,05
4	15	Percobaan I	1,90	3,20	4,20	5,20*	6,10	6,60
		Percobaan II	1,40	2,90	3,90	4,70*	5,40	6,00
		Rata-rata	1,65	3,05	4,05	4,95	5,75	6,30

Keterangan : Tanda * berarti air mulai menetes

Pengujian terhadap perembesan air dilakukan sebanyak dua kali untuk masing-masing komposisi. Hal ini dikarenakan pada pengujian pertama, genteng tidak ada yang tahan terhadap perembesan air. Sesuai dengan Peraturan Genteng Keramik Indonesia NI-19, menyatakan bahwa apabila dalam waktu

minimum 2 jam dari bagian bawah 4 buah genteng uji tidak ada air yang menetes, maka genteng dianggap rapat air, sedangkan jika dalam 5 buah genteng uji ternyata 2 buah diantaranya meneteskan air, maka pengujian harus diulang lagi dengan 5 buah genteng yang baru. Pada pengujian kedua, genteng untuk semua

komposisi juga tidak tahan terhadap perembesan. Sehingga jika mengikuti peraturan yang ada genteng untuk semua komposisi tidak tahan terhadap perembesan air. Pada kedua pengujian, jika dilihat dari waktu air mulai menetes, genteng dengan komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15% air mulai menetes paling lama yaitu pada menit ke 99. Air mulai menetes paling cepat, terjadi pada genteng standar yaitu pada menit ke 68. Pada pengamatan terhadap penurunan air rata-rata dalam bejana selama 3 jam

pengamatan, genteng dengan komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15% mengalami penurunan air paling kecil yaitu 6,30 mm. Penurunan air terbesar terjadi pada genteng standar yaitu 8,35 mm. Hal ini terjadi karena pada genteng standar pori-pori dalam genteng tidak tertutupi oleh butiran-butiran halus pozzolan alam batu apung, sehingga genteng mudah merembeskan air.

Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap beban lentur/kuat lentur dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap beban lentur

No benda uji	Beban lentur genteng utuh dan bahan untuk berbagai komposisi Pozzolan alam batu apung							
	Pozzolan alam batu apung 0% (kg)		Pozzolan alam batu apung 5% (kg)		Pozzolan alam batu apung 10% (kg)		Pozzolan alam batu apung 15% (kg)	
	genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan
1	58,20	12,80	60,80	13,20	55,80	12,20	70,80	14,60
2	59,80	11,80	59,20	12,00	60,80	12,80	74,80	14,80
3	50,40	11,80	58,20	11,60	57,60	12,60	73,80	15,20
4	58,00	11,40	54,80	12,20	67,40	13,00	66,80	13,80
5	48,40	11,60	60,20	11,80	58,20	12,80	69,80	14,20
6	54,60	11,40	49,80	12,60	61,80	12,00	71,80	13,80
Rata-rata	54,90	11,80	57,17	12,23	60,27	12,57	71,30	14,40
No benda uji	Kuat lentur genteng utuh dan bahan untuk berbagai komposisi Pozzolan alam batu apung							
	Pozzolan alam batu apung 0% (kg/mm ²)		Pozzolan alam batu apung 5% (kg/mm ²)		Pozzolan alam batu apung 10% (kg/mm ²)		Pozzolan alam batu apung 15% (kg/mm ²)	
	genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan
1	0,551	0,222	0,576	0,229	0,528	0,212	0,670	0,253
2	0,566	0,205	0,561	0,208	0,576	0,222	0,708	0,257
3	0,477	0,205	0,551	0,201	0,545	0,219	0,699	0,264
4	0,549	0,198	0,519	0,212	0,638	0,226	0,633	0,240
5	0,458	0,201	0,570	0,205	0,551	0,222	0,661	0,247
6	0,517	0,198	0,472	0,219	0,585	0,208	0,680	0,240
Rata-rata	0,520	0,205	0,541	0,212	0,571	0,218	0,675	0,250

Untuk pengujian terhadap beban lentur, genteng dengan penambahan pozzolan alam batu apung menghasilkan nilai yang lebih besar dari pada genteng tanpa penambahan pozzolan alam batu apung/genteng standar. Hal ini terjadi karena pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung pada campuran genteng, sehingga pori-pori pada genteng berkurang dan genteng menjadi lebih padat. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa nilai maksimum terjadi pada genteng dengan komposisi penambahan

pozzolan alam batu apung 15% dengan nilai beban lentur rata-rata adalah 71,30 kg dan nilai kuat lentur rata-rata adalah 0,675 kg/mm². Nilai minimum terjadi pada genteng standar dengan nilai beban lentur rata-rata adalah 54,90 kg dan nilai kuat lentur rata-rata adalah 0,520 kg/mm². Jika dilihat dari kuat lentur bahan/genteng pada bagian yang datar, nilai maksimum terjadi pada komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15% dengan nilai beban lentur rata-rata adalah 14,40 kg dan nilai kuat lentur rata-rata adalah

0,250 kg/mm². Nilai minimum terjadi pada komposisi tanpa bahan tambahan pozzolan alam batu apung/standar dengan nilai beban lentur rata-rata adalah 11,80 kg dan nilai kuat lentur rata-rata 0,205 kg/mm². Jika dibandingkan antara beban lentur genteng utuh dengan beban lentur genteng pada bagian yang datar/bahan,

maka sumbangan kekuatan menahan beban lentur bagian lengkung genteng jika dirata-ratakan adalah 79,015%, sedangkan bagian lengkung genteng memberikan sumbangan kuat lentur sebesar 61,544%. pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap susut genteng dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh penambahan pozzolan alam batu apung terhadap susut genteng

No benda uji	Susut genteng untuk berbagai komposisi pozzolan alam batu apung							
	Pozzolan alam batu apung 0%		Pozzolan alam batu apung 5%		Pozzolan alam batu apung 10%		Pozzolan alam batu apung 15%	
	susut (%)		susut (%)		susut (%)		susut (%)	
	panjang	lebar	panjang	lebar	panjang	lebar	panjang	lebar
1	7,88	9,17	8,18	10,42	7,58	10,00	6,67	8,33
2	7,88	10,42	8,03	8,75	6,82	8,33	6,06	7,92
3	7,27	8,13	7,58	10,00	8,48	9,38	7,58	9,38
4	8,18	10,42	7,27	8,75	8,18	8,75	7,58	9,17
5	8,18	9,58	7,58	9,58	7,27	9,58	8,18	10,42
6	8,18	10,00	7,42	8,96	7,58	10,00	7,58	10,00
Rata-rata	7,93	9,62	7,68	9,41	7,65	9,34	7,27	9,20

Untuk pengujian susut genteng, nilai terbesar terjadi pada genteng standar dengan nilai penyusutan panjang sebesar 7,93% dan penyusutan lebar sebesar 9,62%. Ini disebabkan karena kurangnya bahan pengurus yang berfungsi untuk mengurangi susut pada genteng. Nilai penyusutan untuk genteng dengan penambahan pozzolan alam batu apung lebih kecil dari pada genteng standar. Hal ini disebabkan karena butiran-butiran

halus dari pozzolan alam batu apung yang mengisi pori-pori genteng dimana sebelumnya diisi oleh air, air ini menguap pada waktu genteng dijemur dan dibakar. Penyusutan terkecil terjadi pada komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15% dengan nilai penyusutan panjang sebesar 7,27% dan penyusutan lebar sebesar 9,20%.

Sumbangan kekuatan lengkung genteng dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Sumbangan kekuatan menahan beban lentur rata-rata bagian lengkung genteng

Pozzolan alam batu apung 0% (kg)		Pozzolan alam batu apung 5% (kg)		Pozzolan alam batu apung 10% (kg)		Pozzolan alam batu apung 15% (kg)	
genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan
54,90	11,80	57,17	12,23	60,27	12,57	71,30	14,40
78,506%		78,601%		79,148%		79,804%	
Pozzolan alam batu apung 0% (kg/mm ²)		Pozzolan alam batu apung 5% (kg/mm ²)		Pozzolan alam batu apung 10% (kg/mm ²)		Pozzolan alam batu apung 15% (kg/mm ²)	
genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan	genteng	bahan
0,520	0,205	0,541	0,212	0,571	0,218	0,675	0,250
60,595%		60,768%		61,772%		62,973%	

Untuk lengkung genteng memberikan sumbangan kekuatan menahan beban

lentur sebesar 79,015% dan 61,544% untuk kuat lentur.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap karakteristik genteng Pejaten dengan pozzolan alam batu apung sebagai bahan tambahan, didapat beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Untuk daya serap air, genteng dengan komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15% mempunyai daya serap air minimum yaitu sebesar 26,39%. Untuk nilai daya serap air maksimum terjadi pada komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 5% dengan nilai 27,60%, sedangkan untuk genteng standar mempunyai nilai : 27,01%.
2. Untuk ketahanan terhadap perembesan air, genteng dengan komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15% mempunyai ketahanan yang paling lama yaitu air mulai menetes pada menit ke-99, dengan penurunan tinggi air selama 3 jam sebesar 6,30 mm. Genteng standar mempunyai ketahanan yang paling cepat yaitu air mulai menetes pada menit ke 68 dengan penurunan tinggi air selama 3 jam sebesar 8,35 mm.
3. Beban lentur dan kuat lentur genteng maksimum terjadi pada komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15%, dengan nilai beban lentur dan kuat lentur genteng 71,30 kg dan 0,675 kg/mm². Genteng standar mempunyai nilai beban lentur 54,90 kg dan kuat lentur 0,520 kg/mm², yang merupakan nilai kuat lentur minimum. Untuk genteng pada bagian datar/ bahan beban lentur dan kuat lentur maksimum terjadi pada komposisi penambahan pozzolan alam batu apung 15%, dengan nilai beban lentur dan kuat lentur genteng 14,40 kg dan 0,250 kg/mm². Bahan standar mempunyai nilai beban lentur 11,80 kg dan kuat lentur 0,205 kg/mm².
4. Susut genteng minimum terjadi pada komposisi penambahan pozzolan alam

batu apung 15% yaitu nilai penyusutan panjang sebesar 7,27% dan penyusutan lebar sebesar 9,20%. Genteng standar mengalami penyusutan maksimum panjang sebesar 7,93% dan penyusutan lebar sebesar 9,62%.

Saran

Dari hasil-hasil yang telah dicapai dalam penelitian ini, untuk memperbaiki karakteristik genteng maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Memperhalus butiran serbuk paras yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan genteng.
2. Dalam pencampuran tanah liat dengan bahan tambahan perlu menggunakan alat bantu berupa molen untuk mendapatkan campuran yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 2004. *Pertambangan dan Energi Provinsi Bali*, Website : <http://www.pertambangan-energi-bali.web.id>.
- Anonimus. 2002. *SNI 03-6861.1-2002 (Bagian 13 : Kayu, Bahan Lain, Lain-lain)*, Departemen Pekerjaan Umum (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan), Bandung
- Anonimus. 1986. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI)*, Dinas Pekerjaan Umum RI.
- Anonimus. 1978. *Peraturan Genteng Keramik Indonesia NI-19*, Departemen Pekerjaan Umum (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan), Bandung
- Frick, H. 1988. *Arsitektur dan Lingkungan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Sinugroho, G., Hartono, J.M.V. 1979. *Teknologi Bahan Bangunan Bata dan Genteng*, Balai Penelitian Keramik, Bandung.
- Subakti, A. 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- Septareni, N, Nym. 2005. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Pada Pembuatan Genteng Keramik (Pejaten)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Thorton, P.,Charles. 1979. *Pyroklasik Rock*, Persylvania State University, Dallas