

# Modulus Patah dan Penyerapan Air pada Genteng Beton dari Tras, Batu Apung dan Kapur Padam dengan Variasi Komposisi

Wasir Nuri

Jurusan Teknik Kimia FTI UPN "Eteran" Yogyakarta

Abstrak

Di Indonesia terdapat sumber daya alam yang cukup banyak antara lain tras, batu apung dan batu kapur, bahan tersebut dapat digunakan sebagai bahan bangunan, jika ketiga bahan tersebut dicampur dan ditambah air maka akan menjadi keras dan cukup kuat digunakan sebagai bahan bangunan. Penelitian ini bertujuan mencari modulus patah dan penyerapan air yang memenuhi Standard Industri Indonesia pada genteng beton dari campuran tras, batu apung dan kapur padam dengan variasi komposisi. Campuran tras dan kapur padam dengan perbandingan 10 : 4 ditambah batu apung dengan komposisi bervariasi dari nol sampai dengan 42,5 persen berat, dengan ukuran diameter butir lolos ayakan 100 mesh dan 200 mesh, campuran ditambah air sambil diaduk sampai adonan menjadi plastis kemudian dicetak dengan ukuran 7,8 x 6,6 x 2 cm, sample kemudian diperam selama 21 hari, setelah kering selanjutnya dilakukan uji terhadap modulus patah dan penyerapan air. Hasil uji terhadap modulus patah maksimum adalah 10,2 kg/cm<sup>2</sup> pada ukuran butir 200 mesh sedangkan peresapan terhadap air minimum adalah 0,16 gram per cm<sup>2</sup> pada ukuran butir 100 mesh dalam waktu 21 hari. Modulus patah dan peresapan air masih dibawah standart SII sebagai genteng beton, sehingga perlu penelitian lebih lanjut misalnya waktu pemeraman atau ditambahkan semen Portland.

## Pendahuluan

Di Indonesia banyak terdapat sumber daya alam antara lain tras, batu apung dan batu kapur, sumber daya alam tersebut terdapat di beberapa tempat, yaitu tras terdapat di Sambisari, Maguwoharjo Kalasan dan Kulon Progo, batu apung terdapat di Surakarta, Serang, Sukabumi, Lombok, Ternate dan lain-lain, sedangkan kapur terdapat di Jawa Tengah, Jawa barat, Sumatra Barat dan lain-lain (Arifin, 1997)

Tras atau disebut semen alam belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan. Tras jika dibuat barang keramik hiasan maka hasilnya kurang kuat sehingga tidak layak jual di masarakat, apalagi digunakan sebagai bahan pembuat genteng, sehingga perlu diteliti lebih lanjut agar tras dapat dibuat menjadi barang keramik yang lebih kuat

Batu apung biasa digunakan sebagai alat penggosok pada meubel atau untuk hiasan, penggunaan lainnya belum banyak dijumpai di masarakat, oleh karena itu batuapung akan dicoba dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dengan dicampuran tras.

Tras dicampur dengan kapur padam dan batu apung, maka campuran tersebut akan lebih kuat, dan akan semakin kuat jika ukuran butir bahan-bahan penyusun yaitu tras, batu apung dan kapur padam diperkecil, yaitu dari ukuran sekitar 25 mesh menjadi ukuran lebih dari 150 mesh.

Pada penelitian ini akan dicoba campuran tras, batu apung dan kapur padam dimanfaatkan untuk dibuat genteng beton dengan variasi komposisi campuran tras dengan batu apung terhadap kapur padam, sedangkan ukuran butir tras, batu apung dan kapur padam lolos pada ayakan 100 dan 200 mesh.

## Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mencari modulus patah dan penyerapan air optimum yang memenuhi Standard Industri Indonesia pada genteng beton yang dibuat dari campuran

tras, batu apung dan kapur padam dengan variasi komposisi.

## Tinjauan Pustaka

### Batu Apung

Batu apung adalah jenis batuan yang berwarna terang, berujung seperti buih. Batu apung berasal dari lava yang dikeluarkan gunung berapi, sehingga merupakan batuan gelas silikat vulkanik. Kandungan yang terbanyak pada batuapung adalah oksida silika (SiO<sub>2</sub>), dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) serta sedikit mengandung feri oksid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kalium oksid (K<sub>2</sub>O) mangaan oksid (MgO), natrium oksid (Na<sub>2</sub>O) dan kalsium oksid (CaO), komposisi dapat dilihat pada tabel I berikut ini.

Tabel I. Komposisi Kimia Batu Apung

Mineral	Komposisi %
SiO <sub>2</sub>	60,0 75,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,0 15,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0 4,0
Na <sub>2</sub> O	2,0 5,0
K <sub>2</sub> O	2,0 4,0
MgO	1,0 2,0
CaO	1,0 2,0

Dalam jumlah kecil TiO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> dan Cl

(Haryadi, 1997)

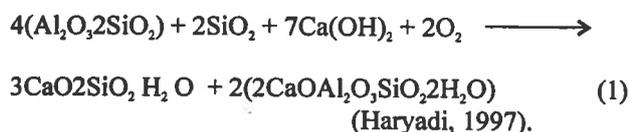
Batu apung merupakan batuan tahan api, dan tahan panas, serta tahan terhadap jamur. Di industri, batu apung digunakan untuk bahan isian sebagai penutup pori-pori kayu dan juga untuk penggosok meubel dan lain-lain (Arifin, 1997).

### Tras

Tras adalah batuan yang berasal dari lava pijar yang dikeluarkan oleh gunung berapi, setelah mengalami proses pelapukan kemudian mengendap sebagai mineral

vulkanik. Kandungan terbanyak pada tras adalah oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ), oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Batuan tras di alam mempunyai berbagai macam warna yaitu putih, merah, coklat, kelabu, kuning abu-abu dan kadang kala berwarna hijau (Arifin, 1997).

Sifat khusus dari tras adalah tidak akan mudah menjadi eras, tetapi jika tras dicampur dengan air dan kapur padam dengan komposisi tertentu maka campuran akan menjadi keras dan tidak larut ke dalam air, campuran tras dan larutan kapur padam bersifat plastis sehingga mudah dicetak menjadi bahan bangunan atau benda-benda seni lainnya seperti vas bunga, patung dan lain-lain, (Vlack, 1985), sifat tersebut karena adanya senyawa alumina silika yang dikandung di dalam campuran tras dan kapur padam, seperti reaksi sebagai berikut:



Tabel. II. Komposisi Kimia Tras

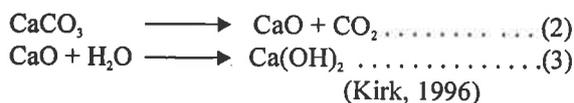
Mineral	Komposisi %
$\text{SiO}_2$	40,76 56,20
$\text{Al}_2\text{O}_3$	17,48 27,95
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	7,35 13,15
$\text{H}_2\text{O}$	3,35 10,70
$\text{MgO}$	1,96 8,05
$\text{CaO}$	0,82 10,27

(Haryadi, 1997)

### Kapur Padam

Batu kapur berasal dari endapan sisa-sisa mikroorganisme dasar laut, batu kapur atau nama kimianya kalsium karbonat adalah mineral yang banyak terdapat di alam dan banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan, industri, bangunan, pertanian dan keperluan sehari-hari. Sumber daya alam ini cukup banyak, sehingga dapat dikembangkan pada berbagai industri tambang (Haryadi, 1997).

Kapur padam terbentuk dari oksidasi batu kapur selanjutnya jika direaksikan dengan air akan menjadi kalsium hidroksid, menurut reaksi berikut:



Kandungan kapur padam sebagian besar adalah kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan karbonat ( $\text{CO}_2$ ) serta mengandung sedikit silikat ( $\text{SiO}_2$ ), aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), feri oksid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kalium oksid ( $\text{K}_2\text{O}$ ) dan mangaan oksid ( $\text{MgO}$ ), seperti pada table III berikut:

Tabel III. Komposisi Kimia Kapur Padam

Mineral	Komposisi %
$\text{CaO}$	40,0 55,0
$\text{CO}_2$	35,74 42,78
$\text{SiO}_2$	0,23 18,12
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,20 4,33
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,10 1,36
$\text{K}_2\text{O}$	2,0 4,0
$\text{MgO}$	0,05 4,26

(Lukman, 1991)

Kapur yang digunakan sebagai bahan pembuatan semen tras atau semen merah pada umumnya sebagai kapur padam atau secara kimia disebut kalsium hidroksid. Campuran kapur padam, tras dan air akan membentuk semen yang disebut semen tras. Potensi batu kapur sangat besar dan menguntungkan investor, terutama dikaitkan dengan penyediaan bahan baku untuk industri (Lukman, 1991).

### Air

Air diperlukan dan ditambahkan ke dalam adonan agar adonan menjadi plastis, dengan demikian adonan mudah dicetak atau mudah dibentuk menjadi barang-barang keramik atau benda uji.

### Ukuran Butir

Ukuran butir bahan baku semakin kecil akan dihasilkan produk keramik yang semakin kuat, jika ukuran butir dibuat lebih kecil maka jarak kontak antar senyawa penyusun akan semakin kecil, demikian pula ruang kosong antara senyawa silika akan semakin kecil, semakin kecil jarak antara senyawa penyusun akan semakin mudah terjadi reaksi antara molekul senyawa penyusun. Misalnya jarak antara molekul silika dengan alumina semakin kecil, sehingga akan terbentuk senyawa silika alumina, selanjutnya senyawa silika alumina akan mudah bereaksi dengan kalsium menjadi senyawa kompleks kalsium silika alumina seperti reaksi (1).

Dari berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa barang-barang keramik dengan ukuran butir bahan lolos 60 mesh sudah cukup baik, sedangkan di industri kapur untuk bangunan dengan cara digiling, ukuran diameter butir adalah lolos 100 mesh.

### Komposisi

Silika sangat penting pada pembentukan produk keramik, ion silika berikatan dengan ion oksigen membentuk struktur tetrahidra atau otahidra, kedudukan silika dalam struktur tersebut dapat berbentuk ortosilikat, parasilikat atau metasilikat, selanjutnya struktur tetrahidra atau oktahidra akan bergabung membentuk polimer tetrahidra atau oktahidra. Sedangkan kehadiran senyawa alumina akan menggeser kedudukan silika dalam struktur tetrahidra atau oktahidra, akibatnya struktur tetrahidra akan mudah pecah (Budworth, 1970). Oleh sebab itu kandungan silika di dalam campuran bahan keramik harus sebanyak mungkin atau ditambah sampai batas tertentu sedang kandungan alumina harus dikurangi sampai batas tertentu, penambahan senyawa silika dilakukan dengan menambahkan batu apung yang banyak mengandung senyawa silika.

### Pengerasan (*Densification*)

Seperti telah uraian di atas kekuatan barang keramik dipengaruhi oleh ukuran butir, semakin kecil ukuran butir bahan, produk keramik akan semakin kuat. Proses menjadi keras pada barang-barang keramik digolongkan menjadi 3 klasifikasi yaitu *Sintering*, *fitrifikasi* dan *hot-pressing*. *Sintering* adalah proses bahan keramik menjadi keras karena terjadinya ikatan antar senyawa penyusun keramik. *Fitrifikasi* adalah proses bahan keramik menjadi keras karena terjadi peleburan dan pembekuan, peleburan terjadi karena pembakaran bahan keramik dan pembekuan terjadi disebabkan pendinginan bahan keramik, sedangkan *hot-pressure* adalah proses bahan keramik menjadi keras

karena dipanasi dan ditekan (Budworth, 1970).

Pada pengerasan karena ikatan (*sintering*) ada banyak tipe antara lain terjadi karena ikatan polar atau nonpolar dari senyawa penyusun. Untuk senyawa nonpolar terjadi karena dibasahi dengan larutan nonpolar, sedangkan untuk senyawa polar pengerasan terjadi karena dilarutkan atau dibasahi senyawa polar (Reed, 1989).

Pada penelitian ini proses pengerasan yang terjadi adalah ikatan polar, karena senyawa penyusun dibasahi atau ditambah dengan air, air merupakan senyawa polar. Proses selanjutnya adalah terurainya air menjadi ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> yang disebabkan oleh puncak aktif dari senyawa penyusun keramik yaitu senyawa silica alumina. Ion hidrogen dan ion hidroksida yang terikat pada puncak aktif senyawa penyusun bahan keramik jika didiamkan akan berikatan membentuk air terhidrat di dalam produk keramik, hal itu yang menyebabkan bahan keramik menjadi keras (Reed, 1989).

**Hipotesis**

Modulus patah yang optimum pada genteng beton diharapkan terjadi pada pembuatan genteng beton dari campuran tras, batu apung dan kapur padam dengan variasi komposisi campuran tras dengan batu apung terhadap kapur padam, dengan ukuran butir lolos ayakan 100 mesh dan 200 mesh.

**Cara Membuat Genteng**

**Penyiapan Bahan Baku**

Batu apung dan tras dibersihkan dari kotoran atau zat organik yang menempel, selanjutnya dikeringkan. Batu apung kemudian digiling dengan *cruser* kemudian dengan *diskmill*, sedangkan tras digiling langsung dengan *diskmill*, penggilingan dilakukan sampai ukuran yang diinginkan yaitu sampai ukuran lolos 100 dan 200 mesh.

**Pengayakan**

Batu apung, tras dan kapur padam yang sudah halus diayak dengan ayakan lolos 100 dan 200 mesh.

**Pencampuran Bahan**

Benda uji dibuat dari campuran tras, batu apung dan kapur padam. Mula-mula tras dicampur dengan kapur padam dengan perbandingan 10 dibanding 4, selanjutnya ditambah batu apung dengan variasi dari nol persen sampai dengan 42,5 persen berat, selanjutnya campuran diaduk dan ditambah air secukupnya sampai adonan menjadi plastis.

**Pembuatan Sampel.**

Adonan dari campuran tras, batuapung, kapur padam dan air yang sudah plastis selanjutnya dicetak dengan cetakan berukuran 7,8 x 6,6 x 2 cm.

**Pemeraman**

Sampel diperam pada suhu kamar, agar sampel menjadi kering, pemeraman dilakukan selama 21 hari, yang mana pada waktu 21 hari tersebut genteng sudah terlihat kering dengan ditandai pengurangan berat sample sudah sangat kecil.

**Pengujian terhadap Modulus Patah**

Sampel yang sudah diperam selama 21 hari, selanjutnya dilakukan uji terhadap modulus patah dengan peralatan yang tersedia di Laboratorium Teknologi Keramik Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta.

**Pengujian terhadap Penyerapan Air**

Benda uji dikeringkan sampai berat tetap, kemudian ditimbang, setelah itu sampel direndam di dalam air dengan waktu sembarang, pada penelitian ini digunakan waktu 21 jam, waktu perendaman tersebut dianalogikan sebagai lama genteng kehujanan, dianggap hujan paling lama dalam satu hari adalah 21 jam, selanjutnya benda uji ditimbang, selisih berat sebelum dan sesudah perendaman merupakan berat air yang terserap sampel.

**Hasil dan Pembahasan**

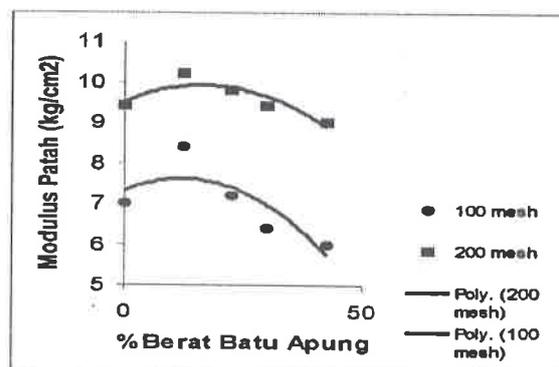
**Variasi Berat Batuapung dan Ukuran Butir terhadap Modulus Patah**

Hasil uji terhadap modulus patah pada berbagai ukuran butir dibuat tabel, sebagai terlihat pada table IV berikut ini:

**Tabel IV. Hubungan Berat Batuapung dan Ukuran Butir terhadap Modulus Patah**

No.	Persen Berat Batu Apung	Modulus Patah kg / cm <sup>2</sup>	
		100 mesh	200 mesh
1	0	7	9,4
2	12,5	8,4	10,2
3	22,5	7,2	9,8
4	30	6,4	9,4
5	42,5	6	9

Dari tabel IV tersebut selanjutnya dibuat gambar, seperti terlihat pada gambar 1 berikut ini:



**Gambar 1. Hubungan antara persen berat batu apung dan ukuran butir terhadap modulus patah**

Dari daftar IV dan gambar 1 terlihat bahwa semakin banyak batu apung ditambahkan pada campuran akan mengakibatkan modulus patah semakin besar, sampai pada penambahan batu apung 12,5 % berat, modulus patah naik dari 9,4 Kg/cm<sup>2</sup> menjadi 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>, akan tetapi penambahan batu apung lebih lanjut menyebabkan modulus patah turun, pada penambahan batu apung sebesar 22,5 %, modulus patah turun dari 10,2 Kg/cm<sup>2</sup> menjadi 9,8 Kg/cm<sup>2</sup>, demikian seterusnya sampai pula pada penambahan batu apung sampai 42,5 %, modulus patah semakin kecil menjadi 9 Kg/cm<sup>2</sup>, modulus patah terbesar terjadi pada penambahan batu apung sebanyak 12,5 %. Hal ini disebabkan semakin banyak batu apung ditambahkan akan semakin banyak senyawa aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan sesilika (SiO<sub>2</sub>) bebas (tidak dalam ikatan dengan senyawa lain) seperti terlihat pada table VI. Adanya senyawa alumina bebas akan berpotensi menggusur kedudukan ikatan tetrahidra dalam polimer senyawa kalsium silika alumina (Budworth, 1970), penggeseran tersebut akan mengakibatkan modulus patah turun. Disamping itu semakin banyak terdapat senyawa bebas termasuk senyawa silika dan alumina akan mengakibatkan material menjadi rapuh sehingga modulus patah menjadi kecil, perhitungan silika dan alumina bebas didasarkan pada hasil reaksi (1), (Haryadi, 1977).

Hasil perhitungan dan hubungan penambahan batuapung dan ukuran butir terhadap alumina dan silika bebas dan modulus patah dapat dilihat pada table (VI).

Semakin kecil ukuran butir modulus patah akan semakin besar, hal ini telah dikupas pada tulisan sebelumnya.

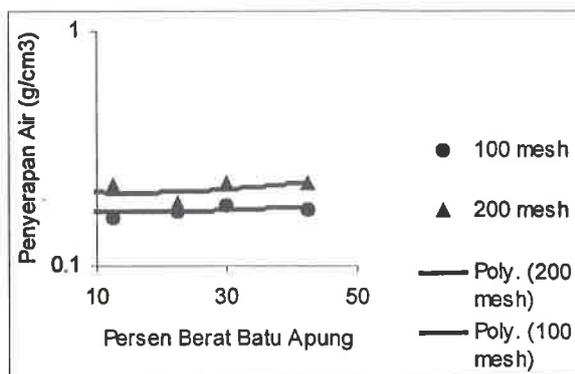
#### Variasi Penambahan Batuapung dan Ukuran Butir terhadap penyerapan air

Hasil uji variasi penambahan batu apung terhadap penyerapan air dapat dilihat pada tabel V. berikut ini:

**Tabel V. Hubungan antara Berat Batuapung dan Ukuran Butir terhadap penyerapan air.**

No	%Berat Batu Apung	Penyerapan Air (g/cm <sup>3</sup> )	
		100 mesh	200 mesh
1	0	0,174	0,209
2	12,5	0,16	0,218
3	22,5	0,17	0,185
4	30	0,182	0,223
5	42,5	0,175	0,226

Dari data pada table V kemudian dibuat gambar, seperti terlihat pada gambar 2 berikut ini :



**Gambar 2. Hubungan antara persen berat batu apung ukuran butir terhadap penyerapan air.**

Penyerapan air bertambah besar jika kandungan batu apung ditambah, hal ini disebabkan semakin banyak batu apung ditambahkan senyawa alumina dan silikat bebas akan bertambah banyak, keadaan ini akan menimbulkan ruang antara molekul semakin besar, dan ruang tersebut akan terisi air dari adonan, dan senyawa bebas tersebut juga akan mudah mengikat air yang ditambahkan, hubungan antara prosen penambahan batu apung dan ukuran butir terhadap alumina bebas, silikat bebas dan penyerapan air dapat dilihat pada tabel VI.

**Tabel VI Hubungan antara Penambahan Batu Apung terhadap Alumina Bebas, Silika Bebas dan Modulus Patah**

Batu Apung %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Bebas %	SiO <sub>2</sub> Bebas %	Modulus Patah (kg/cm <sup>2</sup> )	
			100 mesh	200 mesh
0	4,45	5,48	47	9,4
12,5	0,4	17,13	8,4	10,2
22,5	2,14	30,49	7,2	9,8
30	4,15	37	6,4	9,4
42,5	5,48	43,6	6	9

Sedangkan semakin kecil ukuran butir luas muka per satuan volum butiran akan semakin besar, sehingga jumlah air yang membasahi atau menempel pada permukaan butir semakin banyak. Disamping itu selama dilakukan pemeraman air yang membasahi butir belum teruapkan semuanya, atau masih banyak yang berada di permukaan butiran, sehingga pada waktu dilakukan pengeringan untuk mendapatkan berat tetap, air tersebut akan menguap, sehingga menimbulkan sejumlah rongga, semakin banyak air yang menguap akan semakin banyak rongga yang terjadi, pada saat sampel direndam rongga ini akan terisi air, hal ini menyebabkan penyerapan air menjadi banyak.

#### Variasi Waktu Pemeraman dan Penmbahan Batu Apung terhadap Modulud Ptah dan Penyerapan Air

Hasil uji variasi waktu pemeraman terhadap modulus patah dan penyerapan air pada ukuran butir 200 mesh, dapat dilihat pada tabel VII. berikut ini:

**Tabel VII Hubungan antara Waktu Pemeraman dan Penambahan Batuapung terhadap Modulus Patah dan Penyerapan air**

Waktu hari	Penambahan Batuapung %							
	12,5		22,5		30		42,5	
	MP	PA	MP	PA	MP	PA	MP	PA
13	9,4	0,21	8,4	0,21	5,1	0,2	4,9	0,4
21	10,2	0,22	19,8	0,19	9,4	0,22	9	0,23
30	13,3	0,21	10	0,18	10,8	0,2	10,4	0,22
40	14,5	0,2	11,1	0,18	11,7	0,19	11,2	0,21
48	16,9	0,2	14,5	0,17	13,0	0,19	12,1	0,21

Dari hasil uji terhadap waktu pemeraman menunjukkan semakin lama pemeraman modulus patah semakin besar, dari 9,4 kg/cm<sup>2</sup> naik menjadi 16,9 kg/cm<sup>2</sup> dari waktu pemeraman 13 hari dinaikan menjadi 48 hari, pada penambahan batuapung 12,5 %, hal tersebut disebabkan semakin lama pemeraman maka ikatan antara molekul penyusun semakin kuat. Uji terhadap penyerapan terhadap menunjukkan semakin lama pemeraman maka penyerapan air semakin kecil dari 0,21 g/cm<sup>3</sup> turun menjadi 0,2 g/cm<sup>3</sup>, hal ini disebabkan semakin lama pemeraman

maka ikatan antara molekul penyusun semakin kuat sehingga air akan sukar mendifusi kedalam benda uji.

Hasil uji terbaik untuk modulus patah sebesar 16,9 kg/cm<sup>2</sup> pada penambahan batu apung 12,5 % pada ukuran butir 200 mesh, sedangkan untuk penyerapan air hasil terbaik sebesar 0,16 g/cm<sup>3</sup>, pada penambahan batu apung 12,5 % pada ukuran butir 100 mesh, kedua data hasil tersebut belum memenuhi Standart Industri Indonesia lihat tabel VIII, sehingga perlu diteliti lebih lanjut agar diperoleh modulus patah yang sesuai dengan Standard Industri Indonesia (SII).

**Tabel VIII Standart Industri Indonesia untuk Genteng Beton**

Jenis Genteng	Modulus patah kg/cm <sup>2</sup>	Penyerapan Air g/cm <sup>3</sup>
Genteng Mutiara	87,1190	0,0889
Genteng Diamond	73,1692	0,8462
Genteng Tipe I	52,1610	0,1
Genteng Tipe II	26,0810	0,1

Penelitian dengan ukuran butir yang lebih kecil tidak mungkin dilakukan karena biayanya mahal, dan dalam praktek sukar untuk mengecilkan ukuran butir lebih kecil dari 200 mesh. Untuk waktu pemeraman yang lebih lama lebih dari 50 hari tidak mungkin dilakukan karena tidak ekonomis, yang mungkin dilakukan adalah diteliti dengan aspek yang lain misalnya dengan menambahkan semen Portland atau semen industri.

**Kesimpulan**

1. Semakin banyak batu apung yang ditambahkan ke dalam campuran menyebabkan modulus patah akan semakin besar, sampai pada penambahan sebesar 12,5 %, modulus patah terbesar adalah 16.9 kg / cm<sup>2</sup>, pada ukuran butir 200 mesh.
2. Semakin banyak batu apung yang ditambahkan ke dalam campuran menyebabkan penyerapan terhadap air akan semakin besar, penyerapan terhadap air terbaik adalah 0,16 g / cm<sup>3</sup> pada penambahan batuapung sebesar 12,5 % dan ukuran 100 mesh.
3. Agar diperoleh hasil yang memenuhi Standart Industri Indonesia maka perlu dilakukan penelitian terhadap aspek yang lain misalnya dengan ditambahkan semen Portland.

**Daftar Pustaka**

Arifin, M. dan Kunrat, T.S., 1997, "Bahan Galian Industri", Edisi I, pp. 5 – 40, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.

Arifin, M. dan Kunrat, T.S., 1997, "Pembuatan Genteng", Edisi I, pp 30 – 40, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral Bandung.

Budworth, D.W., 1970. "An Introduction to Ceramic Science", 1<sup>st</sup>ed., pp 59 – 60, 248 – 251, Pergamon Press, New York.

Haryadi, H., 1997., "Bahan Galian Industri", Edisi I, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.

Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1969, "Encyclopedia of Chemical Technology", vol. 12, 2<sup>nd</sup> ed., p. 414–459, John Wiley & Sons Inc., New York.

Lukman, A., 1991, "Batu Kapur dalam kurun 1985 – 1989 dan Prospeknya di Indonesia", Edisi I, p. 3–13, Dijend. Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Teknologi Mineral", Jakarta.

Razak, R.A., 1981, "Industri Keramik", Edisi I, Balai Pustaka, Jakarta.

Reed, J.S., 1989, "Introduction to the Principles of Ceramic Processing", 2<sup>nd</sup>ed., pp. 156–157, John Wiley & Sons, New York.

SII. Depoartemen Perindustrian Indonesia, Jakarta

SII., UDC 666 – 74, "Data Sifat Fisis Genteng Beton Diamond Baru ". Depoartemen Perindustrian Indonesia, Jakarta

SII., No. 0447 – 81, "Data Sifat Fisis Genteng Beton Mutiara". Depoartemen Perindustrian Indonesia, Jakarta

Vlack, L.V., 1985, "Physical Ceramics", 5<sup>th</sup>ed., Wesley Publishing Company, Inc., Massachussetts.

Vlack, L.V., 1995, "Ilmu dan Teknologi Bahan, Ilmu Logam dan Bukan Logam", 5<sup>th</sup>ed., Erlangga, Jakarta.