

PENGOLAHAN LIMBAH BATUBARA ATAU ABU TERBANG (FLY ASH) UNTUK PEMBUATAN GENTENG PRES RINGAN.

Dike F. Putra*), Supriyanto*), Bregas S.*), Dwi Marsono*), dan Zahrul M.*)

INTISARI

Produk sisa pembakaran batubara adalah gas (SO_3 , NO_3 , CO_2), dan abu yang berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu terbang tidak mempunyai nilai ekonomi dan bersifat sebagai pencemar lingkungan. Untuk itu perlu dicari alternatif pemanfaatan abu terbang agar bahan tersebut dapat berguna.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari kemungkinan pemanfaatan abu terbang untuk pembuatan genteng pres ringan dengan metode perendaman. Parameter yang diteliti adalah variasi komposisi abu terbang dan variasi waktu perendaman. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi terbaik untuk menghasilkan genteng pres ringan tercapai pada perbandingan apur pasir 1 : 1, pada komposisi fraksi abu terbang 60% dengan waktu perendaman 24 hari. Harga modulus patah 36,8140 kg/cm, bulk density 1,6004 g/cm, daya serap 16,430% dan kedap air (kering). Sedangkan untuk perbandingan kapur pasir 1 : 2, pada komposisi fraksi abu terbang 50% dengan waktu perendaman 18 hari. Harga modulus patah 27,3818 kg/cm, bulk density 1,6550 g/cm, daya serap 15,080% dan kedap air (kering). Menurut harga modulus patah, bulk density, dan tahanan terhadap perembesan air, genteng pres ringan dari abu terbang memenuhi klasifikasi SII No.0447/81 UDC. 0666-74 sebagai genteng beton tipe II.

*) Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM. Juara II Lomba Karya Inovatif Produktif 1994, Bidang Sains dan Teknologi. Dosen pembimbing Ir. PC Sumardi, SU

PENDAHULUAN

1. Latar belakang masalah.

Seiring dengan laju pembangunan nasional, kebutuhan energi di Indonesia meningkat pesat. Dengan makin menipisnya cadangan minyak bumi, pemerintah melakukan kebijaksanaan diversifikasi sumber energi dengan batubara sebagai salah satu alternatifnya. Batu-bara merupakan salah satu sumber energi pengganti yang cukup ekonomis di masa mendatang, dengan cadangan yang cukup besar di Indonesia. Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar akan diiringi dengan timbulnya produk sisa hasil pembakaran yang jumlahnya cukup besar. Produk sisa pembakaran terutama adalah gas (SO_3 , NO_3 , CO_2) dan abu yang berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu batubara (kurang lebih 80% berupa abu terbang) terutama dihasilkan dari pembakaran batubara pada PLTU, Industri, proses gasifikasi batubara dan proses pembakaran lainnya.

Abu batubara sebagai limbah tidak seperti gas hasil pembakaran, karena merupakan bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap sehingga akan lebih merepotkan dalam penanganannya. Apabila jumlahnya banyak dan tidak ditangani dengan baik, maka abu batubara tersebut dapat mengotori lingkungan. Efek lingkungan dari abu terbang terutama disebabkan oleh abu yang

beterbangan di udara dan dapat terhisap oleh manusia dan hewan, serta terlepasnya (*leaching*) sejumlah unsur dari abu terbang yang dapat mempengaruhi kondisi air dan tanah di sekitarnya sehingga dapat mematikan tanaman. Akibat buruk terutama dapat ditimbulkan oleh unsur-unsur logam jejak (*trace metals*, seperti Pb, Cr, Cd) yang biasanya terkonsentrasi pada fraksi butiran yang sangat halus (0,5-10mm). Dimana butiran tersebut mudah melayang dan terhisap oleh hewan dan manusia, serta menempel pada tanaman yang merupakan makanan hewan. Unsur-unsur tersebut apabila terakumulasi dalam tubuh manusia dengan konsentrasi tertentu, dapat memberikan akibat buruk bagi kesehatan. Oleh karena itu, metoda pengumpulan, pembuangan, penyimpanan atau pengolahan yang baik dari abu terbang sangat penting sekali untuk mencegah terjadinya efek lingkungan tersebut. Mengingat penggunaan batubara di Indonesia akan semakin meningkat, maka limbah abu terbang (terutama dari PLTU) yang dihasilkan akan semakin besar jumlahnya.

Saat ini produksi limbah abu terbang di Indonesia sekitar 400.000-500.000 ton/tahun. Tetapi apabila semua pembangunan PLTU batubara dan industri lainnya berjalan sesuai rencana (terutama setelah diresmikannya PLTU Paiton, Jawa Timur),

maka pada tahun 2000 lebih dari 3 juta ton limbah abu terbang akan dihasilkan setiap tahunnya.

Jumlah abu terbang sebesar itu tidak mempunyai nilai ekonomis dan hanya mencemari lingkungan bila ditimbun begitu saja pada tempat pembuangannya. Untuk memecahkan masalah ini perlu dicari alternatif pemanfaatan limbah tersebut agar dapat memberi nilai tambah. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan meneliti kemungkinan abu terbang sebagai bahan dasar pembuatan genteng pres.

2. Tujuan dan Inovasi.

Mengingat kebutuhan akan bahan bangunan di Indonesia terasa semakin meningkat, terutama bahan bangunan untuk rumah murah, maka perlu adanya usaha pemanfaatan abu terbang sebagai bahan baku yang murah untuk pembuatan bahan bangunan. Kelangkaan abu terbang sebagai bahan bangunan telah diteliti oleh Ir. Suhandi di Balai Pusat Keramik Bandung dan dinilai abu terbang cukup layak digunakan sebagai bahan bangunan. Pembuatan genteng dari abu terbang pernah diteliti tetapi belum cukup menunjukkan adanya hasil yang memuaskan. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk lebih memastikan pemanfaatan abu terbang untuk pembuatan genteng pres ringan dengan metode perendaman. Dalam hal ini selain untuk memberikan alternatif bahan bangunan murah, juga dapat dipakai untuk menunjang program pemerintah dalam rangka penyediaan bahan bangunan untuk rumah sederhana dan rumah sangat sederhana bagi masyarakat luas. Selain itu genteng ini mempunyai bulk densitas yang kecil sehingga dapat mengurangi beban gording atap pada konstruksi rumah. Penggunaan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti seluruh atau sebagian semen dalam pembuatan genteng merupakan upaya untuk mengurangi beban semen yang akhir-akhir ini terasa menjadi komoditi yang langka dan mahal harganya. Dengan demikian genteng yang dibuat dari abu terbang selain ringan juga lebih murah harganya.

TINJAUAN PUSTAKA

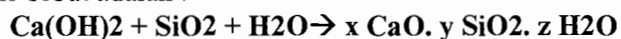
Abu batubara atau abu terbang merupakan residu hasil pembakaran batubara. Abu terbang memiliki ukuran butir yang lebih halus dan memiliki warna yang lebih terang (keabu-abuan) dari pada abu dasar. Butiran abu terbang bervariasi dalam ukuran dan struktur yang dimilikinya. Perbedaan ini terutama merupakan fungsi dari tiga faktor utama, yaitu komposisi kimia, temperatur zona pembakaran dan waktu tinggal (*residence time*) dari butiran pada zona pembakaran. Secara umum butir abu terbang berkisar antara 0,1 sampai 200 μ m (mikron). Sedangkan dari struktur hasil analisa Scanning Electron

Microscope (SEM) [Natusch dkk, 1978), butiran abu terbang terbagi dalam lima bagian yaitu :

1. Butiran besar dengan bentuk tak beraturan. Butiran ini banyak terdapat pada fraksi lebih besar dari 74 μ m.
2. Butiran bundar yang berlubang, yang sering disebut *cenospheres*. Butiran ini terdapat pada fraksi 20-74 μ m dan berat jenisnya kurang dari 1g/cm³.
3. Butiran bundar yang tak berlubang (*solid*), terdapat pada fraksi 10 μ m atau lebih kecil.
4. Butiran bundar berlubang dengan sejumlah butiran *solid* (5-100) yang terperangkap di dalamnya, butiran yang terperangkap tersebut sering disebut *plerospheres*.
5. Aglomerat dari butiran-butiran kecil (< 10 μ m) yang membentuk butiran besar yang tak beraturan. Banyak terdapat pada fraksi lebih besar dari 74 μ m.

Abu terbang dengan butiran yang berbentuk bundar atau bola-bola beraturan biasanya sangat aktif, sehingga mudah mengeras apabila dicampur dengan kapur dan air. Ukuran butir yang cukup halus ini mempunyai luas permukaan spesifik yang besar dan erat hubungannya dengan keaktifan yang baik.

Dilihat dari segi komposisi kimianya, abu terbang banyak mengandung silika yang amorf dan dapat memberi sumbangan keaktifan, sehingga dengan mudah mengadakan kontak dan bereaksi dengan kapur yang ditambahkan, membentuk kalsium silikat yang banyak. Kadar silika di dalam abu terbang harus lebih besar 40%. Reaksi yang terjadi pada percampuran tersebut adalah :



dengan : $x = 2-3$, $y = 1$, dan $z = 0,5-3$. Senyawa kalsium silikat tersebut bertanggung jawab pada proses pengerasan campuran. Selain mengandung silika, abu batubara yang baik sebagai bahan bangunan tertentu, juga mengandung oksida-oksida Al_2O_3 dan Fe_2O_3 sehingga jumlah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih dari 70%. Seperti diketahui reaksi antara bahan pozzolan seperti abu batubara, adalah penggabungan kapur dengan senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 aktif.

Selain kalsium silikat hidrat yang diperoleh dari silika aktifnya, juga terbentuk trikalsium aluminat hidrat. Hasil reaksi antara silika dan alumina dalam kondisi basah melepaskan Ca(OH)_2 sehingganya pH-nya bertambah. Dalam keadaan basah, senyawa besi (Fe_2O_3 , Fe(OH)_3) akan mengaktifkan sisa Al_2O_3 dan SiO_2 (bertindak sebagai katalisator) untuk dapat bereaksi dengan Ca(OH)_2 . Di lain pihak Fe hidroksida sendiri mempunyai keaktifan yang lemah terhadap Ca(OH)_2 . Telah diketahui pula bahwa Fe_2O_3 bebas dalam semen hanya akan mempengaruhi warna dan

tidak memberikan kekerasan. Kenaikan kadar Fe_2O_3 dapat menurunkan kadar C_3A dalam semen.

Besarnya kadar kalsium silikat dan bahan aktif lainnya terhadap proses pengerasan sangat tergantung pula pada proses pengolahannya, mulai dari pembentukan benda coba sampai waktu curing (pelembaban dan perendaman) yang diperlukan. Biasanya pengerasan akan bertambah dengan meningkatnya waktu pelembaban dan perendaman.

Hal ini dapat dimengerti karena pada pelembaban dan perendaman tersebut akan terjadi reaksi yang lebih sempurna dan terbentuk senyawa kalsium silikat hidrat yang lebih banyak. Selain faktor pengolahan tersebut, kandungan unsur lain seperti adanya karbon yang terlalu banyak akan menurunkan kuat tekan atau pengerasan. Oleh karena itu disyaratkan kadar karbon harus $< 8\%$.

METODE PENELITIAN

1. Bahan

- Abu terbang (*Fly Ash*), diperoleh dari PLTU Suralaya, Merak, Jawa Barat.
- Pasir, diambil dari Laboratorium Teknologi Keramik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UGM.
- Kapur ($Ca(OH)_2$), diperoleh dari toko bahan bangunan 'Eka Jaya'.
- Air (H_2O), diambil dari Laboratorium Teknologi Keramik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UGM.

2. Alat

- Ayakan US standar Sieve Series.
- Hydrolic Press (Carver Laboratory USA).
- Jangka Sorong (Vernier Caliper).
- Timbangan (Toledo Scale Company Ohio USA).
- Alat uji modulus patah.
- Alat uji perembesan.

3. Cara Penelitian

- Studi pustaka dari berbagai buku teks, laporan dan sumber bacaan lain yang berkaitan.
- Penelitian laboratorium yang dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :
 - Persiapan sampel.
 - Semua bahan baku dihaluskan dengan kriteria sebagai berikut :

Abu terbang ukuran	= + 100 mesh.
Kapur	= + 100 mesh.
Pasir	= -10 + 45 mesh.
 - Membuat komposisi campuran untuk sampel dengan perbandingan sebagai berikut :

Kode	Komposisi	Perbandingan Berat (gram)	Fraksi Berat (%)
P1	1 : 1 : 3	8,0 : 8,0 : 24,0	60,0
P2	1 : 1 : 4	6,7 : 6,7 : 26,5	66,6
P3	1 : 1 : 5	5,7 : 5,7 : 28,5	71,4
P4	1 : 1 : 6	5,0 : 5,5 : 30,0	75,0
P5	1 : 2 : 3	6,7 : 13,3 : 20,0	50,0
P6	1 : 2 : 4	4,4 : 11,4 : 22,8	57,1
P7	1 : 2 : 5	5,0 : 10,0 : 25,0	62,5
P8	1 : 2 : 6	4,4 : 8,3 : 26,4	66,6

- Mencetak sampel dengan berat sampel + 40 gram. Masing-masing komposisi dicetak 5 buah.
- Melembabkan semua sampel selama 3 hari.
- Merendam tiap sampel selama 3 hari (H4), 10 hari (H3), 18 hari (H2), 24 hari (H1).
- Mengangin-anginkan sampel setelah perendaman selama + 2 hari.
- Pengujian daya serap air.
 - Merendam semua sampel selama + 24 jam, kemudian masing-masing sampel ditimbang dalam keadaan jenuh air.
 - Mengeringkan semua sampel di dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu sekitar $100-110^\circ C$, setelah sampel didinginkan di ruangan sampai suhu ka-mar, kemudian masing-masing sampel ditimbang.
 - Menghitung daya serap air dari tiap sampel dengan rumus :

$$D = \frac{\text{berat jenuh} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \quad (1)$$
 - Daya serap tiap sampel dicatat, lalu dihitung harga rata-rata dari sampel yang diuji dan dinyatakan dalam persen.
- Pengujian ketahanan terhadap perembesan air.
 - Tabung kaca dengan diameter 3cm dan tinggi 20cm dilekatkan pada sampel dan diberi malam pada permukaan bagian atas dan bagian samping sampel agar air tidak merembes ke samping.
 - Air dimasukkan ke dalam tabung dan dijaga tinggi air dalam tabung tetap 5cm. Pengujian dilakukan selama 3 jam.
 - Mengamati permukaan bagian bawah sampel, jika terjadi tetesan air berarti sampel tidak tahan terhadap perembesan air dan dinyatakan Basah (B). Tetapi bila bagian bawah sampel menjadi basah dan tidak terjadi tetesan air berarti sampel tahan terhadap perembesan air dan dinyatakan Kering (K).
- Bulk Densitas.
 - Mengukur panjang, lebar, tebal dan menimbang berat sampel.
 - Menghitung Bulk Densitas dengan rumus :

$$\rho = \frac{W}{p.l.t} \quad (2)$$

dengan: ρ = Bulk Densitas, g/cm³. W = Berat sampel, g. p = Panjang sampel, cm. l = Lebar sampel, cm. t = Tebal sampel, cm.

5. Pengujian Modulus Patah.

5.1. Pengujian Modulus Patah dilakukan dengan alat seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

5.2. Menghitung Modulus Patah dengan rumus:

$$M = \frac{3 \cdot a \cdot l \cdot B}{2 \cdot c \cdot b \cdot d} \quad (3)$$

dengan: M = Modulus Patah, kg/cm². b = Lebar sampel, cm. d = Tebal sampel, cm. B = Beban yang bekerja pada ujung tuas saat sampel patah, kg.

c. Analisis Hasil

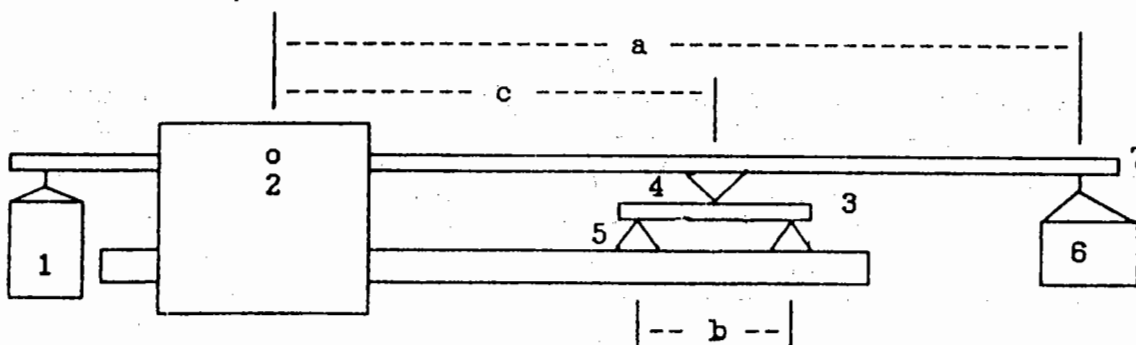
Analisis hasil dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian terhadap genteng beton yang dipasarkan di masyarakat dan Standard Industri Indo-nesia No. 0447-81 UDC. 666-74. Dalam hal ini diambil Genteng Beton Mutiara sebagai pembanding karena genteng tersebut sudah memenuhi kriteria Standard Industri Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh data seperti yang ditunjukkan pada daftar-daftar berikut. Tabel 1, Tabel 2, Gambar 2, dan Gambar 5 menunjukkan bahwa bulk density makin kecil jika fraksi berat abu terbang pada bahan cetakan makin besar. Hal ini karena berat jenis abu terbang lebih kecil jika dibandingkan dengan berat jenis pasir dan kapur, sehingga bila fraksi abu terbang makin besar dalam bahan cetakan menyebabkan bulk density makin kecil. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa tahanan terhadap perembesan yang baik sudah dapat tercapai pada perlakuan perendaman 18 hari. Hal ini berarti dalam waktu perendaman 18 hari, reaksi pembentukan kristal Kalsium Silikat Hidrat yang relatif lambat sudah menghasilkan kristal yang cukup banyak, sedangkan pada perendaman 3 hari dan 10 hari kristal Kalsium Silikat Hidrat yang terbentuk belum cukup banyak sehingga masih terdapat rongga antara kristal tersebut yang masih dapat ditembusi dan dirembesi air.

Tabel 1
Beberapa sifat fisis bahan cetak abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1 : 1

Fraksi berat abu (%)	Perendaman (hari)	Bulk density (g/cm ³)				Daya serap (%)			
		24	18	10	3	24	18	10	3
60,0		1,60	1,60	1,59	1,52	16,43	16,06	17,09	20,92
66,6		1,58	1,55	1,57	1,33	16,25	17,98	17,10	28,95
71,4		1,57	1,57	1,54	1,49	17,36	17,54	18,91	22,24
75,0		1,54	1,53	1,54	1,50	19,08	18,36	20,30	20,85



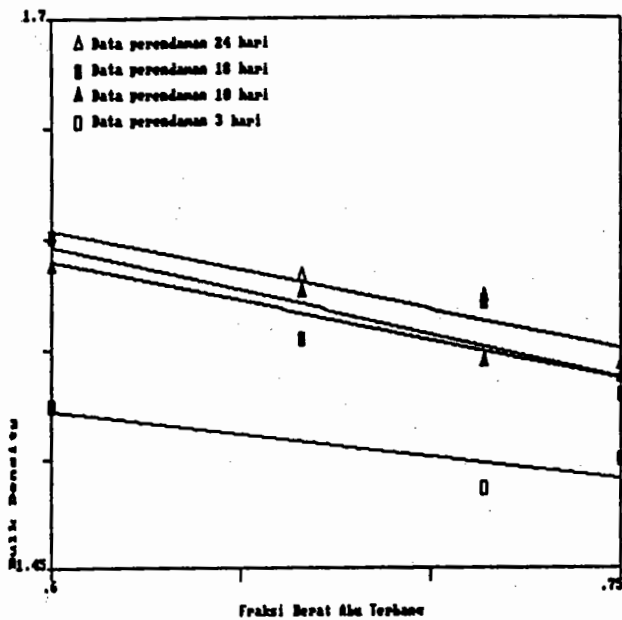
Gambar 1

Skema alat pengering modulus patah.

- (1. Beban penyeimbang; 2. Sumbu tuas; 3. Sampel; 4. Pisau penekan; 5. Pisau penumpu;
6. Beban pematah; 7. Lengan tuas; a. Jarak sumbu tuas ke titik beban; b. Jarak antara dua batang pisau penumpu; c. Jarak sumbu tuas ke pisau penekan).

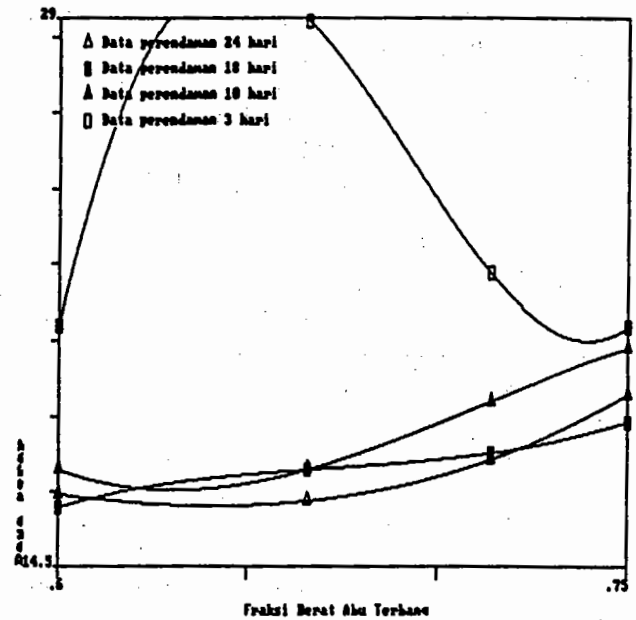
Tabel 2
Beberapa sifat fisis bahan cetak abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1 : 2

Fraksi berat abu (%)	Perendaman (hari)	Bulk density (g/cm ³)				Daya serap (%)			
		24	18	10	3	24	18	10	3
50,0		1,64	1,65	1,59	1,60	14,78	15,08	17,29	18,09
57,1		1,65	1,62	1,60	1,59	15,68	15,51	17,27	17,42
62,5		1,62	1,62	1,56	1,59	16,43	16,06	19,18	17,19
66,6		1,64	1,61	1,59	1,54	15,86	16,74	18,09	18,95



Gambar 2

Hubungan antara bulk density dengan fraksi berat abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1 : 1.



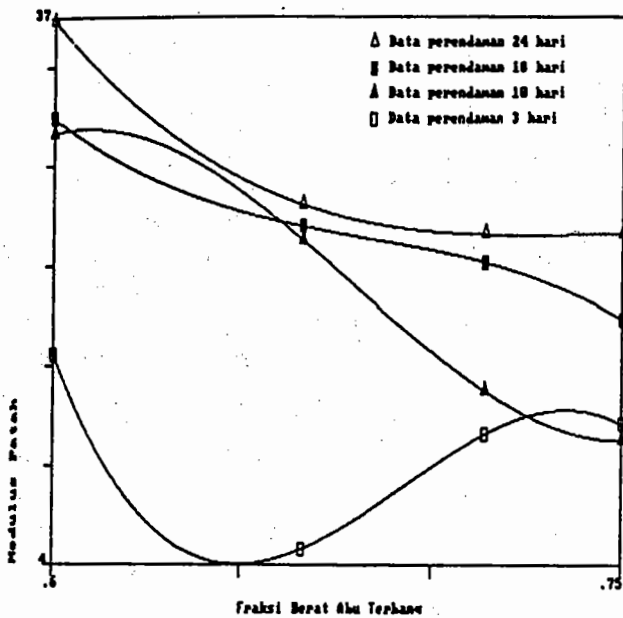
Gambar 3

Hubungan antara daya serap dengan fraksi berat abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1 : 1.

Tabel 3
Beberapa sifat fisis bahan cetak abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1 : 1

Fraksi berat abu (%) (hari)	Perendaman	Tahanan terhadap perembesan air				Modulus patah (Kg/cm ²)			
		24	18	10	9	24	18	10	9
60,0		K	K	K	B	36,81	30,85	29,94	16,68
66,6		K	K	K	B	25,65	24,37	23,53	04,98
71,4		K	K	B	B	23,85	22,17	14,56	11,95
75,0		K	K	K	B	23,93	18,85	11,59	12,50

K = kering; B = basah

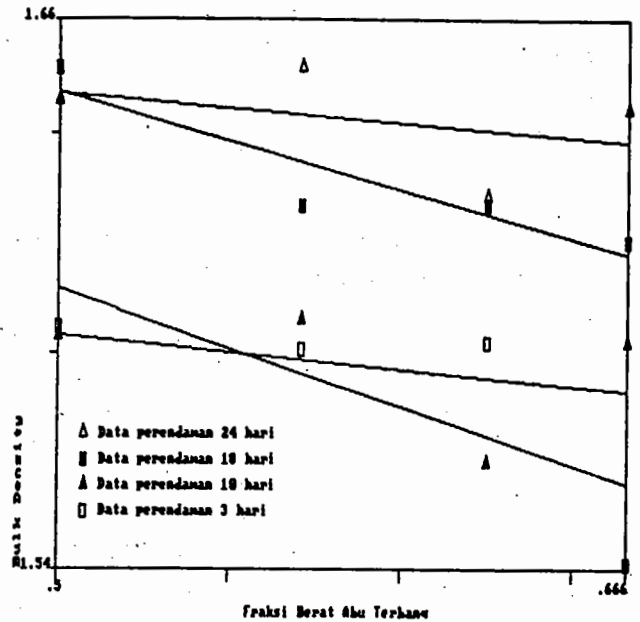


Gambar 4

Hubungan antara modulus patah dengan fraksi berat abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1:1.

Hubungan modulus patah terhadap fraksi abu terbang terlihat pada Tabel 3, Tabel 4, Gambar 4 dan Gambar 7 yang menunjukkan bahwa modulus patah makin besar apabila fraksi abu terbang makin kecil. Hal ini disebabkan karena fraksi abu terbang yang besar akan menyebabkan konsentrasi SiO_2 aktif dalam bahan cetakan besar, sedangkan konsentrasi CaO aktif yang tersedia sedikit, sehingga CaO aktif tidak mampu mengikat semua SiO_2 aktif. Oleh karena itu SiO_2 aktif

bebas yang tidak terikat oleh CaO aktif akan mengikat molekul H_2O sehingga daya serap air akan meningkat pada bahan cetakan dan akan menurunkan kekuatan modulus patah. Hubungan daya serap terhadap fraksi abu terbang berkaitan erat dengan konsentrasi SiO_2 aktif dan konsentrasi CaO aktif serta waktu reaksi untuk pembentukan kristal Kalsium Silikat Hidrat. Hal ini terlihat pada Tabel 1, Tabel 2, Gambar 3 dan Gambar 6.



Gambar 5

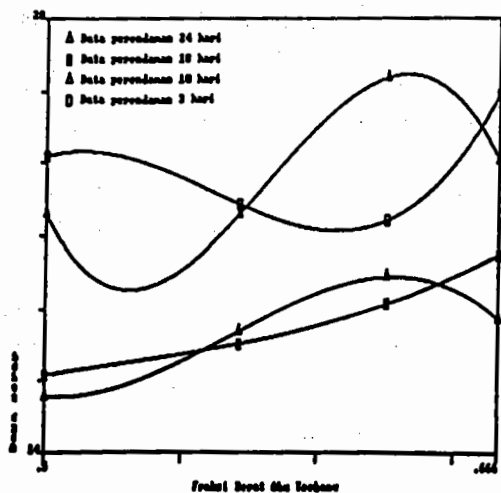
Hubungan antara bulk density dengan fraksi berat abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1:2.

Tabel 4

Beberapa sifat fisis bahan cetak abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1:2

Fraksi berat abu (%) (hari)	Perendaman	Tahanan terhadap perembesan air				Modulus patah (Kg/cm^2)			
		24	18	10	9	24	18	10	9
50,0		K	K	B	K	23,05	27,38	19,91	14,19
57,1		K	K	B	K	23,12	19,47	13,69	13,96
62,5		K	K	B	B	16,99	20,08	13,79	12,77
66,6		K	K	B	K	16,20	19,93	12,36	12,06

K = kering; B = basah



Gambar 6

Hubungan antara daya serap dengan fraksi berat abu terbang pada perbandingan komposisi kapur pasir 1:2.

Pada penelitian ini dilakukan perlakuan lain yaitu perbandingan komposisi kapur pasir, 1 : 1 dan 1 : 2. Pasir pada bahan cetakan merupakan agregat. Pengaruh penambahan pasir terlihat nyata pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6, yaitu modulus patah dan daya serap menurun dengan meningkatnya kadar pasir pada bahan cetakan, meskipun penurunan daya serap kecil. Hal ini disebabkan karena penambahan pasir pada bahan cetakan akan mengurangi konsentrasi SiO₂ aktif dan CaO aktif, sehingga molekul H₂O yang dapat terikat oleh SiO₂ aktif atau CaO aktif dapat dikurangi, tetapi berkurangnya konsentrasi SiO₂ aktif dan CaO aktif menyebabkan kristal yang terbentuk sedikit dan akan menurunkan kekuatan modulus patah.

Tabel 5

Urutan data berdasarkan modulus patah untuk perbandingan komposisi kapur pasir 1:1

Kode	Modulus patah (Kg/cm ²)	Bulk density (g/cm ³)	Daya serap (%)
P1 x H1	36,8140	1,6004	16,430
P1 x H2	30,8548	1,6004	16,064
P2 x H1	25,6462	1,5820	16,252
P2 x H2	24,3662	1,5554	17,982
P4 x H1	23,9282	1,5426	19,076
P3 x H1	23,8498	1,5728	17,364
P3 x H2	22,1742	1,5716	17,538
P3 x H2	18,8476	1,5294	18,358

Tabel 6

Urutan data berdasarkan modulus patah untuk perbandingan komposisi kapur pasir 1:1

Kode	Modulus patah (Kg/cm ²)	Bulk density (g/cm ³)	Daya serap (%)
P5 x H2	27,3818	1,6550	15,080
P6 x H1	23,1176	1,6548	15,678
P5 x H1	23,0528	1,6474	14,782
P7 x H2	20,0784	1,6234	16,060
P8 x H2	19,9274	1,6148	16,742
P6 x H2	19,4738	1,6234	15,508
P7 x H1	16,9896	1,6252	16,428
P8 x H1	16,1968	1,6452	15,858

Berdasarkan harga rata-rata tiap-tiap ulangan percobaan, data diurutkan mulai harga modulus patah

yang tertinggi hingga yang terendah, karena harga bulk density dari setiap perlakuan (komposisi

campuran dan waktu perendaman) hampir sama, sedang daya serap tidak dapat di-jadikan acuan karena semua harga daya serap diluar kriteria Standard Industri Indonesia ($< 10\%$). Data yang diurutkan tersebut telah dise-leksi berdasarkan tahanan terhadap perembesan air yang memenuhi Standard Industri Indonesia untuk genteng beton yaitu kedap air

(kering). Hasil pengurutan data tersebut disajikan dalam tabel berikut :

Kondisi yang terbaik menurut Tabel 5 dan Tabel 6 adalah perlakuan P1 x H1 dan P5 x H2. Selanjutnya kondisi yang terbaik dari penelitian ini dibandingkan dengan Genteng Beton Mutiara dan Standard Industri Indonesia No. 0447-81 UDC. 666-74, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7
Perbandingan sifat fisis genteng pres ringan dari abu terbang dengan genteng beton mutiara dan SII No. 0447-81 UDC. 666-74

Jenis genteng	Modulus patah (Kg/cm^2)	Bulk density (g/cm^2)	Daya serap (%)
Genteng abu I	36,8140	1,6004	16,430
Genteng abu II	27,3818	1,6550	15,080
Genteng mutiara	100,3506	2,1000	4,290
S II tipe I	52,161 (min)	2,2 (min)	10 (min)
SII tipe II	26,081 (min)	2,2 (min)	10 (min)

Tabel 7 menunjukkan bahwa genteng pres ringan dari abu terbang mempunyai modulus patah yang sudah memenuhi kriteria genteng beton SII tipe II, tetapi bila dibandingkan dengan genteng beton mutiara mempunyai beda nyata, karena selisih modulus patah tersebut besar. Begitu pula halnya dengan daya serap. Sifat daya serap genteng pres dari abu terbang masih belum memenuhi kriteria SII. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam upaya meningkatkan modulus patah dan mengurangi daya serap genteng abu terbang. Kemungkinan penggunaan semen sebagai bahan tambahan (*admixture*) untuk pembuatan genteng pres ringan dari abu terbang patut dipertimbangkan.

Keunggulan genteng pres ringan dari abu terbang adalah harga bulk density yang jauh lebih kecil dari pada bulk density genteng beton muti-ara, sehingga beban gording pada konstruksi atap rumah lebih ringan yaitu $91,4174kg.m$. Sedangkan untuk genteng beton $139,71kg.m$. Pengurangan beban tersebut dapat menghemat biaya pembangunan.

Hal lain yang menguntungkan adalah biaya produksi genteng abu terbang rendah sehingga harga jualnya lebih murah, yaitu Rp 250/biji (telah dilakukan analisis ekonomi). Sedangkan harga genteng beton Rp 565/biji. Dengan demikian har-ga jualnya pun menjadi lebih murah. Hal ini berarti abu terbang dapat dipakai sebagai bahan ba-ngunan murah untuk rumah sederhana dan rumah sangat sederhana.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat ditarik ke-simpulan sebagai berikut.

- Kondisi terbaik untuk menghasilkan genteng pres ringan tercapai pada :
 - Perbandingan kapur pasir 1 : 1, pada komposisi fraksi abu terbang 60% dengan waktu perendaman 24 hari. Harga modulus patah $36,8140 kg/cm$, bulk density $1,6004g/cm$, daya serap 16,430% dan kedap air (kering).
 - Perbandingan kapur pasir 1 : 2, pada komposisi frak-si abu terbang 50% dengan waktu peren-daman 18 hari. Harga modulus patah $27,3818 kg/cm$, bulk density $1,6550g/cm$, daya serap 15,080% dan kedap air (kering).
- Menurut harga modulus patah, bulk density, dan tahanan terhadap perembesan air, genteng pres ri-ngan dari abu terbang memenuhi klasifikasi SII No. 0447-81 UDC. 0666-74 sebagai genteng beton tipe II.
- Pemanfaatan abu terbang untuk pembuatan genteng pres ringan dapat mengurangi penggunaan semen sebagai bahan baku, dengan keunggulan memiliki bulk density yang lebih kecil.

2. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan yaitu peng-gunaan semen sebagai bahan tambahan (*admixture*) dalam upaya meningkatkan kekuatan modulus patah

dan menurunkan sifat daya serap genteng pres ringan dari abu terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, A.I., 1928, *Ceramic Test and Calculation*, John Willey & Sons, Inc., New York.
- Beretka, J, and Brown, T, 1975, Properties and Pozzolanic Behavior of Australian Fly Ash, *J. Australian Ceramic Soc.*, Vol. 12, No. 1.
- Departemen Perindustrian Republik Indonesia, Mutu dan Cara Uji Genteng Beton, *Standar Industri Indonesia*, SII. 0447 - 81 UDC. 666-74.
- Herry Prijatama, 1993, Abu Terbang dan Pemanfaatannya, *Makalah Seminar Nasional Batubara Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geoteknologi LIPI, Yogyakarta.
- PT. Dharma Yasamas Teknindo, 1991, Dari Abu Terbang menjadi Semen, *Majalah Teknologi dan Bisnis*, V (60) : 24-25.
- Suhanda, Ir., 1987, Penelitian Pemanfaatan Abu Batubara dari Bukit Asam & Umbilin untuk bahan Bangunan, *Majalah Informasi Teknologi Keramik & Gelas*, III (32): 37-45.
- Taylor, H.W.F., 1964, *The Chemistry of Cement*, vol. 2, Academic Press, London and New York.

(PN)

**DIRGAHAYU
ULANG TAHUN KEMERDEKAAN
REPUBLIK INDONESIA**

**17 AGUSTUS 1945
17 AGUSTUS 1996**

**REKTOR UGM
STAF BIRO ADMINISTRASI KEMAHASISWAAN UGM
DAN SEGENAP REDAKSI
BULETIN PENALARAN MAHASISWA UGM**