

PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI BATU APUNG UNTUK PEMBUATAN BATU HIAS BANGUNAN

Arifin Hargianto¹, Iman Satyarno², Mudjijana³

¹SMK N 2 Kuripan Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat

²Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

³Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

*Correspondence : arifinlombok@yahoo.com

Abstract

Mining and processing activities have caused pumice deposits of waste. Waste from industrial processing of pumice is used as an innovation to increase the value of the waste and then profits will be obtained. One of the examples is making them as decorative stones.

Raw materials used in this study are industrial waste pumice from Lombok, with the size less than 2 cm. The machine used as a fine aggregate pumice waste destruction is a crusher. Variations of the composition of the mixed mortar are made from white cement, powdered pumice waste as fine aggregate, and water. Variation is the comparison between the composition of the mixture of white portland cement (pc) and fine aggregate from pumice waste (Ag.h) with comparisons 1Pc: 2Ag.h, 1Pc: 4Ag.h, 1Pc: 6Ag.h, 1Pc: 8Ag.h and 1Pc: 10Ag.h. Tests are conducted to determine the characteristics of fine aggregate made from pumice waste, while the mortar test includes compressive strength, flexural strength, specific gravity and water absorption.

The results show that the fine aggregate made from pumice industrial waste materials has the following characteristics : modulus of fine grains is 2.61, specific gravity is 1.67, absorption of water is 23.08%, mud content is 26.10%, and weight lose unit is 0.537 gr/cm³. On the mortar test, mixed variations affect the compressive strength, flexural strength, specific gravity and water absorption. The test results find that the variation of a mixture of 1 pc: 2 Ag.h has characteristics of natural stone that is the closest to the gravity of 262 gr/cm and with 3,11 813 MPa in compressive strength, 0344 MPa in flexural strength, and 19.93% in water absorption value. Variation of a mixture of 1 pc: 2 Ag.h has also been tested in the manufacture of decorative stones and the results can have the similar look with the natural stone.

Sejarah:

Diterima: 16 Juni 2012

Diterima revisi: 3 Desember 2012

Disetujui: 4 Januari 2013

Tersedia online: 31 Juli 2013

Keywords:

Decorative Stones

Pumice Waste

Mortar

1. Pendahuluan

Aktivitas penambangan dan pengolahan batu apung telah menimbulkan timbunan limbah yang berakibat pada kesuburan tanah. Limbah dari industri pengolahan batu apung ini dimanfaatkan dan diciptakan suatu inovasi untuk peningkatan nilai tambah dari limbah tersebut maka akan didapat keuntungan lebih. Salah satu alternatif pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan limbah tersebut menjadi bahan pembuatan batu hias bangunan.

a) Batu Hias Bangunan

Pemanfaatan batu alam untuk eksterior atau interior rumah bertujuan ingin menciptakan suasana sejuk dan dekat dengan alam. Batu alam biasanya hadir lebih dominan di bagian eksterior, seperti lantai, dinding luar, pilar, pagar, teras dan taman. Selain untuk eksterior, batu alam juga bisa untuk mempercantik interior bangunan, seperti dinding ruang tamu, sehingga terlihat lebih kontras. Selain itu, kamar mandi pun sangat tepat jika menggunakan batu alam sebagai elemen penyusunnya (Solehuddin, 2011).

b) Semen Portland Putih

Semen putih biasanya digunakan untuk bangunan yang artistik dan dekoratif serta untuk pemasangan keramik. Kelebihan semen putih dari semen biasa adalah semen putih lebih cepat mengeras karena lebih banyak mengandung silikon dioksida (SiO₂) dan dapat diberi warna jika diinginkan (Satyarno, 2004). Semen putih digunakan untuk membuat siar ubin/keramik dan benda yang lebih bernilai seni, biasanya tidak dipergunakan untuk bangunan struktur (Mulyono T, 2004).

c) Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton, agregat ini menempati sebanyak 70% volume mortar atau

beton walaupun namanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/beton sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodimulyo 2010).

d) Air

Air di alam yang tidak mengandung kotoran dapat dipakai untuk membuat mortar atau beton, kotoran-kotoran berupa lempung, kotoran organis, garam dan asam. Air laut misalnya tidak dapat dipakai untuk membuat beton/ mortar.

e) Mortar

Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) ialah bahan bangunan yang dibuat dari air, bahan perekat (misalnya: lumpur, kapur, semen Portland) dan agregat halus (misalnya: pasir alami, pecahan tembok dsb). Mortar biasa dipakai untuk : (a) Perekat antar bata merah, perekat antar bata beton pada pembuatan dinding tembok, perekat antar batu pada pasangan batu. (b) Pembuatan bata beton, genteng beton, buis beton (Tjokrodimulyo, 2010).

f) Nilai sebar dan faktor air semen

Nilai sebar dan factor air semen sangat berkaitan erat, factor air semen adalah perbandingan antara berat air dan jumlah semn yang digunakan dalam pembuatan mortar. Nilai faktor air semen sangat mempengaruhi kekentalan dan kekuatan adukan mortar.

g) Berat Jenis Mortar

Berat jenis mortar diperoleh dengan membagi berat kubus mortar dengan volume mortar, pemeriksaan ini dilakukan pada waktu mortar berumur 28 hari, berat jenis dinyatakan tanpa satuan.

h) Serapan Air

Serapan air mortar adalah adalah perbandingan antara berat air yang terserap dengan berat mortar kering oven. Pengujian serapan air dilaksanakan pada umur mortar 28 hari, serapan air dinyatakan dalam (%).

i) Kuat Tekan Mortar

Uji kuat tekan mortar dilakukan pada kubus dengan ukuran sisinya 5 cm pada umur mortar 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Benda uji ditekan dengan mesin tekan hingga pecah, beban tekan maksimum yang memecahkan mortar dibagi dengan luas penampang kubus. Nilai kuat tekan dinyatakan dengan MPa.

j) Kuat Lentur Mortar

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Balok uji adalah balok beton berpenampang bujur sangkar dengan panjang total balok adalah empat kali lebar penampangnya. Nilai kuat lentur dinyatakan dengan MPa.

2. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan DIII Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada dari tanggal 26 Maret sampai 9 Mei 2012.

a) Pengujian sifat-sifat dasar agregat halus

Tahap ini meliputi pemeriksaan gradasi agregat halus limbah batu apung, berat jenis, kandungan lumpur, pengujian berat satuan dan kadar air agregat halus.

b) Pembuatan benda uji dan pengujian mortar

Variasi adukan mortar dengan perbandingan semen dan agregat halus limbah batu apung adalah 1pc:2Ag.h; 1pc:4Ag.h; 1pc:6Ag.h; 1pc:8Ag.h; dan 1pc:10Ag.h dengan ukuran benda uji bentuk kubus ukuran sisi 5 cm sebanyak 45 buah untuk uji kuat tekan, kubus sisi 5 cm sebanyak 15 buah untuk uji serapan air dan benda uji bentuk balok ukuran 4cm x 4cm x 16cm sebanyak 45 buah untuk uji kuat lentur. Sebagai pembanding pertama dari batu alam paras dibuat bentuk kubus ukuran sisi 5 cm sebanyak 3 buah untuk kuat tekan dan bentuk balok ukuran 4cm x 4cm x 16cm sebanyak 3 buah untuk kuat lentur. Sedangkan pembanding kedua dari gypsum dibuat kubus ukuran sisi 5 cm sebanyak 15 buah untuk kuat tekan dan balok 4 cm x 4 cm x 16 cm sebanyak 15 buah untuk kuat lentur.

c) Pengujian pembuatan batu hias buatan

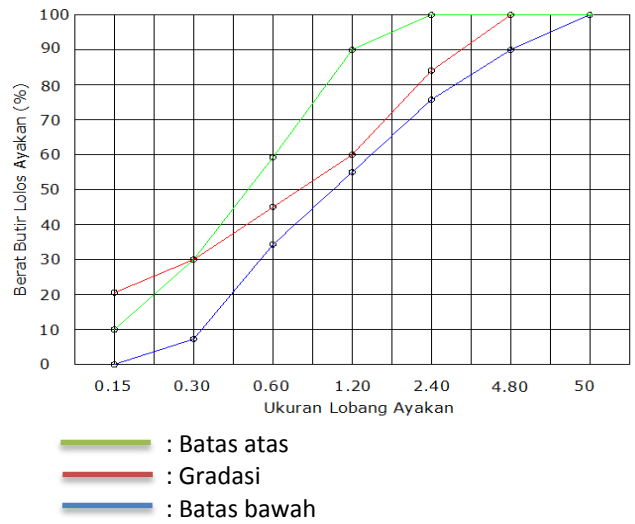
Pengujian pembuatan batu hias bangunan dari mortar limbah batu apung dilaksanakan dengan dipahat/diukir dan dicetak.

3. Hasil dan Pembahasan

a) Pengujian Mortar Halus

Dari hasil pengujian gradasi agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini didapat (1) Nilai modulus halus butir rata-rata sebesar 2,61 dimana menurut *British Standard* termasuk dalam golongan II, (2) Berat jenis rata-rata sebesar 1,67 termasuk dalam agregat ringan, (3) Penyerapan air sebesar 23,08 %, (4) kandungan lumpur nilai rata-rata sebesar 26,1%. Pada gambar 1 terlihat bahwa

gradasi agregat halus termasuk pada golongan II yaitu agregat halus dengan butiran agak kasar.



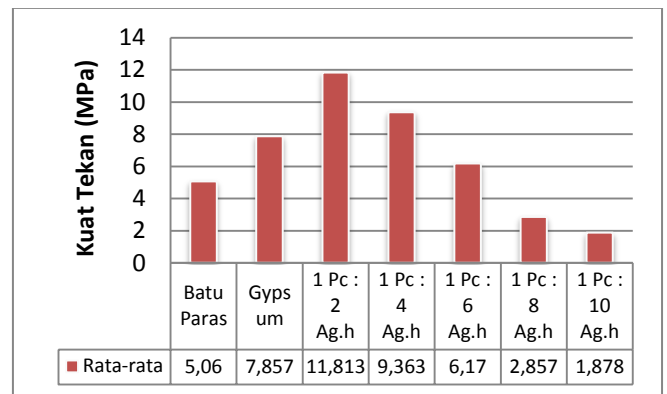
Gambar 1. Gradasi agregat halus

b) Pengujian mortar

Dari pengujian mortar yang dilaksanakan dengan variasi campuran 1pc : 2Ag.h; 1pc : 4Ag.h; 1pc : 6Ag.h; 1pc : 8Ag.h; dan 1pc : 10Ag.h meliputi pengujian kuat tekan, kuat lentur, berat jenis dan serapan air mortar. terlihat seperti pada gambar dibawah ini :

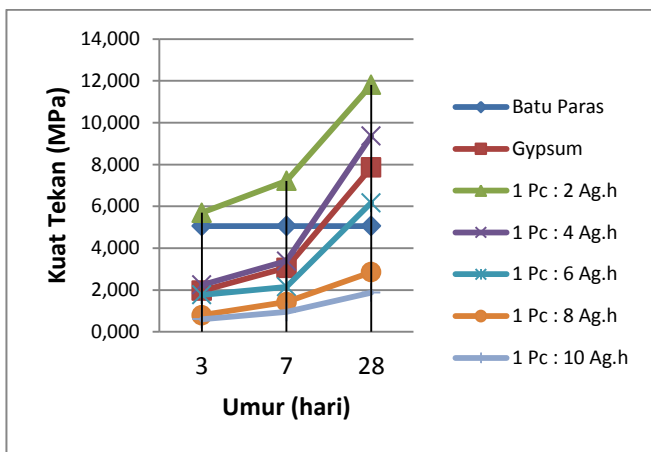
1) Kuat tekan

Pengujian kuat tekan terlihat seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Hasil uji kuat tekan umur 28 hari

Kuat tekan maksimum pada umur uji 28 hari dicapai pada campuran 1Pc: 2Ag.h sebesar 11,813 MPa (Gambar 2). Semakin sedikit pasta semen kuat tekannya makin rendah. Penurunan kuat tekan seiring dengan kurangnya pasta semen yang digunakan, sehingga antara butir agregat terdapat rongga. Kuat tekan campuran 1Pc:2Ag.h dan 1Pc:4Ag.h lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan kubus batu paras sebesar 5.06 MPa dan kuat kubus gypsum sebesar 7.857 MPa.



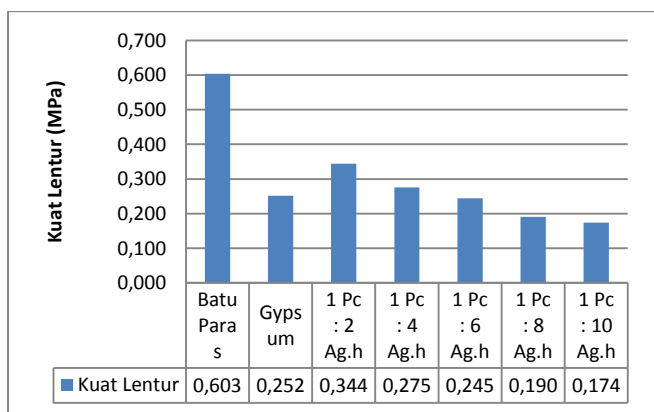
Gambar 3. Laju kuat tekan

Laju kuat tekan seluruh variasi campuran mortar terlihat meningkat seiring dengan umur pengujian yaitu pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari (Gambar 3), hal ini terjadi karena peningkatan kekerasan ikatan semen pada mortar.

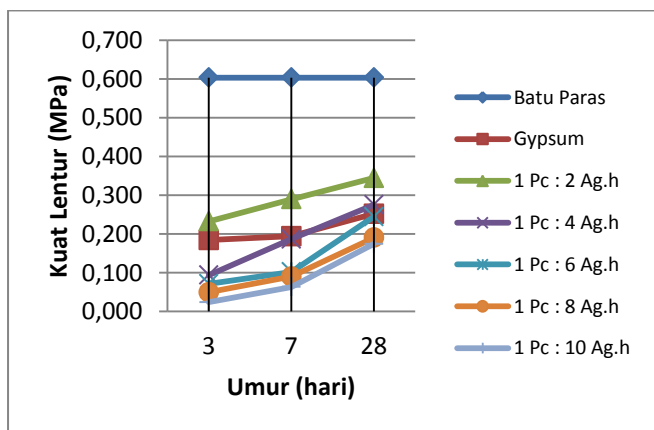
Kuat tekan maksimum pada umur pengujian 28 hari dicapai pada campuran 1Pc : 2Ag.h (Gambar 3). Semakin sedikit pasta semen kuat tekannya makin rendah. Penurunan kuat tekan seiring dengan kurangnya pasta semen yang digunakan, sehingga antar butir agregat terdapat rongga.

2) Kuat lentur

Pengujian kuat lentur terlihat seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Hasil uji kuat lentur



Gambar 5. Laju kuat lentur

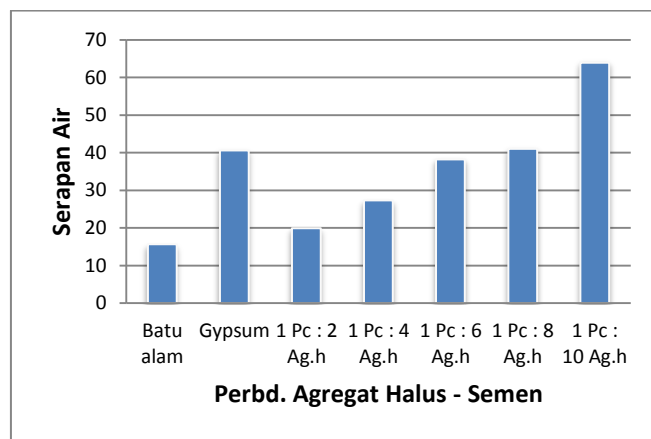
Pengujian kuat lentur dilakukan terhadap mortar berbentuk balok ukuran balok 4 cm x 4 cm x 16 cm pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Pada Gambar 4 terlihat kuat lentur maksimum mortar pada campuran 1Pc : 2Ag.h sebesar 0,344 MPa yang mendekati kuat lentur batu alam sebesar 0,603 MPa. Kenaikan laju kuat lentur seiring dengan umur pengujian pada seluruh variasi campuran.

3) Berat jenis

Semakin besar kuat tekan dan kuat lentur mortar berarti mortar tersebut semakin padat dan semakin besar pula berat jenisnya. Terlihat dari tabel 1.

4) Serapan air

Hasil pengujian serapan air lakukan pada mortar bentuk kubus pada umur 28 hari terlihat seperti pada Gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6. Hasil uji serapan air

Dari Gambar 6, serapan air mortar tertinggi adalah pada campuran 1Pc : 10 Ag.h yaitu sebesar 63,9%, yang dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit pasta semen nilai serapan air semakin tinggi hal ini terjadi karena rongga-rongga agregat tidak tertutup pasta semen.

Tabel 1. Hasil Pengujian mortar agregat limbah batu apung.

Uraian Pengujian Rata-rata	Batu Paras	Gypsum	Campuran Adukan (Pc:Ag.h)				
			1:2	1:4	1:6	1:8	1:10
Faktor Air Semen (fas)	-	-	0,65	1,24	2,03	2,84	3,49
Nilai Sebar (%)	-	-	0,65	1,24	2,03	2,84	3,49
Berat Jenis	1.570	1.237	1.262	1.208	1.128	0.992	0.972
Serapan Air (%)	15.63	40.62	19.93	27.29	38.26	41.02	63.90
Kuat Tekan (MPa)	5.060	7.857	11.813	9.363	6.170	2.857	1.878
Kuat Lentur (MPa)	0.603	0.252	0.344	0.275	0.245	0.190	0.174

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan dengan variasi campuran adukan di atas belum dapat memenuhi karakteristik batu alam. Pada perbandingan semen dan agregat halus 1Pc : 2 Ag.h dan 1Pc : 4 Ag.h yang paling mendekati dengan karakteristik batu alam (batu

paras). Namun demikian peneliti mencoba semua variasi campuran agregat untuk dicoba diproduksi sebagai material dasar pembuatan batu hias dengan cara dipahat.

c) Pengujian Batu Buatan

1) Pemahatan / Pengukiran

Aplikasi pembuatan batu hias bangunan dengan cara pemahatan / pengukiran dicetak dengan ukuran material dasar yang sama yaitu 5 cm x 20 cm x 20 cm, dilakukan pemahatan / pengukiran pada saat umur mortar 3 hari, hal ini dilakukan karena pada saat umur 3 hari kondisi mortar sudah dapat dilepas dari begisting dan keadaan mortar telah dapat dipahat/diukir.



Gambar 7. (a) Batu hias limbah batu apung; (b) Batu hias dari batu paras

Secara visual terlihat bahwa pada campuran limbah batu apung terlihat hasil dipahat lebih rapi dan tampak bintang-bintang tekstur agregat halus batu apung, lebih menarik bila dibandingkan dengan batu paras yang polos.

2) Pencetakan

Untuk batu hias buatan pada proses pengujian dicetak telah dilakukan dengan hasil sebagai berikut :

a) Dicetak dengan motif hias bunga

Pembuatan batu hias bangunan dengan cara dicetak dengan motif batu hias bunga digunakan bubuk limbah batu apung lolos ayakan 1,35 mm sebagai agregat halusya. Proses pembuatan batu hias bangunan cetak kering, menggunakan alat cetak motif bunga 15 cm x 15 cm.



Gambar 8. Batu hias cetak motif bunga

b) Dicetak dengan motif batu tempel alur

Pembuatan batu hias bangunan dengan cara dicetak motif batu tempel alur menggunakan bubuk limbah batu apung yang lebih kasar yaitu lolos ayak 1,35 mm sebagai agregat halusya. Proses pembuatan batu hias bangunan meliputi persiapan bahan, pencampuran, pengadukan, pencetakan dan pengeringan.



Gambar 9. Batu tempel alur

c) Dicetak sebagai bahan ornamen lis dinding

Pembuatan ornamen lis dinding menggunakan bubuk limbah batu apung dengan lolos ayak 0,15 mm sebagai agregat halusya agar mendekati ukuran agregat halus dari bahan gips. Pembuatan dengan cara menuangkan campuran ke dalam cetakan.



Gambar 10. Ornamen lis

Tinjauan Estetika

- a) Penggunaan semen putih tanpa warna akan menghasilkan batu hias buatan dengan bahan limbah industri batu apung mendekati warna dari batu hias dari batu paras.
- b) Mortar dari semen putih dan butiran agregat halus limbah batu apung dengan ukuran lolos ayak 4,78 mm dapat dipahat pada umur cetakan 3 hari dan menampilkan warna putih dengan motif bintang-bintang.
- c) Motif bintang-bintang pada batu hias buatan muncul karena gradasi agregat halus ukuran besar terpotong karena dipahat, sehingga motif tersebut muncul dan memberikan efek lebih menarik dari sisi tampilan dibandingkan dengan batu paras.

Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi dari material susun bahan pembuatan mortar dari limbah batu apung per 1m³ (tanpa begisting) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Harga satuan mortar per 1m³

No	Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	1 Pc : 2 Ag.h			
1	Semen Putih	600,72	Rp 2.500	Rp 1.501.797
2	Agregat halus	759,03	Rp 516	Rp 391.657
	Jumlah			Rp 1.893.454
B	1 Pc : 4 Ag.h			
1	Semen Putih	332,13	Rp 2.500	Rp 830,324
2	Agregat halus	839,31	Rp 516	Rp 433,084
	Jumlah			Rp 1.263.408
C	1 Pc : 6 Ag.h			
1	Semen Putih	229,51	Rp 2.500	Rp 573.779
2	Agregat halus	869,98	Rp 516	Rp 448.912
	Jumlah			Rp 1.022.691
D	1 Pc : 8 Ag.h			
1	Semen Putih	175,34	Rp 2.500	Rp 438.345
2	Agregat halus	886,18	Rp 516	Rp 457.268
	Jumlah			Rp 895.612
E	1 Pc : 10 Ag.h			
1	Semen Putih	141,85	Rp 2.500	Rp 354.636
2	Agregat halus	896,19	Rp 516	Rp 462.432
	Jumlah			Rp 817.068

Tabel 3. Harga satuan mortar per 1m³

No	Variasi	Harga mortar dan Batu alam tiap m ³		Selisih (Batu alam - Semen Putih)
		Semen Putih	Batu Alam	
1	1 Pc : 2	Rp1.893.454	Rp2.000.000	Rp 106.546
2	1 Pc : 4	Rp1.263.408	Rp2.000.000	Rp 736.592
3	1 Pc : 6	Rp1.022.691	Rp2.000.000	Rp 977.309
4	1 Pc : 8	Rp 895.612	Rp2.000.000	Rp 1.104.388
5	1 Pc:10	Rp 817.068	Rp2.000.000	Rp 1.182.932

Dari Tabel 3 terlihat pada campuran adukan seluruh variasi campuran lebih murah harganya dibandingkan harga batu alam (batu paras), harga kompetitif didapatkan karena harga bahan baku material limbah industri batu apung relatif murah, apabila proses pekerjaan pembuatan batu hias bangunan berlokasi di dekat lokasi industri pengolahan batu apung maka harganya bias lebih murah.

Tabel 4. Harga satuan mortar ukuran 5cm x 20cm x 20cm

No	Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A 1 Pc : 2 Ag.h				
1	Semen Putih	1,20 kg	Rp 2.500	Rp 3,004
2	Agregat halus	1,52 kg	Rp 516	Rp 783
Jumlah				Rp 3,787
B 1 Pc : 4 Ag.h				
1	Semen Putih	0,66 kg	Rp 2.500	Rp 1,661
2	Agregat halus	1,68 kg	Rp 516	Rp 866
Jumlah				Rp 2,527
C 1 Pc : 6 Ag.h				
1	Semen Putih	0,46 kg	Rp 2.500	Rp 1.148
2	Agregat halus	1,74 kg	Rp 516	Rp 898
Jumlah				Rp 2.045
D 1 Pc : 8 Ag.h				
1	Semen Putih	0,35 kg	Rp 2.500	Rp 877
2	Agregat halus	1,77 kg	Rp 516	Rp 915
Jumlah				Rp 1.791
E 1 Pc : 10 Ag.h				
1	Semen Putih	0,28 kg	Rp 2.500	Rp 709
2	Agregat halus	1,79 kg	Rp 516	Rp 925
Jumlah				Rp 1.634

Tabel 5. Harga satuan batu hias pahat 5cm x 20cm x 20cm

No	Variasi Camp.	Harga mortar dan Batu alam ukuran (5x20x20) cm ³		Harga Jual (ditambah keuntungan 15%)	
		Semen Putih	Batu Alam	Semen Putih	Batu Alam
1	1Pc :2Agh	Rp 3.787	Rp 8.000	Rp11.255	Rp18.000
2	1Pc :4Agh	Rp 2.527	Rp 8.000	Rp 9.806	Rp18.000
3	1Pc :6Agh	Rp 2.045	Rp 8.000	Rp 9.252	Rp18.000
4	1Pc :8Agh	Rp 1.791	Rp 8.000	Rp 8.960	Rp18.000
5	1Pc :10Agh	Rp 1.634	Rp 8.000	Rp 8.779	Rp18.000

Dari Tabel 5 terlihat bahwa harga jual batu hias bangunan dari mortar dengan bahan baku agregat halus buatan dari limbah industri pengolahan batu apung dan semen putih memiliki perbedaan harga jual yang signifikan. Pada perbandingan adukan 1 Pc : 2 Agh dengan harga jual Rp 11.255,00 sedangkan batu paras adalah Rp 18.000,00 selisih mencapai Rp 6.745,00.

Tinjauan Lingkungan

Tingkat kerusakan lokasi penambangan batu apung yang dilakukan secara terus menerus serta adanya limbah batu apung yang tidak dimanfaatkan dan dibuang/ditimbun saja apa bila tidak ditangani akan mengganggu lingkungan di lokasi penambangan batu apung dan tempat industri pengolahan batu apung itu berada.

Untuk mengurangi kerusakan lingkungan dan adanya limbah industri pengolahan batu apung, salah satu pemecahannya adalah memanfaatkan kembali limbah batu apung tersebut dengan mencampurkan dengan semen pada perbandingan tertentu untuk dibuat mortar sebagai batu buatan. Memanfaatkan kelebihan dari agregat batu apung untuk mendapatkan

4. Kesimpulan

- Agregat halus buatan dari limbah industri batu apung mempunyai karakteristik bahan sebagai berikut : modulus halus butir (MHB) 2.61 termasuk ke dalam agregat halus dengan butiran agak kasar, berat jenis 1,67, penyerapan air 23,08% dan kadar lumpur 26,10%. Agregat halus dari limbah industri batu apung juga termasuk jenis agregat ringan dengan berat satuan gembur sebesar 0,537 gr/cm³, dimana agregat normal berat satuannya 2,500 gr/cm³ sampai 2,700 gr/cm³.
- Besarnya kuat tekan, kuat lentur, berat jenis dan serapan air saling berkaitan, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan serapan air pada masing-masing variasi campuran selalu diikuti dengan penurunan nilai kuat tekannya, kuat lenturnya dan berat jenisnya.
- Aplikasi pembuatan batu hias bangunan dengan menggunakan bahan baku mortar campuran agregat halus limbah batu apung dan semen putih dapat dikerjakan dengan cara :
 - Dipahat/diukir dapat dilakukan setelah umur mortar 3 hari , karena mortar belum mengeras sekali sehingga pengerjaan pemahatan lebih mudah.
 - Dicetak dapat dilakukan dalam berbagai variasi, cetak batu hias motif bunga, cetak batu tempel alur dan dicetak sebagai ornamen lis dinding.
 - Variasi campuran 1Pc : 2 Ag.h memiliki karakteristik mendekati batu alam (batu paras) dengan kuat tekan 11.813 MPa, kuat lentur 0.344 MPa, berat jenis 1.262, serapan air 19.93% dan harga mortar Rp1.893.454/m³.
 - Perbandingan batu paras hias ukir ukuran 5 x 20 x 20 cm³ sebesar Rp 18.000,00 dan harga batu hias buatan limbah batu apung sebesar Rp 11.255,00 sehingga dari aspek harga lebih ekonomis disamping keuntungan lain yaitu dapat dicetak dalam berbagai ukuran tanpa batas.
 - Pada segi tinjauan lingkungan dan estetika motif penggunaan mortar limbah batu apung akan lebih bermanfaat karena produk tersebut lebih menarik dan ramah lingkungan.

Daftar Pustaka

- Mulyono, T., 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Satyarno, I., 2004, *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan*, Program S1 Ekstensi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Solehuddin, 2011, *Kreasi Unik Batu Alam*, Griya Kreasi, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 2010, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit KMFTS FT UGM, Yogyakarta.