

PEMANFAATAN PASIR DAN ABU MERAPI UNTUK PEMBUATAN BATA BETON (CONBLOCK)

Lasino¹⁾, Dany Cahyadi²⁾

Puslitbang Perumahan dan Permukiman^{1), 2)},

Jl. Panyawungan, Cileunyi Wetan, Bandung

E-mail: Isn_pu@yahoo.com, danycahyadi@puskim.pu.go.id

ABSTRAK

Material Merapi (pasir dan abu), merupakan bahan mineral yang dikeluarkan dari dalam bumi melalui letusan Gunung Merapi. Bahan ini berbentuk butiran halus sampai dengan kasar (0,15 s/d > 5 mm), memiliki ukuran butir yang beragam dan keras, dengan warna abu-abu kehitaman. Secara umum unsur kimia yang terkandung didominasi oleh silika (> 60%), alumina (17%), dan unsur lain seperti besi, kalsium dan magnesium dengan jumlah yang relatif kecil. Dalam upaya pemanfaatannya, sebagai bahan bangunan bersemen (cement based materials) seperti mortar dan conblock, dilakukan proses pencampuran dan pencetakan sehingga diperoleh produk yang keras, kuat dan stabil. Karena sifat teknis dan ukuran dari abu dan pasir yang berbeda, maka untuk mengetahui optimalisasi dari keduanya dibuat variasi campuran dengan perbandingan antara 0 sampai 100 % abu terhadap berat pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu Merapi dapat digunakan untuk campuran mortar dan conblock dengan jumlah optimum sebesar 20% dari jumlah pasir. Kuat tekan mortar diperoleh antara 12,7 – 29,2 MPa dan kuat tekan conblock dengan berbagai kadar abu dan proporsi campuran diperoleh antara 3,85 – 10,3 MPa.

Kata kunci: Material Merapi, pasir Merapi, abu Merapi, mortar, conblock, bahan konstruksi.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peristiwa meletusnya Gunung Merapi di Yogyakarta yang terjadi pada 26 oktober 2010 pukul 17.00 WIB, sampai saat ini masih berdampak pada wilayah sekitarnya dengan adanya banjir lahar dingin yang menimbulkan kerugian materiil bagi masyarakat sekitar. Kondisi ini diperparah dengan semakin terbatasnya daya tampung beberapa sungai di daerah pengaliran karena mengalami pendangkalan akibat pengendapan/sedimentasi dari lahar tersebut (Paripurno, 2011). Banyaknya material hasil erupsi gunung berapi yang tertahan di badan gunung ditambah dengan derasnya hujan akan menjadi ancaman terjadinya aliran lahar dingin (Pramono, 2014). Hal tersebut dapat juga mengakibatkan pendangkalan sungai. Selanjutnya untuk jangka panjang, dalam upaya pemanfaatan material Merapi (abu dan pasir) untuk mendukung kegiatan pembangunan infrastruktur serta peningkatan ekonomi masyarakat dan penanganan masalah lingkungan, perlu dikembangkan pemanfaatannya sebagai bahan konstruksi. Material yang dikeluarkan dari letusan Gunung Merapi tersebut memiliki sifat-sifat fisis berbentuk butiran yang beragam (halus sampai dengan kasar), keras dan stabil, berwarna abu-abu kehitaman, dan memiliki unsur kimia yang didominasi oleh silika (> 60 %), alumina (17 %), dan beberapa unsur lain seperti besi, kalsium dan magnesium dengan jumlah yang relatif kecil (Lasino, dkk, 2011). Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Yogyakarta pada tahun 1994 telah meneliti kandungan abu vulkanik Merapi ternyata mengandung silikon dioksida (SiO₂) 54,56%, aluminium oksida (Al₂O₃) 18,37%, Ferri oksida (Fe₂O₃) 18,59%, dan kalsium oksida (CaO) 8,33%. (Sudaryo dan Sutjipto, 2009, dalam Kusumastuti, 2012). Abu vulkanik dikatakan bersifat pozzolan, yakni suatu material dengan kandungan utama silika dan alumina tinggi yang dapat bereaksi dengan kapur (lime) pada suhu rendah (suhu kamar) dan

dengan kehadiran air untuk menghasilkan suatu hidrat yang mempunyai sifat mengikat (binding) atau sementasi (Adamiec. dkk, 2008 dalam Kusumastuti, 2012). Pasir gunung api juga sangat baik digunakan untuk bahan beton. Ujung silika yang runcing membentuk partikel yang memiliki sudut. Pola partikel bersudut itulah yang membuat ikatan pasir gunung api dengan semen menjadi lebih kuat (Devananta. A. S, 2011)

Berdasarkan sifat-sifat dasar yang dimiliki abu dan pasir tersebut, maka diharapkan material Merapi dapat dikembangkan menjadi conblock dengan hasil yang cukup baik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari material Merapi (abu dan pasir), optimalisasi penggunaan abu serta kualitas mortar dan conblock yang dihasilkan. Dengan demikian dalam pengembangannya dapat diberikan suatu perlakuan yang tepat untuk menghasilkan produk yang baik, ekonomis dan praktis sehingga mudah dikembangkan oleh masyarakat setempat (Firmanti. A, 2012). Untuk mencapai sasaran penelitian, maka perlu disusun suatu strategi yang tertuang dalam lingkup dan metoda penelitian yang meliputi analisis bahan baku (sifat kimia, fisik dan mekanik), uji coba mortar di laboratorium dari berbagai kadar abu, serta pembuatan conblock dengan beberapa proporsi campuran. Melalui serangkaian penelitian tersebut, diharapkan akan diperoleh suatu komposisi yang tepat dan hasil yang baik serta ekonomis sehingga dapat membantu dalam kegiatan industri konstruksi.

2. METODE

Bahan Penelitian

1. Agregat

Pasir dan abu hasil erupsi gunung Merapi yang digunakan diambil di sekitar daerah aliran sungai di 2 (dua) lokasi, yaitu pasir di sungai Code dan abu di daerah Sleman.

2. Semen

Semen yang digunakan Portland composite cement (PCC) yang diperoleh langsung dari pasar (toko bahan bangunan).

3. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang tersedia di laboratorium Puslitbang Permukiman, dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan adukan dan beton.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental laboratorium dengan membuat benda uji berupa mortar dan conblock. Kadar abu untuk pembuatan mortar dan conblock divariasikan antara 0% sampai dengan 100% seperti yang terlihat pada Tabel 1. Variasi kadar abu tersebut untuk mendapatkan proporsi yang optimal. Dengan demikian ada tiga hal yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu karakteristik dari pasir dan abu Merapi, optimalisasi kadar abu, dan proporsi campuran dalam pembuatan mortar dan conblock.

Proporsi campuran untuk mortar adalah 1 semen : 3 agregat sedangkan proporsi campuran untuk conblock adalah 1 semen : 6 agregat, 1 semen : 8 agregat, 1 semen : 10 agregat, dan 1 semen : 12 agregat dengan variasi kadar abu seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Kadar Abu pada Mortar dan Conblock (%)

	Mortar		Conblock	
	Abu	Pasir	Abu	Pasir
1	0%	100%	10%	90%
2	20%	80%	20%	80%
3	40%	60%	30%	70%
4	60%	40%		

5	80%	20%
6	100%	0%

Pembuatan mortar dilakukan dengan cara mencampur bahan semen, pasir dan abu sesuai dengan proporsi campuran yang telah ditetapkan dengan menggunakan mesin aduk masinal/mixer sampai tercampur dengan sempurna (homogen) kemudian di cetak pada cetakan kuat tekan mortar (5 cm x 5 cm x 5 cm) dengan jumlah ulangan 3 kali untuk masing-masing proporsi campuran dan umur pengujian (3, 7 dan 28 hari).

Pembuatan benda uji conblock dilakukan dengan cara mencampur bahan semen, pasir dan abu sesuai dengan proporsi campuran dengan menggunakan mesin aduk masinal/ mixer untuk beton sampai tercampur dengan sempurna (homogen). Benda uji conblock dicetak dengan menggunakan alat cetak conblock semi-masinal dengan pemadatan getar. Jumlah ulangan benda uji sebanyak 6 buah untuk masing-masing proporsi campuran dan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.

Pengujian kuat tekan mortar menggunakan Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas 20 tonf dan kuat tekan conblock menggunakan alat UTM dengan kapasitas 100 tonf.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu terhadap kuat tekan conblock digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor α bertaraf 4, yaitu campuran (1:6, 1:8, 1:10, 1:12), Faktor β bertaraf 3, yaitu kadar abu (10%, 20%, 30%). Masing-masing menggunakan 6 (enam) kali ulangan. Respon yang diamati adalah kuat tekan.

Model rancangan percobaan untuk mengetahui pengaruh campuran, kadar abu terhadap kuat tekan adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$i = 1,2,3,4 ; j = 1,2,3 ; \text{ dan } k = 1,2,3,4,5,6$

Dimana :

- Y_{ij} = Nilai respon yang mendapat pengaruh perlakuan campuran ke-i, kadar abu ke-j, pada ulangan ke-k
- μ = Rataan umum dari respon yang diukur
- α_i = Pengaruh campuran taraf ke-i
- β_j = Pengaruh kadar abu taraf ke-j
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara campuran taraf ke-i dan kadar abu taraf ke-j
- ϵ_{ijk} = Faktor kesalahan percobaan karena pengaruh campuran taraf ke-i, kadar abu taraf ke-j, serta ulangan ke-k (galat percobaan).

Pengujian statistik dilakukan pada selang kepercayaan 95% yaitu kriteria alpha 0,05. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan SPSS 16.0 for Windows.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat-sifat Dasar Bahan Baku/Pasir dan Abu

Hasil pengujian sifat fisis pasir dan abu Merapi disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisis Pasir Merapi

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		Persyaratan ASTM C33/C33M; SNI 03-2834-2000;	
		Pasir	Abu	Beton	Mortar
1	Kadar air, %	1,62	16,70	-	-
2	Kadar lumpur, %	1,99	66,20	Maks. 3,0	Maks. 5,0
3	Penyerapan air, %	1,84	1,98	-	-
4	Berat jenis, g/cm ³	2,68	1,95	-	-
5	Kadar zat organik, +/-	Negatif	Negatif	Negatif	-
6	Bobot isi:				
	- Gembur, kg/lt	1,47	1.060	-	-
	- Padat, kg/ltr	1,71	1.370	-	-

SEMINAR NASIONAL SCAN#7:2016
“The Lost World”
Historical Continuity for Sustainable Design

7	Gradasi, lewat kumulatif			untuk pasangan bata
	19,0 mm, %		-	
	9,6 mm, %		100	
	4,8 mm, %	98,09	100	100
	2,4 mm, %	94,23	99,95	80-100
	1,2 mm, %	79,46	99,81	50 – 85
	0,6 mm, %	46,41	99,02	25 – 60
	0,3 mm, %	17,15	91,59	5 - 30
	0,15 mm, %	4,83	79,34	0-10
	0,00 mm, %	0,00	0,00	0,00

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sifat fisis dari pasir telah memenuhi syarat ASTM C33/C33M-11 dengan kadar lumpur < 3%, berat jenis 2,68; kadar zat organik negatif dan gradasi memenuhi batas yang disyaratkan. Gradasi pasir tersebut cukup baik, namun untuk menghasilkan produk conblock dengan permukaan yang lebih halus dan workable perlu ditambahkan bahan yang lebih halus sebagai filler. Secara visual pasir cukup baik, bersih, keras, bebas dari kandungan pengotor dan bergradasi beragam.

Sedangkan bahan abu memiliki butiran yang sangat halus tetapi cukup stabil yang menunjukkan memiliki kandungan silika yang cukup banyak, dengan kadar lumpur atau bagian yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) sebesar 66,2%, sehingga memenuhi syarat gradasi sebagai bahan filler (minimum lolos ayakan 0,075 mm sebesar 65%) (Bina Marga, 1991) dan bisa digunakan dalam pembuatan mortar ataupun conblock.

Dari 2 jenis material tersebut terlihat memiliki karakteristik yang berbeda terutama kahalusannya atau gradasinya, sehingga perlu dicari proporsi yang tepat untuk penggabungannya sehingga keduanya dapat digunakan dalam campuran.

Hasil Analisis Kimia

Hasil analisis kimia dari abu Merapi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Kimia Abu Merapi

No	Uraian uji/unsur	Hasil uji	Syarat ASTM C618
1	SiO ₂ , %	63,90	
2	Al ₂ O ₃ , %	17,67	
3	Fe ₂ O ₃ , %	1,75	Tipe F
	Jumlah (%)	83,32	70,0
4	CaO, %	7,10	
5	MgO, %	2,96	
6	K ₂ O, %	2,66	
7	Na ₂ O, %	3,27	
8	SO ₃ , %	0,07	5,0
9	HP, %	0,62	6,0

Sumber: Hasil uji di Balai Besar Keramik, 2011

Pada Tabel 3 terlihat bahwa unsur kimia yang terkandung dalam abu Merapi didominasi oleh silika dan alumina dan termasuk kedalam pozolan tipe F sesuai ASTM C618 dengan jumlah unsur SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃ sebesar 83,32%. Hal penting lainnya adalah bagian hilang pijar sangat kecil yang mengindikasikan bahwa bahan organik sangat rendah termasuk unsur sulfur yang dapat mengganggu pengikatan semen juga keawetan beton dan mortar.

Abu vulkanik Merapi mengandung komponen utama yang heterogen dengan komponen utama (mayor) yakni 45,7% berat SiO₂; 14,00 berat Al₂O₃; 16,1% berat CaO; 18,2% berat Fe₂O₃; dan 3,86% berat K₂O (Kusumastuti, 2011). Jika dibandingkan dengan hasil analisis kimia abu Merapi pada Tabel 3, abu Merapi yang digunakan dalam

penelitian ini memiliki kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 yang lebih tinggi yaitu masing-masing sebesar 63,9% dan 17,67%. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa material ini termasuk material pozzolan yakni mempunyai kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 yang tinggi (Kusumastuti, 2011).

Berdasarkan hasil pengujian fisis dan kimia pasir dan abu memiliki mutu yang cukup baik sehingga secara teknis dapat digunakan sebagai agregat dan filler dalam pembuatan mortar dan conblock dengan proporsi yang sesuai dengan fungsi komponen yang akan dikembangkan.

Hasil Pengujian Mortar

Sesuai dengan sifat teknis yang ingin diketahui, pengujian mortar difokuskan pada kuat tekan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Rangkuman hasil pengujian disajikan dalam Tabel 4 berikut;

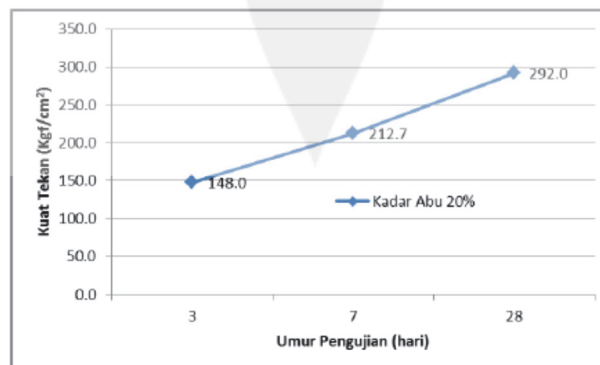
Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Kode (pasir:abu)	Rata-rata Kuat Tekan (Kg f/cm^2)*		
	3 hari	7 hari	28 hari
M1 (100 : 0)	126,0	200,0	256,0
M2 (80 : 20)	148,0	212,7	292,0
M3 (60 : 40)	146,0	192,0	288,0
M4 (40 : 60)	112,0	147,0	215,0
M5 (20 : 80)	108,8	125,0	144,0
M6 (0 : 100)	92,0	115,0	127,0

*Rata-rata dari 3 buah benda uji

Hasil pengujian pada Tabel 6 menunjukkan bahwa penggunaan abu dalam campuran mortar memiliki nilai optimum pada kadar abu sebesar 20%. Dalam kondisi tersebut akan diperoleh kuat tekan mortar maksimum dibanding dengan campuran yang tidak menggunakan abu dan campuran dengan kadar abu diatas 20%. Hal ini disebabkan pada kadar abu 20%, campuran dapat mencapai kepadatan maksimum sedangkan pada kadar abu diatas 20% kandungan bagian yang halus (ultra fines) sudah berlebihan sehingga memerlukan bahan pengikat yang lebih tinggi seiring dengan meningkatnya luas permukaan agregat disamping faktor penyusutan yang semakin tinggi yang berakibat kekuatannya dapat menurun.

Sesuai dengan syarat mutu mortar yang terdapat dalam SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan, maka dari hasil pengujian, kode M1, M2, M3 dan M4 dapat memenuhi syarat mutu mortar tipe M yaitu dapat digunakan untuk pasangan dinding struktural/pemikul beban yang tidak terlindung dengan kuat tekan umur 28 hari minimal sebesar 17,2 MPa. Sedangkan untuk kode mortar M5 dan M6 dapat memenuhi syarat mutu mortar tipe S yaitu dapat digunakan untuk pasangan dinding struktural yang terlindung dengan kuat tekan umur 28 hari minimal sebesar 12,4 MPa.



Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan Rata-rata dengan Umur Pengujian (kadar abu 20 %)

Hasil pengujian pada Gambar 2 menunjukkan bahwa secara umum kekuatan tekan meningkat seiring dengan bertambahnya umur pengujian, namun yang perlu mendapat perhatian adalah peningkatan kekuatan dari umur 7 hari ke 28 hari masih sangat tinggi, sehingga dapat diindikasikan masih akan meningkat setelah umur 28 hari. Hal ini berarti reaksi kimia yang terjadi pada semen Portland komposit masih terus berlangsung dikarenakan adanya bahan abu yang memiliki sifat pozzolanik atau bahan bersifat semen (cementitious materials) (Adamiec, dkk, 2008 dalam Kusumastuti, 2012). Peningkatan kuat tekan beton dengan variasi abu vulkanik hingga umur 56 hari berlangsung secara signifikan akibat reaksi pozzolan (Raharjani, 2014).

Hasil Pengujian Conblock

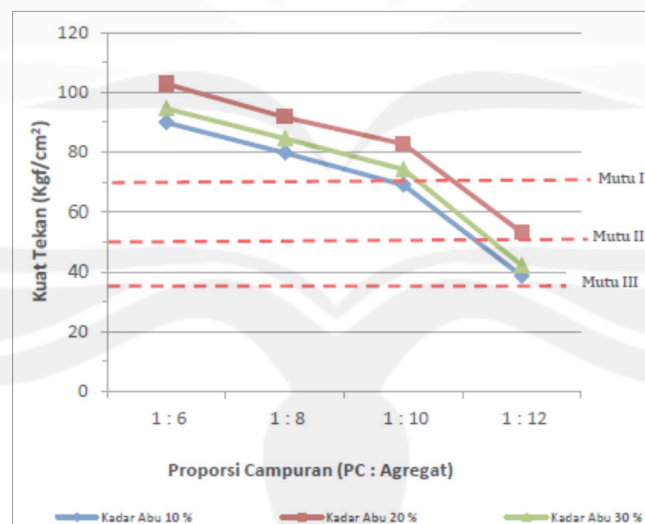
Pengujian kuat tekan conblock dilakukan pada umur 28 hari. Rangkuman hasil pengujian disajikan dalam Tabel 5 berikut;

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Conblock

Proporsi Campuran	Rata-rata Kuat tekan (Kg f/cm ²)*		
	Kadar Abu 10%	Kadar Abu 20%	Kadar Abu 30%
1 : 6	89,87	102,76	94,60
1 : 8	79,74	91,61	84,55
1 : 10	68,91	82,76	74,23
1 : 12	38,46	52,99	42,07

*Rata-rata dari 6 buah benda uji

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa kuat tekan conblock mengalami penurunan seiring dengan penambahan agregat pada proporsi campuran. Kuat tekan conblock maksimum untuk setiap proporsi campuran dicapai kadar abu sebesar 20%.



Gambar 3. Kuat Tekan Conblock dari Beberapa Proporsi Campuran, dengan kadar abu 10 %; 20 % dan 30 %.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin tinggi perbandingan antara semen dan agregat, kekuatan akan semakin rendah. Pada SNI 03-0349-1989, tentang bata beton untuk pasangan dinding disebutkan mengenai tingkat mutu bata beton berlobang (conblock), yaitu tingkat mutu I (70 kgf/cm²), mutu II (50 kgf/cm²), mutu III (35 kgf/cm²) dan mutu IV (20 kgf/cm²).

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada proporsi campuran 1 : 10 untuk kadar abu 20% dan 30% termasuk tingkat mutu I dengan rata-rata kuat tekan diatas 70 kgf/cm², sedangkan untuk kadar abu 10% termasuk tingkat mutu II. Pada proporsi campuran 1 :

12 dengan kadar abu 20% termasuk tingkat mutu II sedangkan untuk kadar abu 10% dan 30% termasuk kedalam tingkat mutu III.

Dari uji coba proporsi campuran ini dapat digunakan sebagai bahan acuan perbandingan campuran dalam pembuatan conblock sesuai kekuatan atau mutu yang ingin dicapai.

Dalam pembuatan conblock pada proporsi campuran 1 : 6 dengan penambahan abu sebesar 20% diperoleh kenaikan kuat tekan sebesar 14,34% dari kuat tekan dengan penambahan abu 10%. Sedangkan untuk penambahan abu sebesar 30% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 5,26%. Kenaikan kuat tekan tersebut ini berarti fungsi abu dalam conblock memberikan dampak positif terhadap kekuatan, karena conblock menjadi semakin padat dan kompak sehingga lebih kuat dan stabil.

Uji Statistik

Pengujian statistik dilakukan pada selang kepercayaan 95% yaitu kriteria alpha 0,05. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan SPSS 16.0 for Windows.

Tabel 6. Hasil Uji Statistik

Faktor	DB	JK	KT	F	Sig.
Campuran	3	26660,720	8886,907	974,228	0,000**
Kadar Abu	2	2251,000	1125,500	123,383	0,000**
Campuran x Kadar Abu	6	27,640	4,607	0,505	0,802 ^{tn}
Galat	60	547,320	9,122		

Keterangan: * = nyata, ** = sangat nyata, tn= tidak nyata

Dari hasil uji statistik pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa faktor campuran dan faktor kadar abu memberikan pengaruh nyata terhadap kuat tekan dengan signifikansi hasil perhitungan berada dibawah nilai 0,05. Hal tersebut membuktikan bahwa penggunaan abu pada pembuatan conblock memberikan pengaruh yang signifikan pada peningkatan kuat tekan conblock.

4. KESIMPULAN

Pasir Merapi yang digunakan dalam penelitian memiliki sifat fisis yang memenuhi syarat ASTM C33/C3M sehingga sangat baik digunakan sebagai agregat halus dalam pembuatan mortar dan conblock. Sedangkan untuk abu Merapi memiliki butiran yang sangat halus dengan bagian yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) sebesar 66,2%, sehingga sangat cocok untuk bahan substitusi/filler dalam pembuatan mortar ataupun conblock. Unsur kimia yang terkandung dalam abu Merapi didominasi oleh silika dan alumina dan termasuk kedalam pozolan tipe F sesuai ASTM C618 dengan jumlah unsur $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ sebesar 83,32%.

Dalam uji coba pembuatan mortar dengan berbagai variasi kadar abu diperoleh nilai optimal sebesar 20% dari jumlah pasir, sehingga nilai ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pemanfaatan untuk berbagai pekerjaan konstruksi di lapangan. Mortar dengan perbandingan 40% pasir : 60% abu dapat memenuhi syarat mutu mortar tipe M dengan kuat tekan minimum sebesar 17,2 MPa atau 172 kg/cm². Sedangkan untuk mortar dengan perbandingan 20% pasir : 80% abu serta mortar dengan menggunakan 100% abu dapat memenuhi syarat mutu mortar tipe S dengan kuat tekan minimum sebesar 12,4 MPa atau 124 kg/cm².

Dalam pembuatan conblock pada proporsi campuran 1 : 6 dengan penambahan abu sebesar 20% diperoleh kenaikan kuat tekan sebesar 14,34% dari kuat tekan dengan penambahan abu 10%. Sedangkan untuk penambahan abu sebesar 30% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 5,26%.

Dengan hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan pemanfaatan abu dan pasir Merapi sekaligus menunjang kegiatan industri konstruksi yang saat ini sedang dilaksanakan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah menyumbangkan tenaga dan pemikirannya sehingga tersusunnya tulisan ini, terutama kami tujukan kepada yang terhormat Ibu Kepala Pusat Litbang Permukiman yang memberi kesempatan dan kepercayaannya dalam melakukan penelitian pemanfaatan pasir dan abu Merapi untuk *conblock* ini. Ucapan terima kasih juga kami tujukan kepada rekan-rekan peneliti dan teknisi di Laboratorium Bahan Bangunan Pusat Litbang Permukiman atas segala bantuan dan sumbang pemikirannya.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. 1991. *Spesifikasi Khusus (Suplemen Buku 3), untuk Campuran Aspal Emulsi*, Ditjend Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
2. Aryenti. 1999. *Pemberdayaan Masyarakat dalam Pembangunan Kota Berwawasan Lingkungan*. Jurnal Penelitian Pemukiman, Bandung.
3. Devananta, S. A., 2011. *Optimalisasi Pemanfaatan Material Gunung Merapi Untuk Kesejahteraan Masyarakat Korban Letusan Gunung Merapi*. Artikel di <https://arisyoran.wordpress.com/2011/01/15/optimalisasi-pemanfaatan-material-gunung-merapi-untuk-kesejahteraan-masyarakat-korban-letusan-gunung-merapi/>. Diakses tanggal 14 Februari 2013.
4. Firmanti, A., 2012. *Analisis Pengembangan Unit Produksi Conblock dan Paving Block Berbasis Limbah dalam Rangka Mendukung Pembangunan Rumah Murah*. Jurnal Permukiman Volume 7, No. 1 halaman 5 - 12, Bandung.
5. Hardiani, H., Sugesty, S., 2009. *Pemanfaatan Limbah Sludge Industri Kertas untuk Bata Beton (conblock)*, Berita Selulosa Volume 44, No. 2 halaman 86 – 98, Bandung.
6. Kusumastuti, E., 2012. *Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Merapi Sebagai Geopolimer (Suatu Polimer Anorganik Aluminosilikat)*. Jurnal MIPA, Universitas Negeri Semarang.
7. Lasino, Sugiharto, B., Cahyadi, D., 2011. *Pemanfaatan Pasir dan Debu Merapi untuk Bahan Konstruks*. Prosiding SPPIS BSN, halaman 19 - 34, Yogyakarta,
8. Paripurno E. T.,... 2011. *Pasir dan abu vulkanik bernilai ekonomi*, Yogyakarta, diunduh pada tanggal 14 Pebruari 2013 dari: <http://khatulistiwa.info/gunung/42-gunungmerapi.html>
9. Pramono, Y., 2014. *Lahar Dingin*. Artikel di <http://geologitambangsmk.blogspot.com/2014/02/lahar-dingin.html>. Diakses tanggal 6 Januari 2015.
10. Prihatmaji, P.Y., 2000. *Penggunaan Sumber Daya Lokal dan Fabrikasi sebagai alternatif Pembangunan Rumah Biaya Rendah*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
11. Rahajani. B. S., 2014. *Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Merapi Variasi 25% dan 30% sebagai Bahan Substitusi Semen pada Beton Non Pasir untuk Struktur Bronjong*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil, UGM. Diunduh tanggal 6 Mei 2014, dari http://etd.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=67540
12. Indonesia. 2002, *Metode uji kotoran organik dalam pasir untuk campuran mortar dan beton*, SNI 03-2816, Jakarta:BSN.
13. Indonesia. 2004, *Spesifikasi agregat untuk beton*, SNI No 03-1750, Jakarta: BSN

14. Indonesia. 2002, *Metode pengujian mutu air untuk digunakan dalam beton*, SNI 03-6817-2002, Jakarta: BSN
15. Indonesia. 2008, *Metode pengujian kadar air agregat*, SNI 1965-2008, Jakarta: BSN
16. Indonesia. 2002, *Metode pengujian kadar lumpur agregat*, SNI 03-4428-2002, Jakarta: BSN
17. Indonesia. 2008, *Metode pengujian penyerapan air agregat*, SNI 1970-2008, Jakarta: BSN
18. Indonesia. 2008, *Metode pengujian berat jenis agregat*, SNI 1969-2008, Jakarta: BSN
19. Indonesia. 2002, *Metode pengujian kadar zat organik agregat halus*, SNI 03-2816-2002, Jakarta: BSN
20. Indonesia. 2002, *Metode pengujian bobot isi agregat*, SNI 03-4804-2002, Jakarta: BSN
21. Uphoff, N., 1988. *“Menyesuaikan Proyek pada Manusia” Mengutamakan manusia di dalam Pembangunan*. Publikasi Bank Dunia. UI Press. Jakarta.
22. Watson, DA. 1972. *Construction materials and processes*. Mc Graw Hill Book Company.