

Pemanfaatan Limbah Marmer Hasil Olahan Industri Batu Marmer pada Bata Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*)

Candra Aditya¹, Abdul Halim², Silviana³

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

²Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

³Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang

ABSTRACT

This study is further research to develop alternative materials that originated waste. Waste that is used is the marble waste processed products in marble industry. This marble waste will be used in the manufacture of lightweight brick CLC (Cellular Lightweight Concrete). This research creates innovation of environmentally friendly building materials production and economic value without compromising quality. The research objective was to determine the effect the replacement of river sand with marble sand on the physical properties (water absorption and spesific gravity) and mechanical properties (compressive strength) lightweight brick CLC. The method used is a method of experimentation and testing in the laboratory with six variations of the material composition. The use of marble sand on a lightweight brick CLC lead to an increase in the average compressive strength when compared with lightweight brick CLC without sand marble, but cause a decrease in the use of marble sand 100%. The resulting quality is the quality level brick III (for non-structural walls are not protected). Replacement of river sand with marble sand results in increased water absorption. Judging from the absorption of water, the resulting lightweight brick CLC is the quality level brick II. The composition of the mixture light brick CLC most optimal in terms of density, water absorption and compressive strength that meets the standards is in the composition of the first PC: 0.4 Ps: 1.6 PSL compressive strength 18.53 kg / cm², a specific gravity of 0.96 g / cm³, water absorption of 38.69%.

Keywords: *Cellular Lightweight Concrete, marble waste, compressive strength.*

ABSTRAK

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan untuk mengembangkan bahan material alternatif yang berasal limbah. Limbah yang digunakan adalah limbah marmer hasil olahan industri batu marmer. Limbah marmer ini akan dipakai dalam pembuatan bata ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Penelitian ini menciptakan inovasi produksi bahan bangunan ramah lingkungan dan mempunyai nilai ekonomis tanpa mengurangi mutunya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengan pasir marmer terhadap sifat fisik (penyerapan air dan berat jenis) dan sifat mekanik (kuat tekan) bata ringan CLC. Metode yang dipakai adalah metode eksperimen dan pengujian di laboratorium dengan enam variasi komposisi bahan. Penggunaan pasir marmer pada bata ringan CLC menimbulkan kenaikan pada kuat tekan rata-rata jika dibandingkan dengan bata ringan CLC tanpa pasir marmer, tetapi menimbulkan penurunan pada penggunaan pasir marmer 100%. Mutu yang dihasilkan adalah tingkat mutu bata III (untuk dinding non struktural tak terlindungi). Penggantian pasir sungai dengan pasir marmer mengakibatkan kenaikan penyerapan air. Ditinjau dari penyerapan air, bata ringan CLC yang dihasilkan adalah tingkat mutu bata II. Komposisi campuran bata ringan CLC paling optimal ditinjau dari berat jenis, penyerapan air dan kuat tekan yang memenuhi standar adalah pada komposisi 1 PC : 0,4 Ps : 1,6 PsL dengan kuat tekan 18,53 kg/cm², berat jenis optimal 0,96 gram/cm³, penyerapan air 38,69%.

Kata Kunci: bata ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*), limbah marmer, kuat tekan.

PENDAHULUAN

Berkembangnya industri perumahan akan sangat berpengaruh pada kenaikan kebutuhan akan bahan - bahan bangunan. Bahan bangunan yang paling dominan dalam perumahan adalah bata. Bata menjadi bahan utama karena dipakai sebagai dinding, sekat dan bagian-bagian bangunan lainnya. Kebutuhan bata yang terus meningkat mendorong munculnya beberapa macam bahan alternative pengganti bata dari tanah antara lain bata ringan baik AAC (*AutoClave Aerated Concrete*) maupun CLC (*Cellular Lightweight Concrete*), suatu bahan bangunan yang memiliki

keunggulan dalam bentuk yang dapat menyesuaikan dengan kebutuhan, spesifikasi teknis dan daya tahan yang kuat, kecepatan pelaksanaan konstruksi serta ramah lingkungan. Bata ringan memiliki harga yang relatif lebih mahal dari bata konvensional. Tetapi pada pengerjaan konstruksi secara keseluruhan dengan menggunakan bata konvensional tidak selalu lebih murah daripada menggunakan beton ringan.

Beberapa tahun terakhir, penggunaan berbagai macam produk limbah dalam konstruksi sipil telah mendapat perhatian sehubungan dengan terbatasnya dan mahalnya material konvensional seperti agregat maupun semen. Adanya isu global mengenai lingkungan hidup juga menambah perhatian akan pentingnya pemanfaatan limbah. Dalam suatu proses industri biasanya akan dihasilkan produk utama, produk samping dan sisa atau limbah. Pada industri pengolahan batu marmer produk utama yang dihasilkan berupa marmer dalam berbagai macam bentuk dan jenis yaitu antara lain lantai dan dinding marmer, hasil kerajinan marmer dan lain-lain. Produk samping berupa kerajinan tangan dengan ukuran kecil dan limbahnya merupakan hasil gergajian atau ukiran yang berupa kerikil atau pasir. Limbah yang berupa pasir marmer merupakan limbah utama yang dihasilkan dari hasil olahan industri batu marmer ini. Pada umumnya limbah ini sudah dimanfaatkan oleh masyarakat tetapi tidak mempunyai nilai ekonomis yang tinggi atau murah karena jumlahnya yang berlimpah. Untuk mengatasi masalah ini perlu dicari dan dikembangkan teknologi pemanfaatan limbah untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan.

Beberapa penelitian tentang material limbah marmer ini telah dilakukan. Dari hasil beberapa penelitian sebelumnya ternyata material limbah marmer sangat potensial untuk terus dikembangkan sebagai bahan alternatif pada pembuatan bahan bangunan karena selain ketersediaan limbah marmer ini cukup banyak juga terbukti bisa dipakai sebagai bahan pengganti material seperti pasir dan semen yang mampu meningkatkan mutu bahan bangunan. Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya yang mengoptimalkan pemanfaatan limbah marmer berupa pasir sebagai bahan pengganti peran pasir pada pembuatan bata ringan CLC. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengan pasir marmer sifat fisik (penyerapan air dan berat jenis) dan sifat mekanik (kuat tekan) bata ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*).

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan limbah marmer antara lain penelitian tentang Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi (FILLER) pada Campuran Beton Aspal Lapis Permukaan Jalan [1]. Penelitian lain yaitu Pecahan Marmer sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC)" [2]. Serta penelitian Alternatif pengganti agregat kasar (batu pecah) dalam beton dengan menggunakan limbah batu marmer [3].

Penelitian tentang penggantian pasir dengan pasir marmer pada genteng beton dengan hasil beban lentur genteng beton meningkat sebesar 327,86 N (29,26%) dari genteng beton normal (0% pasir marmer) [4]. Penggantian pasir dengan pasir onyx pada paving block menghasilkan peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan kuat tekan paving block tanpa pasir onyx [5]. Penggantian pasir sungai dengan pasir marmer dan semen portland dengan serbuk limbah marmer pada pembuatan genteng beton dan paving block menghasilkan penurunan pada berat dan kuat lentur tapi masih layak dan memenuhi syarat SNI 0096:2007 [6].

Penelitian lain tentang limbah marmer adalah penggunaan limbah marmer pada paving block beton dengan hasil kekuatan mekanik menurun dengan meningkatnya jumlah limbah marmer, sementara daya tahan dan abrasi dan ketahanan aus meningkat [7]. Penggunaan limbah marmer dan granit pada brick beton [8], serbuk limbah marmer pada beton [9] dan pemanfaatan lumpur marmer, limbah styrofoam dan abu layang batubara untuk pembuatan bata beton berlubang yang menghasilkan kuat tekan lebih besar daripada batako pasaran dan memenuhi baku mutu lingkungan.

Penelitian tentang penggunaan limbah marmer pada paving block menghasilkan paving yang sudah sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996 dan menghasilkan paving block mutu B (20 Mpa). Penggunaan limbah marmer pada genteng beton menghasilkan genteng beton yang sudah sesuai dengan standar SNI 0097-2007 dengan beban lentur antara 1372 N dan 1444 N [10].

Kemudian dilanjutkan lagi penelitian tentang pasir limbah marmer untuk bata beton yaitu penggunaan pasir marmer pada bata beton pejal dan berlubang menghasilkan bata beton yang memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Bata beton pejal dengan limbah marmer 20 % menghasilkan tingkat mutu bata III dan bata beton berlubang menghasilkan tingkat mutu bata II. Komposisi campuran bata beton pejal paling optimal ditinjau dari berat jenis, penyerapan air dan kuat tekan pada komposisi 1PC : 4.32Ps : 0.68PsL : 1AB : 1FA dengan berat jenis 1.87 gram/cm³, penyerapan air 10.15 % dan kuat tekan 61.05kg/cm² sedangkan bata beton berlubang pada komposisi 1PC : 4.07Ps : 0.93PsL : 1AB : 1FA dengan berat jenis 2.13gram/cm³, penyerapan air 10.21% dan kuat tekan 50.58 kg/cm². Dari hasil penelitian tahun pertama ini menunjukkan bahwa limbah marmer layak dipakai sebagai bahan pengganti pasir sungai untuk pembuatan bata beton ringan dan berlubang [11].

A. Bata Ringan

Teknologi pembuatan Bata Ringan yang sering digunakan pada dinding bangunan adalah AAC (*AutoClave Aerated Concrete*) dan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Kedua jenis bata ringan ini terbuat dari bahan dasar semen, pasir dan kapur, yang berbeda adalah cara pembuatannya. Menurut Lee, Abe. (2005) bata ringan AAC adalah beton selular dibuat berpori-pori dengan adanya gelembung udara yang disebabkan oleh reaksi kimia yaitu bubuk aluminium sebagai pasta pengembang yang membuat beton menjadi mengembang. Prinsipnya seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan. Pengerasan dilakukan dengan memasukkan kedalam chamber bertekanan dengan suhu tinggi atau disebut Autoclave. Inilah yang membuat teknologi ini menjadi sangat mahal dan tidak fisible dibuat untuk sekala menengah dan kecil.

Sedangkan menurut Kristanti, N., Tansajaya, A. dalam Goritman (2011) bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses curing secara alami. Pada CLC agregat kasar seperti pada beton konvensional diganti dengan udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan ketika proses pencampuran adonan tidak terjadi reaksi kimia, foam/busanya berfungsi sebagai media untuk membungkus udara. Teknologi ini menggunakan busa (*microbubble*) yang dihasilkan mesin Foam Generator menggunakan bahan baku Foam Agent yang diencerkan dengan air. Foam ini dicampurkan kedalam adonan semen-pasir selama proses pengadukan dengan Mixer. Pengerasan dilakukan hanya dengan diangin-anginkan selama 10 jam untuk bisa dikeluarkan dari cetakan/molding bata dan disimpan ke tempat pengerasan (*curing area*). Bata ringan CLC ini dapat digunakan dalam konstruksi setelah berumur 20 hari. Teknologi CLC ini cukup sederhana sehingga investasi sangat jauh lebih murah dibandingkan dengan teknologi AAC. Teknologi ini tidak hanya sebatas untuk membuat batu bata, tapi juga bisa digunakan untuk insulator panas pada atap, dinding precast, dinding cor langsung, elevasi lantai, dan masih banyak kegunaan lainnya [12].

Bahan baku bata ringan CLC salah satunya adalah pasir. Hampir semua jenis pasir dapat digunakan, namun untuk mendapatkan hasil/nilai ekonomis dalam produksi diusahakan menggunakan pasir yang halus dan kandungan lumpur yang seminim mungkin. Bahan lain adalah semen dan hampir semua merek semen yang ada dapat digunakan, namun tetap dibutuhkan komposisi yang tepat untuk menghasilkan produk yang baik. Bahan selanjutnya adalah *foam agent* adalah cairan kimia khusus yang diperuntukan dalam pembuatan bata ringan CLC.

Untuk mengetahui resiko terjadinya rembesan air jika dipakai sebagai dinding eksterior dilakukan penelitian terhadap bata ringan AAC dan CLC. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan setelah perendaman, uji absorpsi, uji kapilaritas, uji pengeringan, dan uji pengembangan. Didapat hasil pengujian bahwa setelah direndam air kuat tekan semua tipe bata ringan mengalami penurunan, kecuali untuk bata ringan yang telah direndam air selama 7 hari tidak mengalami penurunan kuat tekan. Bata ringan tipe CLC memiliki daya absorpsi dan kapilaritas lebih rendah daripada bata ringan AAC, hal ini disebabkan konektivitas rongga pada bata ringan AAC lebih tinggi dibandingkan bata ringan CLC. Sedangkan pada uji pengembangan setelah direndam air selama 28 hari ternyata bata ringan CLC memiliki nilai strain yang lebih tinggi, dibandingkan dari bata ringan AAC [13].

Penelitian yang membandingkan bata ringan jenis AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) dengan jenis CLC (*Cellular Lightweight Concrete*), Goritman menyatakan kepresisian dimensi AAC lebih akurat dibandingkan CLC. Walaupun ukuran dimensi bata ringan AAC dan CLC adalah sama, ternyata produktivitasnya berbeda dimana bata ringan AAC dapat terpasang seluas 43,62 m² /hari sedangkan bata ringan CLC terpasang 37,75 m²/hari. Dari segi biaya bata ringan AAC lebih mahal dibandingkan bata ringan CLC, harga bata ringan AAC Rp 77.850/m² dan bata ringan CLC Rp. 57.704/m², [12].



Gambar 1. Bata Ringan CLC

B. Limbah marmer

Limbah marmer ini merupakan residu dari industri batu marmer. Proses pembuatan marmer dari batu marmer yang ditambang menghasilkan pecahan dari hasil proses penggergajian. Residu ini berupa kerikil, pasir dan serbuk. Batu marmer diperoleh dari gunung di wilayah Campurdarat Kabupaten Tulungagung. Industri batu marmer menghasilkan marmer berbagai ukuran terutama untuk lantai dan dinding. Limbah marmer yang berupa pasir mempunyai ukuran butiran antara 0,5 mm dan 5 mm, berwarna putih kecoklatan, permukaannya tajam dan keras serta bersih dari lempung dan lumpur sehingga memberikan ikatan yang kuat pada pasta semen.



Gambar 2. Limbah Marmer

Metodologi Penelitian

A. Sampel dan Populasi

Sebelum limbah marmer diolah menjadi bahan baku pada pembuatan bata ringan maka terlebih dahulu harus dilakukan analisis gradasi agregat terhadap pasir marmer untuk mengetahui ukuran agregat limbah marmer yang sesuai.

Benda uji untuk uji kekuatan tekan dan penyerapan air menggunakan bata ringan dengan ukuran sesuai standar SNI 03-0349-1989 [14]. Variasi komposisi pada campuran bata ringan pada setiap perlakuan adalah 6 (enam) macam perlakuan. Setiap uji dipakai 5 (lima) buah benda uji sehingga total benda uji yang diperlukan 90 buah bata ringan CLC. Pemilihan komposisi 1 PC: 2 Pasir yang berfungsi sebagai kontrol ini didasarkan pada komposisi standar pembuatan bata ringan di pasaran. Perinciannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jumlah benda uji untuk bata ringan

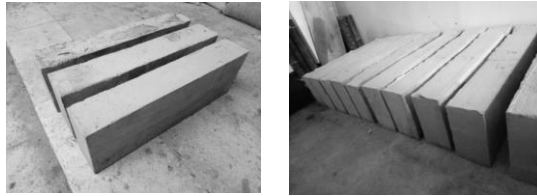
No	Komposisi	Bata Ringan		
		Uji Kuat Tekan	Uji Penyerapan Air	Berat Jenis
1	1 PC : 2 Ps	5	5	5
2	1 PC : 1,6 Ps : 0,4 PsL	5	5	5
3	1 PC : 1,2 Ps : 0,8 PsL	5	5	5
4	1 PC : 0,8 Ps : 1,2 PsL	5	5	5
5	1 PC : 0,4 Ps : 1,6 PsL	5	5	5
6	1 PC : 2 PsL	5	5	5
	Jumlah	30	30	30

Keterangan :

PC = Portland Cement

Ps = Pasir sungai

PsL = Pasir Limbah Marmer



Gambar 2. Bata ringan CLC dari limbah marmer

B. Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik bata ringan CLC dengan penggantian pasir sungai dengan pasir marmer, maka dilakukan sejumlah pengujian di laboratorium. Pengujian dimulai dengan pengujian pendahuluan berupa pengujian unsur fisik limbah marmer yang meliputi berat jenis, penyerapan, modulus halus dan gradasi. Dilanjutkan perencanaan komposisi (*mix design*) dan pembuatan campuran bata ringan. Berikutnya adalah pembuatan benda uji, pemeliharaan benda uji serta pengujian kekuatan benda uji yang meliputi uji kuat tekan, penyerapan air dan berat jenis. Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan, analisis statistik dan pembahasan serta menyimpulkan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

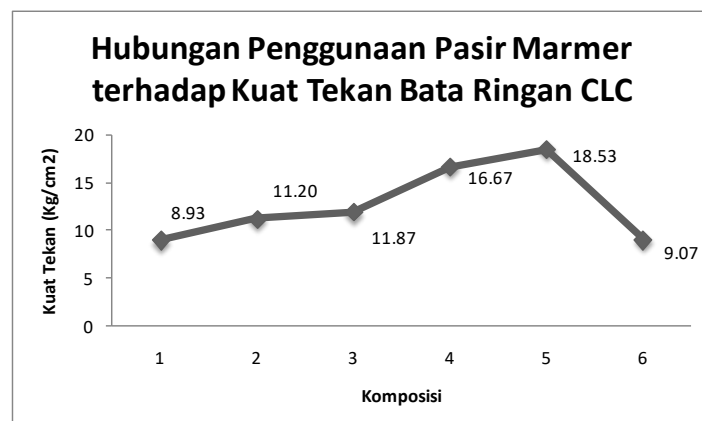
A. Kuat Tekan Bata Ringan CLC

Hasil uji kuat tekan bata ringan CLC adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kuat Tekan Bata Ringan CLC

No	Komposisi	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
1	1 PC : 2 Ps	8.93
2	1 PC : 1,6 Ps : 0,4 PsL	11.20
3	1 PC : 1,2 Ps : 0,8 PsL	11.87
4	1 PC : 0,8 Ps : 1,2 PsL	16.67
5	1 PC : 0,4 Ps : 1,6 PsL	18.53
6	1 PC : 2 PsL	9.07

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2016



Gambar 3. Grafik Hubungan Penggunaan Pasir Marmer terhadap Kuat Tekan Bata Ringan CLC

Hasil uji kuat tekan bata ringan CLC serta uji statistiknya menunjukkan bahwa penggunaan limbah marmer berupa pasir berpengaruh nyata dan menimbulkan perbedaan terhadap kuat tekan bata ringan CLC.

Penggantian pasir dengan pasir marmer pada bata ringan CLC menimbulkan kecenderungan kenaikan kuat tekan seiring dengan kenaikan prosentase pemakaian limbah marmernya. Pada pemakaian pasir limbah marmer 20% menimbulkan kenaikan kuat tekan sebesar 25,37% dari komposisi acuan 1PC : 2Ps. Pada pemakaian limbah pasir marmer 40% menimbulkan kenaikan kuat tekan bata ringan CLC sebesar 32,84%, pemakaian 60% meningkatkan kuat tekan bata ringan 86,57% dan pada pemakaian 80% pasir marmer menimbulkan kenaikan kuat tekan 107,46%. Tetapi pada pemakaian pasir marmer 100% mengalami penurunan kuat tekan tetapi tetap masih diatas kuat tekan acuan tanpa limbah marmer. Kuat tekan tertinggi bata ringan CLC terjadi pada komposisi 1PC : 0,4Ps : 1,6PsL sebesar 18,534 kg/cm².

Penggunaan limbah marmer sebagai pasir sungai menghasilkan kuat tekan bata ringan CLC sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989 yaitu tingkat mutu bata III (untuk dinding non struktural tak terlindungi).

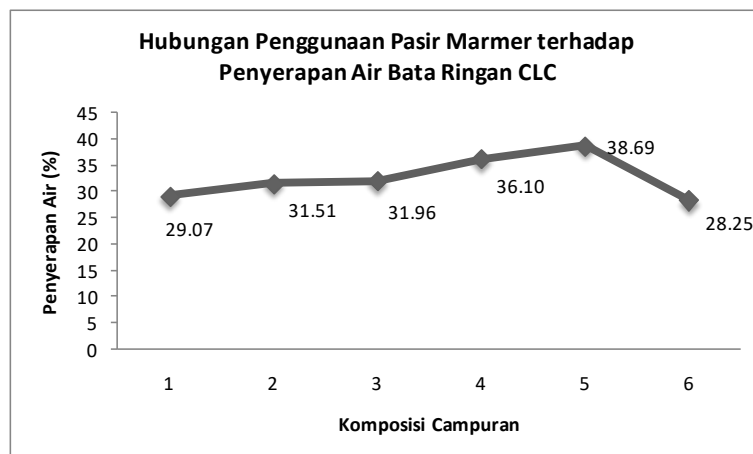
E. Penyerapan Air Bata Beton Pejal dan Berlubang

Hasil pengujian penyerapan air bata beton pejal dan berlubang adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Penyerapan Air Bata Beton Pejal dan Berlubang

No	Komposisi	Penyerapan Air (%)
1	1 PC : 2 Ps	29.07
2	1 PC : 1,6 Ps : 0,4 PsL	31.51
3	1 PC : 1,2 Ps : 0,8 PsL	31.96
4	1 PC : 0,8 Ps : 1,2 PsL	36.10
5	1 PC : 0,4 Ps : 1,6 PsL	38.69
6	1 PC : 2 PsL	28.25

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2016



Gambar 4. Grafik Hubungan Penggunaan Pasir Marmer terhadap Penyerapan Air Bata Ringan CLC

Penggunaan pasir limbah marmer berpengaruh terhadap penyerapan air bata ringan CLC. Penggantian pasir sungai dengan pasir marmer berakibat pada kenaikan penyerapan air bata ringan sebesar 8% - 33% dari komposisi acuan 1PC : 2Ps. Tetapi pada penggantian pasir sungai dengan pasir limbah marmer 100% terjadi kenaikan penyerapan sebesar 2% . Penyerapan air terendah bata beton ringan CLC terjadi pada komposisi 1PC : 2PsL sebesar 28,25%. Penggunaan limbah marmer menghasilkan penyerapan air bata beton ringan sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989 yaitu tingkat mutu bata II.

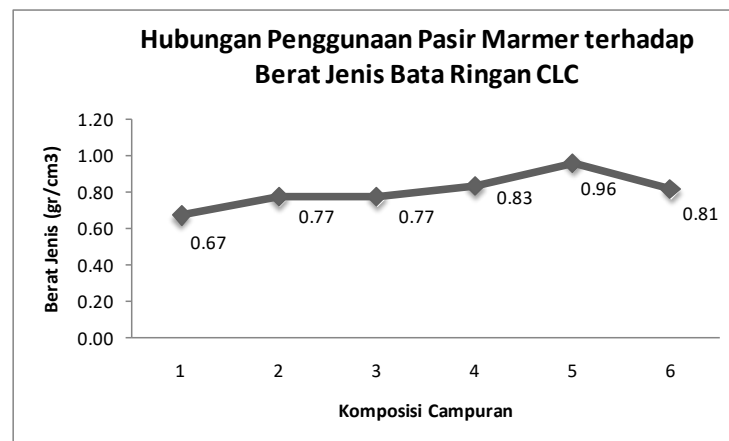
F. Berat Jenis Bata Ringan CLC

Hasil pengujian berat jenis bata ringan CLC adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Berat Jenis Bata Beton Pejal

No	Komposisi	Berat Jenis Bata Ringan CLC (gram/cm ³)
1	1 PC : 2 Ps	0,67
2	1 PC : 1,6 Ps : 0,4 PsL	0,77
3	1 PC : 1,2 Ps : 0,8 PsL	0,77
4	1 PC : 0,8 Ps : 1,2 PsL	0,83
5	1 PC : 0,4 Ps : 1,6 PsL	0,96
6	1 PC : 2 PsL	0,81

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2016



Gambar 5. Grafik Hubungan Penggunaan Pasir Marmer terhadap Berat Jenis Bata Ringan CLC

Penggantian pasir sungai dengan pasir marmer berpengaruh terhadap berat jenis bata ringan CLC. Bertambahnya prosentase pasir marmer menyebabkan terjadinya kenaikan berat jenis yaitu sebesar 14% - 42% dari komposisi acuan 1PC : 2Ps. Berat jenis terendah bata ringan CLC terjadi pada komposisi 1PC : 1,6Ps : 0,4PsL dan 1PC : 1,2Ps : 0,8PsL sebesar 0,77 gram/cm³ atau 770 kg/m³.

KESIMPULAN

Penggunaan limbah marmer berupa pasir marmer bisa dipakai sebagai agregat pada bata ringan CLC yang menghasilkan bata ringan yang sesuai standar. Hasil uji statistik menerangkan bahwa variasi perlakuan pada komposisi campuran bata ringan dengan limbah marmer berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan, penyerapan air dan berat jenis.

Penggunaan pasir marmer menimbulkan kenaikan pada kuat tekan rata-rata jika dibandingkan dengan bata ringan CLC tanpa pasir marmer, tetapi menimbulkan penurunan pada penggunaan pasir marmer 100%. Bata ringan CLC dengan limbah marmer menghasilkan tingkat mutu bata III (untuk dinding non struktural tak terlindungi). Penggantian pasir sungai dengan pasir marmer mengakibatkan kenaikan penyerapan air. Ditinjau dari penyerapan air, bata ringan CLC yang dihasilkan adalah tingkat mutu bata I.

Komposisi campuran bata ringan CLC paling optimal ditinjau dari berat jenis, penyerapan air dan kuat tekan yang memenuhi standart adalah pada komposisi 1 PC : 0,4 Ps : 1,6 PsL dengan kuat tekan 18,53 kg/cm², berat jenis optimal 0,96 gram/cm³, penyerapan air 38,69%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hustim, Muralia, 2005. *Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi (FILLER) pada Campuran Beton Aspal Lapis Permukaan Jalan.*, [http:// www.LPUnhas.go.id](http://www.LPUnhas.go.id),

- [2] M. Wihardi, Tjaronge , dkk., 2006. *Pecahan Marmer sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC)*. Jurnal Desain Dan Konstruksi Vo. 5 No. 1 Juni 2006, Makasar.
- [3] Zuraidah, S; Arif, R. 2007. “*Pengaruh Penggunaan Limbah Pecahan Marmer Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton*”, Jurnal Rekayasa Perencanaan Vol. 3 No. 3 Juni 2007.
- [4] Aditya, Candra. 2010. “*Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Kuat Lentur, Rembesan dan Penyerapan Air Genteng Beton* ” Jurnal Ilmiah “Widyateknika” Vol. 18 No. 2 / Oktober 2010 Hal. 7 - 13 Fakultas Teknik Universitas Widyagama, Malang.
- [5] Aditya, Candra, 2011. “*Penggunaan Limbah Pasir Onyx Sebagai Substitusi Pada Pembuatan Paving Block*”, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Widyagama, Malang.
- [6] Aditya, Candra, 2013. “*Pemanfaatan Limbah Marmer dan Onyx sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan*”, Laporan Penelitian tahun 1, Universitas Widyagama, Malang, 2013.
- [7] Gencel,O., et al., 2012. “*Properties Of Concrete Paving Blocks Made With Waste Marble*”, Journal of Cleaner Production 21 pp. 62-70.
- [8] Hamza, R. Dkk, 2011. “*Marble and Granite Waste: Characterization and Utilization in Concrete Bricks*”, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 1, No. 4, November 2011.
- [9] Sakalkale, A. et al, 2014. “*Experimental Study on Use of Waste Marble Dust in Concrete*” Int. Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 10 (Part - 6), October 2014, pp.44-50.
- [10] Aditya, C., Halim, A., Chauliah, P., 2014. “*Waste Marble Utilization from Residue Marble Industry as a Substitution of Cement and Sand within Concrete Rooftile Production*”, International Journal of Engineering Research, Volume No.3, Issue No.8, pp : 501-506.
- [11] Aditya, C., Halim, A., Silviana, 2016. “*Pemanfaatan Limbah Marmer dan Serbuk Silika pada Industri Bata Beton Pejal dan Belubang*”, Proceeding Nasional Green Technology Innovation SENIATI 2016
- [12] Goritman., Irwangsa., Kesuma (2011), “*Studi Kasus Perbandingan Berbagai Bata Ringan dari Segi Material, Biaya, dan Produktivitas* ” <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/389>.
- [13] R. Jos., Lukito, 2011. “*Influence of Water Absorption on Properties of AAC and CLC Lightweight Concrete Brick*”, Prosiding Konferensi Teknik Sipil Asean ke-4, Yogyakarta.
- [14] Departemen Pekerjaan Umum, ”SNI 03-0349-1998. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*” Yayasan LPMB, Jakarta.1989.
- [15] Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-0348-1998 .*Mutu dan Cara Uji Bata Beton Berlubang*. Yayasan LPMB, Jakarta.1989.
- [16] Hebhoub, H., Aoun, H., Belachia, M., Houari, H., Ghorbel, E., 2011. “*Use Of Wastemarble Aggregates In Concrete*”. Construction and Building Materials 25, 1167-1171.