

**PEMANFAATAN ABU TERBANG DAN SERBUK GERGAJI
UNTUK PEMBUATAN MORTAR RINGAN GEOPOLIMER**
**The Utilization of Fly Ash and Sawdust for the Manufacture
of Lightweight Geopolymer Mortar**

¹ Dany Cahyadi, ² Triastuti, ³ Anita Firmanti, ⁴ Bambang Subiyanto

^{1,3} Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393

E-mail : danicahyadi@puskim.pu.go.id

E-mail : anitafirman150660@gmail.com

² UPT Biomaterial-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Jl. Raya Bogor Km.46, Cibinong-Bogor

E-mail : threear23@gmail.com

⁴ Pusat Inovasi- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Jl. Jenderal Gatot Subroto No. 10, Jakarta Pusat

E-mail : subyanto@cbn.net.id

Diterima : 05 Desember 2011; Disetujui : 29 Mei 2012

Abstrak

Pemanasan global telah menjadi permasalahan hampir di semua negara saat ini. Salah satu penyebabnya adalah emisi karbondioksida yang dihasilkan dari pembuatan semen. Pengurangan emisi karbondioksida dapat dilakukan dengan cara mengurangi penggunaan semen dalam pembuatan beton dan memanfaatkan material tambahan yang mempunyai sifat seperti semen sebagai bahan penggantinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu terbang dan serbuk gergaji terhadap sifat fisik dan mekanik mortar ringan geopolimer. Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan meliputi abu terbang, serbuk gergaji akasia mangium, pasir, agregat ringan, larutan Natrium hidroksida (NaOH) dan larutan Natrium Silikat. Perbandingan semen - pasir dan abu terbang - pasir yaitu 1 : 2 (berdasarkan berat) dengan rasio air-semen sebesar 0,25; 0,3 dan 0,35, dengan variasi kadar serbuk gergaji yang dipakai adalah 10%; 20%, 30% dan 40%. Komposisi antara larutan Natrium hidroksida dan larutan Natrium Silikat adalah 1 : 2 (berdasarkan volume). Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 7 hari dan 28 hari untuk mortar geopolimer dan mortar kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian semen Portland dengan abu terbang serta penambahan larutan Natrium hidroksida dan larutan Natrium Silikat ke dalam campuran dapat meningkatkan kuat tekannya sampai 19,7 Mpa dibandingkan dengan kuat tekan mortar kontrol sebesar 15,3 MPa. Sedangkan penambahan kadar serbuk gergaji ternyata menurunkan kuat tekan menjadi 8,1 MPa.

Kata Kunci : Kuat tekan, mortar ringan, geopolimer, abu terbang, serbuk gergaji

Abstract

Today global warming has become a problem in almost every country. One possible cause is carbon dioxide emissions from the cement manufacture. Reduction of carbon dioxide emissions can be done by reducing utilization of cement in concrete production and use additional material that has cementitious materials as replacement material for cement. The purpose of this study was to determine the effect of addition of fly ash and sawdust on the physical and mechanical properties of lightweight mortar geopolymer. The materials used in this study such as fly ash, acacia mangium sawdust, sand, lightweight aggregate, a solution of sodium hydroxide (NaOH) and Sodium Silicate. Portland cement-sand ratio and fly ash-sand ratio is 1 : 2 (by weight) with water-cement ratio of 0,25; 0,3 and 0,35, with variations in levels of sawdust used was 10%, 20%, 30% and 40%. The composition of the solution of Sodium hydroxide and Sodium Silicate solution is 1 : 2 (by volume). Tests conducted after the specimen was 7 days and 28 days for geopolymer mortar and mortar control. The results showed that the replacement of Portland cement with fly ash and the addition of sodium hydroxide solution and a solution of Sodium Silicate to the mix can increase compressive strength up to 19.7 MPa than mortar control which is 15.3 MPa. While the addition of sawdust content was lowered compressive strength to 8.1 MPa.

Keywords : Compressive strength, lightweight mortar, geopolymer, fly ash, sawdust

PENDAHULUAN

Pemanasan global sebagai isu terhangat saat ini merupakan dampak yang diakibatkan oleh efek rumah kaca. Hal ini disebabkan oleh industri pembuatan semen dan pembangunan gedung-gedung bertingkat. Salah satu cara untuk mengurangi emisi karbondioksida adalah dengan dengan cara mengurangi penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan material tambahan yang mempunyai sifat yang menyerupai semen, contohnya abu terbang (*fly ash*), silica fume, terak tanur tinggi, abu sekam padi, metakaolin dan bahan alternatif lainnya (Wallah dan Rangan, 2006).

Serbuk gergaji merupakan partikel halus yang dihasilkan dari penggergajian kayu dalam industri perikanan. Sehingga, kita dapat dengan mudah menemukan limbah ini disekitar kita. Selama ini serbuk gergaji hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, sisanya dibuang di tempat pembuangan sampah. Sehingga pemanfaatan limbah ini belum optimal.

Di Indonesia, abu terbang merupakan limbah buangan yang sudah tidak digunakan lagi dan pemanfaatan limbah abu terbang di Indonesia belum optimal sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu perlu dicarikan alternatif pemanfaatannya yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan menghasilkan bahan konstruksi yang murah, awet, hemat energi dan tidak menghasilkan karbondioksida atau bahan-bahan berbahaya lainnya.

Penelitian geopolimer telah banyak dilakukan diantaranya Hardjito et al 2005; Wallah et al 2006; Sumajouw et al 2006; Rangan 2008. Penelitian ini menghasilkan kuat tekan beton geopolimer yang mempunyai kuat tekan antara 40 MPa sampai 90 MPa yang besarnya sama dengan kuat tekan beton yang menggunakan semen Portland sebagai bahan pengikatnya. Selain itu beton geopolimer mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan beton normal, diantaranya beton geopolimer lebih ekonomis dibandingkan dengan beton normal yang menggunakan semen Portland, lebih tahan terhadap serangan kimia dan juga beton geopolimer menghasilkan susut kering yang lebih kecil daripada beton dari semen Portland (Hardjito dan Rangan, 2005).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik mortar ringan geopolimer, mencari komposisi optimum mortar ringan geopolimer.

METODOLOGI

Dalam pembuatan benda uji, komposisi campuran pada penelitian ini ada 2 macam yaitu 1 semen Portland : 2 pasir dan 1 abu terbang : 2 pasir berdasarkan perbandingan berat dengan variasi kadar serbuk gergaji dari 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% sebagai pengganti pasir. Pasir yang digunakan dalam keadaan kering tanur. Serbuk gergaji dikondisikan dengan kadar air 60% dengan cara menyemprotkan air dan disimpan pada kantong plastik yang kedap sehari sebelum dicampurkan. Rasio air-semen (perbandingan antara air dan semen) untuk mortar geopolimer yaitu 0,25; 0,3 dan 0,35. Molaritas larutan Natrium hidroksida (NaOH) yang digunakan adalah sebesar 8 M. Perbandingan antara larutan Natrium hidroksida dan larutan Natrium Silikat adalah 1 : 2 berdasarkan volume. Penambahan serbuk gergaji dilakukan setelah diketahui perbandingan rasio air-semen pada mortar geopolimer yang menghasilkan kuat tekan terbesar.

Pasir dan abu terbang dicampur dalam *mixer* selama 3 menit. Kemudian ditambahkan campuran larutan Natrium hidroksida dan Natrium Silikat, dan diaduk lagi selama 1 menit. Setelah itu mortar segar dicetak ke dalam cetakan berbentuk kubus ukuran 5x5x5 cm dalam 3 lapisan, setiap lapisan dipadatkan. Cetakan dilepas 1 hari setelah pencetakan. Kemudian benda uji disimpan dalam suhu ruang sampai hari pengujian. Sebelum pengujian dilakukan, mortar terlebih dahulu ditimbang dan diukur diameter dan tingginya.

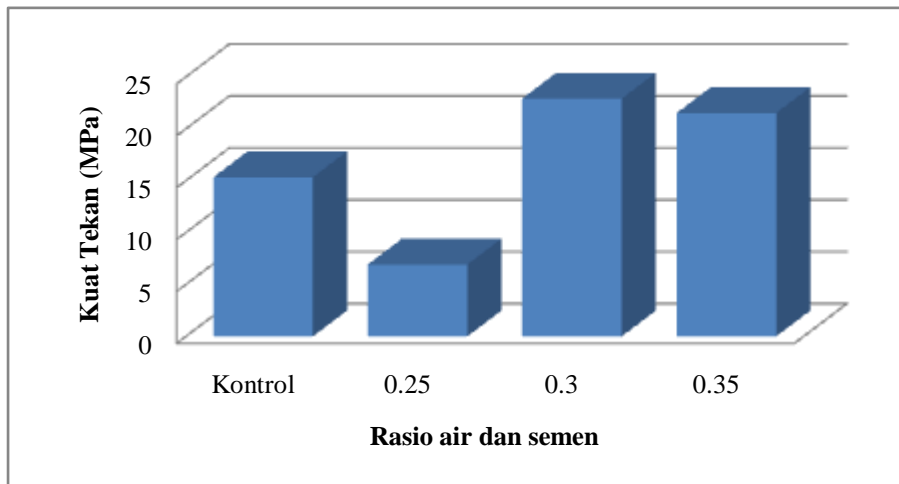
Pengujian kuat tekan benda uji dilakukan dengan Universal Testing Machine dengan kapasitas maksimum pembebanan 10 tf. Metode pengujian kuat tekan sesuai dengan SNI 03-1974-1990. Pelaksanaan pengujian dilakukan pada umur benda uji 7 hari dan 28 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat tekan mortar geopolimer umur 7 hari dengan rasio air-semen 0,3 ditunjukkan pada Gambar 1 yang menghasilkan kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan komposisi lainnya. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa penambahan larutan Natrium hidroksida dan larutan Natrium Silikat dapat meningkatkan kuat tekan pada umur 7 hari. Pengaruh rasio air-semen terhadap sifat kuat tekan mortar geopolimer menunjukkan kenaikan dengan bertambahnya rasio pada rasio 0,3 kemudian terjadi sedikit penurunan pada nilai rasio 0,35. Dari rasio perbandingan air dan semen 0,3 menunjukkan nilai sifat kuat tekan mortar geopolimer yang paling tinggi dibandingkan dengan kontrol maupun dengan variasi yang lain dengan nilai 22,9 MPa.

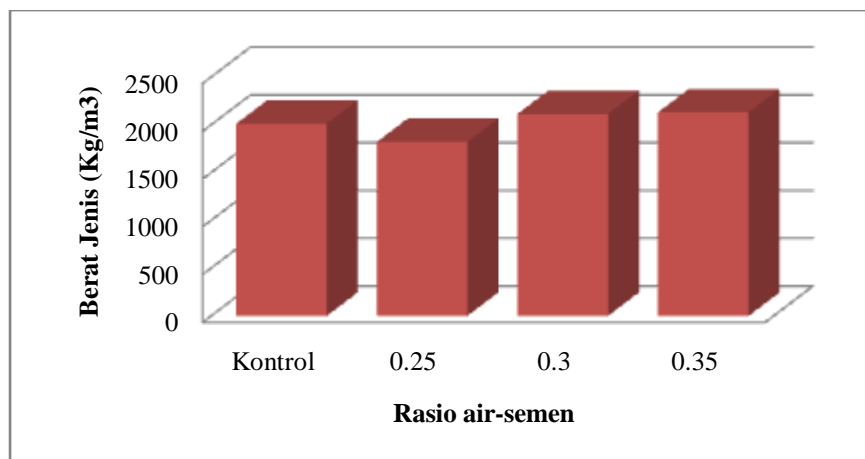
Namun kuat tekan mortar geopolimer dengan rasio air-semen 0,25 menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan mortar kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan abu terbang pada mortar rasio membutuhkan air yang cukup untuk terjadinya proses pengerasan semen, tetapi kelebihan air juga dapat menurunkan kekuatan mortar geopolimer. Dengan demikian dapat diketahui bahwa rasio air-semen yang optimum adalah 0,3 dimana hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hardjito (2004).

Selanjutnya Hardjito dan Rangan (2005) menyatakan bahwa kuat tekan mortar geopolimer berkurang karena meningkatnya rasio berat air dan geopolimer padat. *Trend* ini sama dengan pengaruh rasio antara air dengan semen pada kuat tekan mortar yang menggunakan semen Portland. Hal ini sama dengan pendapat dari Khon Kaen (2006) yang mengatakan bahwa kuat tekan beton atau mortar geopolimer akan menurun karena adanya penambahan air dalam campuran beton atau mortar.



Keterangan : Kontrol = Mortar yang Dibuat Tanpa Menggunakan Abu Terbang (Semen Portland)

Gambar 1 Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari pada Beberapa Rasio Air dan Semen



Gambar 2 Berat Jenis Mortar

Disamping itu penambahan larutan Natrium hidroksida dan larutan Natrium Silikat juga mempunyai peran dalam proses pengerasan semen dan abu terbang. Hal ini dipertegas hasil penelitian Palomo et all (1999) yang menyatakan bahwa larutan alkali berperan penting dalam proses polimerasi yang kemudian menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dari mortar kontrol. Hal ini dikarenakan pada larutan alkali yang menggunakan larutan Natrium Silikat, reaksi-reaksi kimia yang terjadi akan meningkatkan kuat tekan. Kemudian diperkuat hasil penelitian Xu dan

van Deventer (2000) mengatakan bahwa penambahan larutan Natrium Silikat pada larutan Natrium hidroksida sebagai larutan alkali dapat meningkatkan reaksi antara sumber bahan geopolimer dan larutan sehingga menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada mortar tanpa penambahan larutan alkali.

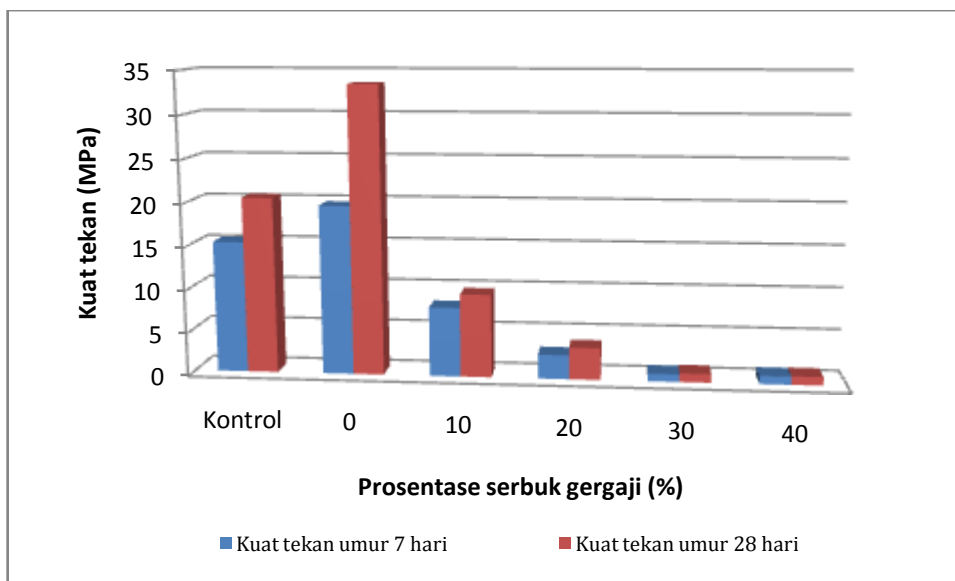
Gambar 2 menunjukkan bahwa perbedaan rasio air-semen kurang signifikan mempengaruhi berat jenis benda uji yang dihasilkan. Keempat komposisi benda uji mempunyai berat jenis yang hampir sama. Namun berat jenis mortar dengan rasio air-

semen 0,3 dan 0,35 lebih besar dari 1.860 kg/m³, sehingga benda uji yang dihasilkan tidak memenuhi kriteria sebagai beton ringan. Selain itu berat jenis kedua komposisi tersebut lebih besar dari berat jenis mortar kontrol.

Berat jenis terbesar dihasilkan oleh mortar geopolimer dengan rasio air-semen 0,35 yaitu sebesar 2.129,3 kg/m³. Berat jenis terkecil dihasilkan oleh mortar geopolimer dengan faktor air semen 0,25 yaitu sebesar 1.810 kg/m³. Sedangkan berat jenis mortar kontrol sebesar 2.010 kg/m³.

Gambar 3 menunjukkan sifat kuat tekan dari geopolimer umur 7 hari dan 28 hari. Dari Gambar tersebut dapat diketahui bahwa sifat kuat tekan dari geopolimer menurun dengan bertambahnya serbuk gergaji ke dalam campuran mortar. Hal tersebut diakibatkan karena serbuk gergaji hanya bersifat sebagai *filler*, sehingga tidak dapat meningkatkan kuat tekan. Sifat kuat tekan dari geopolimer terjadi kenaikan yang signifikan pada mortar geopolimer yang tidak ditambah serbuk gergaji, sedangkan yang ditambah serbuk gergaji peningkatannya tidak signifikan dengan

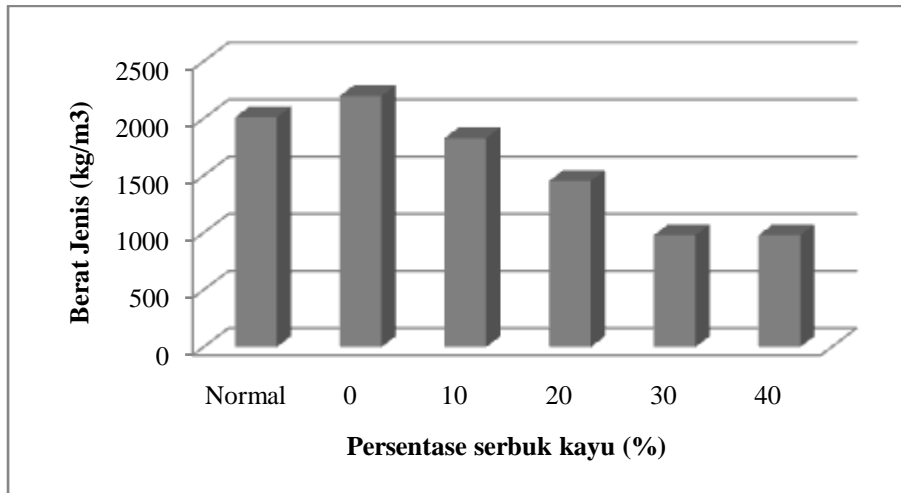
bertambahnya umur mortar dari 7 hari ke 28 hari. Penurunan sifat kuat tekan ini mungkin disebabkan terjadinya penurunan berat jenis mortar yang mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat kuat tekan karena serbuk kayu lebih ringan dibandingkan dengan agregat lainnya. Disamping itu kemungkinan penyebab lainnya adalah kandungan zat ekstraktif pada serbuk gergaji yang cukup tinggi sehingga mempengaruhi proses pengerasan semen. Menurut Subiyanto dan Firmanti (1998) bahwa kandungan zat ekstraktif pada kayu dapat menghambat pengerasan semen, terutama jenis kayu daun lebar mempunyai kandungan zat ekstraktif lebih tinggi dibandingkan dengan kayu daun jarum yang umumnya digunakan sebagai bahan baku papan partikel perekat semen. Kuat tekan terbesar diperoleh pada mortar geopolimer dengan kadar serbuk kayu sebesar 10% pengganti semen yaitu 8,1 Mpa pada umur 7 hari dan 9,6 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan kuat tekan terkecil diperoleh pada mortar geopolimer dengan kadar serbuk gergaji sebesar 40% yaitu 0,96 MPa pada umur 7 hari dan 0,99 MPa pada umur 28 hari.



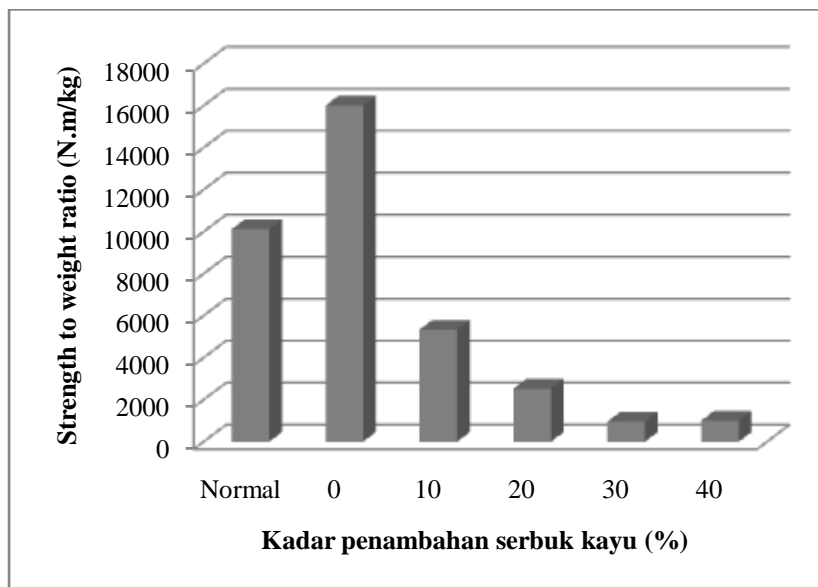
Gambar 3 Kuat Tekan Mortar 7 dan 28 Hari dengan Serbuk Gergaji

Berat jenis mortar geopolimer menurun secara signifikan dengan bertambahnya serbuk gergaji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Penyebab terjadinya penurunan ini adalah berat dari serbuk gergaji ini lebih ringan dibandingkan dengan komponen lain dari bahan mortar geopolimer ini. Dengan terjadinya penurunan berat jenis ini yang menyebabkan sifat kuat tekan dari geopolimer yang dicampur dengan serbuk gergaji. Berat jenis terkecil diperoleh dari mortar geopolimer dengan

kadar serbuk gergaji sebesar 40% yaitu 980 kg/m³. Berat jenis terbesar diperoleh dari mortar geopolimer dengan kadar serbuk gergaji sebesar 10% yaitu 1.830 kg/m³. Dari keempat jenis mortar ini ternyata berat jenisnya kurang dari 1.860 kg/m³ sehingga dapat memenuhi syarat sebagai mortar ringan. Selain itu berat jenis dari semua komposisi mortar geopolimer ini juga lebih kecil dari mortar kontrol yaitu sebesar 2.010 kg/m³.



Gambar 4 Berat Jenis Mortar dengan Serbuk Gergaji



Gambar 5 Rasio Berat-Kuat Tekan dari Mortar dengan Variasi Penambahan Serbuk Gergaji Umur 28 Hari

Gambar 5 menunjukkan rasio berat-kuat tekan atau *specific strength* (N.m/kg) dimana kuat tekan (N/m²) dibagi oleh kerapatan (kg/m³) dari mortar. Dari Gambar 6 terlihat bahwa *specific strength* dari mortar geopolimer yaitu 16.013 N.m/kg lebih tinggi dari mortar normal sebesar 10.123 N.m/Kg.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa kuat tekan mortar geopolimer pada umur 7 hari dan 28 hari lebih tinggi dari pada mortar kontrol yang terdiri dari campuran semen, pasir dan air. Penambahan serbuk gergaji ke dalam campuran mortar geopolimer menyebabkan penurunan kuat tekannya. Berat jenis mortar geopolimer dengan penambahan serbuk gergaji memiliki berat jenis kurang dari 1.860 kg/m³ sehingga dapat dikategorikan kedalam mortar ringan.

Dari hasil penelitian ini dapat dikembangkan pada pembuatan beton ringan geopolimer dengan

penambahan agregat ringan (alwa, batu apung, dan lain-lain). Sebagai pengganti serbuk kayu yang hanya bersifat sebagai *filler* dapat digunakan serat atau partikel kayu dengan adanya perlakuan pendahuluan sehingga dapat meningkatkan kuat tekan mortar atau beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dari DIPA T.A. 2010 pada kegiatan inovasi bidang perumahan permukiman, pembimbing kegiatan dan rekan-rekan tim kegiatan inovasi pemanfaatan abu terbang dan serbuk gergaji untuk pembuatan mortar ringan geopolimer.

DAFTAR PUSTAKA

Hardjito, D. dan Rangan, B.V. 2005. *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based*

- Geopolymer Concrete*. Research Report GCI. Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Perth.
- Rangan, B. V. 2008. *Fly Ash-Based Geopolimer Concrete*. Research Report GC 4. Engineering Faculty Curtin University of Technology, Perth. Australia.
- Subiyanto, Bambang dan Firmanti, Anita. 1998. Production Technology of Cement Bonded Particle Board from Tropical Fast Growing Species I, The Effect of Cement Content after Pre-treatment of Particles on Cement Bonded Particleboard Properties. Proceedings The Fourth Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Bogor, 2-5 November 1998.
- Sumajouw, M.D.J. dan Rangan, B.V. 2006. *Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete : Reinforced Beams and Columns*. Research Report GC3. Faculty of Engineering. Curtin University of Technology, Perth.
- Walah S.E. dan Rangan, B.V. 2006. *Low Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete : Long-Term Properties*. Research Report GC 2. Engineering Faculty Curtin University of Technology, Perth. Australia.