

**PENGEMBANGAN METODE PENINGKATAN KUALITAS LIMBAH
AGREGAT BATU APUNG SEBAGAI MATERIAL BETON STRUKTURAL**
*The Development of Quality Improvement of Purnice Waste Aggregate as
Structural Concrete Materials*

Suparjo, Akmaluddin, Zaedar Gazalba, Tety Handayani *

Abstrak

Beton ringan merupakan beton yang memakai agregat kasar ringan dan pasir sebagai pengganti agregat halus dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³. Agregat kasar ringan dari batu apung mempunyai kekuatan yang rendah, dan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton ringan. Syarat agregat batu apung untuk dapat dipakai sebagai bahan penyusun beton ringan struktural, maka perlu dilakukan rekayasa terhadap agregatnya. Perbaikan kekuatan agregat batu apung dengan merekayasa agregat batu apung tersebut dengan memasukkan/injeksi pasta semen dalam pori-porinya menggunakan metode perendaman disertai dengan pemberian tekanan udara.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan pasta semen pada pori agregat batu apung dengan variasi faktor air semen (FAS) yaitu fas 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, dan 0.80 ditinjau terhadap ketahanan aus agregat, kuat tekan langsung agregat, dan kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Benda uji tekan agregat yaitu ukuran 5cm x 5cm x 5cm dan untuk kuat tekan beton benda uji berupa silinder beton dengan diameter 150 cm dan tinggi 300cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tertinggi terjadi dengan konsisten pada fas 0.70 baik untuk ketahanan aus agregat, kuat tekan agregat, dan kuat tekan silinder beton. Besar penurunan untuk uji keausan agregat dengan perendaman 15,09% dan 21,10% dengan pemberian tekanan udara terhadap agregat tanpa rekayasa. Kenaikan uji tekan agregat, dan uji tekan silinder beton tertinggi dicapai pada perendaman dengan pemberian tekanan udara berturut-turut adalah 55,7 %; dan 22,80%, dibandingkan dengan sebelum agregat direkayasa.

Kata kunci : Beton ringan, Batu apung, Faktor Air Semen, Kuat tekan

PENDAHULUAN

Di daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat khususnya di pulau Lombok merupakan salah satu pulau yang mempunyai gunung berapi aktif, yaitu Gunung Rinjani. Di pulau Lombok banyak dijumpai batu apung, akibat letusan Gunung Rinjani terutama di daerah sekitar kaki gunung tersebut, yaitu masuk wilayah Kabupaten Lombok Timur, Kabupaten Lombok Tengah dan Kabupaten Lombok Utara. Masyarakat di wilayah tersebut secara tradisional batu apung banyak dijumpai sebagai agregat kasar pada dinding pembatas pekarangan. Agregat batu apung yang mempunyai berat jenis ringan sudah banyak dipakai untuk menghasilkan beton ringan yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti sebagai penyekat, bahan pengisi yang mempunyai kekuatan menengah untuk elemen struktural, sehingga keberadaannya belum mempunyai fungsi yang utama sebagai elemen struktur. Agar beton ringan dengan agregat batu apung dapat berperan penting dalam bidang bangunan, diharuskan memiliki kekuatan yang memenuhi syarat beton struktural.

Beton ringan merupakan beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³, dan harus mempunyai ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan jika untuk tujuan struktural (SK SNI T-09-1993-03). Berat jenis agregat

* Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

ringan sekitar 1900kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440\text{-}1850\text{kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,24 MPa.

Beberapa penelitian sebagai acuan menunjukkan bahwa pemakaian agregat limbah batu apung sebagai bahan penyusun beton ringan memiliki prospek yang cukup baik sebagai bahan struktur di masa depan. Dilihat dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Rosmilawati (2005), Sudarto (2006), dan Yulia (2008). Terlihat dari hasil uji kuat tekan masing-masing sebesar 14,038 MPa, 15,6 MPa dan 17,834 MPa yang menunjukkan bahwa agregat batu apung mendekati dan bahkan memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton ringan. Namun masih harus dilakukan penelitian lebih lanjut untuk lebih meningkatkan nilai uji kuat tekannya.

Suparjo, (2003, 2004, dan 2005) dalam penelitian yang dilakukan secara eksperimental pada plat dinding pracetak dengan tulangan anyaman bambu dengan agregat batu apung, diperoleh hasil yang belum memuaskan jika ditinjau dari kuat tekan beton ringan dengan agregat batu apung maksimum yang bisa dicapai 11,5 MPa. Rendahnya kuat tekan batu apung sangat dipengaruhi oleh material batu apung. Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus agregat dengan mesin Los Angeles tidak memenuhi syarat beton struktur yaitu tergolong beton Kelas I dengan kekuatan tekan dengan maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm lebih dari 50% (kekuatan sampai dengan 10MPa).

Rendahnya kekuatan agregat batu apung sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton ringan. Agar agregat batu apung dapat dipakai sebagai bahan penyusun beton ringan struktural, perlu dilakukan rekayasa terhadap agregatnya. Salah satu upaya meningkatkan kekuatan agregat batu apung yaitu dengan merekayasa agregat batu apung dengan memasukkan/injeksi pasta semen dalam pori-pori agregat batu apung menggunakan metode perendaman disertai pemberian tekanan udara. Adapun tujuan dari rekayasa agregat batu apung adalah, mengetahui bagaimana pengaruh perendaman dengan pemberian tekanan udara terhadap agregat batu apung, dengan variasi faktor air semen.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton ringan merupakan beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 , dan harus mempunyai ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan jika untuk tujuan struktural (SK SNI T-09-1993-03). Berat jenis agregat ringan sekitar 1900kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440\text{-}1850\text{kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,24 MPa.

Tekanan udara merupakan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Diukur dengan menggunakan barometer dan satuan tekanan udara adalah milibar (mb). Menurut Andrew Parr (2003), menyatakan bahwa tekanan dalam suatu sistem hidrolik dapat dikontrol dengan cepat dan mudah dengan peralatan seperti katub pengatur tekanan dan katub bongkaran. Jadi, dapat tersimpan pada tekanan tertentu dan dikompresi sampai tekanan yang dibutuhkan. Namun respon yang lambat dari suatu kompresor udara menghalangi pendekatan semacam itu dalam sistem pneumanik dan menuntut penyimpanan udara terkompresi pada tekanan

udara yang dibutuhkan dalam tabung penerima. Volume tabung ini dipilih agar tekanan yang muncul dari perubahan aliran dalam beban dan kompressor berdiviasi minimum dan kemudian digunakan untuk menggantikan udara yang dipakai.

Menurut Rusli dkk (2009) yang melakukan standardisasi limbah batu apung sebagai bahan bangunan. Berdasarkan pengamatan dan survey yang telah dilakukan diperoleh data bahwa potensi batu apung di Propinsi NTB, khususnya di Pulau Lombok sangat tinggi mencapai $\pm 409,674,525 \text{ m}^3$. Batu apung (*pumice*) adalah batuan alam yang merupakan hasil dari aktivitas gunung api efusif yang mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Berwarna abu-abu terang hingga putih, mempunyai struktur pori-poridan ringan.

Untuk mengurangi permukaan berpori batu apung yang berpengaruh pada sifat absorpsi air dilakukan perbaikan permukaan batu apung dengan *cement pasta coating* yang dilakukan Dionisius dkk (2010). Bahan *coating* menggunakan air dan semen dengan perbandingan 1:1 dan perekat *viscocrete* 0,15% dari berat semen. Bahan *coating* kemudian dicampur dengan batu apung menggunakan *mixer* selama lebih kurang tiga menit. Hasil adukan berupa batu apung yang sudah *dicoating* dikeringkan di suhu kamar selama satu hari. Pengujian absorpsi dilakukan untuk mengetahui perubahan permukaan berpori batu apung sebelum dan sesudah *coating*. Hasil pengujian absorpsi sebelum *coating* sebesar 60,19% dan sesudah *coating* sebesar 17,75%.

Dionisius dkk (2010), dalam penelitiannya yaitu beton agregat ringan dengan substitusi parsial batu apung sebagai agregat kasar memperoleh hasil bahwa kadar optimum substitusi parsial batu apung pada beton agregat ringan batu apung adalah 20% dari berat agregat kasar dengan kuat tekan sebesar 39,24 MPa. Kondisi campuran beton agregat ringan memerlukan tambahan 20% *fly ash*, *additive* sika Ln 1,5% dan sika Vz 0,4% dengan permukaan batu apung dilapisi pasta semen. *Density* beton agregat ringan batu apung adalah 1850 kg/m^3 lebih ringan 22% daripada beton agregat normal.

Zone permukaan antara agregat dan pasta mempengaruhi banyak hal yang penting dari beton diantaranya kuat desak, kuat tarik dan permeabilitas (Neville, 1987). Untuk mengatasi rendahnya kekuatan beton ringan dengan menggunakan agregat kasar batu apung yang dilakukan oleh Rachmat Pramudji (2010), yaitu dengan melakukan *coating* pada batu apung. Tujuan *coating* terhadap batu apung sebagai agregat kasar beton ringan adalah: mengatasi kelemahan dari batu apung yang memiliki keausan tinggi, mengatasi kelemahan dari sifat batu apung yang memiliki sifat porositas yang tinggi sehingga faktor air semen terjaga dan batasan berat jenis beton ringan tercapai.

Dari beberapa rangkaian penelitian yang dilakukan secara eksperimental oleh Suparjo, 2003, 2004, dan 2005 pada plat dinding pracetak dengan tulangan anyaman bambu dengan agregat batu apung, diperoleh hasil yang belum memuaskan jika ditinjau dari kuat tekan beton ringan dengan agregat batu apung maksimum yang bisa dicapai 11,5 MPa. Rendahnya kuat tekan batu apung sangat dipengaruhi oleh material batu apung. Berdasarkan hasil pengujian ketahanan aus agregat dengan mesin Los Angeles tidak memenuhi syarat beton struktur yaitu tergolong beton Kelas I dengan kekuatan tekan dengan maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm lebih dari 50% (kekuatan sampai 10 MPa).

Nilai kuat tekan beton ringan yang diperoleh oleh Sudarto (2006), dalam penelitiannya yang menggunakan agregat batu apung berdiameter maksimum 10 mm yang diuji setelah 28 hari setelah *steam curing* sebesar 15,6 MPa, sedangkan untuk diameter batu apung maksimum 20 mm sebesar 12,5 MPa.

Rosmilawati (2005), melakukan penelitian tentang optimasi campuran semen, pasir, kerikil, dan limbah batu apung dengan faktor air semen terhadap kuat tekan beton ringan. Memperoleh hasil uji kuat tekan dengan variasi faktor air semen 0,40; 0,45 dan 0,50 dan agregat semen campuran semen, pasir, dan limbah batu apung pada kondisi campuran 1pc : 2ps : 3ap berturut-turut sebesar 12,162 Mpa; 14,038 MPa dan 13,605 MPa dan kuat maksimum pada campuran 1pc : 2ps : 3ap dengan faktor air semen 0,45 yaitu 14,038 MPa.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan bahan, antara lain: a) Semen Portland type, b) batu apung (\varnothing 20 mm), c) Pasir sungai, d) Air bersih, dan f) Belerang

Peralatan utama, antara lain: a) Timbangan, b) Gelas ukur, c) Ayakan, d) Cetakan silinder, e) Los Angeles Abrasion Machine, f) Copressor angin, g) Kotak penampungan batu apung, h) Concrete mixer, i) Alat uji tekan, j) Alat bantu capping

Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

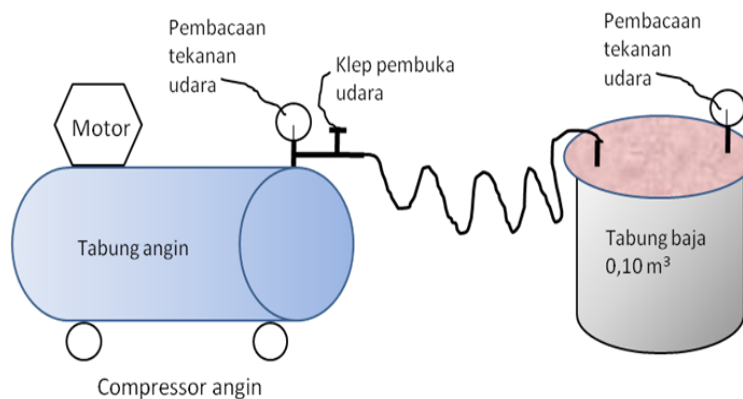
Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui spesifikasi bahan yang akan digunakan sebagai penyusun beton, pemeriksaan bahan dilakukan terhadap pasir dan batu apung yang meliputi: pemeriksaan gradasi, pemeriksaan berat satuan, pemeriksaan berat jenis dan pemeriksaan kadar lumpur.

Perendaman Agregat Batu Apung dalam Pasta Semen dengan Metode Perendaman dengan Tekanan Udara

Kegiatan perendaman ini dilakukan di dalam tabung baja yang berdiameter 50cm dengan tinggi 50cm yang kedap udara dan menggunakan tabung angin (compressor) untuk memberikan tekanan udara di dalam tabung baja Perendaman agregat batu apung dalam pasta semen dengan menggunakan variasi faktor air semen (FAS) yang dilakukan di dalam tabung baja dengan diberikan tekanan udara dilakukan selama 15 menit.

Pemberian tekanan udara dalam perendaman dilakukan untuk menekan/mendorong pasta semen masuk ke pori-pori agregat batu apung hingga pori-pori batu apung terisi dengan pasta semen. Set up pemberian tekanan udara pada perendaman batu apung dijelaskan pada Gambar 1. Agregat batu apung hasil perendaman dan perendaman bertekanan udara diangkat dan dibersihkan dari pasta semen yang berlebihan nempel pada agregat batu apung dan dikeringkan.

Berikut Set Up pemberian tekanan udara pada rendaman agregat batu apung yang dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Set Up Pemberian Tekanan Udara pada Rendaman Batu Apung

Kuat Tekan Agregat Batu Apung, dan kuat tekan silinder beton

Pengujian kuat tekan agregat batu apung ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan agregat yang dimiliki. Pengujian ini dilakukan pada agregat batu apung yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm dan silinder beton diameter 150 mm, tinggi 300 mm pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan mortar dengan memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu pada benda uji kubus batu apung hingga runtuh.

Tegangan tekan maksimum ($f'c$) diberikan oleh persamaan :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dengan : $f'c$ = Tegangan Tekan Maksimum (Mpa), P = Beban Maksimum (N), A = Luas Bidang Tekan (mm²)

Pemeriksaan Ketahanan Aus Agregat Batu Apung dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Pengujian ketahanan aus batu apung dengan cara ini memberikan gambaran yang berhubungan dengan kekuatan dan ketahanan aus agregat batu apung, dan memberikan gambaran terjadinya pecah butir-butir batu apung selama penumpukkan, pemindahan maupun selama pengangkutan. Kekerasan batu apung berhubungan pula dengan kekuatan beton yang dibuat.

Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ketahanan aus ini berupa persentase antara berat bagian yang aus (lewat lubang ayakan 2 mm) setelah pengujian dan berat sebelum pengujian. Makin banyak bagian yang aus makin kurang tahan aus. Pada umumnya batu apung yang disyaratkan bagian yang aus atau hancur tidak boleh lebih dari 10 persen setelah putaran yang ke-100 dan setelah putaran yang ke-500 tidak boleh lebih dari 40 persen untuk beton kelas II (kuat tekan 10-20 MPa). *Angeles Abrasion Machine*, Berat satuan volume, Berat jenis serta analisa kimia dan gradasi dengan cara analisa ayakan untuk memenuhi persyaratan ASTM 330-89.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran adukan beton ringan yang mengacu pada aturan SK SNI-T-15-1991-03 dan SK SNI T-09-1993-03. Dalam penelitian ini beton direncanakan dengan kuat tekan $f'c = 17,24$ MPa. Adapun komposisi campuran per 1m³ dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Komposisi *Mix Design* Beton Ringan per 1 m³

No.	Bahan	Berat (kg)
1	Semen	365
2	Pasir	319
3	Air	244
4	Batu Apung	582,5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan terhadap agregat kasar dan agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat satuan, Berat satuan lepas rata-rata pasir 1,404 gr/cm³ dan pengujian berat satuan padat rata-rata pasir 1,555 gr/cm³, ini menunjukkan bahwa pasir sungai termasuk jenis agregat normal yang memiliki berat satuan antara 1,2 gr/cm³–1,6 gr/cm³ (Tjokrodimuljo, 2007). Sedangkan untuk batu apung, berat satuan lepas rata-rata 0,564 gr/cm³ dan berat satuan padat rata-rata 0,598 gr/cm³, hasil ini menunjukkan bahwa batu apung yang digunakan tergolong agregat ringan dengan berat satuan kurang dari 0,8 gr/cm³.

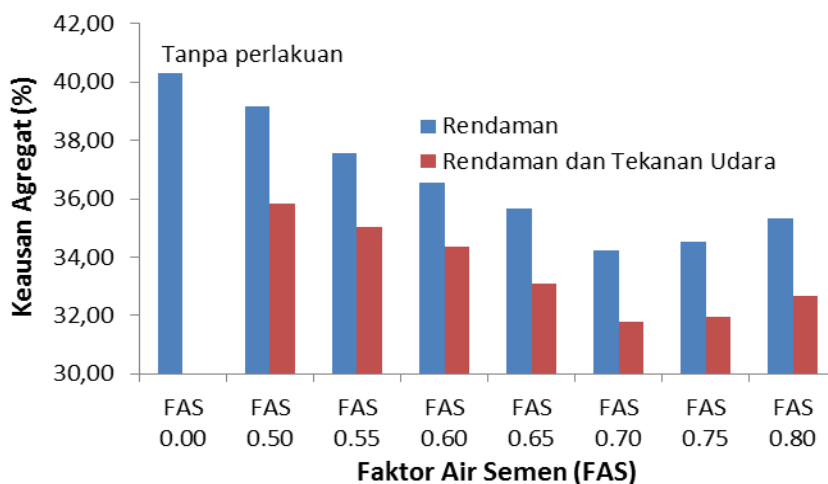
Berat Jenis Agregat

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat adalah nilai berat jenis agregat pada kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) atau jenuh kering muka dan berat jenis agregat dalam kondisi kering. Hasil pemeriksaan menunjukkan berat jenis pasir kondisi SSD rata-rata sebesar 2,736, sedangkan berat jenis pasir kondisi kering rata-rata 2,656. Hasil ini menunjukkan bahwa pasir sungai yang digunakan termasuk jenis agregat normal yang memiliki berat jenis antara 2,5-2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Adapun pada pemeriksaan berat jenis batu apung diperoleh berat jenis batu apung kondisi SSD rata-rata sebesar 1,165 dan berat jenis batu apung kondisi kering rata-rata 0,654. Hasil ini menunjukkan bahwa batu apung termasuk agregat ringan karena berat jenisnya kurang dari 2 (Tjokrodimuljo, 2007).

Hasil Pengujian Ketahanan Aus Agregat Batu Apung

Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ketahanan aus ini berupa persentase antara berat bagian yang aus (lewat lubang ayakan 2 mm) setelah pengujian dan berat sebelum pengujian. Makin banyak bagian yang aus makin kurang tahan aus. Pada umumnya batu apung yang disyaratkan bagian yang aus atau hancur tidak boleh lebih dari 10 persen setelah putaran yang ke-100 dan setelah putaran yang ke-500 tidak boleh lebih dari 40 persen untuk beton kelas II (kuat tekan 10-20 MPa).

Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :

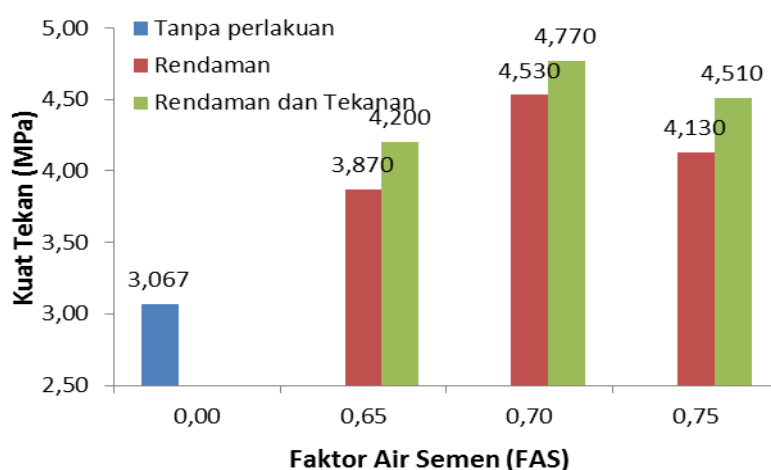


Gambar 2. Grafik hubungan antara ketahanan aus agregat pada putaran 500 dan faktor air semen (FAS)

Menurut hasil pengujian yang dilihat pada Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa perendaman agregat batu apung dalam pasta semen menggunakan metode perendaman dan perendaman dengan tekanan udara mampu mengurangi jumlah keausan agregat. Pengujian keausan yang dilakukan di laboratorium struktur dan bahan menunjukkan adanya penurunan Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya penurunan persentase keausan maksimum pada fas 0,70 yaitu sebesar 15,09 % dengan metode perendaman dan 21,09 % dengan metode perendaman be tekanan udara terhadap FAS 0.00 tanpa perlakuan. Maka dari hasil itu juga dapat disimpulkan bahwa agregat batu apung ini dapat digunakan untuk beton kelas II (beton dengan kuat tekan 10 - 20 MPa).

Hasil Pengujian Kuat Tekan Agregat Batu Apung

Pengujian ini dilakukan pada agregat batu apung yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm menggunakan alat uji tekan mortar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan agregat batu apung tanpa perendaman dan dengan perendaman. Hasil pengujian kuat tekan agregat batu apung terlihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Grafik hubungan antara kuat tekan agregat batu apung dan faktor air semen (FAS)

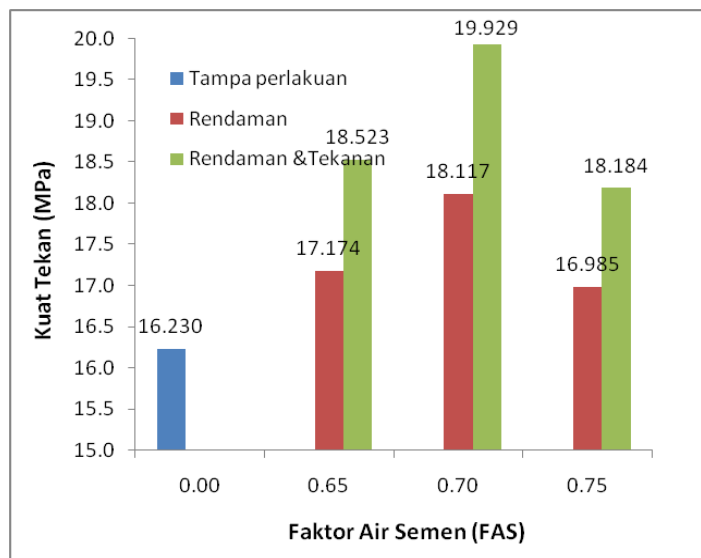
Dari Gambar 3 menunjukkan adanya peningkatan kekuatan agregat batu apung yang diuji terhadap kuat tekan. Dari pengujian kuat tekan yang dilakukan pada agregat batu apung mengalami

peningkatan terhadap tanpa perendaman untuk fas 0,65; 0,70 dan 0,75 berturut-turut 26,09%, 47,83%, dan 34,78%. Sedangkan dengan perendaman bertekanan udara juga mengalami peningkatan berturut-turut 37,0%; 55,70%; dan 47,0%. Jika ditinjau kuat tekan dengan perendaman dan perendaman dengan bertekanan udara mengalami kenaikan rata-rata 7,60 %. Kekuatan tertinggi 4,77 MPa terjadi pada perendaman bertekanan udara dengan FAS 0,70.

Peningkatan kekuatan agregat batu apung terjadi dari pengaruh perendaman bertekanan udara yang dilakukan terhadap agregat batu apung tersebut. Pengaruh yang terjadi terlihat pada pori-pori agregat batu apung yang tertutupi/terisi dengan pasta semen hingga batu apung jadi lebih keras dan memperoleh peningkatan kuat tekan dari agregat batu apung tanpa perendaman. Pengaruh lainnya juga terlihat pada pengujian ketahanan aus agregat yang menunjukkan bahwa adanya penurunan nilai keausan agregat. Semakin rendah nilai keausan agregat semakin tinggi nilai kuat tekan agregat yang dihasilkan. Hasil tersebut terjadi karena pori-pori agregat batu apung hasil perendaman tertutupi/terisi dengan pasta semen. Dengan tertutupi/terisinya pori-pori agregat batu apung dengan pasta semen tersebut mengurangi keausan agregat batu apung. Selain itu juga mampu meningkatkan kuat tekan agregat. Hasil lainnya juga ditinjau terhadap pengujian kuat tekan beton ringan dengan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pelaksanaan pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan setelah benda uji melewati masa perawatan selama 28 hari. Pengujian menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Hasil yang terbaca pada CTM digunakan untuk menentukan kuat tekan benda uji. Besarnya nilai kuat tekan diperoleh dengan membagi beban maksimum yang menyebabkan benda uji hancur dengan luas bidang tekan. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. Grafik hubungan antara kuat tekan silinder beton dan faktor air semen (FAS)

Dari Gambar 4 di atas menunjukkan terjadinya perubahan kuat tekan silinder beton. Untuk silinder beton dengan agregat batu apung tanpa perendaman terlihat kuat tekan beton rata-rata sebesar 16,230 MPa. Kuat tekan silinder beton dengan agregat batu apung hasil perendaman, dan

perendaman bertekanan udara dengan faktor air semen (FAS) 0,65; 0,70; dan 0,75, diperoleh peningkatan kuat tekan rata-rata tanpa perendaman berturut turut 5,81%; 11,63%; dan 4,65%, sedangkan peningkatan kuat tekan rata-rata dengan perendaman bertekanan udara berturut turut 14,10%; 22,8%; dan 12,0%. Dari pengujian kuat tekan silinder beton didapatkan kuat tekan tertinggi 19,929 MPa yang terjadi pada perendaman bertekanan udara pada FAS 0,70.

Perubahan terjadi diakibatkan dari pengaruh perendaman berkonsistern dengan hasil uji Abrasi, uji kuat tekan agregatnya. Kekawatn maksimum terjadi pada agregat hasil rekayasa dengan perendaman bertekanan udara pada FAS 0,70.

Dari hasil itu juga dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton ringan yang dihasilkan memenuhi syarat sebagai beton struktur. Trend menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat tekan agregat batu apung semakin tinggi pula kuat tekan beton yang dihasilkan. Hasil yang ditunjukkan tersebut disebabkan karena agregat batu apung yang digunakan dalam campuran beton merupakan agregat batu apung yang pori-porinya sudah tertutupi/terisi dengan pasta semen hingga menjadi lebih keras. Tertutupi/terisinya pasta semen pada pori-pori agregat batu apung merupakan pengaruh dari Penambahan Pasta Semen Pada Pori Agregat Batu Apung Menggunakan Metode Perendaman bertekanan Udara.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Perendaman agregat batu apung dalam pasta semen dengan diberikan tekanan udara mampu menekan hingga pasta semen dapat mengisi dan menutup pori-pori agregat batu apung. Kekuatan agregat batu apung uji abrasi, uji tekan agregat dan uji kuat tekan silinder beton tertinggi, dan konsisten terjadi pada faktor air semen (FAS) 0,70. Kuat tekan silinder beton dengan agregat batu apung hasil perendaman, dan perendaman bertekanan udara dengan faktor air semen (FAS) 0,65; 0,70; dan 0,75, diperoleh peningkatan kuat tekan rata-rata tanpa perendaman berturut turut 5,81%; 11,63%; dan 4,65%, sedangkan peningkatan kuat tekan rata-rata dengan perendaman bertekanan udara berturut turut 14,10%; 22,8%; dan 12,0%. Kuat tekan beton ringan hasil rekayasa dengan perendaman bertekanan udara sebesar 19,929 Mpa atau meningkat 22,80% dari kuat tekan beton ringan tanpa rekayasa 16,230 Mpa

Saran

Perlu penelitian lebih lanjut dengan variabel waktu perendaman yang mampu meningkatkan kekuatan agregat batu apung.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1993, *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Struktural* (SK SNI S-16-1990-F), Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Anonim, 2003, SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, ITS Press, Surabaya.

Akmaluddin, Joedono, dan Suparjo, 2006, *Pengaruh Kuat Tekan Dan Rasio Tulangan Terhadap Prilaku Lentur Balok Beton Ringan (Agregat Kasar Batu Apung) Akibat Beban Simetri Dan Ansimetri*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unram, Mataram.

Pramudji R., 2010, *Potensi Batu Apung Untuk Bahan Komponen Struktur Rumah Instant Sederhana Sehat Sebagai Alternatif Rehabilitasi Daerah Pasca Gempa*, Tesis Magister Teknik Rehabilitasi Dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Rosmilawati, 2005, *Optimasi Campuran Semen, Pasir Dan Limbah Batu Apung Dengan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan*, Skripsi S-1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unram, Mataram.

Rusli, Suprijanto I., Budiana I B Gd Putra, 2009, *Standardisasi Limbah Batu Apung Sebagai Bahan Bangunan*, Prosiding PPI Standardisasi 2009 – Jakarta.

Sudarto, Y., 2006, *Pengaruh Variasi Waktu Dan Suhu Perawatan Dan Penguapan (Steam Curing) Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Batu Apung*, Skripsi S-1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unram, Mataram.

Suparjo, 2003, *Pemanfaatan Serat Bambu untuk Dinding Beton Ringan Tanpa Pasir Pracetak Tulangan Bambu dengan Agregat Batu Apung*, ORYZA Majalah Ilmiah Universitas Mataram, Vol. I/No. 4, Januari 2003, Mataram.

Suparjo, 2003, *Pemanfaatan Serat Ijuk untuk Dinding Beton Ringan Tanpa Pasir Pracetak Tulangan Bambu*, Majalah IPTEK, Lembaga Penelitian ITS, Vol. 14, No. 2, Mei 2003, Surabaya.

Suparjo, 2004, *Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastik Beton Ringan Tanpa Pasir dengan Agregat Batu Apung*, Jurnal Rekayasa, Fakultas Teknik Univ. Mataram, Vol 5 No. 2, Desember 2004, Mataram.

Suparjo, 2005, *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Komposisi Campuran Beton Ringan Tanpa Pasir dengan Agregat Limbah Batu Apung*, Spektrum Sipil, Fak. Teknik Univ. mataram Vol 1. No. 1, Desember 2005, Mataram.

Tripriyo D. AB., Raka I G P., Tavio, 2010, *Beton Agregat Ringan Dengan Substitusi Parsial Batu Apung Sebagai Agregat Kasar*, Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4), Sanur-Bali.