

PENGGUNAAN BATUAN SKORIA DARI GUNUNG KELUD BLITAR SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA BETON RINGAN STRUKTURAL

Hendro Suseno

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail : hendros@ub.ac.id

ABSTRAK

Beton Ringan Struktural adalah beton ringan yang digunakan untuk elemen-elemen struktural bangunan seperti misalnya balok, pelat lantai dan atap maupun dinding gedung tinggi, salah satu cara untuk memperolehnya adalah dengan mengganti agregat kasar normal dengan agregat ringan baik yang diperoleh secara alami atau vulkanik seperti Batu Apung dan Batuan Skoria maupun secara buatan melalui proses termo-kimia seperti pengembangan tanah liat, serpihan batu, terak pabrik baja dan abu terbang. Agregat ringan buatan ini sangat mahal karena proses pembuatannya memerlukan energi yang besar dan rumit, untuk itu agregat ringan alami, salah satunya Batuan Skoria dari Gunung Kelud Blitar merupakan pilihan yang perlu dikaji karena keberadaannya melimpah, murah, belum diberdayakan secara maksimal dan nantinya akan diperoleh beton ringan yang lebih ramah lingkungan. Dari hasil penelitian sebelumnya diperoleh kuat tekan hancur yang memenuhi persyaratan walaupun dengan proporsi campuran coba-coba berdasarkan perbandingan berat agregat halus-kasar dan agregat-semen, namun berat isinya masih cukup besar dan masih tidak memenuhi persyaratan yang ada sehingga perlu diperbaiki lagi. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan Batuan Skoria dari Gunung Kelud sebagai agregat kasar pada beton ringan struktural berdasarkan kriteria karakteristik fisik dan mekanik yang telah disyaratkan. Pada penelitian ini proporsi campuran beton ringan juga diambil secara coba-coba berdasarkan perbandingan agregat halus-agregat kasar yang diperhalus antara 1.25 dan 1.35, sedangkan perbandingan agregat-semen diambil 3.25, 3.5 dan 3.75 dengan nilai slump tetap dipertahankan dibawah 100 mm. Benda uji silinder dibuat sesuai perlakuan dan perulangan yang ditentukan, perawatan sesuai standar beton ringan dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan Berat Isi, Kuat Tekan Hancur dan Modulus Elastisitas Chord. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Batuan Skoria dari Gunung Kelud merupakan agregat kasar ringan vulkanik yang dapat digunakan untuk Beton Ringan Struktural dengan pemilihan jenis agregat halus tertentu. Hanya kuat tekan hancur masih relatif rendah sehingga perlu peningkatan misalnya dengan perancangan proporsi campuran yang lebih teliti atau penggunaan bahan tambahan campuran pereduksi air.

Kata kunci : batuan Skoria, Gunung Kelud, beton ringan struktural.

PENDAHULUAN

Beton adalah bahan komposit yang merupakan campuran antara semen, agregat (kasar dan halus), dan air yang mengeras menjadi benda padat sesuai fungsi waktu. Kelebihan beton ini diantaranya adalah kuat menahan tekanan dan kemudahannya untuk dibentuk menjadikannya bahan bangunan yang sangat umum dipakai, namun salah satu kelemahan beton ini adalah berat sendirinya yang cukup besar. Besarnya berat sendiri ini disebabkan oleh agregat

yang menempati (70 % - 75 %) dari volume total beton bila dibandingkan dengan bahan campuran beton yang lain.

Salah satu cara untuk mereduksi berat isi yang cukup besar ini adalah dengan mengganti agregat normal dengan agregat ringan, baik yang diperoleh dari alam atau buatan dan hasilnya disebut Beton Ringan (*Lightweight Concrete*). Harga agregat kasar buatan ini sangat mahal karena diperoleh melalui proses termo-kimia yang rumit dan memerlukan energi yang tinggi, sedangkan agregat

kasar alami adalah agregat kasar vulkanik seperti Batu Apung (*Pumice*) dan Batuan Skoria (*Scoria*) yang dihasilkan oleh kegiatan vulkanik gunung berapi dan melimpah keberadaannya di aliran-aliran lahar. Salah satu bahan agregat ringan ini adalah Batuan Skoria dari aliran lahar Gunung Kelud Blitar, batuan ini tersedia melimpah, mudah pengambilannya di lokasi dan belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai agregat kasar beton ringan, untuk itu kegunaan batuan ini perlu ditingkatkan lagi sehingga lebih berdaya guna dan akan didapatkan beton ringan yang lebih ramah lingkungan.

Karena agregat menempati bagian yang relatif besar dari volume total beton, maka sifat-sifat fisik dan mekanik agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap karakteristik dan perilaku dari beton keras. Untuk mendapatkan beton dengan karakteristik optimal seperti yang diharapkan, cukup dengan melakukan variasi terhadap komposisi berat agregat dan air pada suatu campuran beton terhadap berat semen. Karakteristik fisik seperti berat isi dan karakteristik mekanik seperti kuat tekan beton ringan sangat ditentukan oleh rasio berat agregat-semen pada campuran beton. Rasio berat agregat-semen yang kecil menyebabkan volume semen yang ditambahkan pada campuran akan besar, campuran dengan volume semen yang besar akan menghasilkan beton ringan dengan kuat tekan yang tinggi. Begitu pula rasio berat agregat halus-agregat kasar akan mempengaruhi karakteristik beton ringan, hal ini disebabkan oleh penambahan agregat halus sampai dengan nilai tertentu akan mengisi rongga antara agregat kasar maupun pori-porinya sendiri secara lebih baik dan akan menghasilkan campuran beton yang lebih padat dan kompak, sehingga kuat tekan beton relatif juga akan meningkat.

Hal lain yang juga perlu dipertimbangkan sehubungan dengan fungsinya sebagai bahan konstruksi

adalah sifat elastisitas beton terhadap pengaruh pembebanan dan dinyatakan sebagai kekakuan struktur. Sifat ini dinyatakan oleh karakteristik mekanik seperti Modulus Elastisitas yang ditentukan melalui pengukuran di laboratorium. Modulus Elastisitas ini juga dipengaruhi oleh sifat dari agregat, semen, kekuatan, kecepatan pembebanan, umur beton dan ukuran benda uji. Secara empirik, dengan meningkatnya kuat tekan beton akibat hal-hal yang telah disebutkan sebelumnya akan menyebabkan peningkatan Modulus Elastisitas secara berarti pula.

TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan Batuan Skoria dari Gunung Kelud Blitar sebagai agregat kasar pada beton ringan struktural berdasarkan kriteria karakteristik fisik dan mekanik sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Neville (1981), Murdock & Brook (1991), Mehta & Monteiro (1993) dan Aman Subakti (1994), Beton Ringan (*Lightweight Concrete*) adalah beton yang mempunyai berat isi kering yang besarnya antara $\gamma = (300 - 1850)$ kg/m^3 , salah satu cara untuk memperolehnya adalah dengan menggunakan agregat kasaryang berpori-pori dimana berat isinya akan lebih ringan dibanding dengan agregat kasar normal. Agregat ringan (*Lightweight aggregate*) ini dapat diperoleh secara alami dari batuan vulkanik seperti Batu Apung (*Pumice*) dan Skoria (*Scoria*) yang mempunyai berat isi curah sebesar $\gamma = (300 - 1850)$ kg/m^3 dan akan menghasilkan beton ringan dengan berat isi $\gamma = (720 - 1440)$ kg/m^3 serta kuat tekan hancur $f'c = (2 - 14)$ MPa. Atau dengan menggunakan agregat ringan buatan yang dibuat melalui proses termokimia, misalnya dari pengembangan

bahan-bahan seperti tanah liat dan serpihan batuan (*expanded clay, shale* dan *slate*), terak ketel pabrik baja (*expanded blast furnace slag*) atau abu terbang sisa pembakaran batu bara (*fly ash*). Dengan agregat ringan buatan ini dapat diperoleh beton ringan yang berat isi keringnya sebesar $\gamma = (1360 - 1760)$ kg/m³ dan kuat tekan hancur yang relatif tinggi pada umur 28 hari. Kelebihan lain dari beton ringan ini adalah rendahnya konduktivitas panas sehingga dapat berfungsi sebagai bahan isolasi panas dan dingin. Sedangkan kelemahan dari agregat ringan adalah lebih getas, kekuatannya relatif lebih rendah, keausannya besar dan absorpsi air yang besar karena porositasnya besar. Besarnya absorpsi ini menyebabkan keperluan air pada saat pencampuran akan besar, hal ini tentunya akan menyebabkan faktor air semen besar dan menurunkan kekuatan tekannya sehingga untuk mempertahankan faktor air semen tetap kecil maka kandungan semen haruslah besar.

Menurut Neville (1981), Winter & Nilson (1993) dan Robinson *et al.* (1993), beton ringan struktural (*Structural Lightweight Concrete*) adalah beton ringan yang digunakan untuk elemen struktur bangunan dengan berat isi pada umur 28 hari sebesar $\gamma = (1440 - 1850)$ kg/m³ dan kuat tekan hancur minimal adalah $f'_c = 17.24$ MPa. Kuat tekan ini dapat meningkat sampai 34.47 MPa bahkan bila perencanaan campuran sangat teliti dapat mencapai 41.36 MPa. Menurut Robinson *et al.* (1993), kegunaan beton ringan struktural dari tahun 1950 sampai sekarang terus meningkat dengan pesat dan dengan melihat kekuatan tekan beton ringan struktural yang besar, maka beton jenis ini akan dapat digunakan pada elemen-elemen struktur bangunan, baik secara dicetak setempat, pracetak maupun pratekan. Di Amerika Serikat, Canada, dan Negara Maju lainnya, beton ringan

struktural ini banyak dipakai untuk elemen-elemen struktur seperti balok, pelat lantai dan atap maupun dinding gedung-gedung tinggi sampai 42 lantai, untuk lantai jembatan bahkan juga digunakan untuk atap stadion. Menurut Winter & Nilson (1981), produksi atau pembuatan beton ringan struktural diperlukan ketelitian dan pengendalian mutu yang lebih cermat dan hal ini dapat mudah terlaksana hanya pada pabrik pembuatan beton pracetak, sehingga perkembangan penggunaan beton ini lebih dikhususkan pada elemen struktur pracetak dan pratekan.

Pada beton ringan segar, karena agregat kasar banyak mengandung pori-pori maka kebutuhan air pada campuran akan meningkat dan hal ini menurut Neville (1981) dan Robinson *et al.* (1993), akan menyulitkan penentuan kebutuhan air dengan menggunakan faktor air semen dalam perencanaan campuran, untuk itu keperluan air dalam campuran beton akan ditentukan berdasarkan pada workabilitas yang dinyatakan oleh nilai slump saja dan pada umumnya dibatasi maksimum 100 mm. Dengan demikian untuk mencapai kemudahan pengerjaan beton segar akan diperlukan lebih banyak air dan untuk tetap mempertahankan kekuatan tekannya maka faktor air semen harus tetap rendah, hal ini dapat dicapai hanya dengan meningkatkan kandungan semen dalam campuran beton. Pada beton keras, berat isi maupun kekuatan tekan beton ringan harus sesuai dengan syarat yang telah disampaikan diatas, sedangkan untuk Modulus Elastisitas menurut Winter & Nilson (1993), Robinson *et al.* (1993), dan McGregor (1997) adalah lebih rendah sebesar (0.5 - 0.75) dari beton normal pada kekuatan yang sama dan juga dapat dihitung berdasarkan hubungan empirik dengan kuat tekan hancur dan berat isinya.

Menurut Klieger *et al.* (1976) dan Boyle *et al.* (1998), faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan proporsi

campuran beton ringan di antaranya adalah absorpsi dan kandungan air agregat, gradasi agregat dan rasio air-semen, sedangkan metode perencanaan proporsi campuran beton yang cocok digunakan adalah Metode Volume (*Volumetric Method*). Metode ini dapat digunakan untuk beton ringan total maupun beton ringan berpasir, perencanaan proporsi campuran disini didasarkan pada banyaknya kandungan semen dan bukan perbandingan berat antara air dengan semen lagi, hal ini disebabkan oleh sulitnya penentuan kebutuhan air akibat besarnya absorpsi dari agregat ringan. Penentuan volume semen didasarkan percobaan yang menghasilkan kuat tekan sedangkan kebutuhan air hanya didasarkan pada besarnya slump yang dibatasi tidak boleh lebih 100 mm seperti disampaikan sebelumnya. Hasil perencanaan proporsi campuran beton ringan dengan metode ini akan berbeda dengan proporsi campuran pada beton normal. Pada metode ini akan diperoleh proporsi kebutuhan agregat halus yang lebih besar bila dibandingkan dengan kebutuhan agregat kasar, hal ini disebabkan oleh kebutuhan agregat halus untuk mengisi ruang antar agregat kasar maupun rongga-rongga pada agregat kasar akan lebih besar dibandingkan dengan beton normal. Juga peningkatan kebutuhan agregat halus ini diperjelas oleh modulus kehalusan agregat kasar per volume yang lebih besar dibanding dengan modulus kehalusan per beratnya.

Paulus Nugraha (1989), menyatakan bahwa perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar (AH-AK) akan mempengaruhi karakteristik baik beton segar maupun beton keras. Apabila agregat halus terlalu sedikit, maka pasta tidak akan cukup mengisi ruang-ruang kosong sehingga campuran beton cenderung untuk segregasi dan sulit dikerjakan. Sebaliknya bila agregat halus terlalu banyak,

campuran memang kohesif namun mungkin tidak mudah dikerjakan karena tentunya campuran membutuhkan air lebih banyak. Hal ini akan mengakibatkan faktor air semen meningkat dan tentunya kekuatan beton akan menurun, apabila kekuatan tekan beton dipertahankan maka kebutuhan semen meningkat dan harga campuran beton akan mahal. Pada beton normal, umumnya kebutuhan agregat halus adalah (25 - 35) % dari volume total agregat, sedangkan bentuk butiran agregat kasar juga sangat menentukan kebutuhan agregat halus, untuk batu pecah (*angular*) akan memerlukan lebih banyak agregat halus bila dibandingkan dengan kerikil (bulat). Neville (1981), menyatakan bahwa perbandingan antara berat agregat dengan semen (A-S) pada campuran beton akan juga mempengaruhi kekuatan beton, namun perbandingan ini hanyalah faktor sekunder saja, untuk faktor air semen konstan campuran beton dengan kandungan agregat yang lebih sedikit atau perbandingan agregat-semen kecil akan memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi, hal ini disebabkan oleh penyerapan air oleh agregat dan kebutuhan air untuk melumasi permukaan agregat lebih kecil, apabila jumlah kandungan agregat lebih banyak maka penyerapan air akan lebih banyak dan faktor air semen efektif berkurang sehingga kekuatan tekan juga akan turun.

Batuan Skoria adalah batuan beku luar (ekstrusi) yang terbentuk dari hasil pembekuan lava pada saat letusan gunung berapi di luar perut bumi. Secara fisik batuan ini berwarna hitam dengan struktur berongga yang cukup dominan dan tenggelam dalam air secara langsung. Menurut Doddy Setia Graha (1987), struktur berongga atau *vesikular* ini disebabkan oleh pelepasan gas-gas yang terkandung dalam lava akibat penurunan tekanan selama perjalanan magma ke permukaan bumi sehingga menghasilkan rongga-rongga berbentuk

bulat, ellip, silinder ataupun tak beraturan. Batuan ini banyak sekali terdapat di daerah aliran lava gunung-gunung berapi yang masih aktif, di Jawa Timur misalnya, batuan ini tersedia melimpah di aliran-aliran lava Gunung Kelud dan Gunung Semeru dan hanya dimasukkan sebagai bahan galian bangunan sirtu yang terdiri dari pasir, kerikil dan kerakal dan hanya digunakan sebagai bahan jalan, rumah, bahan urugan dan sebagainya.

Menurut Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi Bandung yang dikutip Arsito Pandojo (1994), Batuan Skoria yang berasal dari Gunung Kelud merupakan fragmen batuan piroklastik dan diperkirakan berasal dari batuan lava bagian pinggir. Ciri-ciri megaskopis batuan ini berwarna abu-abu kehitaman, struktur yang kompak berongga-rongga yang cukup dominan dan tekstur porfiritik dengan massa dasar afanitik sedangkan ciri-ciri mikroskopis mempunyai warna keruh kehijauan berbintik hitam, struktur cukup kompak dengan rongga-rongga halus sampai sedang atau vesikuler kurang lebih 20 % dan tekstur porfiritik dengan fenokris yang terdiri dari plagioklas dan piroksen yang tertanam dalam massa dasar gelas isotropis.

Penggunaan Batuan Skoria ini sebagai agregat kasar beton ringan belum dilakukan secara maksimal sehingga perlu ditingkatkan agar lebih berdaya guna terutama sebagai pengganti agregat kasar buatan yang mahal karena pembuatannya rumit dan memerlukan energi yang relatif besar sertadengan memanfaatkannya nantinya akan diperoleh suatu beton ringan yang lebih ramah lingkungan. Beberapa penelitian awal telah dilakukan untuk Tugas Akhir beberapa mahasiswa Jurusan Teknik Sipil UB namun hasilnya kurang memuaskan karena kesalahan-kesalahan dalam perancangan proporsi campuran bahkan penyebutan nama batuan juga salah.

Hendro Suseno *et.al* (2007), walaupun juga masih salah menyebut nama batuanya telah memperbaiki kesalahan diatas dengan cara membuat proporsi campuran coba-coba beton ringan berdasarkan beberapa perbandingan berat agregat-semen dan agregat halus-kasar dengan nilai slump ditetapkan sesuai ketentuan diatas. Hasil yang diperoleh adalah kekuatan tekan hancur memenuhi ketentuan diatas pada perbandingan agregat-semen 3.5 dan 3.75, sedangkan perbandingan agregat halus-kasar adalah 1.25, 1.30 dan 1.35. Namun semua perbandingan ini memberikan berat isi yang sedikit lebih besar dari persyaratan diatas, hal ini mungkin disebabkan oleh penggunaan agregat halus dari pasir hitam yang berat isinya besar sehingga perlu dicoba menggunakan pasir alami dengan berat isi yang lebih rendah.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini proporsi campuran beton ringan juga diambil secara coba-coba berdasarkan perbandingan agregat halus-agregat kasar yang diperhalus antara 1.25 dan 1.35, sedangkan perbandingan agregat-semen diambil 3.25, 3.5 dan 3.75. Nilai slump tetap dipertahankan dibawah 100 mm. Semen Portland yang digunakan adalah *PPC* (*Pozzolan Portland Cement*), agregat kasar adalah Batuan Skoria yang diambil dari aliran lahar Gunung Kelud Blitar dan dipecah secara manual, agregat halus adalah pasir alami yang diambil dari lokasi yang sama dan keduanya dicuci bersih. Benda uji silinder dibuat sesuai perlakuan dan perulangan yang ditentukan, perawatan dilakukan sesuai standar beton ringan dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan Berat Isi, Kuat Tekan Hancur dan Modulus Elastisitas Chord.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian Agregat Halus yang disampaikan pada **Tabel 1**, terlihat bahwa besarnya berat jenis dan berat isi pasir alami yang diambil dari aliran lahar tempat pengambilan batuan skoria Gunung Kelud adalah lebih kecil dari pasir alami yang digunakan untuk campuran beton secara umum di daerah Malang, pasir ini berwarna jauh lebih terang sehingga kandungan besi akan rendah dan lebih ringan, namun butirannya kecil-kecil, agak seragam dan teksturnya kurang tajam.

Sedangkan dari hasil pengujian Agregat Kasar yang disampaikan pada **Tabel 2**, terlihat bahwa besarnya berat jenis dan berat isi agregat kasar dari batuan skoria Gunung Kelud memenuhi syarat sebagai agregat ringan yang digunakan untuk campuran beton ringan struktural, namun seperti agregat ringan umumnya absorpsi 24 jam batuan ini relatif besar karena kandungan pori-porinya juga besar.

Tabel 1. Karakteristik Fisik Agregat Halus.

No	Jenis Pengujian	A. Halus
1	Berat Jenis Curah	1.98
2	Berat Jenis SSD	2.02
3	Berat Jenis Semu	2.19
4	Absorpsi 24 jam (%)	4.08
5	Berat Isi SSD (Kg/m ³)	1120.74
6	Berat Isi Kering (Kg/m ³)	1057.12
7	Kadar Air (%)	0.85
8	Modulus Lembut	2.42

Tabel 2. Karakteristik Fisik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	A. Kasar
1	Berat Jenis Curah	1.52
2	Berat Jenis SSD	1.73
3	Berat Jenis Semu	1.96
4	Absorpsi 24 jam (%)	17.86
5	Berat Isi SSD (Kg/m ³)	914.12

No	Jenis Pengujian	A. Kasar
6	Berat Isi Kering (Kg/m ³)	756.14
7	Kadar Air (%)	1.53
8	Modulus Lembut	6.74

Tabel 3. Hasil Rerata Nilai Slump (mm).

Perbandingan AH - AK	Perbandingan A - S		
	3.25	3.50	3.75
1.250	89.20	91.40	92.20
1.275	90.40	93.20	90.40
1.300	92.20	94.10	93.50
1.325	88.50	90.40	90.80
1.350	89.30	89.80	93.20

Dari hasil pencampuran beton dengan perlakuan dan perulangan yang ditentukan, terlihat bahwa untuk mendapatkan campuran beton yang masih mudah dikerjakan, plastis dan tidak terjadi segregasi maupun *bleeding* diperlukan air yang memberikan Nilai Slump yang disampaikan pada **Tabel 3**, nilai-nilai ini masih lebih kecil dari yang disyaratkan sebesar 100 mm namun masih relatif besar karena kondisi agregat kasar yang berpori-pori dan lebih kasar teksturnya sehingga kurang memberikan kekuatan beton yang maksimal.

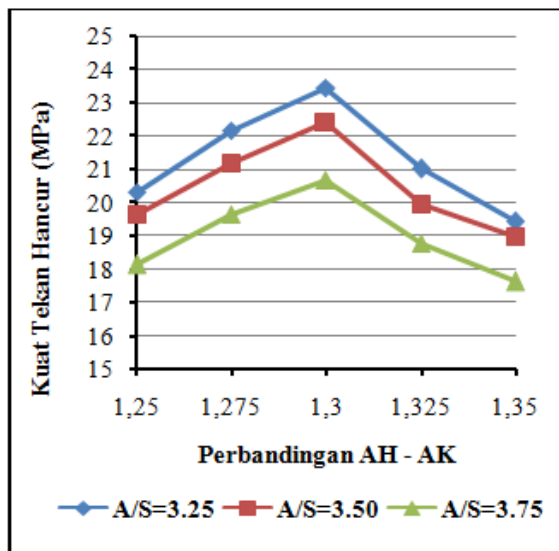
Hasil pengujian dan perhitungan Berat Isi yang dilakukan pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Tabel 4**, terlihat bahwa dengan perlakuan-perlakuan yang diberikan seperti di atas besarnya memenuhi syarat sebagai beton ringan struktural seperti disebutkan sebelumnya dan tidak bervariasi secara nyata terhadap perlakuan yang ada, bila dibandingkan dengan penelitian yang juga menggunakan Batuan Skoria sebelumnya terlihat efektivitas penggantian agregat halus dari pasir umum untuk beton normal dengan pasir alami yang diambil dari aliran lahar Gunung Kelud Blitar yang sama dengan lokasi pengambilannya.

Hasil pengujian dan perhitungan Kuat Tekan Hancur yang dilakukan pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Gambar**

1, terlihat bahwa dengan perlakuan-perlakuan yang ada besarnya juga memenuhi syarat sebagai beton ringan struktural seperti disebutkan sebelumnya dan bervariasi secara nyata terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 4. Hasil Rerata Berat Isi (Kg/m^3)

Perbandingan AH - AK	Perbandingan A - S		
	3.25	3.50	3.75
1.250	1849.52	1848.61	1847.42
1.275	1847.84	1846.73	1845.27
1.300	1839.69	1838.12	1836.22
1.325	1838.72	1837.03	1834.60
1.350	1834.56	1832.68	1830.72

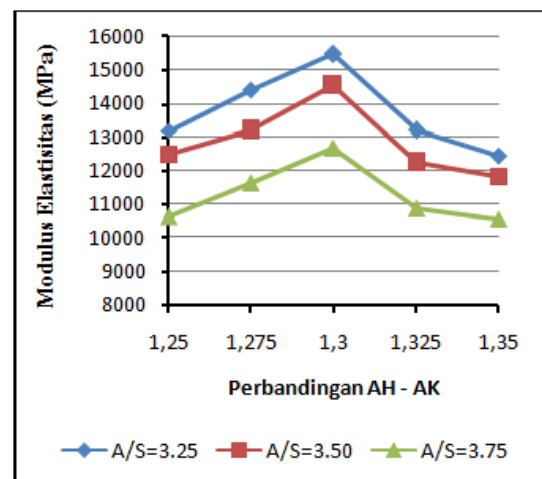


Gambar 1. Hubungan antara Perbandingan Agregat Halus-Agregat Kasar dengan Kuat Tekan Hancur untuk Tiga Perbandingan Agregat-Semen

Perbandingan agregat halus – agregat kasar 1.30 memberikan kuat tekan hancur maksimum, jadi agregat halus sudah cukup mengisi rongga-rongga yang ada baik pada beton maupun batuanannya sehingga beton yang diperoleh adalah yang paling padat dan kompak, dibawah harga ini kepadatan maksimal beton belum tercapai sedangkan diatas harga ini agregat halus terlalu banyak,keperluan air meningkat untuk pembasahan agregat sehingga pada kedua kondisi ini kuat

tekan hancur terlihat menurun. Semakin besar perbandingan agregat–semen memang kuat tekan hancur juga terlihat semakin meningkat namun prosentase peningkatan kekuatan dari perbandingan 3.5 ke 3.25 relatif lebih kecil dari penurunan kekuatan dari perbandingan 3.5 ke 3.75, sehingga pada interval perbandingan ini harga 3.5 dapat dianggap suatu harga yang memberikan kondisi yang terbaik.

Hasil pengujian dan perhitungan Modulus Elastisitas Chord yang dilakukan pada umur 28 hari dapat dilihat pada **Gambar 2**, terlihat bahwa perlakuan-perlakuan yang ada juga memberikan kecenderungan yang sama dengan yang diberikan oleh kuat tekan hancur, hal ini menunjukkan adanya hubungan empirik antar keduanya. Dengan kekuatan yang sama, besarnya adalah (0.53 – 0.68) bila dibandingkan dengan Modulus Elastisitas beton normal, sehingga masih memenuhi ketentuan yang disebutkan diatas.



Gambar 2. Hubungan antara Perbandingan Agregat Halus-Agregat Kasar dengan Modulus Elastisitas Chord untuk Tiga Perbandingan Agregat-Semen

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Batuan Skoria dari Gunung Kelud merupakan agregat kasar

ringan alami atau vulkanik yang dapat digunakan untuk Beton Ringan Struktural dengan pemilihan jenis agregat halus tertentu walaupun dengan proporsi campuran coba-coba. Hanya kuat tekan hancur yang dicapai masih relatif rendah sehingga perlu peningkatan misalnya dengan perancangan proporsi campuran yang lebih teliti atau penggunaan bahan tambahan campuran pereduksi air untuk mengurangi kebutuhan air namun masih dapat dikerjakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aman Subakti, 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Arsito Pandojo, 1994. *Pengaruh Kuat Tekan Hancur Beton Beragregat Kasar Batu apung Terhadap Modulus Elastisitas dan Rasio Poisson*. Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 1994, Malang.
- Boyle, et. al., 1998. *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lighweight Concrete (ACI 211.2-98)*. American Concrete Institute, Detroit.
- Doddy Setia Graha, 1987. *Batuan dan Mineral*. Nova, Bandung.
- Hendro Suseno, et.al., 2007. *Beton Ringan Struktural Beragregat Batuan Andesit Piroksen dari Gunung Kelud Blitar*. Laporan Penelitian Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang
- Klieger, et. al., 1976. *Recommended Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-69)*. American Concrete Institute, Detroit.
- McGregor, G.J, 1997. *Reinforced Concrete Mechanics And Design*. Prentice Hall, New Jersey.
- Mehta, P.K. & Monteiro, P.J.M., 1993. *Concrete Structure Properties and Materials*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Murdock, L.J & Brook, K.M, 1986. *Bahan dan Praktek Beton* terjemahan oleh Stephanus Hendarko. Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A.M, 1981. *Properties of Concrete*. Third Edition, The Language Book Society and Pitman Publishing, London.
- Paulus Nugraha, 1989. *Teknologi Beton dengan antisipasi terhadap Pedoman Beton 1989*. Penerbitan Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Robinson et. al., 1993. *Guide For Structural Lightweight Agregate Concrete, (ACI 213 R-87)*. American Concrete Institute, Detroit.
- Winter, G & Nilson, A.H, 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Disunting oleh M. Sahari Besari dkk. PT Pradnya Paramita, Jakarta.