

PENGARUH PENAMBAHAN LAPISAN CAT PADA AGREGAT KASAR (BATU *PUMICE*) TERHADAP KEKUATAN LENTUR BALOK TIGA TUMPUAN

Bagus Arista Saputra , Sri Murni Dewi, Christin Remayanti N.

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur – Indonesia

E-mail : aristasaputra@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan bahan bangunan komposit yang terdiri dari agregat dan campuran semen. Agregat tersebut terdiri dari agregat kasar dan agregat ringan. Kualitas dan karakteristik beton akan sangat dipengaruhi oleh material penyusunnya tersebut. Untuk mengetahui karakteristik dari pengaruh agregat terhadap kekuatan yang dimiliki oleh beton maka perlu dilakukan penelitian. Salah satunya dengan penggunaan batu apung (*pumice*) sebagai agregat kasar menggantikan batu kerikil dalam campuran beton. Batu apung merupakan batuan vulkanik yang memiliki banyak rongga sehingga lebih ringan jika dibandingkan dengan batu kerikil. Serta penggunaan cat sebagai bahan pelapis permukaan batu apung (*pumice*) yang bertujuan untuk mengurangi penyerapan air pada agregat tersebut. Pada penelitian ini objek yang diamati yaitu: 1.) Balok beton tulang dengan agregat kasar batu kerikil, 2.) Balok beton bertulang dengan agregat kasar batu *pumice* tanpa pelapisan cat, 3.) balok beton bertulang dengan agregat kasar batu *pumice* dengan pelapisan cat. Masing - masing balok uji menggunakan 3 benda uji dengan dimensi balok 120 x 15 x 10 cm. Pembebanan *static vertical* dilakukan pada seperempat dan tiga perempat bentang setelah balok beton berumur 28 hari. Balok diletakan diatas tiga tumpuan (sendi-sendi-rol). Benda uji diberi beban hingga mencapai runtuh lentur. Hasil pengujian agregat menunjukkan penambahan lapisan cat pada agregat kasar batu *pumice* mampu mengurangi penyerapan air sebesar 3,9%. Balok beton bertulang menggunakan agregat kasar batu *pumice* berlapis cat memiliki nilai berat volume yang lebih kecil daripada balok beton bertulang menggunakan agregat kasar batu *pumice* tanpa pelapisan cat. Proses pembebanan *static vertical* menunjukkan bahwa balok beton bertulang beragregat kasar batu *pumice* yang berlapisan cat mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan balok beton bertulang beragregat kasar batu *pumice* tanpa lapisan cat. Dengan penambahan lapisan cat juga meningkatkan kekuatan lentur dari balok beton beragregat kasar batu *pumice* sebesar 6,76%.

Kata kunci: beton, *pumice*, cat, berat volume, kuat lentur

ABSTRACT

Concrete is a composite building material consist of aggregate and cement mixture. The aggregate consists of coarse aggregate and lightweight aggregate. The quality and characteristics of the concrete will be strongly influenced by the constituent materials. To know the characteristics of the aggregate effect on the strength of concrete it is necessary to study. One of them with the use of pumice stone replacing gravel as coarse aggregate in the concrete mix. Pumice is a volcanic rock that has many cavities that are lighter when compared with gravel. Then the use of paint as a surface coating material pumice which aims to reduce the absorption of water in the aggregate. In this study the object being observed are: 1) reinforced concrete beam with gravel as coarse aggregate, 2.) reinforced concrete beam with pumice stone as coarse aggregate without paint coating, 3) reinforced concrete beam with pumice stone as coarse aggregate with coating of paint. Each beam test uses 3 specimen with dimensions 120 x 15 x 10 cm. Vertical static loading performed in a quarter and three-quarter span with 28-day-old concrete block. The beam placed on three supports (joint - joint – roll). The test specimen is loaded until it reaches bending failure. The aggregate test results showed that the addition of coating paint on pumice stone as coarse aggregate capable to reducing the water absorption until 3.9%. Reinforced concrete beams that using painted pumice stone as coarse aggregate have a smaller value of weight by volume than reinforced concrete beams that using pumice stone without a coating of paint. Vertical static loading test shows that the reinforced concrete beams that using painted pumice stone as coarse aggregate able to withstand a greater load than the reinforced concrete beams with pumice stone without coating of paint. With the addition of the paint coating also increases the flexural strength of reinforced concrete beams that using pumice stone by 6.76%.

Key words: concrete, pumice, paint, weight by volume, flexural strength

PENDAHULUAN

Dewasa ini, perkembangan teknologi beton sudah sangat maju dan bervariasi. Penelitian yang dilakukan pada umumnya bertujuan untuk mendapatkan beton yang mampu menahan beban yang sesuai dengan rencana secara efektif dan efisien dalam pelaksanaannya.

Beton merupakan bahan bangunan komposit yang terdiri dari agregat dan campuran semen. Kekuatan dari beton akan dipengaruhi oleh material yang digunakan dalam campuran. Agregat sebagai salah satu

material dalam campuran beton, menempati 60-75% dari volume total beton. Dengan demikian pemilihan agregat perlu diperhatikan agar mendapatkan beton yang sesuai dengan perencanaan.

Dalam penelitian ini menggunakan agregat kasar batu *pumice* sebagai pengganti agregat kasar batu kerikil. Batu pumice yang digunakan berasal dari hasil letusan Gunung Kelud. Batu *pumice* merupakan batuan vulkanik yang berwarna terang, mengandung buih yang terbentuk dari lava cair yang mengalami proses pendinginan akibat dari letusan gunung berapi. Sehingga batu pumice

memiliki banyak rongga. Rongga tersebut menyebabkan batu *pumice* memiliki sifat menyerap air yang tinggi. Oleh karena itu untuk mengurangi penyerapan air pada batu *pumice* pada penelitian ini menggunakan lapisan cat untuk menyelimuti permukaan agregat kasar batu *pumice*. Cat yang digunakan adalah cat waterproof (propan). yang memiliki sifat tidak tembus air. Sehingga campuran semen dan air tidak masuk kedalam pori batu *pumice* ketika proses pencampuran agregat dan pasta semen dilakukan. Dengan penambahan cat tersebut diharapkan didapatkan beton dengan berat yang lebih ringan dibandingkan sebelum dicat.

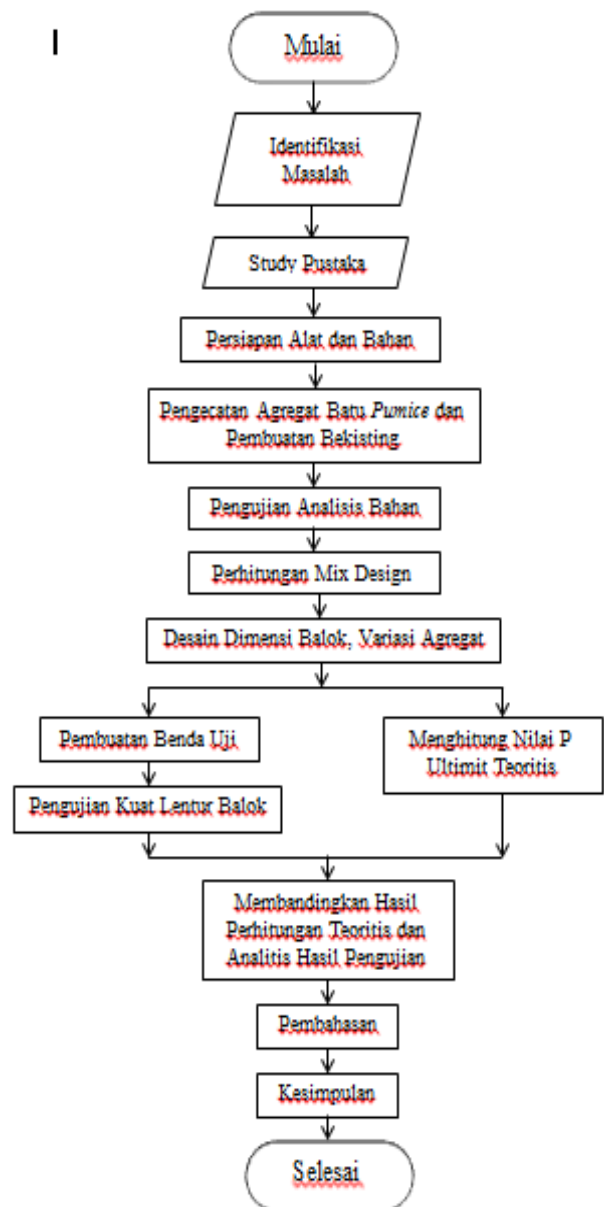
Penelitian ini akan menggunakan tiga pengondisian agregat kasar yaitu kondisi pertama menggunakan agregat kerikil sebagai kontrol, kondisi kedua menggunakan agregat kasar batu *pumice* tanpa dilapisi cat, dan kondisi ketiga menggunakan agregat kasar batu *pumice* dengan lapisan cat. Benda uji tersebut akan diuji dengan pembebanan *static vertical* hingga mencapai keruntuhan lentur.

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku penyerapan air dari beton batu *pumice* tanpa cat dengan beton batu *pumice* berlapisan cat?
2. Bagaimana pengaruh pelapisan cat terhadap berat balok?
3. Bagaimana pengaruh pelapisan cat terhadap kekuatan balok?
4. Bagaimana perbandingan berat volume dan kuat lentur dari beton batu *pumice* yang dicat terhadap balok kontrol?

METODE

Untuk mencapai tujuan penulisan penelitian, secara garis besar metodologi yang dilakukan digambarkan dalam diagram berikut (gambar 1.)



Gambar 1, Diagram Alir Penelitian

Langkah – langkah pengecatan agregat kasar batu *pumice* sebagai berikut.

- a. Siapkan cat *waterproof* (propan)
- b. Siapkan wadah dan saringan

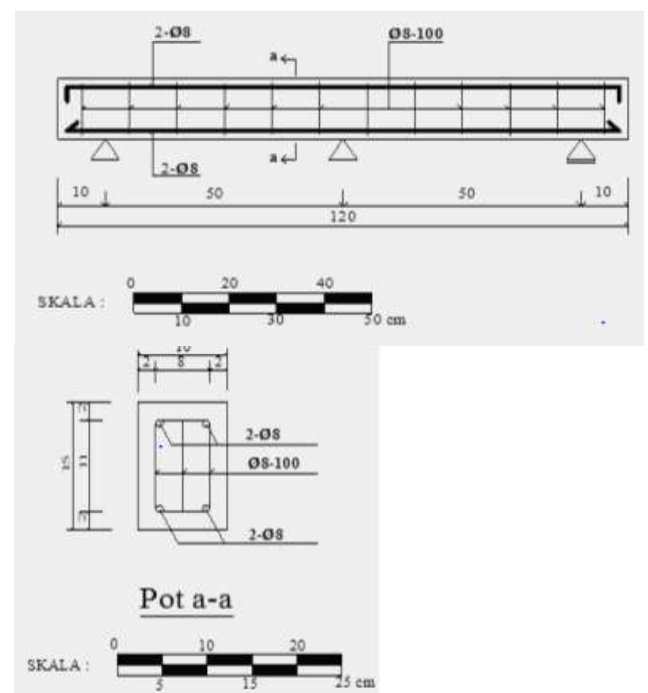
- c. Siapkan agregat kasar pumice sesuai dengan perhitungan *mix design*
- d. Tuangkan cat *waterproof* (propan) kedalam wadah yang telah disediakan hingga mencapai setengah volume atau $\frac{3}{4}$ volume.
- e. Letakan agregat kasar batu *pumice* pada saringan sesuai kapasitas saringan
- f. Celupkan saringan yang berisi agregat kasar batu pumice kedalam wadah yang terisi cat. Kemudian angkat dan ayak untuk meratakan cat pada permukaan agregat.
- g. Lakukan langkah diatas berulang kali hingga semua permukaan agregat tertutupi cat.
- h. Keringkan cat dengan cara menyangkan di tempat terbuka, sebar agregat secara merata agar tidak menempel.
- i. Setelah disiangkan selama sehari penuh maka agregat dapat dikemas.

Dalam penelitian ini menggunakan 9 sampel balok berdimensi (10x15x120) cm³. Dengan 3 sampel adalah beton normal, 3 sampel adalah balok beton dengan agregat kasar batu *pumice* tanpa lapisan cat, dan 3 balok beton dengan agregat kasar batu *pumice* dengan lapisan cat. Pencetakan benda uji menggunakan bekisting kayu yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pengecoran balok dilaksanakan bersamaan, kemudian menunggu beton mulai

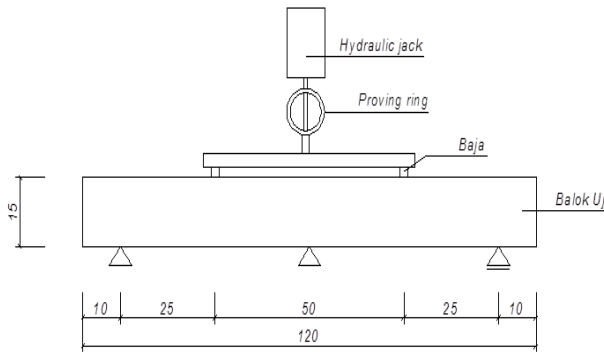
keras. Langkah selanjutnya adalah melakukan proses curing dengan cara merendam sampel beton di dalam air selama 28 hari (dalam penelitian ini balok diselimuti menggunakan karung goni yang dibasahi dengan air secara berkala)

Pembuatan sampel berdasarkan metode kekuatan batas (*ultimate strength design*) mengikuti Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung sesuai SK SNI 03-1726-2002. Detail benda uji balok beton yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Detail Benda Uji

Benda uji ditumpu dengan tiga tumpuan yaitu sendi-sendiri-rol, kemudian diberikan beban terpusat. Detail pembebanan benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Detail Pembebanan Benda Uji

Untuk menganalisis struktur statis tak tentu diatas menggunakan metode *Slope Deflection*. Berikut langkah – langkah dalam penyelesaian dengan menggunakan metode *Slope Deflection*.

1. Menghitung momen primer setiap ujung batang.

$$M_{AB}^F = \frac{Pab^2}{L^2}$$

$$M_{BA}^F = - \frac{Pab^2}{L^2}$$

2. Menentukan *Persamaan Slope Deflection* dari momen primer dan rotasi joint.

$$M_{AB} = M_{AB}^F + \frac{2EI}{L} (-2\theta_A - \theta_B)$$

$$M_{BA} = M_{BA}^F + \frac{2EI}{L} (-2\theta_B - \theta_A)$$

3. Menyusun persamaan simultan dengan mempertimbangkan syarat kesepadanan pada setiap joint, Misalnya:

- pada dukungan jepit, berarti $M \neq 0$ dan $\theta = 0$
- pada dukungan sendi, berarti $M = 0$ dan $\theta \neq 0$
- pada dukungan rol, berarti $M = 0$ dan $\theta \neq 0$

- pada pertemuan batang, berarti $M = 0$
4. Menyelesaikan persamaan simultan untuk memperoleh nilai-nilai θ (rotasi)
 5. mendistribusikan nilai-nilai θ pada *Persamaan Slope Deflection* untuk memperoleh momen-momen ujung batang.
 6. menghitung reaksi-reaksi dan momen-momen pada bagian tengah batang
 7. Menggambar bidang momen, gaya lintang, dan gaya geser.

Pada poin enam (6) tahap diatas didapatkan nilai M_u yang terjadi. Sehingga didapatkan besar peningkatan beban dan kapasitas lentur yang terjadi pada masing-masing benda uji.

$$(3-1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

$$(3-2)$$

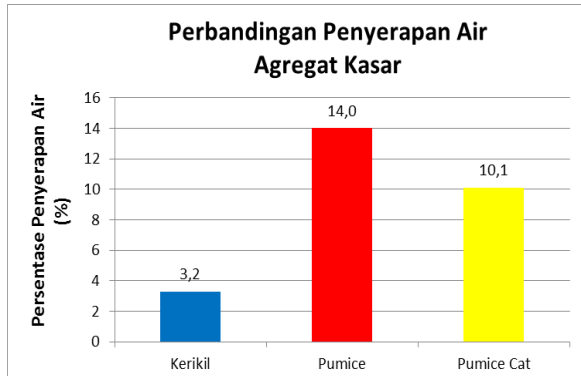
Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Pengujian agregat dilakukan di Laboratorium. Hasil rekapitulasi pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Karakteristik Agregat

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian			
		Pasir	Kerikil	Pumice	Pumice Cat
1	Absorpsi	3,22%	3,20%	14%	10,10%
2	Berat Jenis :				
	a. Bj Curah	2,58	2,52	1,626	1,622
	b. Bj Kering Permukaan	2,67	2,59	1,853	1,787
	c. Bj Semu	2,82	2,74	2,1	1,941
3	Modulus Kehalusan	2,595	7,536	7,872	7,872

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh lapisan cat terhadap penyerapan air pada agregat kasar batu *pumice*. Pada Gambar 3. menampilkan grafik perbandingan penyerapan air agregat kasar.



Gambar 4. Perbandingan Persentase Penyerapan Air Agregat Kasar

Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa agregat kerikil memiliki persentase penyerapan air yang terkecil yaitu sebesar 3,2 %. Sedangkan agregat kasar batu *pumice* memiliki penyerapan air sebesar 14 %. Dengan penambahan lapisan cat pada batu *pumice* didapatkan nilai penyerapan air sebesar 10,1 %. Terjadinya penurunan persentase dikarenakan rongga – rongga pori pada agregat kasar batu *pumice* cat telah terisi dan terlindungi oleh lapisan cat, sehingga terjadi penurunan penyerapan air sebesar 3,9 %

Komposisi Beton

Dari hasil pemeriksaan material dan hasil perhitungan mix design beton dengan mengikuti Tata Cara Pembuatan Rancang Campur Beton Normal sesuai SNI 03-2834-2000, diperoleh komposisi bahan campuran

beton pada tabel 2 dengan perbandingan semen : pasir : kerikil (1:2:3).

Tabel 2. Komposisi Beton Normal

Bahan Beton				
Berat/m ³ Beton	Semen	Air	Pasir	Kerikil
Kg	341,67	205	684,13	1026,02

Sementara untuk komposisi campuran Beton dengan agregat kasar batu *pumice* menggunakan perbandingan semen : pasir : kerikil (1:2:2). Karena berat batu *pumice* lebih kecil dibandingkan dengan batu kerikil sehingga komposisi agregat *pumice* disesuaikan berdasarkan berat batu kerikil dengan volume yang sama.

Kuat Tekan Beton

Benda uji kuat tekan beton berupa silinder dengan dimensi diameter 8 cm dan tinggi 16 cm. Proses perawatan atau *curing* benda uji silinder ini dilakukan dengan direndam selama 14 hari setelah 1 hari dilepas dari bekistingnya. Kemudian diangkat dan dibiarkan hingga mencapai umur beton 28 hari. Kemudian dilakukan pengujian tekan. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)
Kerikil	1,75	17,715	13,834
	1,85	9,952	
<i>Pumice</i>	1,65	16,322	14,53
	1,5	12,739	
<i>Pumice</i> Cat	1,6	11,744	14,13
	1,45	16,521	

Berdasarkan tabel 3. didapat nilai kuat tekan beton rata-rata untuk agregat kerikil sebesar 13,834 Mpa, agregat batu *pumice* sebesar 14,53 Mpa, dan untuk agregat batu *pumice* cat sebesar 14,132 Mpa. sedangkan mutu beton yang direncanakan pada perencanaan *mix design* sebesar 20 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton yang digunakan belum sesuai dengan perencanaan *mix design*. Hal ini dikarenakan pada saat proses *curing* benda uji silinder kerikil tertindih oleh silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm lain yang berada di atasnya, sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan benda uji silinder kerikil.

Hasil Analisis Balok Bertulang

Secara teoritis didapatkan nilai beban untuk benda uji seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Pu, Mu Tumpuan, dan Mu Lapangan Secara Teoritis

Benda Uji	Mu Lapangan (kgm)	Mu Tumpuan (kgm)	Pu (kg)
Perencanaan	314,457	377,348	8050,1
Kerikil	246,42	295,704	6308,358
<i>Pumice</i>	246,958	296,351	6322,146
<i>Pumice</i> Cat	246,828	296,194	6318,798

Berdasarkan teori didapatkan (Pu) teoritis beton untuk agregat Kerikil sebesar 6308,358 kg, Agregat batu *Pumice* sebesar 6322,146 kg, dan Untuk Agregat batu *Pumice* cat sebesar 6318,798 kg. Sedangkan beban maksimum yang direncanakan sebesar 8050,1 kg.

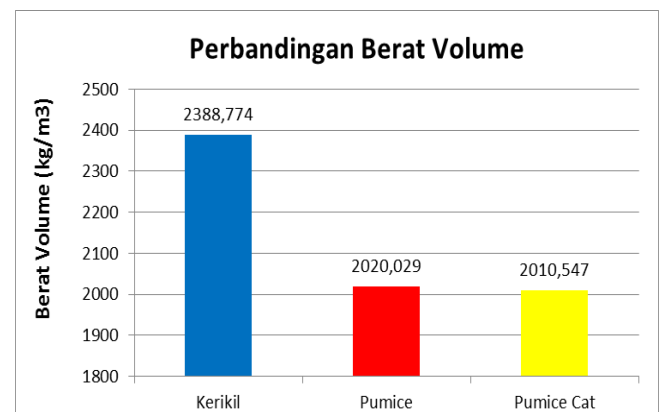
Berat Volume Balok Beton

Setelah benda uji berumur 28 hari Balok beton tersebut diukur dimensinya

kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya. Setelah didapatkan data dimensi dan berat benda uji maka didapat hasil berat volume untuk seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Berat Volume Rata - Rata Benda Uji

Benda Uji	Berat Volume Rata - Rata (kg/m ³)	Perbandingan selisih (%)
Kerikil	2388,7738	0
<i>Pumice</i>	2020,0289	-18,254
<i>Pumice</i> Cat	2010,5473	-18,723



Gambar 5. Perbandingan Berat Volume Benda Uji

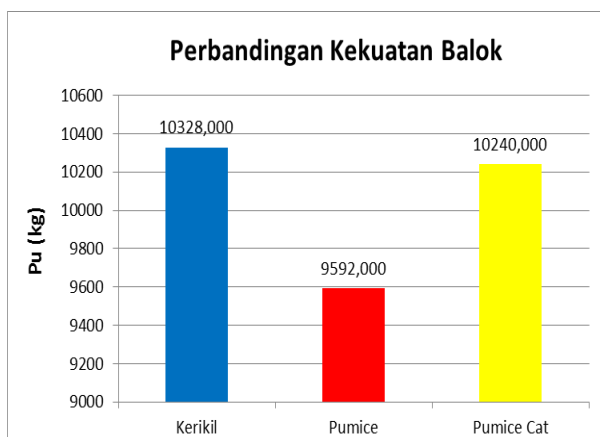
Pada Tabel 5 dan Gambar 5 dapat diketahui dengan penambahan lapisan cat tidak terjadi perubahan yang signifikan dari berat volume balok beton bertulang yaitu hanya terjadi pengurangan berat volume sebesar 0,469% jika dibandingkan dengan balok beton beragregat kasar batu *pumice* biasa. Hal ini membuktikan dengan penambahan lapisan cat dapat mengurangi berat volume dari balok beton bertulang. Sedangkan untuk balok beton beragregat kasar kerikil memiliki berat volume yang terbesar yaitu sebesar 2388,774 kg/m³.

Analisis Kuat Lentur Balok

Berdasarkan hasil eksperimen didapatkan data beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji. Perbandingan kapasitas beban pada tiap benda uji ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Kuat Lentur Eksperimen

Benda Uji	Pu (kg)	Mu Tumpuan (kgm)	Mu lapangan (kgm)	Perbandingan Selisih Kuat Lentur (%)
Kerikil	10328	484,125	403,438	0
Pumice	9592	449,625	374,688	-7,67
Pumice Cat	10240	480	400	-0,91



Gambar 6. Perbandingan Kuat Lentur Eksperimen

Pada Tabel 6 dan Gambar 6 diketahui bahwa balok beton bertulang beragregat kasar kerikil sebagai balok kontrol mampu menahan beban maksimum sebesar 10328 kg, dengan momen pada bagian tumpuan sebesar 484,125 kg/m dan momen pada bagian lapangan sebesar 403,438 kg/m. Pada balok beton bertulang dengan agregat kasar batu *pumice* biasa mampu menahan beban sebesar 9592 kg dengan momen pada bagian tumpuan sebesar 449,625 kg/m dan momen pada bagian

lapangan sebesar 374,688 kg/m dengan persentase pengurangan kekuatan lentur sebesar 7,67%. Terjadinya pengurangan berat volume dan kekuatan tersebut terjadi karena batu *pumice* merupakan batuan vulkanik yang memiliki rongga sehingga lebih ringan dan kekuatannya lebih rendah dibandingkan dengan batu kerikil. Sedangkan pada balok beton bertulang dengan agregat kasar batu *pumice* dengan lapisan cat mampu menahan beban maksimum sebesar 10240 kg dengan momen pada bagian tumpuan sebesar 480 kg/m dan momen pada bagian lapangan sebesar 400 kg/m dengan persentase pengurangan kekuatan lentur sebesar 0,91%.

Dengan demikian dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan lapisan cat pada agregat kasar batu *pumice* yaitu dapat meningkatkan kekuatan lentur dari balok beton bertulang sebesar 6,76% jika dibandingkan dengan beton bertulang dengan agregat kasar batu *pumice* biasa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan penambahan lapisan cat pada agregat kasar batu *pumice* terjadi penurunan penyerapan air pada agregat kasar batu *pumice* sebesar 3,9%.
2. Dengan penambahan lapisan cat terjadi penurunan berat balok. Balok dengan menggunakan agregat kasar *pumice* yang dicat memiliki rata – rata berat sebesar 42,12 kg sedangkan

- balok dengan agregat kasar *pumice* biasa sebesar 42,28 kg.
3. Dengan penambahan lapisan cat pada agregat kasar batu *pumice* terjadi peningkatan kekuatan lentur pada balok beton bertulang dengan agregat kasar batu *pumice* tiga tumpuan sebesar 6,76 %.
 4. Dengan membandingkan balok beton normal dengan batu *pumice* yang dicat, terjadi penurunan berat volume sebesar 18,254%. yaitu dari sebesar 2388,774 kg/m³ menjadi sebesar 2010,547 kg/m³. Sedangkan kekuatan lentur balok beragregat kasar *pumice* yang dicat mendekati kekuatan lentur balok normal, hanya memiliki perbedaan sebesar 0,91%.

SARAN

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan maka dapat disarankan beberapa hal yaitu:

1. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh tebal lapisan cat, jenis cat, serta metode pelaksanaan pengecatan yang baik untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik perlu dilakukan pengujian agregat terlebih dahulu, untuk mengetahui apakah agregat tersebut sudah memenuhi syarat.
3. Perlu diperhatikan proses pencampuran semen, air, pasir, dan kerikil kedalam molen sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik
4. Proses perawatan benda uji perlu diperhatikan agar kualitas benda uji yang didapatkan sesuai dengan perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bideci, Alper ., Haydar Gultekin, Ali., Yildirim, Hasan., Oymael, Sabit., Salli Bideci, Ozlem. 2014. Polymer coated pumice and their properties, *Science Direct*
- Candra Rahmadyanto dan Wuryati Samekto. 2001, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius
- Carrier, 1995; P.J. Moss,1970 dalam *Pumice Aggregates for Structural Lightweight and Internally Cured Concretes*
- Dipohusodo, Istimawan. 1998, *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Ditjen Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Indonesia Tahun 1971*. Jakarta: DitjenCiptaKarya
- G. Nawy, Edward. 1999. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Eresco.
- Honing, J. 1984, *Konstruksi Beton*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Srikandi.

Penuntun Praktikum Laboratorium Struktur dan Bahan. Jurusan Sipil
Fakultas Teknik Universitas
Brawijaya. Malang : Srikandi

Phil M. Ferguson. 1986, *Dasar-dasar Beton Bertulang.* Jakarta: Erlangga

SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSN.

SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung : Badan Standardisasi Nasional BSN

Yoso Wigroho, Haryanto. 1999. *Analisis Struktur Statik Tidak Tertentu.* Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta