

**PENGARUH PENAMBAHAN CAT PADA AGREGAT KASAR BATU  
PUMICE TERHADAP KEKAKUAN BALOK BETON BERTULANG  
TIGA TUMPUAN**

**NASKAH PUBLIKASI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar Sarjana Teknik



**AHMAD FAUZI  
NIM. 115060107111009**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2016**

# PENGARUH PENAMBAHAN CAT PADA AGREGAT KASAR BATU PUMICE TERHADAP KEKAKUAN BALOK BETON BERTULANG TIGA TUMPUAN

Ahmad Fauzi, Indradi Widjatmiko, Achfas Zacoeb

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

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

Email: [ahmdfauzi93@gmail.com](mailto:ahmdfauzi93@gmail.com)

## ABSTRAK

Beton merupakan suatu material pokok dalam bidang konstruksi. Salah satu jenis beton yang digunakan dalam konstruksi adalah beton ringan. Agregat pada beton ringan biasanya berasal dari batuan vulkanik seperti batu *pumice*. Batu *pumice* adalah batuan asam yang terbentuk dari lava cair yang melewati proses pendinginan dari meletusnya gunung berapi. Karena karakteristik batu *pumice* yang berongga mengakibatkan penyerapan air terhadap agregat menjadi besar, yang berhubungan pada pengurangan kekuatan agregat. Oleh karena itu, pada penelitian ini agregat batu *pumice* dilapisi cat yang bertujuan untuk mengurangi penyerapan air. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh agregat batu *pumice* yang dilapisi cat terhadap kekakuan balok beton bertulang.

Dalam penelitian ini balok beton bertulang digunakan sebagai benda uji untuk agregat *pumice* dan *pumice* cat masing-masing tiga buah benda uji, serta tiga buah benda uji untuk agregat normal sebagai pembanding. Balok benda uji diletakkan diatas tiga tumpuan sendi-sendi-rol yang dengan bentang masing-masing batang sama panjang. Beban terpusat diberikan di tengah masing-masing bentang yang juga akan dianalisa lendutan dibawah beban.

Hasil dari penelitian menunjukkan penyerapan air agregat *pumice* yang dilapisi cat lebih kecil yaitu 10,1% dibandingkan dengan *pumice* tanpa cat 14%. Sehingga mempengaruhi berat balok benda uji *pumice* yang dilapisi cat lebih ringan 42,12 kg dibandingkan dengan agregat *pumice* biasa 42,28 kg. Kekakuan balok beton bertulang *pumice* tanpa cat lebih besar bila dibanding balok yang menggunakan agregat *pumice* dilapisi cat. Hal ini dikarenakan cat jenis polimer yang melapisi permukaan agregat mengakibatkan berkurangnya daya lekat antara semen dan agregat. Nilai kekakuan balok beragregat *pumice* pada bentang 1 sebesar 900,45 kg/mm dan pada bentang 2 sebesar 653,38 kg/mm. Nilai kekakuan balok untuk *pumice* cat pada bentang 1 sebesar 493,82 kg/mm dan pada bentang 2 sebesar 413,05 kg/mm.

**Kata kunci:** beton, *pumice*, penyerapan air, kekakuan

## ABSTRACT

Concrete is a common material in the construction field. One of the concrete type used in construction is lightweight concrete. Lightweight concrete is usually constructed from volcanic rocks such as pumice stone. Pumice stone is acid rock formed from molten lava that passes through the cooling process of a volcanic eruption. Due to the large absorption characteristic of hollow pumice stone, it resulted to the strength reduction. Therefore, in this study, pumice stone aggregates are coated with paint to reduce water absorption and determine the effect of pumice stone aggregates are coated with paint to the stiffness of reinforced concrete beams.

In this study, reinforced concrete beam is used as a test object of aggregate pumice and painted pumice, each of them use three specimens, as well as three specimens of normal aggregate as a comparison. Beam specimen placed on three support that each span have equal length. In order to investigate the deflection under the load, concentrated loads are given in the middle of each span.

Results from the study indicate that the water absorption aggregate pumice coated is smaller with 10.1 % than pumice without coated with 14 %. Thus affecting the weight of the beam specimen coated pumice is lighter which is 42.12 kg than pumice without coated with 42.28 kg. The Stiffness of reinforced concrete beams of pumice is greater when compared to the beam using coated pumice aggregate. This is because the type of polymer that coats the surface of the aggregate result in reduced adhesion between the cement and aggregates. Beam stiffness values of pumice on the first span is 900.45 kg/mm and the second span is 653.38 kg/mm. Beam stiffness values for the first spans of pumice coated is 493.82 kg/mm and the second span is 413.05 kg/mm.

**Keyword:** concrete, pumice, water absorption, stiffness

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beton merupakan suatu material pokok dalam bidang konstruksi. Penggunaan beton dalam bidang konstruksi sudah ada sejak zaman Yunani dan Romawi bahkan sebelumnya. Beton biasanya digunakan pada elemen balok, kolom, pelat lantai, pelat atap dan pondasi dalam sebuah bangunan. Dengan banyaknya penggunaan beton karena pembangunan infrastruktur yang pesat dan perkembangan teknologi beton saat ini, maka diperlukan inovasi-inovasi agar memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur yang akan datang. Beberapa inovasi beton yaitu beton ringan, beton mutu tinggi, beton fiber dan lain-lain. Sehingga dalam pembangunan infrastruktur akan lebih mudah dan baik nantinya.

Salah satu jenis beton yang digunakan dalam konstruksi adalah beton ringan. Agregat pada beton ringan biasanya berasal dari batuan vulkanik seperti batu *pumice*. Batu *pumice* adalah batuan asam yang terbentuk dari lava cair yang melewati proses pendinginan dari meletusnya gunung berapi. Penggunaan *pumice* sebagai agregat beton ringan sangat memuaskan karena mengurangi beban mati tetapi juga mengurangi kekuatan beton (Kilic, 2009). Karena karakteristik batu *pumice* yang berongga mengakibatkan penyerapan air terhadap agregat menjadi besar, yang berhubungan pada pengurangan kekuatan agregat. Oleh karena itu, pada penelitian ini agregat batu *pumice* dilapisi cat yang bertujuan untuk mengurangi penyerapan air. Sebelumnya sudah pernah dilakukan penelitian dengan melapisi batu *pumice* menggunakan cat jenis polimer oleh Ozlem Salli Bideci dan kawan-kawan pada tahun 2013 menghasilkan penyerapan air yang rendah yaitu (2-10)% dibandingkan dengan *pumice* yang tidak dilapisi cat polimer (30-40)%.

### Rumusan Masalah

Dalam penelitian kali ini agregat kasar menggunakan batu *pumice* yang dilapisi oleh cat polimer. Sehingga penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perilaku beton dengan agregat kasar batu *pumice* yang dicat yang dijadikan elemen balok beton bertulang tiga tumpuan.

- Bagaimana pengaruh *pumice* yang dicat terhadap penyerapan air terhadap agregat?
- Bagaimana pengaruh *pumice* yang dicat terhadap berat balok jika dibandingkan dengan yang *pumice* yang tidak dicat?
- Bagaimanakah perilaku kekakuan balok dengan campuran beton ini?

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil perilaku elemen balok beton bertulang tiga tumpuan yang campurannya menggunakan batu *pumice* yang dilapisi cat sebagai agregat kasar terhadap kekakuan. Selain itu dapat mengetahui penyerapan air terhadap agregat setelah *pumice* dicat dan pengaruh terhadap berat balok.

### Batasan Masalah

Pada penelitian ini beton menggunakan campuran semen, air, pasir dan batu *pumice* dilapisi cat yang akan menjadi agregat kasar. Beton digunakan sebagai elemen balok beton bertulang tiga tumpuan yang akan diuji kekakuannya. Adapun permasalahan yang harus dibatasi yaitu:

- a. Cat yang digunakan adalah cat jenis polimer
- b. Beton menggunakan campuran semen : pasir : kerikil yaitu 1 : 2 : 3
- c. Beton menggunakan campuran semen : pasir : batu *pumice* yaitu 1 : 2 : 2
- d. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekakuan balok
- e. Laboratorium yang digunakan adalah Laboratorium Struktur dan Bahan

Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

- f. Agregat kasar menggunakan batu *pumice* yang berasal dari letusan Gunung Kelud
- g. Menggunakan 9 benda uji balok dengan ukuran 100 x 150 x 1200 mm
- h. Air menggunakan PDAM Kota Malang
- i. Semen yang digunakan adalah Semen tipe PPC

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tinjauan Umum

Dalam pembangunan infrastruktur beton merupakan suatu material pokok. Beton sendiri telah digunakan sejak zaman Yunani dan Romawi. Pada zaman tersebut penggunaan beton menggunakan bahan-bahan vulkanik sebagai bahan pembentuknya. Seiring berkembangnya waktu berbagai inovasi telah diciptakan ilmuwan untuk mengembangkan beton. Dimulai dari penggunaan beton bertulang, kemudian pada tahun 1906 C.A.P. Turner mengenalkan pelat pada pertama kalinya. Dengan semakin banyaknya penggunaan beton dalam bidang struktural maka keluarlah peraturan-peraturan yang dibuat sebagai spesifikasi maupun tata cara pembuatan beton.

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Dalam perkembangan teknologi beton, campuran beton sering dilakukan substitusi menggunakan bahan alami lain ataupun penambahan bahan lain (admixture) untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi atau untuk mendapatkan berat yang ringan agar mengurangi beban ke permukaan tanah.

Beton dapat diklasifikasikan dengan berdasarkan beberapa cara. Beton diklasifikasikan berdasarkan volumenya menurut SNI 03-2847-2002 yaitu:

1. Beton normal : beton yang mempunyai berat satuan  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$ .
2. Beton ringan : beton yang mempunyai berat satuan tidak lebih dari  $1900 \text{ kg/m}^3$ .
3. Beton berat : beton yang mempunyai berat satuan lebih dari  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

### Pelapisan Agregat

Pelapisan agregat merupakan salah satu metode yang digunakan untuk tujuan tertentu. Pelapisan agregat biasanya menggunakan tanah liat, kalsium karbonat dan debu atau lumpur. Ada beberapa teknik dalam pelapisan yaitu dengan melapisi semua permukaan agregat atau melapisi sebagian agregat tergantung dari tujuannya (Munoz, 2005). Penelitian tentang pelapisan agregat menggunakan bahan polimer juga telah dilakukan dengan tujuan mengurangi penyerapan air pada *pumice* sebagai agregat kasar. Dalam penelitian yang dilakukan Ozlem Salli Bideci, Alper Bideci, Ali Haydar G., Sabit Oymael, Hasan Yildirim pada tahun 2013, agregat *pumice* dilapisi oleh cat jenis polimer. Dengan menggunakan beberapa jenis cat polimer sebagai variabel bebas. Hasilnya *pumice* dengan pelapisan menggunakan polimer penyerapan airnya lebih kecil (2-10)% dibandingkan *pumice* yang tidak dilapisi bahan polimer (30-40)% seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Tes Batu Pumice

Mixtures	Specific weight (g/cm <sup>3</sup> )			Loose bulk density (g/cm <sup>3</sup> )			Water absorption rates (%)		
	0-4 (mm)	4-8 (mm)	8-16 (mm)	0-4 (mm)	4-8 (mm)	8-16 (mm)	0-4 (mm)	4-8 (mm)	8-16 (mm)
Control	1,57	1,03	0,98	225	272	221	48,2	43,1	34
SNMC	1,57	1,25	1,2	225	282	230	48,2	10,2	7,6
KBP	1,57	1,37	1,28	225	315	290	48,2	2,1	4,8
PLP	1,57	1,51	1,45	225	330	245	48,2	8,5	8,1

Sumber: *Polymer Coated Pumice Aggregates And Their Properties*, 2013

### Kekakuan

Kekakuan (*stiffness*) adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk. Ukuran kekakuan suatu bahan adalah modulus elastisitasnya, yang diperoleh dengan membagi tegangan satuan dengan

perubahan bentuk satuan-satuan yang disebabkan oleh tegangan tersebut (Wahyono, 1996 dalam Kuat Lentur, *Toughness*, dan *Stiffness* Pada Beton Ringan Teknologi *Foam* Dengan Bahan Tambah Serat Alumunium). Kekakuan merupakan hasil bagi beban dan lendutan.

$$K = \frac{P}{\delta} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

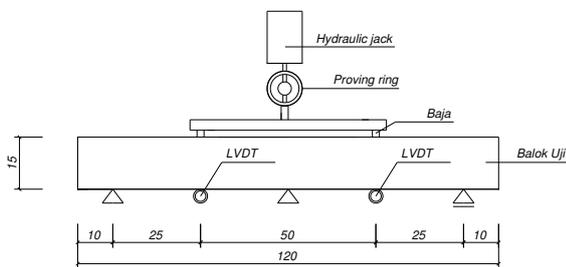
K = Kekakuan

P = Beban

$\delta$  = Lendutan

### METODE

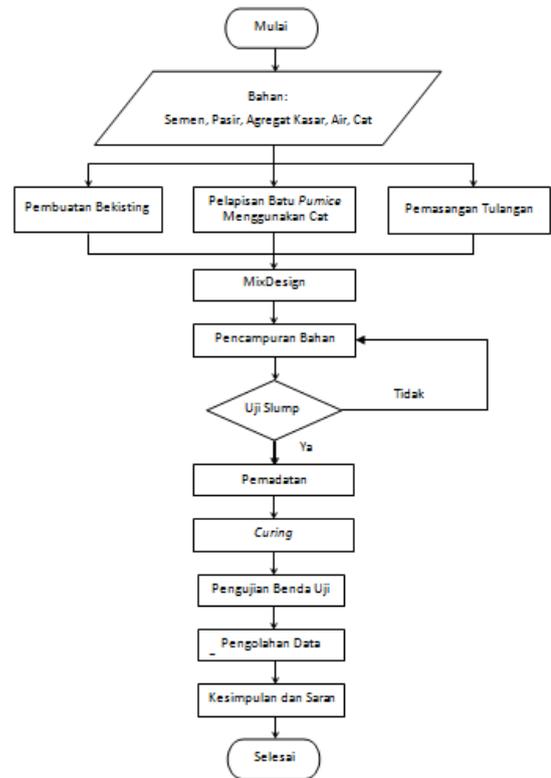
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dalam penelitian ini balok beton bertulang digunakan sebagai benda uji untuk agregat *pumice* dan *pumice* cat masing-masing tiga buah benda uji, serta tiga buah benda uji untuk agregat normal sebagai pembanding. Balok benda uji diletakkan diatas tiga tumpuan sendi-sendi-rol yang dengan bentang masing-masing batang sama panjang. Beban terpusat diberikan di tengah masing-masing bentang yang juga akan dianalisa lendutan dibawah beban. Pengujian balok ini akan dilakukan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Pembebanan

Pembebanan dilakukan untuk mendapatkan data beban dan lendutan yang terjadi pada balok. Data tersebut

kemudian digunakan untuk mencari nilai kekakuan sesuai dengan Persamaan (1).



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Penyerapan Agregat Kasar

Pada penelitian ini diperlukan pengujian terhadap penyerapan agregat kasar, karena perbedaan agregat yang digunakan pada benda uji. Hasil penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Penyerapan Agregat Kasar

Keterangan	<i>Pumice</i>	<i>Pumice</i> cat	Kerikil
Penyerapan air	14,0%	10,1%	3,2%

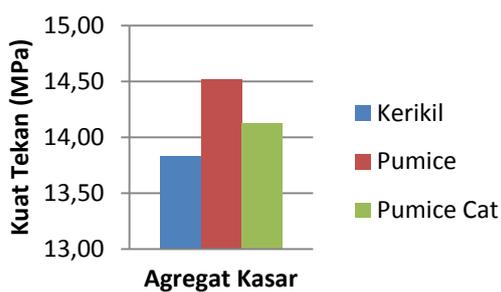
Berdasarkan Tabel 2 hasil penyerapan kerikil paling rendah yaitu 3,2 %. Disamping itu penyerapan *pumice* tanpa cat lebih besar dibandingkan *pumice* yang dicat. Hal itu membuktikan bahwa adanya pengaruh cat yang melapisi permukaan

agregat *pumice* yang mengakibatkan penyerapan air terhadap agregat *pumice* berkurang.

Nilai perbandingan penyerapan agregat kasar diambil terhadap kerikil. Sehingga nilai perbandingan untuk *pumice* terhadap kerikil yaitu 4,375 :1. Sedangkan untuk *pumice* cat terhadap kerikil yaitu 3,15625 : 1. Hasil tersebut menunjukkan *pumice* yang dilapisi dengan cat berpengaruh terhadap penyerapan air.

### Beton Keras

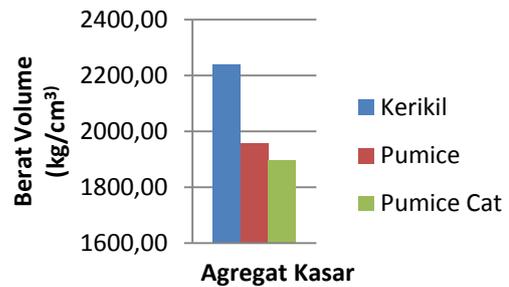
Benda uji kuat tekan beton dalam penelitian ini diambil dua sampel pada setiap pengecoran untuk enam buah benda uji. Benda uji kuat tekan beton berbentuk silinder dengan diameter 8 cm dan tinggi 16 cm. Pengujian ini dilakukan 28 hari setelah pengecoran dengan melalui proses perawatan (*curing*). Proses perawatan (*curing*) dilakukan untuk mengurangi proses hidrasi pada beton sehingga tidak menimbulkan retakan. Retakan yang muncul akibat hidrasi dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri. Proses *curing* dilakukan selama dua minggu atau 14 hari setelah beton dicor. Proses *curing* dilakukan dengan menggunakan karung goni yang dibasahi lalu diletakkan di atas balok beton dan disiram.



Gambar 3 Hasil Kuat Tekan Beton Keras

Berdasarkan Gambar 3, maka kuat tekan rata-rata beton dengan agregat kerikil 13,834 MPa, beton dengan agregat *pumice* 14,53 MPa, dan beton dengan agregat *pumice* cat 14,132 MPa. Pada data ini kuat tekan rata-rata kerikil yang merupakan beton normal paling kecil

dibandingkan kuat tekan rata-rata *pumice* dan *pumice* cat. 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 salah satu benda uji silinder kerikil.



Gambar 4 Hasil Berat Volume Beton Keras

Pada Gambar 4 hasil rata-rata berat volume silinder beton kerikil adalah 2238,14 kg/cm<sup>3</sup>, *pumice* 1958,37 kg/cm<sup>3</sup>, dan *pumice* cat 1896,2 kg/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan SNI, nilai berat volume kerikil masuk ke dalam beton normal, namun *pumice* yang merupakan beton ringan tidak masuk ke dalam beton ringan. Sedangkan *pumice* cat masih termasuk ke dalam beton ringan karena berat volumenya lebih kecil dari 1900 kg/cm<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan mix design yang digunakan pada beton beragregat *pumice* mengacu pada beton normal bukan beton ringan. Dalam hal mix design *pumice* mengacu pada volume kerikil.

### Pengukuran Balok Beton Bertulang

Setelah dilakukan pengukuran terhadap balok beton bertulang, maka didapatkan data seperti pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 4.5 berat benda uji beragregat kerikil adalah 49,28 kg, beragregat *pumice* 42,28 kg, dan beragregat *pumice* cat adalah 42,12 kg. Dari hasil pengujian balok beton bertulang menggunakan *pumice* cat merupakan

paling ringan dibandingkan agregat lain dalam penelitian ini yaitu 42,12 kg.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Balok

No.	Benda Uji	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (kg)
1	3K1	48,65	
2	3K2	48,45	49,28
3	3K3	50,75	
4	3P1	42,1	
5	3P2	41,3	42,28
6	3P3	43,45	
7	3PC1	42,9	
8	3PC2	42,05	42,12
9	3PC3	41,4	

Keterangan:

- 3K<sub>1</sub> = Benda uji agregat kasar kerikil tiga tumpuan ke-1
- 3K<sub>2</sub> = Benda uji agregat kasar kerikil tiga tumpuan ke-2
- 3K<sub>3</sub> = Benda uji agregat kasar kerikil tiga tumpuan ke-3
- 3P<sub>1</sub> = Benda uji agregat kasar *pumice* tiga tumpuan ke-1
- 3P<sub>2</sub> = Benda uji agregat kasar *pumice* tiga tumpuan ke-2
- 3P<sub>3</sub> = Benda uji agregat kasar *pumice* tiga tumpuan ke-3
- 3PC<sub>1</sub> = Benda uji agregat kasar *pumice* cat tiga tumpuan ke-1
- 3PC<sub>2</sub> = Benda uji agregat kasar *pumice* cat tiga tumpuan ke-2
- 3PC<sub>3</sub> = Benda uji agregat kasar *pumice* cat tiga tumpuan ke-3

### Berat Volume Balok Beton Bertulang

Setelah didapatkan data-data berat, panjang, lebar, dan tinggi balok beton maka analisis berat volume dapat dilakukan. Analisis berat volume pada penelitian ini dibagi menjadi tiga macam yaitu untuk balok beton bertulang beragregat kerikil, beragregat *pumice* dan beragregat *pumice* cat. Pada Tabel 4 dapat dilihat hasil analisis berat volume balok beton bertulang.

Berdasarkan hasil analisis berat volume maka didapatkan hasil balok beton

beragregat kerikil 2401 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan balok beragregat *pumice* 2020,03 kg/m<sup>3</sup> dan balok beragregat *pumice* cat 2018,53 kg/m<sup>3</sup>. Hasil yang didapat balok beton bertulang menggunakan agregat *pumice* cat merupakan yang paling kecil yaitu 2018,53 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 4. Hasil Berat Volume Balok

No.	Benda Uji	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Rata-Rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	3K1	2371,67	2401,00
2	3K2	2346,99	
3	3K3	2484,34	
4	3P1	2021,64	2020,03
5	3P2	1973,38	
6	3P3	2065,07	
7	3PC1	2072,97	2018,53
8	3PC2	1997,91	
9	3PC3	1984,73	

### Kekakuan Teoritis

Pada perhitungan kekakuan secara teoritis, rumus dasar yang digunakan yaitu beban dibagi lendutan seperti pada Gambar 3.1. Sedangkan untuk menghitung modulus elastisitas beton (E), karena berat volume ( $w_c$ ) benda uji berkisar diantara 1500-2500 kg/m<sup>3</sup> maka sesuai SNI 03-2847-2002 menggunakan persamaan (2).

$$E = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

E = Modulus elastisitas beton (MPa)

$w_c$  = Berat volume beton (kg/m<sup>3</sup>)

$f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

Maka diperlukan perhitungan nilai modulus elastisitas masing-masing benda uji berdasarkan jenis agregat yang digunakan.

Untuk benda uji beragregat kerikil:

Diketahui,

$f'_c$  = 13,83 MPa

$w_c$  = 2401 kg/m<sup>3</sup>

$$E_K = 2401^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{13,83}$$

$$= 18811,2 \text{ MPa} = 1881,12 \text{ kg/mm}^2$$

Untuk inersia penampang balok

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 150^3$$

$$= 28125000 \text{ mm}^4$$

Selanjutnya dapat dihitung kekakuan balok dengan memasukkan modulus elastisitas beton dan inersia penampang ke dalam rumus lendutan.

Nilai kekakuan balok beragregat kerikil:

$$\Delta = \frac{7PL^3}{768E_K I}$$

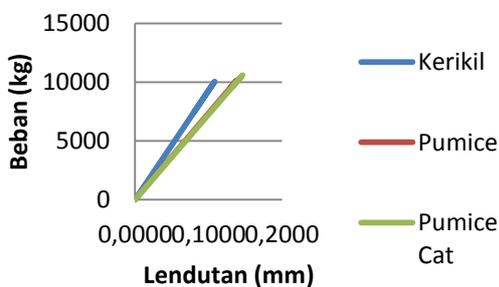
$$K = \frac{P}{\Delta}$$

$$K = \frac{768E_K I}{7L^3}$$

$$K = \frac{768 \cdot 1881,12 \cdot 28125000}{7 \cdot 500^3}$$

$$K = 46436,79 \text{ kg/mm}$$

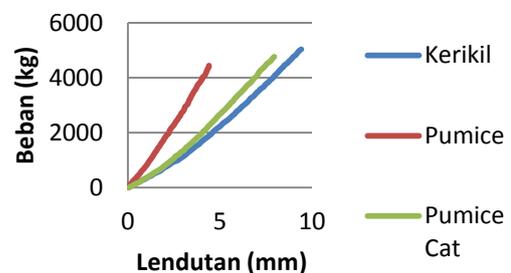
Dengan cara yang sama maka didapatkan kekakuan teoritis pumice sebesar 36726,42 kg/mm dan pumice cat sebesar 36179,63 kg/mm. Dengan hasil ini nilai kekakuan secara teoritis pumice lebih besar dari pumice cat walaupun tidak mempunyai selisih yang besar. Hal ini dapat juga dari sudut kemiringan grafik beban lendutan secara teoritis pada Gambar 5.



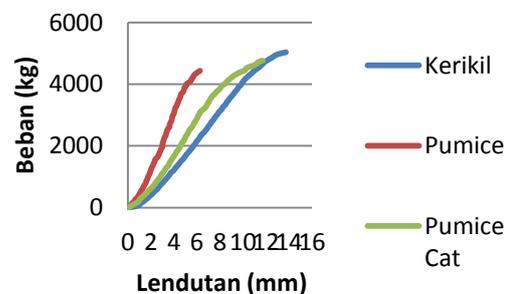
Gambar 5 Grafik Beban-Lendutan Teoritis

### Kekakuan Eksperimen

Setelah dilakukan pengujian terhadap benda uji balok beton bertulang, didapatkan data beban dan lendutan yang diterima balok. Data tersebut digunakan untuk melihat perilaku kekakuan pada masing-masing balok beton bertulang yang berbeda agregat kasarnya. Karena balok ditumpu tiga tumpuan, maka pemberian beban P dari proving ring diasumsikan menjadi  $\frac{1}{2} P$  pada masing-masing bentang balok. Analisis kekakuan balok beton bertulang eksperimen didapatkan setelah mendapatkan hasil pengujian balok. Pada pengujian yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya didapatkan data beban yang diterima dan lendutan. Data yang diperoleh kemudian digabungkan pada masing-masing jenis agregat yang digunakan. Kemudian analisis kekakuan balok beton bertulang secara eksperimen dapat dilihat dari data yang sudah digabungkan diplot ke grafik beban-lendutan. Kekakuan dapat dilihat dari kemiringan grafik.



Gambar 6 Grafik Hubungan Beban Lendutan Bentang 1



Gambar 7 Grafik Hubungan Beban Lendutan Bentang 2

Pada Gambar 6 dilihat dari kemiringan awal grafik bahwa kekakuan yang berada pada bentang 1 yang paling besar adalah balok dengan agregat *pumice*. Sedangkan balok dengan agregat kerikil mempunyai kekakuan yang paling kecil.

Pada Gambar 7 dilihat dari kemiringan awal grafik bahwa kekakuan yang berada pada bentang 2 yang paling besar adalah balok dengan agregat *pumice*. Sedangkan balok dengan agregat kerikil mempunyai kekakuan yang paling kecil.

### Pembahasan Kekakuan

Kekakuan balok beton bertulang didapatkan dari hubungan beban dan lendutan suatu balok setelah benda diberi beban. Setelah dilakukan analisis kekakuan secara teoritis dan didapatkan data eksperimen, maka hasil analisis kekakuan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Kekakuan Balok Beton Bertulang

Benda Uji	Kekakuan (kg/mm)		
	Aktual 1	Aktual 2	Teoritis
Kerikil	444,06	338,81	46436,79
Pumice	900,45	653,38	36726,42
Pumice Cat	493,82	413,05	36179,63

Berdasarkan Tabel 5 hasil kekakuan teoritis dan aktual dari rata-rata masing-masing benda uji sangat berbeda. Hasil dari analisis perhitungan teoritis jauh lebih besar dari aktual. Perbedaan yang besar antara perhitungan teoritis dengan eksperimen juga dikarenakan balok dalam penelitian merupakan balok tinggi, namun dalam perhitungan teoritis diasumsikan sebagai gelagar biasa dengan tiga tumpuan. Untuk kekakuan antara *pumice* dan *pumice* cat, balok beton bertulang menggunakan agregat *pumice* tanpa cat lebih besar dibandingkan dengan menggunakan *pumice* cat. Meskipun kekuatan lentur balok beragregat *pumice* cat lebih besar, namun dalam hal kekakuan lebih kecil dibandingkan balok beragregat *pumice* tanpa cat. Hal ini disebabkan karena adanya pelapisan pada permukaan

agregat yang mempengaruhi ikatan antara air semen dengan cat yang digunakan. Sehingga dalam penelitian ini kekakuan yang paling besar yaitu balok beton bertulang dengan menggunakan *pumice*.

Faktor lain yang berpengaruh pada penelitian ini adalah mix design *pumice* yang mengacu pada kerikil menyebabkan beton beragregat *pumice* dan *pumice* cat tidak termasuk ke dalam klasifikasi beton ringan. Ukuran agregat kasar maksimum yang besar 40 mm dapat menyebabkan isi dari benda uji kurang maksimal sehingga dapat berpengaruh pada hasil pengujian. Selain itu, keadaan benda uji yang permukaannya tidak rata dan tidak sesuai dimensi juga mempengaruhi hasil pengujian.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Penelitian dilakukan terhadap beton bertulang dengan variasi jenis agregat, yaitu batu *pumice* dan *pumice* cat yang dibandingkan dengan beton normal menggunakan agregat kasar kerikil. Pengujian dilakukan untuk mengetahui penyerapan air agregat, berat balok beton bertulang, dan kekakuan balok beton bertulang, dan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Penyerapan air agregat kasar *pumice* yang dilapisi dengan cat lebih kecil yaitu 10,1% bila dibandingkan dengan agregat *pumice* tanpa cat sebesar 14%. Hal ini mempengaruhi berat pada balok benda uji.
2. Rata-rata berat balok dengan menggunakan *pumice* cat lebih ringan bila dibandingkan dengan *pumice* tanpa cat. Berat balok *pumice* sebesar 42,28 kg sedangkan *pumice* dengan dilapisi cat sebesar 42,12 kg.
3. Kekakuan balok beton dengan menggunakan agregat *pumice* lebih besar bila dibandingkan dengan *pumice* yang dilapisi cat. Pengaruh cat yang melapisi permukaan agregat mengakibatkan berkurangnya daya

lekat antara semen dengan agregat. Nilai kekakuan balok beragregat *pumice* pada bentang 1 sebesar 900,45 kg/mm dan pada bentang 2 sebesar 653,38 kg/mm. Nilai kekakuan balok untuk *pumice* cat pada bentang 1 sebesar 493,82 kg/mm dan pada bentang 2 sebesar 413,05 kg/mm.

### Saran

Dalam penelitian ini masih terjadi kesalahan-kesalahan yang ada. Untuk didapatkan data yang lebih akurat terhadap penelitian pengaruh cat terhadap agregat kasar, maka hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Perlunya pengawasan terhadap pelaksanaan penulangan, pembuatan bekisting dan pencampuran bahan beton agar mendapatkan benda uji yang sesuai dengan yang direncanakan.
2. Perlunya persiapan dan pengecekan alat uji terlebih dahulu sebelum digunakan agar tidak terjadi kesalahan dalam pengujian apabila alat yang kurang baik tetap dipakai.
3. Perlu alat perekam untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat dalam pembacaan proving ring.
4. Adanya variasi cat untuk mengetahui cat jenis apa yang baik untuk mengatasi penyerapan air terhadap *pumice*.
5. Dalam pengujian beton silinder diperlukan uji modulus elastisitas, tidak hanya menggunakan modulus elastisitas secara teoritis saja atau menggunakan modulus elastisitas balok.

### DAFTAR PUSTAKA

Anonim. *ASTM C150: Standard Specification for Portland Cement*.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk*

*Beton Ringan Struktural (SNI 03-2461-2002)*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03-2847-2002)*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*. Jakarta.

Bideci, O.S., Alper B., Ali H.G., Sabit O. & Hasan Y. 2014. Polymer Coated Pumice Aggregates and Their Properties. *Composites*. Part B: p. 239-243.

Chandra, S. & Leif B. 2002. *Lightweight Aggregate Concrete: Science, Technology and Applications*. New York: Noyes Publications/William Andrew Publishing.

Dipohusodo, I. 1993. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1993-03*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Dishongh, B. E. 2003. *Pokok-Pokok Teknologi Struktur Untuk Konstruksi & Arsitektur*. Jakarta: Erlangga.

Geoffrey N., Mang'uriu, Mutku R.N., Oyawa W.O. & Aboudha S.O. 2012. Properties of Pumice Lightweight Aggregate. *Civil and Environmental Research Journal*. Vol 2: No. 10.

Green, S., Nicholas B. & Len M. *Pumice Aggregates for Structural Lightweight And Internally Cured Concretes*.

Gunawan, P. 2014. Kuat Lentur, Toughness Dan Stiffness Pada Beton Ringan Teknologi Foam Dengan Bahan Tambah Serat Aluminium. *MATRIKS TEKNIK SIPIL*. Vol. 2 No. 2: hal. 109-116.

Kilic, A. 2009. The effects of Scoria And Pumice Aggregates on The Strenghts

And Unit Weights of Lightweight Concrete. *Scientific Research and Essay*. Vol 4(10): p. 961-965.

Munoz, J. F., Isabel T., Marc A.A. & Steven M.C. 2005. *Effects of Coarse Aggregate Clay-Coatings on Concrete Performance*. Madison: University of Wisconsin-Madison.

Nawi, E. G. 1998. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama.

Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Malang: Bargie Media.

Setia, G. D. 1987. *Batuan dan Mineral*. Bandung: Nova.