

# **PENGARUH KOMPOSISI AGREGAT KASAR (BREKSI BATU APUNG DAN BATU PECAH) TERHADAP BERAT JENIS DAN KUAT TEKAN**

Ahmat Nurul Hidayat

## **ABSTRAK**

*Penggunaan batu apung (pumice) sebagai agregat beton ringan sangat tepat digunakan karena akan lebih mudah untuk didapatkan khususnya di D.I.Y Karena cadangan pumice sangat melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum agregat kasar untuk menghasilkan beton ringan struktural dengan bahan dasar breksi batu apung dicampur dengan kerikil pecah.*

*Proporsi campuran dalam penelitian ini digunakan 5 variasi, yaitu: 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Penelitian ini dimulai dengan pengujian material/bahan penyusun beton ringan. Mix design dihitung dengan metode volume absolut. Benda uji berupa silinder beton berukuran 150mm x 300mm, tiap varian berjumlah 3 benda uji. Uji kuat tekan beton menggunakan mesin uji tekan beton dengan pembacaan dial pada manometer dengan satuan ton dan dikonversikan menjadi satuan MPa.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi pada prosentase kerikil 100% (0% pumice) sebesar 46,73 MPa dan berat jenis sebesar 2170,54 kg/m<sup>3</sup>. Proporsi campuran agregat kasar batu apung (pumice) dan batu pecah (kerikil) yang memenuhi syarat beton ringan struktural yaitu pada prosentase kerikil 0% atau sama dengan pumice 100% dengan berat jenis sebesar 1815,26 kg/m<sup>3</sup> yang disyaratkan berdasarkan SNI-03-2847-2002 tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan mencapai 18,42 MPa lebih dari 17,24 MPa.*

**Kata kunci : Beton, pumice, berat jenis, kuat tekan**

## **EFFECT OF COMPOSITION COARSE AGGREGATE (BRECCIA PUMICE STONE AND STONE SPLITS) TO THE DENSITY AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE**

Ahmat Nurul Hidayat

## **ABSTRACT**

*Use a pumice stone (pumice) as agregat lightweight concrete is appropriate because it will be easier to obtain, especially in DIY Because pumice is very abundant reserves. This study aims to determine the optimum composition of the coarse aggregate to produce lightweight structural concrete with pumice breccia base material combined with gravel broke.*

*Admixture proportions in this study used five variations, namely: 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The study began by testing the material / lightweight concrete constituent materials. Mix design is calculated by the method of absolute volume. Specimens in the form of concrete cylinders measuring 150mm x 300mm, totaling 3 variants of each specimen. Concrete compressive strength test using a test machine concrete press the dial reading on the manometer with tonnes and converted to units of MPa.*

*The results showed that the highest compressive strength on the percentage of gravel 100% (0% pumice) of 46.73 MPa and density of 2170.54 kg/m<sup>3</sup>. The proportion of coarse aggregate mix pumice (pumice) and crushed stone (gravel) are eligible structural lightweight concrete that is the percentage of gravel equal to 0% or 100% with pumice density of 1815.26 kg/m<sup>3</sup> required by IEC-03-2847-2002 no more than 1900 kg/m<sup>3</sup> and 18.42 MPa compressive strength reached more than 17.24 MPa.*

**Keywords:** Concrete, pumice, density, compressive strength

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Penggunaan beton ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karenaterdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Berat jenis yang lebih ringan ini berpengaruh terhadap beban mati struktural yang lebih kecil pula dan juga dapat memberikan keuntungan dalam penguranganukuran pondasi yang diperlukan.

Selain itu, untuk wilayah yang memiliki resiko terjadinya bencana gempa bumi juga memerlukan sistem struktur yang memiliki berat total struktur yang lebih kecil. Hal ini dapatdipahamisemakin besar berat struktur akan berakibat semakin besar pula gayagempa yang bekerja pada bangunan tersebut. Oleh karena itu,penggunaan material beton ringan memenuhi pada manfaat yang signifikandalam pembangunan infrastruktur di daerah rawan gempa.Beton ringan dapat diproduksi dengan menggunakan agregatringan yang secara umum dapat dibedakan menjadi dua yaitu agregatringan alami dan agregat ringan buatan. Kriteria agregat ringan untukbeton ringan struktural telah dinyatakan secara jelas dalam ASTM 330bahwa bobot isi kering gembur tidak boleh melampaui 880 kg/m<sup>3</sup> danberat jenis agregat tidak boleh melampaui 2000 kg/m<sup>3</sup>.

Menurut Muryowihardjo (1993) di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, menyimpan potensiyang sangat besar untuk pengembangan produk berbasis breksi batuapung (*natural pumice*). Cadangan *pumice* yang tersimpan di DIY tercatatlebih dari 350 juta m<sup>3</sup>, yang meliputi wilayah Kabupaten Bantul sebesar ±57,3 juta m<sup>3</sup>, Kabupaten Gunung Kidul ± 122,9

juta m<sup>3</sup>, dan Kabupaten Sleman ± 214,8 juta m<sup>3</sup>, dimana masing lokasi terletak relatif saling berdekatan. Hasil uji awal yang telah dilakukan menunjukkan bahwa breksi batu apung yang berada pada formasi batuan Semilir di wilayah DIY memiliki bobot isi kering gembur 760 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis 1600 kg/m<sup>3</sup>. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu apung memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi beton ringan struktural.

Banyaknya *pumice* yang tersedia ini menawarkan berbagai keuntungan yaitu 1) *pumice* lebih ramah lingkungan (tidak banyak menimbulkan polusi udara berupa gas CO<sub>2</sub> sehingga tidak memicu *global warming*) karena dapat dimanfaatkan tanpa melalui proses pembakaran, tidak seperti agregat ringan buatan yang membutuhkan proses pembakaran, 2) lebih murah karena tersebar secara luas di wilayah DIY bahkan Indonesia, 3) dapat menyerap tenaga kerja di sekitar lokasi penambangan. Potensi sumber daya alam ini belum dimanfaatkan oleh pemerintah daerah maupun industri terkait (Moeliono, 1995). Oleh karenanya, perlu dilakukan penelitian untuk dapat menghasilkan beton ringan struktural yang memenuhi persyaratan ACI Committee 211, (2004). Diperkirakan memiliki kuat tekan minimal 17,2 MPa dengan berat jenis maksimal 1842 kg/m<sup>3</sup> (ACI Manual of Concrete Practice, 2006). Kekuatan beton sangat ditentukan oleh kekuatan agregat dan kekuatan matrix pengikatnya. Dengan demikian, faktor yang dapat dioptimalkan untuk mendapatkan beton ringan struktural adalah kekuatan matrix pengikat. Dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi matrix pengikat beton ringan dengan memanfaatkan bahan tambah mineral sebagai bahan substitusi sebagian semen untuk meningkatkan kekuatan pasta semen.

#### B. Identifikasi Masalah

Penelitian-penelitian yang diperlukan dalam pemanfaatan breksi batu apung untuk proses produksi beton ringan struktural, antara lain:

1. *Trial-mix* untuk mendapatkan beton ringan struktural dengan agregat breksi batu apung yang memenuhi standar perencanaan beton bertulang
2. Kajian sifat mekanik beton ringan yang berkaitan dengan penggunaan bahan tambah.
3. Kajian durabilitas beton ringan berkaitan dengan komposisi material yang digunakan.
4. Kajian kinerja struktural beton ringan pada struktur beton bertulang terutama sebagai material untuk konstruksi semi pracetak.
5. Studi kelayakan terkait investasi pabrik beton ringan pracetak di sekitar lokasi deposit breksi batu apung.

#### C. Batasan Masalah

Penelitian ini menitikberatkan pada masalah yang berkaitan *trialmix* untuk mendapatkan beton ringan struktural dengan cara mengoptimalkan komposisi matrix pengikat agregat kasar.

Faktor-faktor yang dikendalikan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi:

1. Hanya dilakukan pengujian terhadap berat jenis dan kuat tekan

2. Jenis beton ringan struktural yang akan dikembangkan adalah betondengan agregat kasar breksi batu apung.
3. Rencana campuran adukan beton menggunakan metode volume absolut.
4. Pengadukan beton ringan menggunakan teknik *pre-wetting*.

**D. Rumusan Masalah**

Sesuai dengan uraian di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi agregat kasar ringan breksi batu apung dan agregat kasar batu pecah terhadap berat jenis beton?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi agregat kasar ringan breksibatu apung dan agregat kasar batu pecah terhadap kuat tekan beton?
3. Berapa komposisi optimum yang terjadi dari penambahan prosentase kerikil yang memenuhi standar sebagai beton ringan struktural?

**E. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini yaitu untuk mengetahui komposisi optimum agregat untuk menghasilkan betonringan struktural dengan bahan dasar breksi batu apung.

**F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini meliputi:

1. Manfaat teoritis yaitu mengembangkan teknologi bahan bangunankhususnya beton ringan berbasis material lokal, tepatnya dalam penggunaan dan perancangan campuran material untuk menghasilkanbeton ringan struktural dengan memanfaatkan breksi batu apung yangdepositnya melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal diwilayah Indonesia, khususnya Daerah Istimewa Yogyakarta.

Manfaat praktis yang diharapkan adalah merumuskan campuranadukan beton ringan dengan agregat kasar breksi batu apung sebagailangkah awal dalam pengembangan prototype produk beton ringanpracetak struktural.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Beton adalah elemen yangterbentuk akibat campuran dari agregat halus (pasir), agregat kasar(kerikil), dan semen portland yang dipersatukan dengan air dalamperbandingan tertentu (Wuryati dan Candra, 2001).Beton normal merupakan elemen yang sangat berat, berat jenisnya mencapai  $2400\text{kg/m}^3$ . Untuk mengurangi beban mati pada struktur maka penggunaan beton diganti dengan beton ringan. Beton ringan sendiri mempunyai berat kurang dari  $1800\text{ kg/m}^3$ . Salah satu cara untuk membuat beton jadi ringan adalah dengan memakai agregat yang ringan juga dalam pembuatan beton tersebut. Hal ini akan menjadikan sebuah elemen dengan berat yang lebih ringan dibanding beton normal (Tjokrodinuljo, 2007).

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari  $1900\text{ kg/m}^3$ . Beton ringan mempunyai keunggulan dalam berat sendiri. Berat sendiri jauh lebih ringan dari pada beton biasa. Tetapi karena mempunyai berat yang lebih ringan maka kuat tekan dari beton ringan jauh lebih kecil dari pada beton biasa. Oleh karena itu, untuk pencapaian beton ringan struktural, dalam penelitian

ini bahan dasar *pumice* (batu apung) yang ringan divariasikan dengan kerikil/split untuk menambah kuat tekannya.

Batu apung adalah salah satu batuan sedimen, yaitu batuan vulkanis yang bobotnya ringan karena sangat berpori, *pumice* biasanya warnanya terang atau kulit keputih-putihan. *Pumice* juga sudah banyak dipakai sejak jaman romawi kuno, dengan cara di gali, di cuci, lalu digunakan. Karena bobotnya ringan, maka jika digunakan sebagai agregat pembuatan beton akan diperoleh beton yang ringan (Setty, 1997). Penelitian ini dilakukan dengan pengujian kuat tekan dan berat jenis beton ringan. Besarnya kekuatan tekan suatu bahan merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan bahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut. Secara matematis besarnya kekuatan tekan suatu bahan :

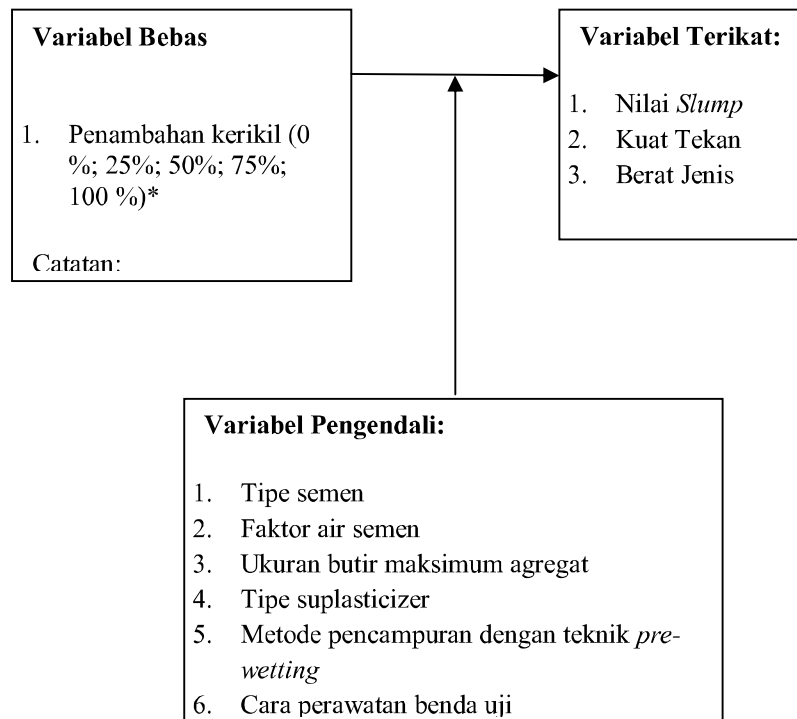
$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $\sigma$  = Kuat tekan benda uji silinder (MPa)
- P = Beban maksimum (kN)
- A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Variabel Penelitian



Gambar 1. Hubungan Variabel Penelitian

#### B. Peralatan

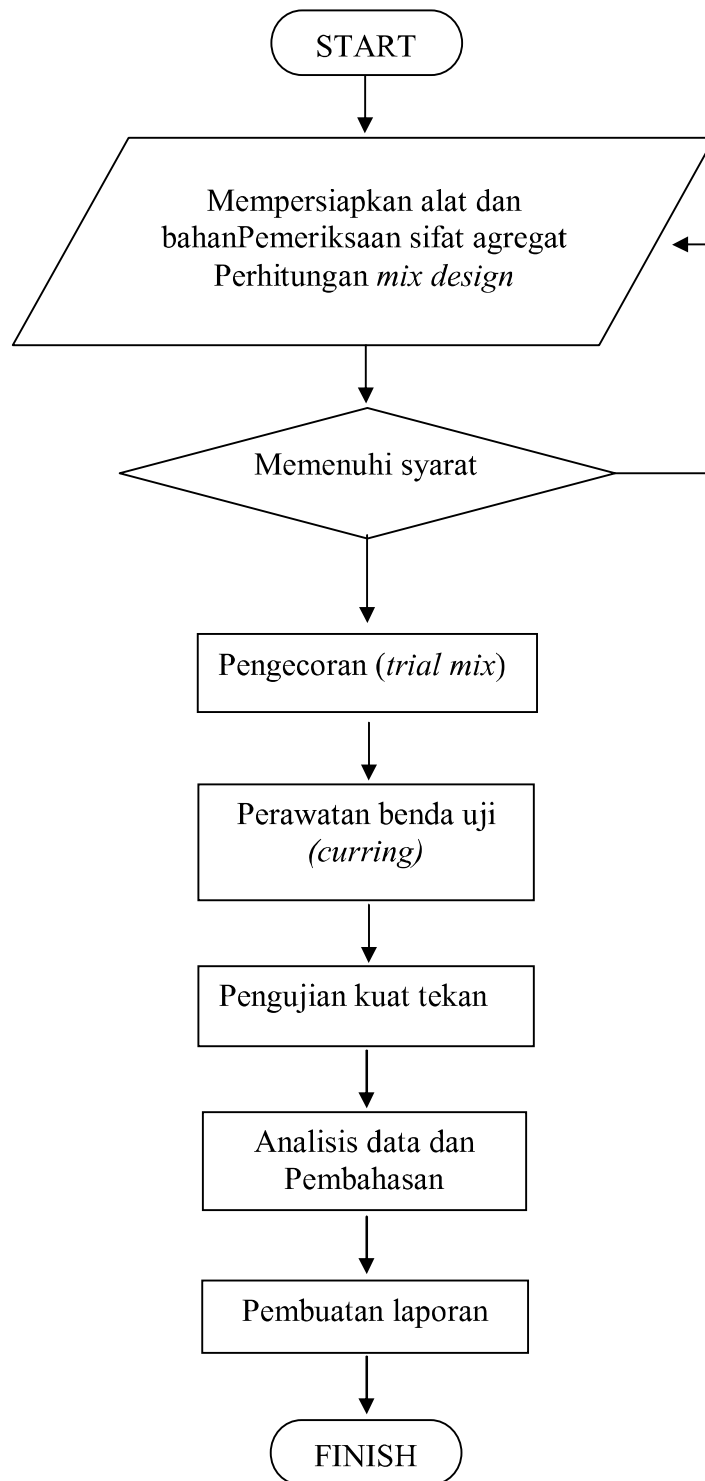
1. Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan kapasitas 310 gram, 10 kg dan 50 kg.
2. Oven yang digunakan harus dapat memanaskan sampai temperatur 110 derajat *celcius*.
3. Kompor listrik digunakan kompor listrik untuk memanaskan belerang.
4. Gelas ukur yang dipakai gelas ukur dengan ketelitian 1 ml dan 20 ml.
2. Jangka sorong digunakan pada saat mengukur diameter silinder dan tinggi silinder.
3. Ayakan berfungsi untuk memisahkan kerikil dan pasir.
4. Alat pelurus digunakan bersamaan dengan pelat *capping* agar benda uji silinder tegak lurus.
5. Pelat *capping* untuk mencetak belerang agar permukaan beton menjadi rata.
6. Mesin *Los Angeles* digunakan untuk menguji ketahanan aus dan kekerasan agregat kasar.
7. Cetakan beton yang digunakan yaitu cetakan silinder berukuran 15 X 30 cm.
8. Mesin Penguji Kuat Tekan

#### **C. Material**

1. Agregat yang digunakan berupa breksi batu apung dengan diameter maksimum 19 mm berasal dari Desa Bawuran, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul.
2. Agregat halus atau pasir yang digunakan adalah pasir alami yang berasal dari aliran sungai Kabupaten Sleman.
3. Air bersih dari Laboratorium bahan bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland pozolan.
5. Bahan tambah *Silica Fume*
6. *Superplasticizer* diperoleh dari produk komersial berbasis *naphthalene sulphonate*.

#### **D. Prosedur Penelitian**

- Tahap I : Pemeriksaan sifat bahan agregat kasar dan agregat halus.
- Tahap II : Perhitungan rencana campuran(mix design).
- Tahap III : *Demoulded density*
- Tahap IV : Pengujian kuat tekan beton.
- Tahap V : Analisis dan interpretasi data hasil penelitian dengan metode deskriptif kuantitatif



Gambar 2. Diagram alur penelitian

#### BAB. IV HASIL DAN PEMBAHASAN

## A. Proporsi Campuran

Tabel 1. Kebutuhan Material Tiap Meter Kubik

No	Nama material	Kebutuhan material tiap meter kubik (kg)
1	Semen	500
2	Pasir	538,524
3	<i>Pumice</i>	606,812
4	Air	225
5	<i>Sikament NN</i>	4,7
6	<i>Plastiment N</i>	0,825

Tabel 2. Kebutuhan Prosentase Kerikil terhadap *Pumice* Tiap Adukan

No	Kebutuhan material	Prosentase kerikil terhadap <i>pumice</i>				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	Berat (kg)	0,000	5,752	11,504	17,256	23,008
		15,170	11,377	7,585	3,792	0,000
2	Volume (m <sup>3</sup> )	0	0.0023	0.0047	0.0070	0.0094
		0.0094	0.0070	0.0047	0.0023	0

## B. Nilaislump

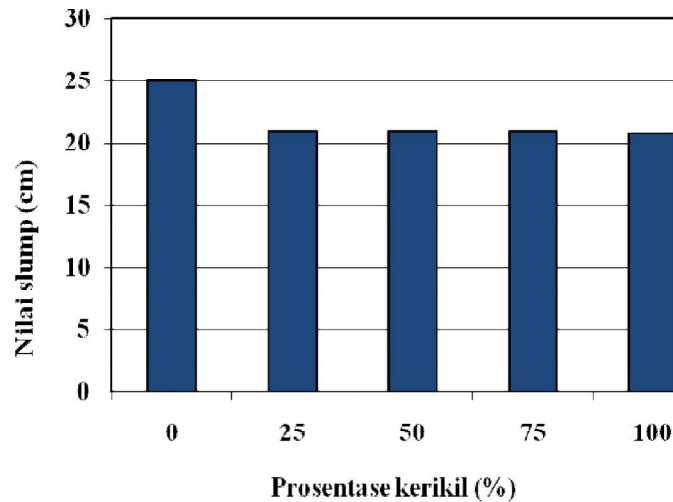
### 1. Pengujian *Slump*

Tabel 3. Nilai *Slump*

No	Kerikil(%)	Nilai <i>slump</i> (cm)
1	0	25
2	25	21
3	50	21
4	75	21
5	100	20,8



Berdasarkan tabel 3, dapat dilihat diagram hubungan antara nilai *slump* dengan prosentase kerikil berikut:



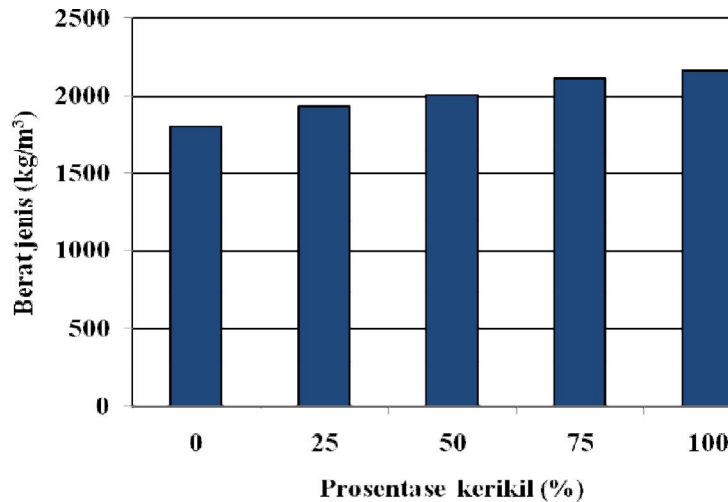
Untuk mengetahui nilai *workability* pada saat pembuatan benda uji maka dilakukan pengujian *slump*. Pengujian dilakukan segera setelah proses pengadukan atau pencampuran bahan selesai. Untuk beton ringan tanpa variasi kerikil nilai *slump* yang terjadi adalah 25 cm. Sedangkan nilai *slump* yang terjadi pada beton ringan dengan variasi kerikil 25%, 50%, 75% dan 100% adalah 21 cm, 21 cm, 21, 20,8 cm, hal tersebut dikarenakan berat jenis yang lebih besar maka kerikil permukaannya lebih padat meskipun sama-sama jenuh kering muka maka sifat *pumice* lebih banyak menyerap air ketika direndam dibandingkan dengan kerikil. Oleh karena itu, dengan efek penambahan kerikil nilai *slump* naik karena

## 2. Data Berat Jenis Benda Uji Beton

Tabel 33. Data Berat Jenis Rata-rata Dengan Penambahan Kerikil 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%

No	Prosentase kerikil (%)	Berat jenis rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	0	1815,26
2	25	1938,39
3	50	2012,97
4	75	2121,84
5	100	2170,53

Berdasarkan tabel 33,di dapat diagram hubungan antara berat jenisrata-rata dengan prosentase kerikil sebagai berikut:



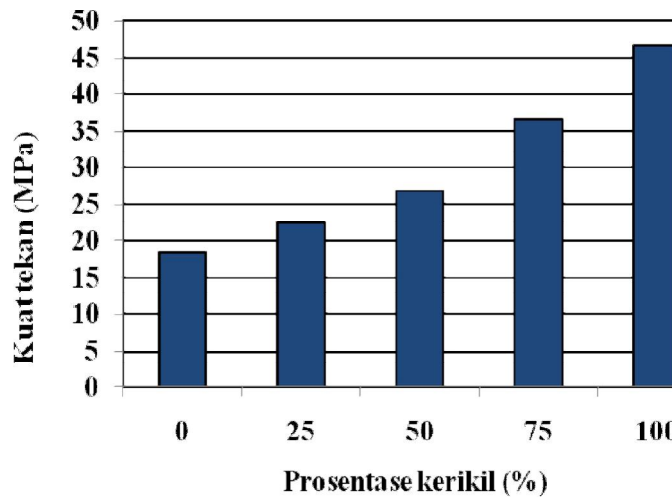
Benda uji beton ringan dengan variasi kerikil dan *pumice* ada 5 variasi campuran yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% tiap varian berjumlah 3 benda uji, pengujian ini dilakukan sebelum benda uji di tekan. Beton ringan tanpa variasi kerikil memiliki berat jenis rata-rata sebesar 1815,26 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan beton ringan dengan variasi penambahan kerikil sebanyak 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut naik sebesar 1938,39kg/m<sup>3</sup>, 2012,97kg/m<sup>3</sup>, 2121,84kg/m<sup>3</sup>, 2170,53kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis maksimal yang terjadi adalah 2170,53kg/m<sup>3</sup> pada beton dengan variasi kerikil 100% dikarenakan sifat kerikil berat jenisnya lebih besar dari pada *pumice* sehingga akan berpengaruh terhadap berat jenis betonnya.

### 3. Pengujian Kuat Tekan

Tabel 4.Data Berat Jenis Rata-rata Dengan Penambahan Kerikil 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%

No	Prosentase kerikil (%)	Berat jenis rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	0	1815.26
2	25	1938,39
3	50	2012,97
4	75	2121,84
5	100	2170,53

Berdasarkan Tabel 4, didapat diagram hubungan antara kuat tekan dengan penambahan prosentase kerikil dibawah ini:



Benda uji beton ringan dengan agregat kasar *pumice* yang divariasikan dengan penambahan prosentase kerikil ada 5 variasi penambahan yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap *pumice* tiap varian berjumlah 3 benda uji. Pengujian ini dilakukan pada saat beton berumur 56 hari.

Beton ringan dengan *pumice* 100% pada umur 56 hari dapat mencapai kuat tekan sebesar 18,42 MPa, sedangkan beton ringan dengan variasi kerikil 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut naik mencapai kuat tekan 22,41 MPa, 26,83 MPa, 36,60 MPa, 46,73 MPa, hal ini disebabkan oleh pengaruh dari efek penambahan kerikil tersebut dikarenakan kekuatan kerikil lebih besar dari pada *pumice* perbandingan dapat dilihat juga pada uji keausan agregat kasar kerikil dan *pumice* dengan mesin *los angeles*. Oleh karena itu, nilai kekuatan atau keausan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan betonnya sehingga kuat tekan beton dengan penambahan variasi kerikil dari 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap *pumice* secara berturut-turut naik.

## BAB. V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada penelitian mengenai pengaruh variasi komposisi agregat kasar ringan breksi batu apung dan agregat kasar batu pecah terhadap berat jenis beton dan kuat tekan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Beton ringan dengan agregat kasar breksi batu apung yang divariasikan dengan agregat kasar batu pecah (kerikil) pada prosentase kerikil 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% adalah 0% kerikil berat jenis rerata 1815,26 kg/m<sup>3</sup>, 25% kerikil berat jenis rerata 1938,39 kg/m<sup>3</sup>, 50% kerikil berat jenis rerata 2012,97 kg/m<sup>3</sup>, 75% kerikil berat jenis rerata 2121,84 kg/m<sup>3</sup>, 100% kerikil berat jenis rerata 2170,53 kg/m<sup>3</sup> dengan demikian beton ringan dengan efek penambahan kerikil 25%, 50%, 75% dan 100%

berat jenisnya mengalami kenaikan dan berbanding terbalik dengan prosentase *pumice*..

2. Beton ringan dengan agregat kasar breksi batu apung yang divariasikan dengan agregat kasar batu pecah (kerikil) pada prosentase kerikil 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% adalah 0% kerikil kuat tekan 18,42 MPa, 25% kerikil kuat tekan 22,40 MPa, 50% kerikil kuat tekan 26,83 MPa, 75% kerikil kuat tekan 36,59 MPa, 100% kerikil kuat tekan 46,72 MPa dengan demikian beton ringan dengan efek penambahan kerikil 25%, 50%, 75% dan 100% kuat tekannya mengalami kenaikan dan berbanding terbalik dengan prosentase *pumice*
3. Komposisi yang optimum dari variasi prosentase kerikil terhadap *pumice* yaitu pada prosentase 0% kerikil (100% *pumice*) karena berdasarkan SNI-03-2847-2002 berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih dari 17,24 MPa.

#### **B. Saran**

1. Untuk membuat beton dengan kuat tekan tinggi maka disarankan menggunakan prosentase 100% kerikil dengan kuat tekan mencapai 46,72 MPa, akan tetapi mempunyai kelemahan yaitu besarnya berat jenis yang mencapai 2170,53 kg/m<sup>3</sup> melebihi syarat beton ringan struktural berdasarkan SNI-03-2847-2002 dimana mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup>.
2. Untuk membuat beton ringan struktural yang optimum maka digunakan prosentase 0% kerikil (100% *pumice*) karena berat jenis sebesar 1815,26 kg/m<sup>3</sup> yang disyaratkan berdasarkan SNI-03-2847-2002 tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan mencapai 18,42 MPa melebihi 17,24 MPa.

#### **C. Keterbatasan**

Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan masalah, diantaranya adalah:

1. Volume mesin pengaduk yang terbatas sehingga berpengaruh pada homogenitas adukan yang berpengaruh pada nilai *slump* benda uji.
2. Mesin uji tekan yang tidak sensitif sehingga berpengaruh pada data kuat tekan beton.
3. Penelitian ini hanya mewakili *pumice* dari satu daerah saja.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 1973 *method of testing concrete*. British Standards Institutions 882.2.1973. London: Royal Charter.
- ACI *Committee* 211. (2004). "Standard Practice for Selection Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, ACI 211.1-91" *ACI Manual of Concrete Practice*, Michigan, 38 pp.
- ACI *Committee* 213. (2004). "Standard Practice for Selection Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, *ACI Manual of Concrete Practice*, Michigan.
- ACI Manual of Concrete Practice*. (2006). *Materials and General Properties of Concrete*. American Concrete Institute: Farmington Hills, Michigan. p. 38.
- Anonim. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*. PUBI-1982. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1989). *Pedoman Beton. SKBI.1.4.53 1989*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- ASTM C 330*. Specification for lightweight Aggregate for Structural Concrete. America Standard Testing and Material. Vis, W. C. Kusuma, Gideon. 1993..
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *Cara Uji Slump Beton*. SNI 03-1972:1990. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *Cara Uji Tekan*. SNI 03-1974:1990. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metoda Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di laboratorium*. SNI 03-2493-1991. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992). *Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar Atau Beton*. SNI 03-2816-1992. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Pencampuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*. SNI 03-3449-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Semen Portland*, SNI 15-2049-2004. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton*. SNI 1973:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. SNI 1970:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Slump Beton*. SNI 1972:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder Beton*. SNI 6369:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder Beton*. SNI 6369:2009. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989). *Spesifikasi Bahan Bangunan. SK SNI.S-04-1989-F*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional.(2004). *Semen Portland Komposit* SNI 15-7064. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional.(2004). *Semen Portland Pozolan* SNI 15-02 Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional.(2004). *Semen Portland* SNI 15-2049. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (N.I.- 2)*. Bandung : Yayasan LPMB  
<http://aplikasi.mgi.esdm.go.id/perpustakaan/pdf/4-Sangihe.pdf> Tanggal download: Selasa, 13 November 2012, pukul 5:58:03.
- <http://www.anneahira.com/batu-apung.htm> Tanggal download: Selasa, 13 November 2012, pukul 5:58.
- <http://www.scribd.com/doc/33920004/Batu-Apung>. Tanggal download: Selasa, 13 November 2012, pukul 5:58:43
- Moeljono. (1995). “Pemanfaatan Batu Apung Asal Pleret Untuk Pembuatan Beton Ringan”. *Jurnal Media Teknik* Nomor 4 Tahun XXV Edisi November 2003.
- Muryowihardjo. (1993). “Pemanfaatan Batu Apung Asal Pleret Untuk Pembuatan Beton Ringan”. *Jurnal Media Teknik* Nomor 4 Tahun XXV Edisi November 2003.
- Nugraha, Paul. dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.

PBI 1971. "*Peraturan Beton Bertulang Indonesia*". Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Samekto, Wuryati. Dan Rahmadiyanto, Candra. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: kanisius.

Slamet Widodo. (2008). *Struktur Beton 1 (Berdasarkan SNI-03-2847-2002)*. Universitas Negeri yogyakarta.

*Standar Metode Tes untuk Menentukan Kuat Tekan Beton Umur Muda dan Memperkirakan Kekuatan di Umur Selanjutnya*". Annual Book of ASTM Standards.18

Tjokrodimulyo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.