

Pengaruh Variasi Asal Agregat Halus Gamalama Kota Ternate Dan Merapi Kota Yogyakarta Pada Beton Normal

The Influence of Variation of Gamalama Fine Aggregate Origin of Ternate City And Merapi City of Yogyakarta On Normal Concrete

Riki Togubu, As'at Pujiyanto, Hakas Prayuda

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak, *Beton merupakan salah satu bahan konstruksi bangunan yang telah umum digunakan. Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. untuk mengetahui dan mempelajari perilaku bahan-bahan penyusun beton, kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, karena agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tekan beton yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi Kota Yogyakarta, pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan jumlah benda uji 18 buah, dimana 9 sampel berasal dari agregat Gunung Gamalama, Kota Ternate dan 9 sampel berasal dari Gunung Merapi, Kota Yogyakarta. Perancangan campuran beton ini menggunakan BSN 2002 dan benda uji dibuat pada silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil penelitian nilai kuat tekan beton dengan variasi agregat pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari didapat nilai rata-rata dari agregat Gamalama, Kota Ternate sebesar 39,187 MPa, 49,371 MPa, 54,053 MPa, dan pada agregat Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 42,496 MPa, 51,124 MPa, 58,614 MPa. Dari penelitian yang dilakukan, membuktikan bahwa agregat Merapi, Kota Yogyakarta memiliki kuat tekan lebih tinggi.*

Kata kunci : *Beton, Gamalama, Kota Ternate, Merapi, Kota Yogyakarta, Kuat Tekan*

Abstract, *Concrete is one of the most commonly used building construction materials. The constituent material consists of cement, fine aggregate, coarse aggregate, and water. to know and study the behavior of concrete materials, we need knowledge of the characteristics of each component. the fine aggregate quality used as a concrete structural component plays an important role in determining the quality characteristics of the resulting concrete structure, since the fine aggregate fills most of the volume of concrete. This study aims to analyze the compressive strength of concrete originating from Gamalama, Ternate City and Merapi Kota Yogyakarta, at the age of 7, 14, and 28 days with the number of test specimens 18 pieces, of which 9 samples are derived from the aggregate of Mount Gamalama, Ternate City and 9 samples comes from Mount Merapi, Yogyakarta City. The design of this concrete mix using BSN 2002 and test specimens made on cylinder with diameter 15 cm and height 30 cm. The results of concrete compressive strength value with aggregate variation at 7 days, 14 days and 28 days obtained mean value from Gamalama aggregate, Ternate City of 39,187 MPa, 49,371 MPa, 54,053 MPa, and on Merapi aggregate, Yogyakarta City equal to 42,496 MPa, 51,124 MPa, 58,614 MPa. From the research conducted, proving that the aggregate of Merapi, Yogyakarta has a higher compressive strength.*

Keywords: *Concrete, Gamalama, Ternate City, Merapi, Yogyakarta City, Strong Press*

1. Pendahuluan

Maluku Utara merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang kaya akan budaya dan sumber daya alam. Dalam meningkatkan pengembangan dibidang pariwisata dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang memadai baik itu dibidang

transportasi maupun infrastruktur lainnya. Pembangunan itu sendiri membutuhkan material yang baik dan bermutu tinggi.

Dalam merancang suatu beton, seorang perencana beton harus mampu merancang campuran beton yang memenuhi dua kriteria

yakni dari aspek teknik dan aspek ekonomi. Aspek teknik berhubungan dengan kekuatan struktur dimana mutu material penyusun beton baik itu pasir maupun kerikil sangat memberi pengaruh besar terhadap hasil kuat tekan beton sedangkan aspek ekonomi lebih cenderung pada pembuatan dengan biaya yang minim namun memiliki kuat tekan yang tinggi.

Material alam untuk membuat suatu beton mampu di dapat dari pegunungan, sungai dan pantai. Pasir yang merupakan agregat halus dalam pembuatan beton, sangat mudah ditemukan di Maluku Utara khususnya di Kota Ternate. Pembangunan di Maluku Utara umumnya menggunakan pasir yang berasal dari letusan Gunung Gamalama, Kota Ternate. Pasir tersebut merupakan pasir alam yang sampai saat ini belum diketahui jenis dan ketahanannya. Salah satu cara untuk mengetahui nilai kuat tekan beton tersebut dengan melakukan pengujian kuat tekan beton, dengan menggunakan pasir yang ada di Kota Ternate.

Berdasarkan uraian identifikasi masalah, maka diperoleh tujuan dari penelitian ini, antara lain sebagai berikut :

- a. Menganalisis kuat tekan beton dengan variasi pemakaian pasir Gunung Gamalama, Kota Ternate dan Gunung Merapi, Kota Yogyakarta.
- b. Menganalisis variasi umur beton normal dengan menggunakan bahan agregat halus Gunung Gamalama, Kota Ternate dan Gunung Merapi, Kota Yogyakarta.
- c. Menganalisis faktor pengali dengan menggunakan bahan agregat halus Gunung Gamalama, Kota Ternate dan Gunung Merapi, Kota Yogyakarta.

Penelitian tentang “Analisis Kuat Tekan Beton Normal Dengan Variasi Asal Agregat Halus Dan Umur Beton” belum ada yang meneliti sebelumnya, segala bentuk kutipan pendapat atau temuan orang lain yang ada dalam penelitian ini dirujuk sesuai kaidah ilmiah yang benar, sehingga keaslian penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi baru yang bermanfaat bagi semuanya. Untuk perbedaan dari beberapa peneliti sebelumnya dapat dilihat sebagai berikut. Alluhri (2016) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perbedaan pada properties dan nilai kuat tekan beton disebabkan oleh perbedaan pada material pembentuk beton dan cara pembuatan beton.. Widodo dan Basith (2017) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat roving pada beton non pasir terhadap kuat tekan dan kuat tarik belahnya. Najib (2014) melakukan kajian untuk

mencari besarnya kuat tekan beton dengan penambahan potongan ban bekas sebagai pengganti sebagian dari agregat kasar pada beton. Resi dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan beton dan mortar menggunakan pasir Kali Mas dibandingkan dengan pasir Takari. Virnando (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh jenis semen dan agregat halus dari beberapa quarry terhadap kuat tekan neton normal. Aditnya (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pemakaian pasir gunung (ex Lubuk Alung) sebagai pengganti agregat halus pada adukan beton terhadap kuat tekan karakteristik beton normal Polii dkk. (2015) dengan judul Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara. Pertiwi dkk. (2011) menggunakan pasir Lumajang dan pasir Gunung Merapi untuk penelitiannya. Mulyati dan Herman. (2015) membuat beton dengan pasir dan kerikil sungai dari beberapa quarry di Kota Padang. Respati dan Achmad (2017), dalam penelitian beton normal menggunakan material lokal pasir Samboja di Kalimantan Timur.

2. Landasan Teori dan Penyajian Data

Menurut BSN, (2002), beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, sedangkan yang di maksud beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m³.

Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air.

a. Semen Holcim

Semen adalah bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen juga merupakan hasil industri yang sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis.

Semen non hidrolis adalah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras diudara, contoh utama dari semen non hidrolis adalah kapur. Sedangkan untuk semen hidrolis mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air, semen hidrolis antara lain meliputi, tetapi tidak terbatas pada bahan-bahan sebagai berikut : Kapur hidrolis, semen teras, semen terak, semen alam,

| Ukuran Saringan | Persentase Berat yang Lolos Saringan | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Gradasi Zone I | Gradasi Zone II | Gradasi Zone III | Gradasi Zone IV |
| 9,60 mm | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,80 mm | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2,40 mm | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1,20 mm | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 0,60 mm | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 0,30 mm | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0,15 mm | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

semen *portland*. Di dalam penelitian ini, digunakan 1 merek semen yaitu semen merek Holcim.

b. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat sendiri menempati 70% volume beton. Dari ukuran butiran agregat dibedakan menjadi dua yaitu ukuran butir besar atau disebut agregat kasar dan ukuran butir kecil atau disebut agregat halus (Tjokrodinuljo, 2007). Berikut adalah persyaratan untuk agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan bangunan.

1) Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Agregat halus juga disebut dengan pasir. Adapun syarat-syarat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton normal menurut SII.0052 (Mulyono, 2004, 2005) antara lain sebagai berikut :

- Agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5%,
- agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
- agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80,
- agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali,
- kekekalan (jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum.

Tabel 1. Gradasi kekasaran pasir (Mulyono, 2004)

Tabel 2. Klasifikasi berat jenis agregat (Tjokrodinuljo, 2007)

| Jenis Agregat | Berat Jenis |
|----------------|-------------|
| Agregat Ringan | < 2,0 |
| Agregat Normal | 2,5 – 2,7 |
| Agregat Berat | 2,8 |

2) Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 4,75 mm. Agregat kasar juga disebut kerikil, batu pecah, ataupun *split*. Adapun karakteristik agregat kasar yang perlu diperhatikan diantaranya:

- Gradasi Agregat Kasar adalah distribusi dari ukuran agregat atau proporsi dari macam-macam ukuran butir agregat berdasarkan analisa saringan. Syarat gradasi menurut *British Standard* (BS),
- Mudulus Halus Butir (HMB), spesifikasi modulus halus butiran agregat kasar menurut ASTM, yaitu 5,5%-8,5%,
- Abserpsi dan Berat Jenis (*Specific Gravity*), spesifikasi agregat untuk beton normal menurut ASTM adalah berat jenis agregat kasar yaitu 1,60– 3,20 kg/liter,
- Berat volume agregat kasar, spesifikasi berat volume agregat kasar menurut ASTM, yaitu 1,6-1,9 kg/liter,
- Kadar Air Agregat Kasar, spesifikasi kadar air agregat kasar menurut ASTM, yaitu 0,5%-2,0%,
- Persentase Keausan, spesifikasi keausan agregat beton menurut ASTM, yaitu 15%-50%.

c. Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang memiliki harga paling murah diantara bahan yang lain. Penggunaan air digunakan untuk mereaksikan semen sehingga menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Selain itu, fungsi air untuk membasahi agregat dan memberi kemudahan dalam pengerjaan. Menurut Mulyono, (2004) “penggunaan air juga sangat berpengaruh pada kuat tekan beton.

Menurut BSN, (1989), Air sebagai bahan campur beton untuk bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut ini.

- 1) Air harus bersih
- 2) Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tesuspensi ini tidak boleh dari 2 gram per liter.
- 3) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- 4) Tidak mengandung *khlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan *khlorida* tidak boleh dari 0,05 gram per liter.
- 5) Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter.

Karakteristik Beton

Karakteristik beton sendiri akan mempengaruhi besarnya kuat tekan yang akan dihasilkan. Di dalam penelitian ini, pengujian karakteristik beton meliputi penyerapan dan kuat tekan.

a. Penyerapan

Penyerapan air pada beton merupakan salah satu pengaruh dalam menghasilkan kuat tekan beton yang baik. Semakin banyak penyerapan yang dihasilkan, maka kuat tekan beton yang dihasilkan akan menurun. Penyerapan dapat dihitung dengan Persamaan 1 berikut.

$$P_A = \frac{B_b - B_a}{B_a} 100 \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

- P_A = Penyerapan air (%)
- B_a = Berat awal beton (kg)
- B_b = Berat setelah perendaman (kg)

a. Kuat tekan

Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, maka beton tersebut memiliki mutu beton yang baik. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan Persamaan 2 berikut.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

- f_c = kuat tekan silinder beton (MPa)
- P = Beban tekan maksimum (N)
- A = luas bidang tekan (mm²)

Pasir

Pasir merupakan salah satu bahan campuran pada beton. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai maupun dari laut. Adapun pasir yang terdapat di daerah Ternate berasal dari Gunung Gamalama. Pasir Gunung Gamalama Ternate memang sudah tidak asing lagi dalam dunia konstruksi khususnya di daerah Maluku Utara maupun Ternate. Pasir Gunung Gamalama merupakan pasir yang terdapat di lereng Gunung Gamalama dan di sepanjang sungai-sungai (kali) yang berhulu di lereng Gunung Gamalama. Pasir ini berasal hasil dari aktifitas erupsi Gunung Gamalama yang terjadi beberapa tahun lalu. Pasir vulkanik sisa erupsi Gunung Gamalama memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Pasir vulkanik Gamalama merupakan pasir yang memiliki kualitas bagus. Kandungan silika pada pasir tersebut dapat dijadikan sebagai bahan adsorben khususnya untuk penjernihan air serta dapat digunakan sebagai pasir beton.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian yang dilakukan pada Labolatorium menggunakan dua variasi agregat yang berbeda, yakni agregat Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan pembuatan beton yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Agregat kasar (*split*) berupa batu pecah yang berasal dari letusan Gunung Gamalama, Kota Ternate dan letusan Gunung Merapi, Kota Yogyakarta,
- b. Agregat halus yang dipakai berasal dari letusan Gunung Gamalama, Kota Ternate dan letusan Gunung Merapi, Kota Yogyakarta,
- c. Air diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
- d. Semen yang digunakan adalah semen Holcim.

Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dari mulai pemeriksaan bahan sampai dengan pengujian benda uji, antara lain:

- a. Timbangan *merk Ohaus* dengan ketelitian 0,1 gram, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun antara agregat kasar, halus dan semen,
- b. Saringan/ayakan,
- c. Gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml untuk menakar volume air,
- d. *Erlenmeyer* dengan merk *Pyrex*, untuk pemeriksaan berat jenis,
- e. Oven dengan merk *Binder*, untuk pengujian atau pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan,
- f. Kerucut *Abrams* digunakan untuk pengujian *slump*,
- g. Sekop, cetok, dan talam, untuk menampung dan menuang adukan agregat kasar, halus dan semen ke dalam cetakan,
- h. Wajan dan Nampan besi untuk mencampur dan mengaduk campuran benda uji,
- i. *Mixer*/molen, digunakan untuk mengaduk bahan-bahan penyusun menjadi adonan beton,
- j. Penumbuk besi untuk menumbuk campuran agregat kasar, halus, dan semen yang sudah dimasukkan kedalam cetakan,
- k. Mistar dan Kaliper, digunakan untuk mengukur dimensi dari alat-alat dan benda uji yang digunakan,
- l. Mesin *Los Angeles*, menguji tingkat keausan agregat kasar,
- m. Mesin uji tekan beton merk *Hung Ta* kapasitas 150 MPa, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari Agregat kasar dan beton yang dibuat.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari persiapan bahan dan alat, pemeriksaan bahan susun, pembuatan rancang campur beton (*mix design*) dengan memakai hitungan sesuai standar (BSN, 2002), perawatan benda uji (*curing*) hingga pengujian kuat tekan beton.

Analisis Hasil

Analisis dan hasil data dapat dilakukan setelah data itu diolah. Data yang dapat diolah dari pemeriksaan sampai pengujian adalah sebagai berikut.

- a. Data pemeriksaan agregat halus,
- b. Data pemeriksaan agregat kasar,
- c. Uji *slump*,
- d. Data penyerapan air pada beton,
- e. Uji tekan beton.

Setelah data diolah dan di buat sebuah grafik, maka dapat dilakukan analisis dan pembahasan. Tahap selanjutnya setelah analisis dan pembahasan adalah penarikan kesimpulan dan saran.

4. Hasil Penelitian

Pemeriksaan bahan penyusun beton yang telah dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi UMY telah selesai dikerjakan, dimana dimulai dari pengujian material agregat kasar (krikil) yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate, agregat halus (pasir) yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate, agregat kasar (krikil) yang berasal dari Merapi, Kota Yogyakarta, agregat halus (pasir) yang berasal dari Merapi, Kota Yogyakarta, perancangan pengadukan beton (*mix design*), hingga pengujian kuat tekan beton. Dalam pemeriksaan agregat yang dilakukan di Laboratorium teknik sipil UMY meliputi pemeriksaan gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan air, kadar air, berat satuan, keausan, dan kadar lumpur. Adapun hasil pemeriksaannya sebagai berikut:

1. Agregat Halus

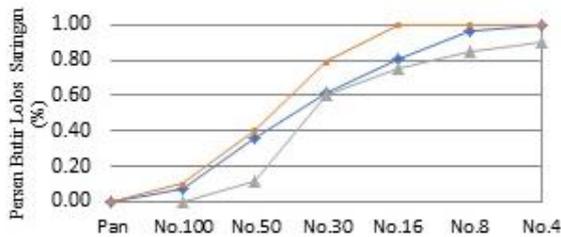
Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta dengan ukuran agregat lolos saringan 20 mm dan tertahan pada saringan berukuran 4,75 mm. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, kadar lumpur, kadar air, dan keausan. Penjelasan mengenai pengujiannya akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Gradasi Agregat Halus (pasir)

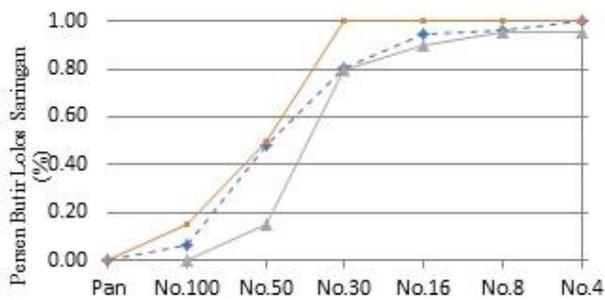
Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir) yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta digambarkan pada Gambar 1 dan 2. Gradasi yang digunakan pada kerikil yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate adalah daerah gradasi no.4 (Daerah empat) yang tergolong pada pasir agak halus dengan modulus halus butir sebesar 2,773, dan pada kerikil Merapi, Kota Yogyakarta termasuk juga pada daerah gradasi no.4 (Daerah 4) yang tergolong pada agregat halus butir sebesar 3,271.

Dari hasil modulus halus butir yang didapat, kedua agregat termasuk dalam agregat normal untuk pembuatan beton normal. Ukuran butiran

agregat bukan hal yang terpisahkan dari bentuk, kecuali jika disebutkan bahwa ukuran itu adalah ukuran tertentu misalnya volume, permukaan, dan sebagainya (Tjokrodimuljo, 1996).



Gambar 1 Hasil pengujian gradasi pasir Merapi



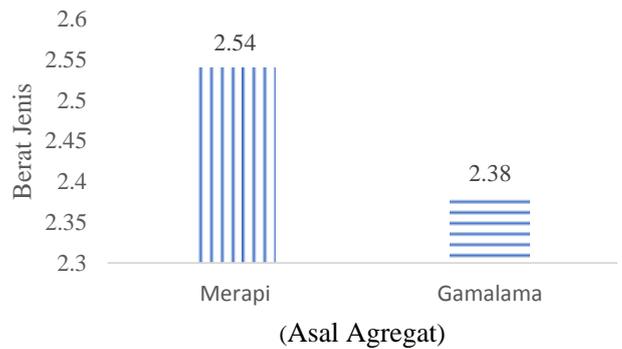
Gambar 2 Hasil pengujian gradasi pasir Gamalama

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Pasir)

Dari hasil pemeriksaan pasir yang berasal dari dua daerah yang berbeda ini diperoleh penyerapan air pada pasir Gamalama, Kota Ternate jenuh kering muka rata-rata sebesar 0,252 dan berat jenis pasir Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 0,064. Agregat normal mempunyai kemampuan serap air kurang dari 20% sehingga agregat ini termasuk dalam agregat normal BSN, (2002). Pengaruh dari besarnya hasil penyerapan air adalah pada saat proses pencampuran agregatnya yang akan membuat nilai slump makin besar.

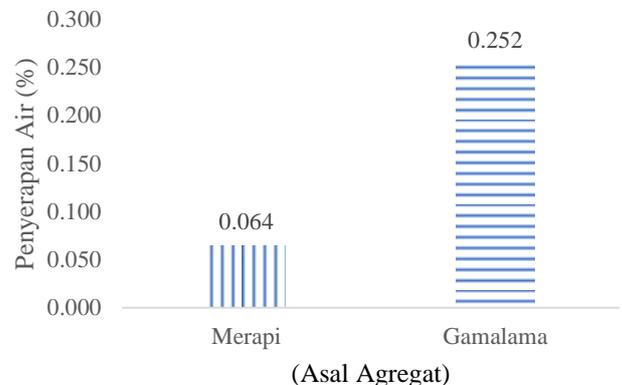
- a. Dari hasil pemeriksaan pasir Gamalama, Kota Ternate, berat jenis pasir 2,38 % dan penyerapan air 0,25 %.
- b. Dari hasil pemeriksaan pasir Merapi, Kota Yogyakarta, berat jenis pasir 2,54 % dan penyerapan air 0,06 %.

Perbandingan berat jenis dan penyerapan air dengan agregat Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta lebih jelas jika ditampilkan dalam bentuk diagram seperti dalam Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

Dari hasil pengujian berat jenis agregat halus pada Gambar 3 didapat berat jenis pasir Merapi, Kota Yogyakarta lebih tinggi yaitu sebesar 2,54, sedangkan berat jenis pasir Gamalama, Kota Ternate sebesar 2,38, dari perbedaan berat jenis pasir tersebut dapat disimpulkan menurut Tjokrodimuljo (2010) menyatakan bahwa “Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8”. Dari hasil perhitungan modulus halus butir, bahwa kedua jenis pasir yang diuji belum memenuhi syarat dimana nilai modulus halus butir memiliki daya serap air yang besar.



Gambar 4. Hasil pengujian penyerapan air agregat halus

Dari hasil pengujian penyerapan air agregat kasar pada Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa semakin kasar permukaan dan berongga maka semakin besar daya serap atau kemampuan serapnya terhadap air.

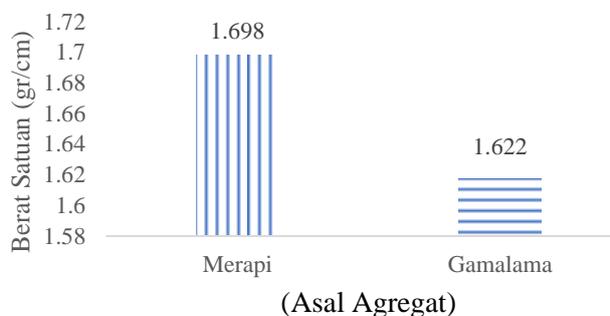
c. Berat Satuan Agregat Halus (pasir)

Berat satuan rata-rata pasir (SSD) yang didapat pada pasir Gamalama, Kota Ternate sebesar 1,622 gram/cm³, dan pada pasir Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 1,698 gram/cm³. Menurut

(Tjokrodimuljo, 2010) kedua pasir yang berasal dari dua daerah yang berbedah ini termasuk dalam rentang berat satuan untuk agregat normal. Berat satuan ini berfungsi untuk mengetahui apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Apabila agregatnya porous maka biasa terjadi penurunan kuat tekan pada beton.

- a. Dari hasil pemeriksaan berat satuan kerikil Gamalama, Kota Ternate sebesar 1,494 gram/cm³.
- b. Dari hasil pemeriksaan berat satuan kerikil Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 1,491 gram/cm³.

Perbandingan berat satuan dengan agregat halus Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta lebih jelas jika ditampilkan dalam bentuk diagram seperti dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian berat satuan agregat halus

Dari hasil pengujian berat satuan pada Gambar 5. dari pengujian yang diperoleh berat satuan agregat Merapi, Kota Yogyakarta lebih tinggi yaitu 1,698 gr/cm³, dan agregat Gamalama, Kota Ternate lebih sedikit rendah yaitu 1,622 gr/cm³, jadi dari perbedaan nilai berat satuan agregat tersebut menurut (Tjokrodimuljo, 2010) kedua jenis pasir tersebut berada dibawah 2,0 yang dimana agregat tersebut masuk dalam kategori agregat ringan.

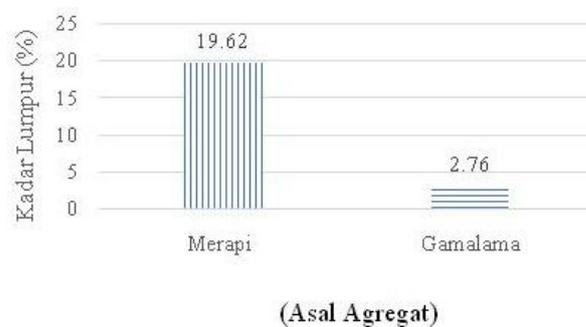
d. Kadar Lumpur Agregat Halus (pasir)

Dari pengujian yang dilakukan diperoleh kadar lumpur dari pasir Gamalama, Kota Ternate sebesar 2,76 %, dan kadar lumpur yang diperoleh dari pasir Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 19,62 %. Agregat yang digunakan sebaiknya memiliki kadar lumpur sekecil mungkin, karena hal tersebut akan mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. menurut (Endroyo, 2009) pasir Gamalama, Kota Ternate masih berada dalam batas kandungan lumpur normal lebih kecil dari

batas yang ditetapkan untuk beton normal sebesar 5%, sedangkan pada pasir Merapi, Kota Yogyakarta telah melewati batas yang ditetapkan sehingga pasir perlu dicuci dahulu sebelum digunakan..

- 1) Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur kerikil Gamalama, Kota Ternate sebesar 0,317 gram/cm³.
- 2) Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur kerikil Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 7,825 gram/cm³.

Perbandingan kadar lumpur dengan agregat halus Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta lebih jelas jika ditampilkan dalam bentuk diagram seperti dalam Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Dari hasil pengujian kadar lumpur pada Gambar 6. dari pengujian yang diperoleh kadar lumpur pasir Merapi, Kota Yogyakarta lebih tinggi yaitu 19,62 %, sedangkan pada pasir Gamalama, Kota Ternate lebih rendah yaitu 2,76 %, perbedaan kadar lumpur pasir Merapi tersebut melebihi batas kandungan lumpur normal yang telah disyaratkan yakni sebesar 5% BSN, (1989), sedangkan pasir Gamalama masih berada dalam batas kandungan lumpur normal.

Agregat halus yang melebihi batas kandungan lumpur normal sebesar 5% BSN, (1989) maka agregat halus tersebut harus melalui tahap *treatment* yakni dengan mencuci agregat tersebut dengan air bersih agar kandungan lumpur yang terkandung pada agregat halus tersebut berkurang dan masih dalam batas normal kandungan lumpur.

e. Kadar Air Agregat Halus (pasir)

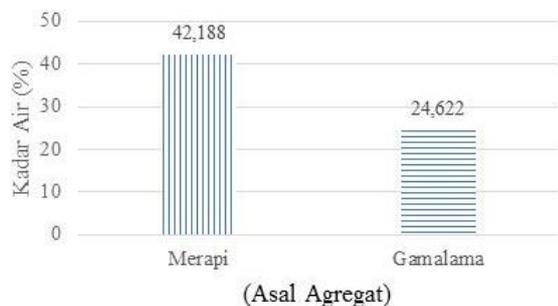
Kadar air agregat halus Gamalama, Kota Ternate yang diperoleh dari hasil pemeriksaan sebesar 24,662 %, dan pada agregat halus Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 42,188 %. Hasil pengujian tersebut termasuk dalam kondisi yang

tidak normal, dikarenakan syarat untuk kadar air agregat normal untuk pasir sebesar 1% - 2%.

Kadar air nantinya sangat berpengaruh pada penggunaan air dan kuat tekan beton. Semakin tinggi kadar airnya maka daya serap agregat tersebut semakin besar dan akan mempengaruhi nilai kuat tekan beton (Mulyono, 2004).

Tabel 5. Hasil pengujian kadar air, berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, dan kadar lumpur.

| No | Jenis Pengujian Agregat | Satuan | Gamlama | Merapi |
|----|-------------------------|----------------------|----------|----------|
| 1 | Gradasi Butiran | - | Daerah 4 | Daerah 4 |
| 2 | Modulus Halus Butir | % | 2,773 | 3,271 |
| 3 | Kadar Air | % | 24,662 | 42,188 |
| 4 | Berat jenis | - | 2,384 | 2,542 |
| 5 | Penyerapan Air | % | 0,252 | 0,064 |
| 6 | Berat Satuan | Gram/cm ³ | 1,622 | 1,698 |
| 7 | Kadar Lumpur | % | 2,76 | 19,62 |



Gambar 7. Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Dari hasil pengujian kadar air pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa nilai kadar air dari dua lokasi yang berbeda menunjukkan penyerapan kadar air yang lebih besar karena sudah melewati batas normal yaitu 2%. Penyerapan kadar air tersebut lebih dipengaruhi oleh karakter butiran pasir sehingga berpengaruh pada kuat tekan beton. Menurut (Tjokrodinuljo, 2010) butiran dari kedua agregat yang berbeda ini relatif lebih besar sehingga rongga yang ditimbulkan begitu besar.

f. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta dengan ukuran agregat lolos saringan 20 mm dan tertahan pada saringan berukuran 4,75 mm. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, kadar lumpur, kadar air, dan keausan. Penjelasan mengenai pengujiannya akan dijelaskan sebagai berikut.

1) Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (Kerikil)

Pemeriksaan Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dari dua wilayah berbeda yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta diperoleh beberapa data, adapun perbandingannya sebagai berikut.

2) Berat Satuan Agregat Kasar (kerikil)

Pada pengujian Berat satuan ini berfungsi untuk menentukan apakah agregat tersebut porous atau mampat seperti pada agregat halus. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Selain itu pengujian berat satuan pada agregat kasar agar dapat mengidentifikasi jenis batuan dan kelasnya. Hasil pemeriksaan berat satuan agregat kasar dari dua daerah yang berbedadi peroleh data sebagai berikut.

3) Kadar Lumpur Agregat Kasar (kerikil)

Agregat kasar pada pengujian ini langsung dari lapangan, tanpa proses pencucian terlebih dahulu, pada hasil pengujian kadar lumpur yang berasal dari dua daerah yang berbedah ini tentu memiliki perbedaan, yakni kerikil yang berasal dari Gamalam, Kota Ternate tidak perlu dicuci karena nilai yang didapat lebih kecil dari batas yang ditetapkan yaitu 2%, sedangkan kerikil yang berasal dari Merapi, Kota Yogyakarta lebih besar dari batas yang ditetapkan yaitu 2%. Sehingga sebelum melakukan pengadukan beton, agregat yang berasal dari Merapi, Kota Yogyakarta ini perlu dicuci terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi Yogyakarta di peroleh data sebagai berikut.

4) Kadar Air Agregat Kasar (kerikil)

Pemeriksaan kadar air agregat kasar dari dua wilayah berbeda di peroleh beberapa data, Kadar air rata-rata yang didapat dari hasil pemeriksaan kerikil Gamalama, Kota Ternate yaitu 31,117 %, dan kerikil Merapi, Kota Yogyakarta yaitu 28,880 %. Syarat kadar air maksimum untuk agregat normal adalah 2%, sehingga kadar air yang diperoleh ini termasuk dalam agregat yang tidak normal dikarenakan nilainya lebih besar dari dari syarat yang telah ditetapkan. Semakin tinggi kadar airnya maka daya serap agregat tersebut semakin besar dan akan mempengaruhi nilai kuat tekan beton (Mulyono, 2004).

5) Keausan Agregat Kasar

Keausan agregat kasar diuji dengan alat *Los Angeles* diperoleh hasil dari Gamalama, Kota Ternate yaitu 76 %, sedangkan dari Merapi, Kota

Yogyakarta sebesar 54,2 %. Nilai keausan agregat kasar tidak boleh lebih dari Kelas I yakni berada pada rentang 30 – 50 % apabila agregat kasar diuji dengan mesin *Los Angeles* (Tjokrodimuljo, 1992). Dari pengujian keausan, kedua kerikil tersebut tidak memenuhi syarat yang sudah ditetapkan pada *SSI.0052-80*, sehingga sangat berpengaruh pada kuat tekan beton.

Tabel 6 Hasil pengujian kadar air, berat jenis dan penyerapan air, berat satuan, dan kadar lumpur

| No | Jenis Pengujian Agregat | Satuan | Gamalama | Merapi |
|----|-------------------------|----------------------|----------|--------|
| 1 | BeratJenis | - | 2,92 | 2,88 |
| 2 | Kadar Air | % | 31,117 | 28,88 |
| 3 | Penyerapan Air | % | 3,67 | 4,547 |
| 4 | Kadar Lumpur | % | 0,317 | 7,825 |
| 5 | Keausan | % | 76 | 54,2 |
| 6 | Berat Satuan | gram/cm ³ | 1,494 | 1,491 |

Rancang Campur Beton (*Mix Design*)

Dalam perancangan campur bahan-bahan penyusun beton (*mix design*) ini berdasarkan SK SNI 03-2834-2002 (Tjokrodimujo, 2007). Perancangan campuran beton ini bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan untuk penyusun beton tersebut. Hal ini dilakukan agar dapat memenuhi syarat teknis secara ekonomis dan bisa sesuai dengan hasil yang kita inginkan. Data hasil perancangan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 7. dan Tabel 8.

Tabel 7. Kebutuhan bahan susun beton untuk 1 m³ adukan

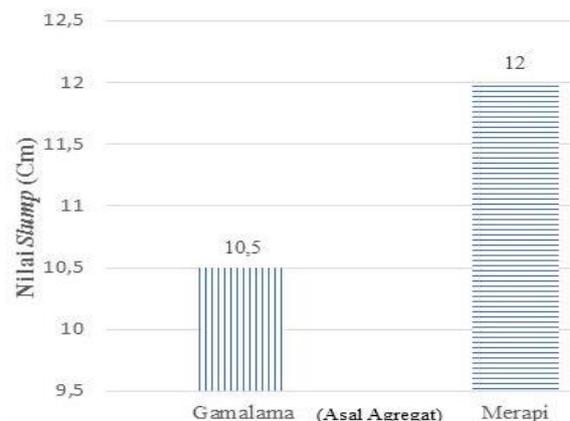
| Kebutuhan Bahan Dasar Beton | Satuan | Beton Campuran Agregat | |
|-----------------------------|---------|------------------------|--------|
| | | Gamalama | Merapi |
| Air | (liter) | 3,59 | 3,59 |
| Semen | (Kg) | 8,15 | 8,15 |
| Ag.Halus | (Kg) | 9,34 | 10,9 |
| Ag.Kasar | (Kg) | 21,8 | 20,24 |
| Total | (Kg) | 42,88 | 42,88 |

Tabel 8. Kebutuhan bahan susun beton untuk 3 benda uji

| Kebutuhan Bahan Dasar Beton | Satuan | Beton Campuran Agregat | |
|-----------------------------|---------|------------------------|---------|
| | | Gamalama | Merapi |
| Air | (liter) | 205 | 205 |
| Semen | (Kg) | 466 | 465,91 |
| Ag.Halus | (Kg) | 534 | 622,68 |
| Ag.Kasar | (Kg) | 1245 | 1156,41 |
| Total | (Kg) | 2450 | 2450 |

Hasil Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan pada saat selesai pengadukan pencampuran beton segar untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Tinggi rendahnya nilai *slump* berpengaruh pada *workability* atau pengerjaan beton. Semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah untuk proses pengadukan, penuangan, dan pemadatan, tetapi jika nilai *slump* rendah akan mempengaruhi *workability* dalam proses pengerjaan beton. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9. dan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil rata-rata pengujian *Slump*

Tabel 9. Hasil pengujian *slump*

| No | Variasi Agergat | Umur Perendaman (hari) | Nilai <i>Slump</i> (cm) |
|----|-----------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | | 7 | |
| 2 | Gamalama | 14 | 11,83 |
| 3 | | 28 | |
| 4 | | 7 | |
| 5 | Merapi | 14 | 11 |
| 6 | | 28 | |

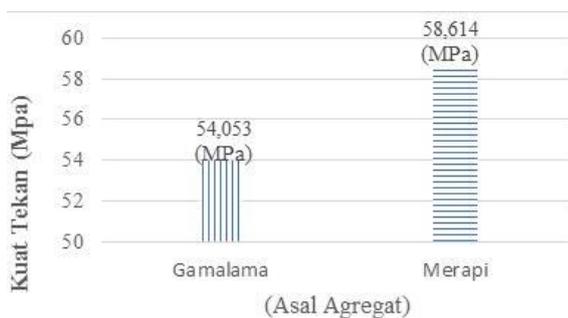
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pembuatan beton normal menggunakan agregat yang berasal dari Gamalama, Kota Ternate dan Merapi, Kota Yogyakarta. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan variasi agregat pada umur perendaman 7, 14, dan 28 hari dengan rencana kuat tekan 30 MPa. Pengujian ini diperoleh hasil kuat tekan beton pada umur perandaman 7, 14, dan 28 hari bisa di lihat pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Hasil kuat tekan beton dengan variasi agregat

| No | Variasi Agregat | Umur Perendaman | Kuat Tekan (MPa) | Rata-rata (MPa) |
|----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1 | Gamalama | 7 hari | 46,585 | 39,187 |
| | | | 32,844 | |
| | | | 38,134 | |
| | | 14 hari | 51,804 | 49,731 |
| | | | 51,478 | |
| | | | 45,912 | |
| | | | 57,971 | |
| | | 28 hari | 55,392 | 54,053 |
| | | | 48,797 | |
| | | | 45,514 | |
| 2 | Merapi | 7 hari | 43,363 | 42,496 |
| | | | 38,338 | |
| | | | 55,382 | |
| | | 14 hari | 50,468 | 51,124 |
| | | | 47,522 | |
| | | | 57,461 | |
| | | | 52,609 | |
| | | 28 hari | 64,424 | 58,614 |
| | | | | |
| | | | | |

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 10. maka hubungan antara umur perendaman dengan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 10.

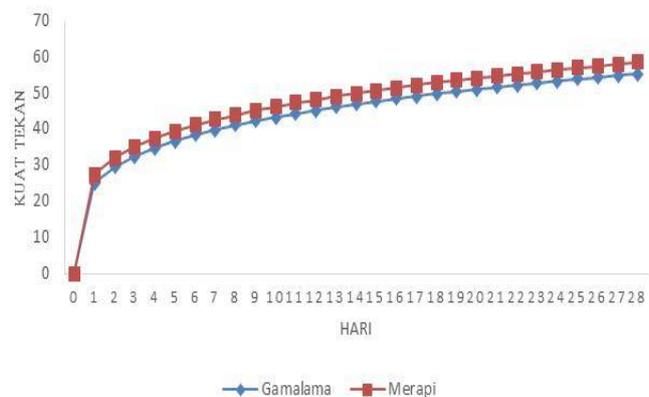


Gambar 10. Hubungan antara umur perendaman dengan kuat tekan beton

Pada Gambar 9. menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari, dengan menggunakan agregat yang berasal dari Merapi, Kota Yogyakarta didapat umur beton 7 hari memiliki kuat tekan lebih tinggi yaitu 42,496 MPa, sedangkan beton dengan menggunakan agregat Gamalama, Kota Ternate pada umur beton 7 hari sebesar 39,187 MPa. Namun pada umur beton 14 hari dengan menggunakan agregat Gamalama, Kota Ternate mengalami penurunan sebesar 49,731 MPa, sedangkan Merapi, Kota Yogyakarta mengalami peningkatan sebesar 51,124 MPa, hal ini disebabkan karena ada beberapa faktor, yakni kurang teliti dalam pencucian kerikil dan pasir sehingga dalam pengadukan tidak dapat menjadi

satu dengan semen sehingga menghalangi penggabungan antara semen dengan agregat, faktor yang lainnya dipengaruhi oleh reaksi hidrasi semen, karena biasanya dua unsure, pertama disebabkan dari semen, sebesar 70 % sampai 80 % sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen karena bila semen terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas sehingga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari, begitu juga sebaliknya, C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari. Namun pada umur beton 28 hari Merapi, Kota Yogyakarta memiliki kuat tekan lebih tinggi sebesar 58,614 MPa dan Gamalama, Kota Ternate sebesar 54,053 MPa. Dimana semakin lama umur perendaman maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, ini menunjukkan bahwa terjadinya proses hidrasi pada saat perawatan beton (*curing*).

Berdasarkan hasil kuat tekan dari kedua variasi agregat tersebut didapat perbedaan masing-masing benda uji karena di setiap beton tidak memiliki kuat tekan yang sama. Perbandingan kuat tekan beton dilihat lebih jelas jika ditampilkan dalam bentuk diagram seperti dalam Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi agregat pada umur 28 hari

Pada Gambar 10. dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata paling tinggi dengan variasi agregat pada umur 28 hari adalah agregat Merapi, Kota Yogyakarta sebesar 58,614 MPa, dan pada Gamalama, Kota Ternate sebesar 54,053 MPa. Dari grafik yang terdapat pada Gambar 5.11 menunjukkan bahwa beton dengan bahan pasir dari lokasi yang berbeda menghasilkan kuat tekan yang berbeda. Perbedaan ini terjadi disebabkan oleh karakteristik pasir yang berbeda di setiap lokasi pengambilan mulai dari gradasi, kadar air,

berat jenis, berat satuan, dan kadar lumpur yang berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton. Adapun hubungan antara pengujian agregat terhadap kuat tekan beton akan di jelaskan sebagai berikut. Pembahasan Tentang Rasio dan Faktor Pengali. Kuat tekan beton berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi agregat diperoleh rasio kuat tekan beton dan faktor pengali pada umur 28 hari yang tercantum pada Tabel 11. Rasio merupakan perbandingan kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari terhadap kuat tekan beton umur 28 hari, sedangkan faktor pengali didapatkan dari perbandingan antara rasio umur beton terhadap rasio umur beton pada 28 hari atau perbandingan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari terhadap umur 7 hari dan 14 hari.

Tabel 11. Rasio kuat tekan beton dan faktor pengali

| No | Variasi Agregat | Umur Beton (hari) | Rasio | Faktor Pengali |
|----|-----------------|-------------------|-------|----------------|
| 1 | Gamalama | 7 | 0,7 | 1,38 |
| | | 14 | 0,92 | 1,08 |
| | | 28 | 1 | 1 |
| 2 | Merapi | 7 | 0,7 | 1,38 |
| | | 14 | 0,87 | 1,14 |
| | | 28 | 1 | 1 |

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

- Hasil penelitian yang dilakukan pada agregat Merapi, Kota Yogyakarta dan Gamalama, Kota Ternate, didapat bahwa untuk memenuhi kekuatan beton yang tinggi maka diperlukan juga agregat yang kuat, yang memenuhi syarat pengujian sesuai landasan teori yang dipakai agar kekuatannya tidak lebih rendah dari pastinya.
- Nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari berturut-turut untuk agregat Merapi, Kota Yogyakarta adalah 42,496 MPa, 51,124 MPa, 58,614 MPa, dan pada Agregat Gamalama, Kota Ternate adalah 39,187 MPa, 49,731 MPa, 54,053 MPa.
- Nilai faktor pengali dari agregat Gamalama, Kota Ternate pada umur 7 ke 28 hari didapat perbandingan sebesar, 1,38 dan pada agregat Merapi, Kota Yogyakarta didapat perbandingan sebesar 1,38. .

6. Daftar Pustaka

Alluhri, S. B., 2016. Pengaruh Agregat Kasar Batu Pecah Bergradasi Seragam Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil*, 3 (1), 32-39.

Aditnya, W. 2015. Studi Desain Campuran Pasir Gunung (Ex Lubung Alung) Terhadap Kuat

Tekan Beton Normal. *Jurnal Momentum*, 16 (2), 74-80.

- BSN. 1990a. *SNI 03-1969-1990. Metode pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN. 1990b. *SNI 03-1969-1990, SNI 03-1971-1990. Metode pengujian kadar air agregat kasar*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 1991. *SNI 03-2417-1991, Metode pengujian keausana gregat kasar degan mesin Los Angeles*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 1998. *SNI 03-4804-1998. Metode pengujian berat satuan agregat kasar*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta
- Mulyati, H., 2015. Komposisi Dan Kuat Tekan Beton Pada Campuran *Portland Composite Cement*, Pasir Dan Kerikil Sungai Dari Beberapa *Quarry* Di Kota Padang. *Jurnal Momentum*, 17 (2), 34-38.
- Najib, M. N., 2014. Beton Normal Menggunakan Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Konstruksia*, 6 (1), 95-102.
- Pertiwi, D., Wibowo, B., Kasiati, E., Triaswati, Sabban, A. G., 2011. Perbandingan Penggunaan Pasir Lumajang Dengan Pasir Gunung Merapi Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Aplikasi*, 9 (2), 13-22.
- Polii, R. A., Sumajouw, M. D. J., Windah, R. S., 2015. Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 3 (3), 206-211.
- Respati, S. W., Achmad, K., 2017. Pengaruh Arah Serat *Carbon Fiber Reinforced Polymer* Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Material Lokal Pasir Samboja Di Wilayah Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 5 (1), 19-25.
- Resi, A. R., Hunggurami. E., Utomo, S., 2017. Kelayakan Pasir Kali Mas Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Dan Mortar. *Jurnal Teknik Sipil*, 6 (2), 143-149.
- Tjokrodinuljo, K., 2010, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.
- Virnando, N. D., 2015. Pengaruh Jenis Semen Dan Agregat Halus Dari Beberapa Quarry Terhadap Kuat Tekan Neton Normal. *Jurnal Teknik Sipil*, 2 (1), 35-40.
- Widodo, A., Basith, M. A. 2017. Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Rooving Pada Beton Non Pasir. *Jurnal*

Teknik Sipil & Perencanaan, 19 (2), 115-120.