



## KUAT TEKAN BETON BERDASARKAN VARIASI UKURAN AGREGAT KASAR DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBA PLASTICIZER

**Ikhnatius Jery Sambaimana<sup>1</sup>, Jeffrey A. Delarue<sup>2</sup>, Tendly S. Maki<sup>3</sup>**

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Email: [sambaimana19@gmail.com](mailto:sambaimana19@gmail.com)

### ABSTRAK

Setiap aspek pembangunan tidak dapat dipisahkan dari material beton, seperti pembangunan jalan, gedung, jembatan dan infrastruktur lainnya. Mutu beton yang baik sangat dipengaruhi oleh gradasi dan ukuran agregat kasar serta penggunaan faktor air semen. Faktor air semen sangat erat hubungannya dengan kuat tekan dan workabilitas. Penggunaan faktor air semen yang tinggi pada beton dapat meningkatkan workabilitas dengan kemudahan, tetapi akan berpengaruh pada kuat tekan beton yang diperoleh menjadi rendah. Campuran beton dengan faktor air semen rendah, dapat memperoleh nilai kuat desak tinggi tetapi konsistensi nilai slump menjadi rendah sehingga sangat mempersulit pelaksanaan pekerjaan pembetonan. Untuk menjaga mutu beton dengan nilai kuat tekan yang baik dapat menggunakan bahan tambah plasticizer. Pelaksanaan penelitian bermaksud untuk menganalisis kemampuan tekan beton berdasarkan variasi agregat kasar dengan menggunakan bahan tambah plasticizer sebesar 0 cc, 80 cc 120 cc 200 cc dan 250 cc dengan perawatan benda uji 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Perancangan proporsi campuran beton pada penelitian ini menggunakan metode dalam SNI 7656:2012 yang merupakan rujukan dari ACI 211.1-91. Benda uji tekan yang digunakan yaitu silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan beton rata – rata tertinggi di umur 7 hari sebesar 42,70 Mpa, dengan tambahan plasticizer sebesar 80 cc. pada umur 14 hari, kuat tekan beton rata – rata tertinggi sebesar 44,46 Mpa dengan tambahan plasticizer sebesar 120 cc. Untuk kuat tekan tertinggi umur 28 hari, diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 45,84 Mpa dengan tambahan plasticizer sebesar 120 cc. Dari penelitian yang dilaksanakan, membuktikan bahwa plasticizer sangat berguna dalam meningkatkan workability tanpa mengurangi mutu beton, tetapi dengan penggunaan yang tepat.

**Kata Kunci:** Beton, *Plasticizer*, Agregat Kasar, Kuat Tekan.



### ABSTRACT

*Every aspect of development cannot be separated from concrete materials, such as the construction of roads, buildings, bridges, and other infrastructure. The quality of good concrete is greatly influenced by the gradation and size of coarse aggregate and the use of the water-cement factor. The cement water factor is closely related to compressive strength and workability. The use of a high cement water factor in concrete can increase workability with ease, but it will cause the obtained compressive strength to be low. A concrete mix with a low water-cement factor can obtain a high compressive strength value, but the consistency of the slump value becomes low, making it very difficult to carry out concrete work. To maintain the quality of concrete with good compressive strength values, plasticizer additives can be used. The purpose of this study was to analyze the compressive strength of concrete based on variations in coarse aggregate using plasticizer additives of 0 cc, 80 cc, 120 cc, 200 cc, and 250 cc with treatment of specimens for 7 days, 14 days, and 28 days. The design of the concrete mixture in this study used the method in SNI 7656:2012, which is a reference to ACI 211.1-91. The compressive test object used is a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm.*

*Based on the research results, the highest average compressive strength of concrete at the age of 7 days was 42.70 MPa with the addition of 80 cc of plasticizer. At the age of 14 days, the average compressive strength of concrete was 44.46 MPa with the addition of 120 cc of plasticizer. For the highest compressive strength at 28 days, the compressive strength of concrete was obtained at 45.84 MPa with the addition of 120 cc of plasticizer. From the research carried out, it proves that plasticizers are very useful in increasing workability without reducing the quality of concrete, but only by using the right pliers.*

**Keywords:** *concrete, plasticizer, coarse aggregate, and compressive strength*

### PENDAHULUAN

Sulawesi utara merupakan suatu wilayah yang dikenal dengan kekayaan alam yang melimpah. Khususnya dalam bidang konstruksi, ketersediaan material yang diperlukan sebagai bahan utama dalam pekerjaan konstruksi seperti gedung jalan dan lain sebagainya, begitu melimpah dengan keberadaan beberapa gunung maupun sungai yang menjadi sumber utama material konstruksi. Kualitas beton yang baik sangat bergantung pada mutu material seperti

pasir dan kerikil. Pasir yang baik harus memenuhi standar mutu atau kualitas yang sesuai standard spesifikasi yang dianjurkan. Sama halnya dengan agregat kasar yang diolah dari stone crusher menghasilkan gradasi yang baik dan tingkat abrasi tidak melebihi standar yang ditentukan.

Pertumbuhan ekonomi menjadi hal yang mendasar dalam pengembangan wilayah dengan adanya pertumbuhan penduduk yang begitu

pesat. Kebutuhan fasilitas umum seperti perkantoran, jalan raya, jembatan, dan gedung bertingkat serta fasilitas lainnya, membutuhkan material khususnya beton dengan volume yang sangat besar.

Keberadaan sumber daya alam yang melimpah khususnya di Sulawesi utara menjadi penunjang dalam keberhasilan pembangunan dalam bidang konstruksi. dengan adanya material seperti pasir dan kerikil atau batu pecah yang sangat diperlukan dalam pembuatan material konstruksi yaitu beton.

Material tersebut dapat diperoleh dengan mudah dengan jumlah yang tidak sedikit serta harga yang relatif lebih murah, dan langsung dapat dipakai sebagai bahan utama dalam pembentukan beton yang merupakan material dasar elemen struktur. Hal itu tentunya sudah merupakan sebuah keharusan digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

Sederhananya, Beton terbentuk dari semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil) yang mengalami pengerasan dan terkadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas sesuai kebutuhan campuran beton. (Asroni, 2010).

Gradasi agregat kasar memiliki dampak yang signifikan terhadap produksi beton mutu tinggi. Dengan berkurangnya ukuran agregat, pori-pori beton akan mengecil. Hal ini dimaksudkan agar butiran yang lebih

kecil dapat digunakan untuk mengisi celah atau lubang yang ditinggalkan oleh agregat kasar. Porositas yang lebih padat dihasilkan oleh beton berkualitas tinggi, yang membuatnya lebih tahan lama karena air dan bakteri yang mengurai beton tidak dapat masuk. Akibatnya, menggunakan beton berkualitas tinggi saat merancang struktur bangunan sangat penting.

Masalah porositas memiliki dampak yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Porositas substansial beton berdampak pada kuat tekan yang relatif lemah. Di sisi lain, porositas minimal beton mempengaruhi kuat tekan yang relatif tinggi. Air semen dalam campuran beton dikenal sebagai (FAS) atau faktor air semen.

Kekuatan tinggi pada beton dicapai apabila faktor air semen yang digunakan rendah dalam campuran beton, tetapi beton dengan air pencampur yang rendah, berdampak pada pengerjaan yang sulit karena pemadatan yang tidak maksimal dan terjadinya keropos pada beton yang dihasilkan.

Penggunaan faktor air semen sangat erat hubungannya dengan workabilitas pada campuran beton, hal tersebut sangat menentukan kualitas pada beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, peningkatan workabilitas pada beton meskipun menggunakan faktor air semen yang rendah dapat di atasi dengan pemanfaatan teknologi additive pada beton yaitu *plastisizer* sehingga pekerjaan pembetonan menjadi mudah

meskipun dengan penggunaan air pencampur yang rendah.

Study Eksperimen kali ini diadakan untuk melakukan pengujian serta mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton dengan maksimum ukuran butir agregat kasar yang bervariasi antara  $\frac{1}{2}$  inci (12,7 mm) dan  $\frac{3}{4}$  inci (19,1 mm) dengan penambahan *plasticizer* terhadap kuat tekan beton dengan dengan faktor air semen yang kecil namun tidak mengurangi workabilitas dari proporsi beton tersebut.

Adanya penelitian kiranya bermanfaat sebagai referensi perbandingan kuat tekan berdasarkan gradasi tertentu, serta penggunaan bahan tambah *plasticizer* dengan proporsi atau dosis yang tepat.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Landasan Teori

Beton adalah gabungan dari beberapa bahan batuan yang disatukan oleh bahan pengikat. Beton dibuat dengan mencampurkan agregat halus dan kasar dengan pasta semen. Jika ukuran butir bagus, butir akan terjerat satu sama lain. Proses pembuatan beton pasta semen yang pertama adalah proses hidrasi air dan semen. Pencampuran agregat halus menghasilkan mortar dan pencampuran agregat kasar menghasilkan beton. (SK.SNI-T-15-1990-03).

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 (BSN, 2004), Beton adalah campuran

semen hidrolik atau portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan untuk membentuk suatu massa padat dengan bahan dasar sebagai berikut:

1. Air
2. Semen – *Portland*
3. Agregat (kerikil dan pasir)

### 1. Jenis Beton

- a. Beton normal merupakan beton yang menggunakan agregat biasa dalam pelaksanaannya
- b. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan jumlah dan luas tulangan sebagai bahan penguat tanpa menerapkan prategang, dan dirancang berdasarkan asumsi dan analisis bahwa dengan menggabungkan dua bahan dapat menahan gaya yang diterima dan diterapkan.
- c. Beton pracetak adalah beton yang mengandung elemen tanpa tulangan atau tulangan dicetak di lokasi selain posisi akhir elemen dalam struktur.
- d. Beton prategang adalah beton yang telah mengalami tegangan akibat penerapan beban kerja berupa pengurangan tegangan tarik potensial beton tersebut.
- e. Beton ringan adalah beton yang mengandung komponen agregat dengan menggunakan agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus, dan tidak

melebihi berat maksimum beton sebesar 1850 kg/m<sup>3</sup> di udara kering. Beton ringan dibuat dengan tujuan statis tertentu.

## 2. Bahan Penyusun Beton

Menurut SNI, 7656:2012 (BSN, 2012) Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan mungkin mengandung bahan semen lainnya dan bahan tambahan kimia lainnya. Aditif kimia digunakan dengan tujuan untuk mempercepat atau memperlambat beton, meningkatkan kemampuan pengerjaan, mengurangi air pencampur, meningkatkan kekuatan, atau mengubah sifat lain dari beton yang dihasilkan

## 3. Bahan Tambah (*Additive*)

Berdasarkan standart ASTM C.494 (1995:254) dan pedoman beton 1989 SKBI. 1. 4. 53. 1989 jenis bahan kimia dibagi menjadi tuju jenis, yaitu:

- a. Tipe A (*Water Reducing Admixtures*) additive yang digunakan untuk mengurangi jumlah air adukan yang dibutuhkan untuk menghasilkan beton dengan campuran tertentu.
- b. Tipe B (*Retarding Admixtures*) sebagai penghambat campuran beton untuk tidak terjadi pengikatan secara singkat.
- c. Tipe C (*Accelerating Admixtures*) berfungsi untuk mempercepat pengerasan dalam campuran beton

d. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixtures*) sebagai penghambat dan pengurang jumlah air adukan pada pembetonan. Additive tipe D memiliki fungsi ganda.

e. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixtures*) digunakan dalam pembetonan dengan percepatan pengikatan tinggi, serta mengurangi air pencampur.

f. Tipe F (*Water Reducing High Range Admixtures*) sebagai bahan tambah beton yang memiliki tujuan pengurangan air adukan dengan penggunaan ditentukan berdasarkan persentase campuran.

g. Tipe G (*Water Reducing High Range Retarding Admixtures*) merupakan bahan tambah kimia yang digunakan untuk mengurangi air pencampur dengan persentase penggunaan tertentu sesuai ketentuan pembetonan yang direncanakan.

## 4. Faktor Air Semen (FAS)

Koefisien air semen adalah perbandingan kuat tekan beton dan air semen dalam campuran beton. Kadar air semen juga sangat mempengaruhi sifat beton seperti permeabilitas, ketahanan aus, kuat tekan dan susut, yang terpenting adalah kuat tekan. (LJ Murdock dan K. M Brook, 1991).

## 5. Slump

*Slump* dijadikan sebagai standar pengukuran untuk menilai tingkat workability campuran beton karena memiliki dampak yang signifikan terhadap workability beton. Jumlah air yang ditambahkan ke dalam campuran menentukan nilai slump, oleh karena itu satu-satunya variabel adalah perubahan proporsi semen dan agregat. Jika nilai slump tetap tetapi nilai fasa meningkat, beton akan menunjukkan ketahanan yang lebih besar.

## 6. Workability

*Workability* dapat di definisikan dengan kemudahan pembetonan atau juga memiliki arti yang lain. Akan tetapi, workability dapat dijelaskan antara lain yaitu;

- a. Kesesuaian, atau kemudahan pemadatan beton tanpa udara yang tertinggal penyebab keropos.
- b. Kemudahan dalam pekerjaan pembetonan karena beton dengan workabilitas tinggi dapat dikerjakan dengan mudah, sebagai contoh menggunakan *concrete pump*.
- c. Kesesuaian, dan kemudahan pemadatan beton. (LJ Murdock dan K. M Brook, 1991).

## 7. Kemampuan Tekan Beton

Kekuatan tekan beton adalah beban per satuan luas yang akan diterima benda uji ketika mengalami gaya tekan tertentu hingga beton runtuh.

Kinerja sebuah beton juga dapat diartikan sebagai kemampuan beton dalam menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2003). Sampel beton dihancurkan oleh gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan beton. Kuat tekan beton menjadi parameter utama yang menentukan kualitas struktur, karena kuat tekan beton akan menentukan kemampuan struktur dalam menopang massa suatu bangunan yang apabila di kombinasikan dengan material penunjang lainnya.

Kuat tekan beton dianalisa berdasarkan tegangan maksimum dalam satuan kg/cm<sup>2</sup> atau Mpa (Mega Pascal). Pada persamaan 2.1, SNI – 03 – 1968 – 1990 (BSN, 1990), nilai tersebut umumnya lebih tinggi dibandingkan kekuatan tarik beton itu sendiri, dengan demikian mutu beton ditinjau berdasarkan kuat tekannya (Tjokrodijuljo, 2007). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- $f'c$  = Kuat tekan Silinder beton (Mpa)
- P = Beban tekan maksimum (kg)
- A = Luas bidang tekan (cm<sup>3</sup>)

- a. Umur Beton. Hal ini tidak dapat disimpulkan dari beton yang berumur 28 hari pada umumnya karena beton biasanya bertambah selama fase umur tersebut, tetapi berbeda dengan beton.

- Semakin lama umur beton maka semakin rendah kenaikan tingkat kuat tekan yang terjadi. Umurnya lebih dari 360 hari, karena beton pada umur tersebut sudah mulai menunjukkan tanda-tanda penurunan mutu atau kuat tekan beton.
- b. *Workability*. Sama pentingnya ketika menempatkan pekerjaan konkret ke dalam tindakan. Hal ini dikarenakan beton dengan tingkat *workability* yang tinggi cenderung mengalami segregasi dan bleed pada saat produksi, yang keduanya berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan menyebabkannya menurun.
  - c. *Gradasi*. Gradien jelas diperlukan saat membuat sampel beton untuk mengisi ruang dan celah yang terbentuk selama pembuatan cetakan atau silinder benda uji. Hal ini berdampak signifikan terhadap kuat tekan beton yang apabila gradasi agregat kasar seragam terlalu besar, sehingga beton tidak akan tertutup sempurna seluruhnya, sehingga menyebabkan timbulnya lubang-lubang atau material berpori. Hal ini akan mengurangi kuat tekan beton.
  - d. *Perawatan Beton (Curing)*. Sistem perawatan beton menjadi sangat penting. Persyaratan khusus pedoman untuk perawatan beton harus diikuti untuk menjaga suhu selama proses hidrasi.
  - e. *Kadar Semen*. Kuat tekan beton yang dihasilkan memiliki nilai optimal yang meningkat seiring dengan jumlah semen yang digunakan.

- f. *Admixture*, penggunaan bahan tambah kimia maupun alami, sangat berpengaruh pada kualitas beton yang dihasilkan ditinjau dari *workability* yang dihasilkan serta pencapaian kuat tekan beton yang terjadi.
- g. *Porositas*, beton yang mengalami porositas yang tinggi akan mengakibatkan penurunan pada kuat tekan beton dan sebaliknya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Pelaksanaan dan Sampel Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan. Fakultas Teknik, Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Manado. Sampel penelitian adalah jenis Silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan jenis variasi yaitu beton normal (BN), kemudian beton dengan tambahan plasticizer (BNA) dengan dosis 80 cc, 120 cc, 200 cc, dan 250 cc tanpa reduksi jumlah air pencampur, dengan agregat yang digunakan yaitu ukuran  $\frac{3}{4}$  inci dan  $\frac{1}{2}$  inci, sehingga total benda uji adalah 90 buah dan akan dilakukan pengujian pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

### B. Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai adalah sebagai berikut:

Semen, yaitu PCC (*Portland Cement Komposit*) Merk Tiga Roda, Agregat kasar yaitu split/ batu pecah, Agregat halus (pasir) yang dipakai merupakan pasir sungai, Air bersih Laboratorium,

dan bahan tambah kimia (*Plasticizer*) yang digunakan adalah Additon H.E

### C. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah, Oven listrik dilengkapi dengan pengatur suhu, Timbangan Analitis dan digital, Saringan / ayakan, Masin sieve shaker, Mesin Los Angeles, Cetok, Kontainer / nampan, Keranjang, Wadah stainless steel, Gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml, Labu Erlenmeyer dengan kapasitas 1000 ml, Kerucut terpacung, Kerucut Abrams, Concrete mixing/ molen listrik, Mould (15 cm x 30 cm), atau cetakan benda uji beton, Penumbuk besi dengan diameter (16 mm), Mistar dan caliper, Mesin uji tekan beton, merk MBT kapasitas 200 Ton, Kuas dan pelumas cetakan benda uji beton, Wadah plastik kapasitas 100 liter, Seperangkat computer atau laptop, serta Alat tulis menulis.

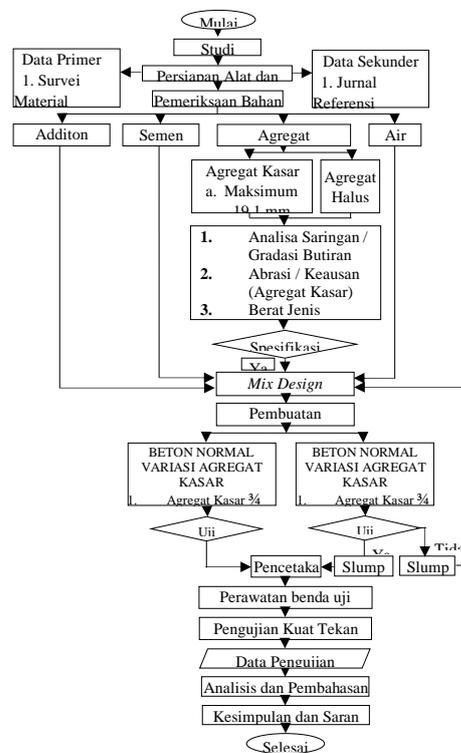
### D. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah eksperimen atau trialmix. Eksperimen yang dilakukan adalah perancangan dan pembuatan campuran beton variasi agregat kasar dengan ukuran batu pecah yaitu ½ inci dan ¾ inci, menggunakan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,33 dengan melakukan penambahan *plasticizer* kedalam campuran beton dengan dosis yaitu 80 cc, 120 cc, 200 cc, dan 250 cc, dari berat semen tanpa mengurangi jumlah air pencampur, kemudian akan melakukan perbandingan tingkat workhability dan

kuat tekan pada beton normal dengan ukuran agregat kasar yang berbeda, yang merupakan kelompok eksperimen, dan beton normal variasi agregat kasar tanpa *Plasticizer* sebagai kelompok pengontrol. Berdasarkan hasil pengamatan dan perancangan campuran tersebut diatas, diharapkan dapat memperoleh pengaruh dengan penambahan *plasticizer* pada campuran beton normal variasi agregat kasar, dengan factor (FAS) yang rendah tanpa menggunakan bahan tambah.

### E. Alur Penelitian

Untuk lebih mempermudah serta arah pada pelaksanaan penelitian, maka dibuat tahapan penelitian seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Flowcart alur penelitian



Gambar 2. Survey Lokasi Agregat Halus



Gambar 5. Pengadaan Agregat Halus Pembuatan Benda Uji Silinder



Gambar 3. Pengambilan Sampel Awal Agregat Halus



Gambar 6. Pengadaan Agregat Kasar Pembuatan Benda Uji Silinder



Gambar 4. Survey dan Pengambilan Sampel Awal Agregat Halus

## HASIL DAN PEMBAHASAN

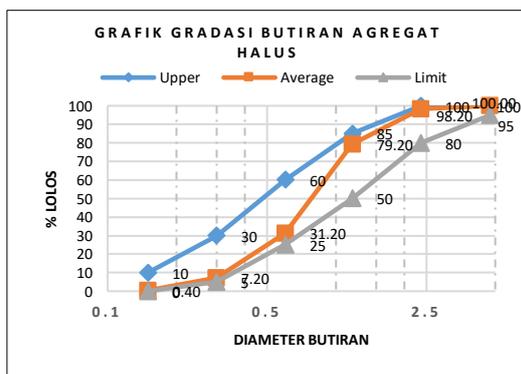
### A. Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil Pengujian Agregat Halus dapat dilihat pada tabel 1. Berikut;

Tabel 1. Resume Hasil Pengujian Agregat Halus

| N o | Jenis Pengujian Agregat                 | Satuan                | Hasil Pengujian |
|-----|---|-----------------------|-----------------|
| 1   | Analisa saringan/ Gradasi Butiran (MHB) | -                     | 2.838           |
| 2   | Berat Jenis                             | Gram/c m <sup>3</sup> | 2,60            |
| 3   | Penyerapan Air                          | %                     | 4,98            |
| 4   | Berat isi/ Volume                       | Gram/c m <sup>3</sup> | 1,431           |
| 5   | Kadar Lumpur                            | %                     | 0,6             |
| 6   | Kadar Air                               | %                     | 5,66            |

Tabel 1 menjelaskan bahwa, pengujian agregat halus (Pasir Sungai) diketahui hasil pemeriksaan Gradasi atau analisa saringan dengan MHB yaitu 2,838, Berat Jenis 2,60, Penyerapan air 4,98%, Berat isi/volume 1,431, Kadar lumpur 0,6%, dan Kadar air sebesar 5,66%, dengan gradasi seperti pada gambar berikut.



Gambar 7. Grafik gradasi agregat halus dalam skala log

### B. Hasil Pengujian Agregat Kasar

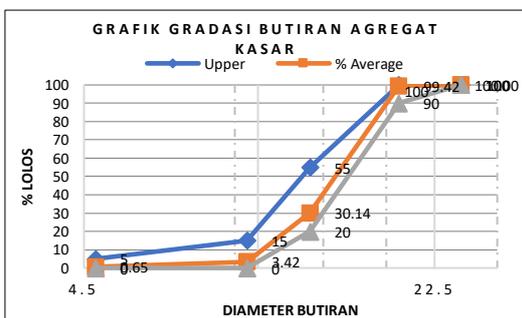
Hasil Pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Resume Hasil Pengujian Agregat Kasar

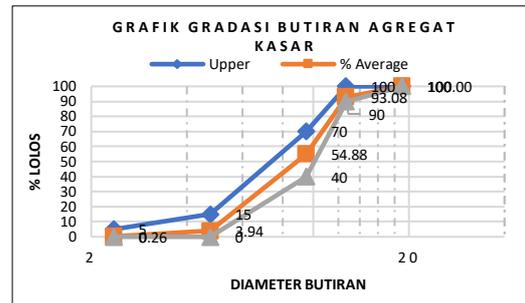
|   | Jenis Pengujian Agregat                 | Satuan                | Hasil Pengujian    |                    |
|---|---|-----------------------|--------------------|--------------------|
|   |   |                       | 19,1 mm (3/4 inci) | 12,7 mm (1/2 inci) |
| 1 | Analisa saringan/ Gradasi Butiran (MHB) | -                     | 6,61               | 6,38               |
| 2 | Abrasi / Keausan Agregat                | %                     | 33                 | 34,6               |
| 3 | Berat Jenis SSD                         | %                     | 2,326              | 2,34               |
| 4 | Penyerapan Air Kondisi Asli             | %                     | 2,556              | 3,28               |
| 5 | Berat isi/ Volume                       | Gram/c m <sup>3</sup> | 1,28               | 1,35               |
| 6 | Kadar Lumpur                            | %                     | 0,28               | 1,13               |
| 7 | Kadar Air                               | %                     | 0,134              | 0,65               |

Tabel 2 diatas menjelaskan pemeriksaan atau pengujian agregat kasar untuk analisa saringan, MHB yang diperoleh yaitu, 6,61 agregat kasar dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  inci, dan 6,38 untuk agregat kasar ukuran  $\frac{1}{2}$  inci. Abrasi atau keausan, agregat kasar dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  diperoleh nilai pengujian yaitu 33% dan agregat ukuran  $\frac{1}{2}$  34,6 %. Pengujian berat jenis SSD pada agregat  $\frac{3}{4}$  dan  $\frac{1}{2}$  yaitu 2,326 dan 2,34. Penyerapan air diperoleh nilai pengujian yaitu 2,55 agregat dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  inci, dan 3,28 agregat ukuran  $\frac{1}{2}$  inci. Pengujian bera isi atau volume, agregat dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  diperoleh nilai pengujian yaitu 1,28 dan 1,35 untuk agregat  $\frac{1}{2}$  inci.

Pengujian kadar lumpur yaitu, 0,28 agregat dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  inci, dan 1,13 agregat  $\frac{1}{2}$  inci. Untuk pengujian kadar air, nilai pengujian yang diperoleh yaitu sebesar 0,134% agregat kasar ukuran  $\frac{3}{4}$  inci, dan 0,65% untuk agregat ukuran  $\frac{1}{2}$  inci. Grafik gradasi butiran agregat kasar dapat dilihat pada gambar 8 dan 9 berikut.



Gambar 8. Grafik gradasi agregat kasar 19,1 mm ( $\frac{3}{4}$  inci) dalam skala log



Gambar 9. Grafik gradasi agregat kasar 12,7 mm ( $\frac{1}{2}$  inci) dalam skala log

### C. Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dilakukan dan digunakan dalam pembuatan beton untuk benda uji, menggunakan tatacara atau metode yang mengacu pada SNI 7656:2012 merupakan adopsi dari ACI 211.1-91-2009.

Pembuatan rancangan campuran dilakukan dengan maksud mengetahui komposisi dan proporsi jumlah bahan penyusun beton. Campuran dan proporsi beton secara teknis ditentukan melalui analisa atau perancangan suatu campuran beton (*mix design*) yang dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Kebutuhan Material Pembuatan Benda Uji Silinder

| No | Jenis Bahan   | Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder 15 cm x 30 cm dengan Variasi Penambahan Plasticizer Agregat Maksimum 19,1 mm (3/4 inci) |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Satuan |
|----|---------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
|    |               | 1  | 9          | 1          | 9          | 1          | 9          | 1          | 9          | 1          | 9          |        |
|    |               | Ben da Uji   | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji |        |
|    |               | 0 cc   | 80 cc      |            | 120 cc     |            | 200 cc     |            | 250 cc     |            | cc         |        |
| 1  | Semen         | 3,942  | 35,479     | 3,942      | 35,479     | 3,942      | 35,479     | 3,942      | 35,479     | 3,942      | 35,479     | Kg     |
| 2  | Air           | 1,410  | 12,690     | 1,410      | 12,690     | 1,410      | 12,690     | 1,410      | 12,690     | 1,410      | 12,690     | Kg     |
| 3  | Agregat Halus | 4,735  | 42,612     | 4,735      | 42,612     | 4,735      | 42,612     | 4,735      | 42,612     | 4,735      | 42,612     | Kg     |
| 4  | Agregat Kasar | 5,406  | 48,658     | 5,406      | 48,658     | 5,406      | 48,658     | 5,406      | 48,658     | 5,406      | 48,658     | Kg     |
| 5  | Plasticizer   | 0,00   | 0,00       | 6,31       | 56,77      | 9,46       | 85,15      | 15,77      | 141,92     | 19,71      | 177,40     | ml     |

Tabel 4. Rekapitulasi Kebutuhan Material Pembuatan Benda Uji Silinder

| No | Jenis Bahan | Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder 15 cm x 30 cm dengan Variasi Penambahan Plasticizer Agregat Maksimum 12,7 mm (1/2 inci) |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Satuan |
|----|-------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
|    |             | 1  | 9          | 1          | 9          | 1          | 9          | 1          | 9          | 1          | 9          |        |
|    |             | Ben da Uji   | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji | Be nda Uji |        |
|    |             | 0 cc   | 80 cc      |            | 120 cc     |            | 200 cc     |            | 250 cc     |            | cc         |        |

|   |               |      |       |      |       |      |       |       |        |       |        |    |
|---|---------------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|--------|-------|--------|----|
| 1 | Semen         | 4,13 | 37,16 | 4,13 | 37,16 | 4,13 | 37,16 | 4,13  | 37,16  | 4,13  | 37,16  | Kg |
| 2 | Air           | 1,47 | 13,26 | 1,47 | 13,26 | 1,47 | 13,26 | 1,47  | 13,26  | 1,47  | 13,26  | Kg |
| 3 | Agregat Halus | 4,81 | 43,33 | 4,81 | 43,33 | 4,81 | 43,33 | 4,81  | 43,33  | 4,81  | 43,33  | Kg |
| 4 | Agregat Kasar | 5,01 | 45,06 | 5,01 | 45,06 | 5,01 | 45,06 | 5,01  | 45,06  | 5,01  | 45,06  | Kg |
| 5 | Plasticizer   | 0,00 | 0,00  | 6,61 | 59,46 | 9,91 | 89,18 | 16,52 | 148,64 | 20,64 | 185,80 | ml |

#### D. Pembuatan Benda Uji Silinder

Pada eksperimen yang dilakukan, Benda uji menggunakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 90 buah benda uji. Pelaksanaan penelitian menggunakan dua jenis agregat yang berbeda dengan penambahan additive plasticizer, untuk itu jumlah benda uji untuk agregat kasar dengan ukuran maksimum 19,1 mm (3/4 inci) sebanyak 45 buah benda uji, dan agregat dengan ukuran maksimum 12,7 mm (1/2 inci) menggunakan benda uji silinder sebanyak 45 buah benda uji. Untuk lebih jelasnya, dapat melihat tabel berikut.

Tabel 4.7 tabel rencana benda uji

| NO | UKURAN AGREGAT KASAR MAKSIMUM |          | VARIASI TAMBAHAN ADDITIVE CC | UMUR RENDAMAN |          |          | JUMLAH | KODE BENDA UJI  |
|----|-------------------------------|----------|------------------------------|---------------|----------|----------|--------|-----------------|
|    | mm                            | inci     |                              | 7 HAR I       | 14 HAR I | 28 HAR I |        |                 |
| 1  | 19,1 mm                       | 3/4 inci | 0 cc                         | 3             | 3        | 3        | 9      | 01/BN           |
|    |                               |          | 80 cc                        | 3             | 3        | 3        | 9      | 01/BNA - 80 cc  |
|    |                               |          | 120 cc                       | 3             | 3        | 3        | 9      | 01/BNA - 120 cc |

|  |  |  |                         |   |   |   |           |                    |
|--|--|--|-------------------------|---|---|---|-----------|--------------------|
|  |  |  | <b>200 cc</b>           | 3 | 3 | 3 | 9         | 01/BNA<br>- 200 cc |
|  |  |  | <b>250 cc</b>           | 3 | 3 | 3 | 9         | 01/BNA<br>- 250 cc |
|  |  |  | <b>JUMLAH BENDA UJI</b> |   |   |   | <b>45</b> |                    |

Tabel 4.7 tabel rencana benda uji

| NO | UKURAN AGREGAT KASAR MAKSIMUM |             | VARIASI TAMBAHAN              | UMUR RENDAMAN |        |           | JUMLAH          | KODE BENDA UJI     |
|----|-------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------|--------|-----------|-----------------|--------------------|
|    | m                             | inci        |                               | CC            | 7 HARI | 14 HARI   |                 |                    |
| 2  | 1<br>2,<br>7<br>m<br>m        | 1/2<br>inci | 0 cc                          | 3             | 3      | 3         | 9               | 02/BN              |
|    |                               |             | 80 cc                         | 3             | 3      | 3         | 9               | 02/BNA<br>- 80 cc  |
|    |                               |             | 120 cc                        | 3             | 3      | 3         | 9               | 02/BNA<br>- 120 cc |
|    |                               |             | 200 cc                        | 3             | 3      | 3         | 9               | 02/BNA<br>- 200 cc |
|    |                               |             | 250 cc                        | 3             | 3      | 3         | 9               | 02/BNA<br>- 250 cc |
|    |                               |             | <b>JUMLAH BENDA UJI</b>       |               |        | <b>45</b> |                 |                    |
|    |                               |             | <b>TOTAL JUMLAH BENDA UJI</b> |               |        | <b>90</b> | <b>SILINDER</b> |                    |

#### D. Pengujian Nilai Slump Dan Workhabillity

Pengujian *slump* dilakukan dengan tujuan mengetahui kelecakan atau *workhabillity* dari campuran beton yang dihasilkan, dengan cara mengukur tinggi penurunan adukan beton. Menurut SNI 1972 – 2008 (BSN,2008), pengujian *slump* bertujuan untuk memantau

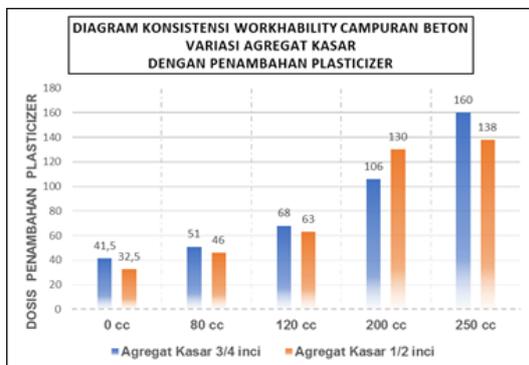
*workhabillity* dan *homogenitas* adukan beton segar dengan kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan nilai *slump*.



Gambar 6. Pengujian Slump beton segar

Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut

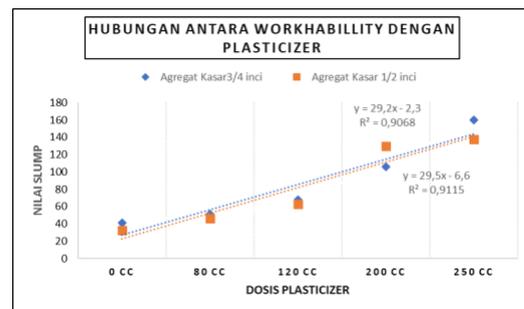
**Tabel 2. Diagram Nilai Slump dan Tingkat Workhabillity dengan Plasticizer**



Pada diagram batang diatas dapat kita lihat bahwa, agregat kasar dengan ukuran  $\frac{3}{4}$  inci, memiliki nilai slump tertinggi yakni 160 mm dibanding dengan agregat kasar dengan ukuran  $\frac{1}{2}$  inci, hal tersebut dilihat dari penambahan dosis plasticizer yang sama. Pengaruh tinggi rendahnya nilai slump, sangat mempengaruhi

kemudahan dalam pengerjaan pembetonan baik secara konvensional maupun dengan menggunakan mesin pompa (*concrete pump*).

Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Variasi Agregat Kasar Dengan Workhabillity dan Plasticizer



Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Tingkat nilai slump sangat beresiko terhadap kepadatan beton yang dihasilkan, meskipun menggunakan alat penggetar (*vibrator*) atau tanpa penggetar pada area pembesian yang sempit. Pada gambar grafik hubungan diatas menunjukkan bahwa tingkat workhabillity dari konsistensi nilai slump, dengan demikian, penggunaan *plasticizer* sangat berpengaruh dalam meningkatkan konsistensi *workhabillity* pembetonan.

### E. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan ukuran agregat kasar yang berbeda, dengan penambahan *plasticizer* yang dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.



Gambar 6. Kehancuran Benda Uji

Untuk hasil pengujian kuat tekan beton, dapat dilihat pada tabel berikut.

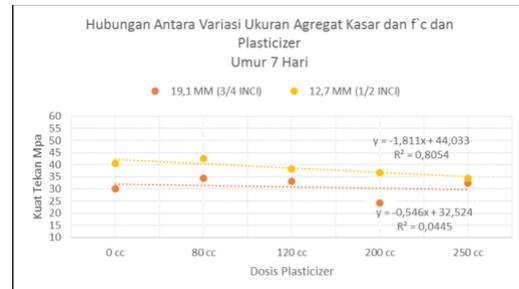
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur Rencana 7 Hari

| Variasi Ukuran Agregat Kasar dengan Kuat Tekan Beton dan Plasticizer |                      |            |  |       |        |        |        |
|--|----------------------|------------|--|-------|--------|--------|--------|
| No   | Ukuran Agregat Kasar | Umur Beton | Kuat Tekan Beton Berdasarkan Dosis Plasticizer |       |        |        |        |
|  |                      |            | 0 cc   | 80 cc | 120 cc | 200 cc | 250 cc |
| 1  | 3/4 inci             | 7 Hari     | 40,67  | 42,70 | 38,27  | 36,76  | 34,57  |
| 2  | 1/2 inci             | 7 Hari     | 30,13  | 34,38 | 33,27  | 24,12  | 32,53  |

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Pada tabel diatas, tekan maksimum terjadi pada benda uji dengan komposisi agregat kasar maksimum ¾ inci, dengan penambahan dosis plasticizer sebesar 80 cc. Kuat tekan beton terendah diperoleh pada ukuran agregat kasar ½ inci, dengan dosis *Plasticizer* sebesar 200 cc. Grafik hubungan kuat tekan beton variasi agregat kasar, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Variasi Ukuran Agregat Kasar dengan Kuat Tekan Beton dan Plasticizer



Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado  
 Hasil pengujian benda uji umur 14 hari dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton umur 14 Hari

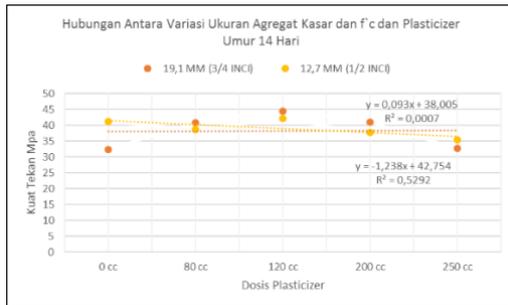
| Variasi Ukuran Agregat Kasar dengan Kuat Tekan dan Plasticizer |                      |            |  |       |        |        |        |
|--|----------------------|------------|--|-------|--------|--------|--------|
| No   | Ukuran Agregat Kasar | Umur Beton | Kuat Tekan Beton Berdasarkan Dosis Plasticizer |       |        |        |        |
|  |                      |            | 0 cc   | 80 cc | 120 cc | 200 cc | 250 cc |
| 1  | 3/4 inci             | 14 Hari    | 32,35  | 40,85 | 44,46  | 41,04  | 32,72  |
| 2  | 1/2 inci             | 14 Hari    | 41,22  | 38,63 | 42,15  | 37,71  | 35,49  |

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Tabel diatas merupakan hasil kuat tekan umur 14 hari dari dua ukuran agregat kasar yang berbeda dengan penambahan dan tanpa additive. Pada umur benda uji 14 hari, kuat tekan maksimum yang diperoleh terjadi pada komposisi agregat kasar dengan ukuran maksimum ¾ inci, yaitu sebesar 44,46 Mpa dengan dosis *Plasticizer* sebesar 120 cc. Sedangkan benda uji yang menggunakan plasticizer dengan dosis 250 cc, terjadi penurunan kuat tekan

yaitu sebesar 35,49 Mpa, untuk agregat dengan ukuran ¾ inci, dan 32,72 Mpa, untuk agregat dengan ukuran ½ inci.

Gambar 4. 12 Grafik Variasi Ukuran Agregat Kasar dengan Kuat Tekan dan Plasticizer



Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Pada gambar 4.12, garis trendline telah menunjukkan kuat tekan beton variasi agregat kasar yang diperoleh cenderung sama, untuk agregat kasar dengan ukuran ¾ inci, dan untuk agregat dengan ukuran ½ inci, kuat tekan yang diperoleh pada dosis plasticizer 250 cc sedikit lebih rendah dibandingkan dengan tanpa plasticizer. Kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut.

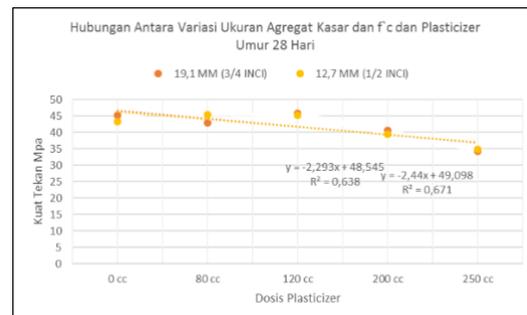
Tabel 4.17. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

| Variasi Ukuran Agregat Kasar dengan Kuat Tekan dan Plasticizer |                      | Kuat Tekan Beton Berdasarkan Dosis Plasticizer |             |       |        |        |        |
|--|----------------------|--|-------------|-------|--------|--------|--------|
| No   | Ukuran Agregat Kasar | Umur Beton                                     | Plasticizer |       |        |        |        |
|  |                      |  | 0 cc        | 80 cc | 120 cc | 200 cc | 250 cc |
| 1  | ¾ inci               | 28 Hari  | 45,29       | 42,89 | 45,84  | 40,67  | 34,20  |
| 2  | ½ inci               | 28 Hari  | 43,26       | 45,47 | 45,29  | 39,56  | 34,75  |

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Pada tabel diatas dapat dilihat nilai kuat tekan maksimum pada umur 28 hari yaitu, terjadi pada penambahan additive sebesar 80 cc untuk agregat kasar ½ inci, dan 120 cc pada agregat kasar ¾ inci.

Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Antara Variasi Ukuran Agregat Kasar dengan Kuat Tekan dan Plasticizer



Sumber: Hasil Pengolahan Data Penelitian Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

Hubungan antara kuat tekan beton variasi dengan penggunaan plasticizer terlihat pada gambar 4.14 di atas. Garis tren menunjukkan bahwa dengan meningkatnya penggunaan plasticizer, kuat tekan yang diukur pada umur 28 hari telah menurun. Kuat tekan mulai menurun pada dosis plasticizer 200 cc sampai 250 cc. Walaupun aplikasi plasticizer pada dosis 80 dan 120 cc masih menghasilkan kuat tekan yang memuaskan pada kedua jenis agregat, namun besarnya workability atau slump yang dicapai lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji tanpa additive.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data penelitian, pengujian serta grafik yang

ada maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Benda uji silinder dengan agregat kasar maksimum  $\frac{3}{4}$  inci (19,1 mm) kuat tekan rata - rata yang diperoleh pada umur 28 hari sesuai dosis *Plasticizer* 0 cc, 80 cc, 120 cc, 200 cc dan 250 cc adalah 45,29 Mpa, 42,89 Mpa, 45,84 Mpa, 40,67 Mpa dan 34,20 Mpa. Agregat kasar dengan ukuran maksimum  $\frac{1}{2}$  inci (12,7 mm) kuat tekan rata – rata yang diperoleh pada umur 28 hari berdasarkan jumlah dosis additive *Plasticizer* 0 cc, 80 cc, 120 cc, 200 cc dan 250 cc adalah 43,26 Mpa, 45,47 Mpa, 45,29 Mpa, 39,56 Mpa dan 34,75 Mpa.
2. Penggunaan *Plasticizer* pada campuran beton Variasi agregat kasar, dapat meningkatkan nilai slump yang dihasilkan pada beton segar. Berdasarkan grafik hubungan variasi agregat dan *plasticizer*, nilai slump yang dihasilkan dari dosis additive 0 cc, sampai dengan 250 cc, mengalami peningkatan pada kedua campuran beton dengan agregat kasar yang berbeda ukuran.

Dengan, demikian, penggunaan additive khususnya *plasticizer* pada beton, sangat direkomendasikan apabila ingin meningkatkan kemudahan dalam pekerjaan pembetonan. Additive *plasticizer* dapat digunakan dalam campuran beton dengan melakukan trial mix atau mengikuti prosedur

penggunaan yang disyaratkan dengan tujuan menjaga kuat tekan beton yang dihasilkan.

3. Temuan pada penelitian yang dilaksanakan, additive *plasticizer* yang dapat digunakan yaitu tidak melebihi 120 cc dari berat semen. Hal tersebut merupakan batas kuat tekan yang diperoleh dari pengujian benda uji silinder beton variasi agregat dengan FAS yang rendah. Meskipun tingkat workabilitas beton segar yang dihasilkan lebih tinggi jika menggunakan *plasticizer* pada dosis lebih dari 120 cc, tetapi perencanaan proporsi beton dan trial mix sangat diperlukan untuk menentukan hasil ahir komposisi beton.

## B. Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa saran yaitu:

1. Penggunaan additive jenis *Plasticizer* sangat direkomendasikan apabila perencanaan pembetonan menggunakan faktor air semen (FAS) yang rendah.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan komposisi campuran yang sama, tetapi sumber agregat kasar yang berbeda
3. Dapat dilakukan penelitian kembali dengan melakukan uji tarik belah dan uji lentur pada benda uji dengan komposisi campuran yang sama.
4. Perlu dilakukan ketelitian dalam melakukan pengujian bahan sampai



dengan pencetakan benda uji dan perawatan, karena dari semua tahapan atau proses perencanaan campuran, sangat erat kaitannya dengan kuat tekan beton yang dihasilkan.

5. Hasil Penelitian sesuai dengan sumber dan hasil pemeriksaan agregat, serta FAS yang rendah. Apabila digunakan dalam skala besar maka perlu mempertimbangkan hal yang berkaitan dengan material, seperti jumlah fraksi pada gradasi agregat kasar dan halus serta faktor lain seperti batasan nilai yang disyaratkan, untuk menghindari mix design yang keliru.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. ACI 211.1-91 (*Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete*). ACI Comette 211. USA
- American Standard Test Method C 33 – 03 (*Standard Specification for Concrete Aggregates*)
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI S-04-1989-F (*Spesifikasi bahan bangunan bagian A*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI ASTM C 136, 2012 (*Metode Uji Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SK SNI 03-1974-1990 (*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1970-2008 (*Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. SNI 03-4804-1998 (*Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Beton*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 7656 2012 (*Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal beton berat dan beton masa*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI - 15 - 0302 – 2004 : (*Semen Portland Pozolan*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI-1972-2008 (*Cara Uji Slump*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI-2417-2008 (*Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI - 2487 - 2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Dewi, E.P.C. 2016. (*Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer Sika Viscocrete – 10 Terhadap Kuat*



- Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Batu Apung*). Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ervianto, M. 2016. (*Pengaruh Penambahan Zat Additive Bestmittel 0,5% dan Fly Ash Dengan Variasi 5%, 7,5%, 10% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*). Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Habibi, T. 2016. (*Kajian Perbandingan Kuat Tekan Beton Terhadap Jenis Pasir di Yogyakarta*). Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Bahan Pengganti Semen Dengan Proporsi Campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20% Dari Berat Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 1992, *Teknologi Beton*. Penerbit : Firi. Yogyakarta
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.
- Widiyanto, A. 2016. (*Pengaruh Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Pecahan Bata Ringan Variasi Agregat Kasar Pecahan Bata Ringan Lolos Saringan 16 mm, 22,4 mm, dan 25 mm*). Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Delarue, J. A. (2017). Tensile Strength of coconut fiber waste as an organic fiber on concrete. *Civil and Environmental Research*, 9 (11), 7-11.  
<https://additon.co.id/products/additon-he/>  
<https://lauwtjunji.weebly.com/>