

ARTIKEL ILMIAH

**PENGARUH VARIASI UKURAN AGREGAT KASAR PADA KUAT
TEKAN *PRE-PLACED AGGREGATE CONCRETE* (PAC)**

*The Effect of Coarse Aggregate Size on the Compressive Strength of Preplaced
Aggregate Concrete (PAC)*



Oleh :

USWATUN APRILIA

F1A019186

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM**

2023

ARTIKEL ILMIAH
PENGARUH VARIASI UKURAN AGREGAT KASAR PADA KUAT TEKAN
PRE-PLACED AGGREGATE CONCRETE (PAC)

Oleh :

USWATUN APRILIA
F1A019186

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

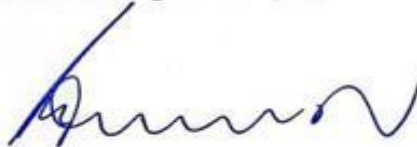
1. Pembimbing Utama



Dr. Ngudiyono, ST., MT.
19740505 199903 1 003

Tanggal: 20 Juli 2023

2. Pembimbing Pendamping



I Nyoman Merdana, ST., MT.
19680913 199703 1 001

Tanggal: 20 Juli 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr. Eng.
NIP. 19731027 199802 1 001

PENGARUH VARIASI UKURAN AGREGAT KASAR PADA KUAT TEKAN *PRE-PLACED AGGREGATE CONCRETE (PAC)*

Uswatun Aprilia¹, Ngudiyono², I Nyoman Merdana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Beton merupakan suatu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada pekerjaan struktur bangunan di Indonesia dikarenakan banyak keuntungan yang diperoleh, diantaranya adalah bahan-bahan pembentuknya yang mudah diperoleh, mudah dibentuk, memiliki harga yang lebih murah, tidak memerlukan perawatan khusus, dan lebih tahan terhadap lingkungan, jika dibandingkan dengan material baja dan kayu (Suharwanto, 2004). Akan tetapi, dalam pengerjaan di lapangan sering terjadi kendala dalam proses pengecoran seperti beton yang terlalu tipis, beton yang melengkung, dan jarak antar tulangan yang terlalu rapat, sehingga beton mengalami pemisahan antara agregat halus, semen, dan air dengan agregat kasar (segregasi), terdapat rongga-rongga udara dan beton yang dihasilkan terdapat bagian-bagian yang keropos. Adapun salah satu cara untuk memperbaiki beton yang terdapat cacat seperti keropos tersebut yaitu dengan *Pre-placed Aggregate Concrete (PAC)*. *Pre-placed Aggregate Concrete (PAC)* merupakan beton yang diproduksi dengan menempatkan agregat kasar dalam bekisting kemudian mortar diinjeksikan ke dalam kekosongan di antara agregat kasar. Karena sebagian besar volume *Pre-placed Aggregate Concrete (PAC)* dibentuk oleh sedimentasi partikel kerikil dimana tekanan yang diberikan ditransfer pertama ke partikel agregat kasar dan kemudian ke mortar yang mengeras. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran agregat kasar terhadap kuat tekan PAC. Penelitian ini menggunakan agregat kasar ukuran 38 mm, 30 mm, dan 20 mm pada pembuatan *Preplaced Aggregate Concrete (PAC)* dengan variasi perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, 0,67. Benda uji *Preplaced Aggregate Concrete (PAC)* yang digunakan berbentuk kubus ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm sebanyak 45 benda uji. Dan benda uji untuk *self compacting mortar* berbentuk kubus ukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm sebanyak 15 benda uji. Metode *grouting* yang digunakan dalam pembuatan benda uji yaitu metode *manual pumping*. Pengujian yang dilakukan untuk masing-masing benda uji yaitu kuat tekan dengan alat *Compression Testing Machine (CTM)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agregat kasar dengan ukuran yang lebih besar dapat meningkatkan kuat tekan *preplaced aggregate concrete*. Hal tersebut dikarenakan semakin besar ukuran agregat kasar akan membentuk volume rongga yang lebih besar, dimana volume rongga kerikil 38 mm sebesar 52,75%, 30 mm sebesar 51,51%, dan 20 mm sebesar 51,42%. Nilai kuat tekan tertinggi beton yaitu pada volume rongga 52,75% pada perbandingan semen/pasir 2 yaitu sebesar 56,317 MPa sedangkan, kuat tekan terendah pada volume rongga 51,41% pada perbandingan semen/pasir 0,67 yaitu sebesar 34,68 MPa. Sifat mortar segar sebagai bahan penyusunan PAC untuk variasi semen/pasir 2, 1,33, 1, dan 0,8 telah memenuhi persyaratan EFNARC dan ASTM C939. Adapun perbandingan semen/pasir yang digunakan untuk *Preplaced Aggregate Concrete (PAC)* yaitu 2, 1,33, dan 1. Semakin tinggi kandungan semen pada mortar dapat meningkatkan kuat tekan *preplaced aggregate concrete*.

Kata kunci: *Preplaced Aggregate Concrete (PAC)*, ukuran agregat kasar, *manual pumping*, kuat tekan.

PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada pekerjaan struktur bangunan di Indonesia dikarenakan banyak keuntungan yang diperoleh, diantaranya adalah bahan-bahan pembentuknya yang mudah diperoleh, mudah dibentuk, memiliki harga yang lebih murah, tidak memerlukan perawatan khusus, dan lebih tahan terhadap lingkungan, jika

dibandingkan dengan material baja dan kayu (Suharwanto, 2004).

Dalam pengerjaan di lapangan sering terjadi kendala dalam proses pengecoran seperti beton yang terlalu tipis, beton yang melengkung, dan jarak antar tulangan yang terlalu rapat, sehingga beton mengalami pemisahan antara agregat halus, semen, dan air dengan agregat kasar (segregasi), terdapat rongga-rongga udara dan beton yang dihasilkan terdapat bagian-

bagian yang keropos. Beton yang terdapat cacat tentunya akan mempengaruhi dari kekuatan beton itu sendiri sehingga akan mempengaruhi juga keseluruhan dari konstruksi bangunan karena beton merupakan komponen yang penting dan banyak digunakan pada sebuah konstruksi. Adapun salah satu cara untuk memperbaiki beton yang terdapat cacat seperti keropos tersebut yaitu dengan *Pre-placed Aggregate Concrete* (PAC).

Pre-placed Aggregate Concrete (PAC) merupakan beton yang diproduksi dengan menempatkan agregat kasar dalam bekisting kemudian mortar diinjeksikan ke dalam kekosongan di antara agregat kasar (ACI 116R). Dalam pembuatan *Pre-placed Aggregate Concrete* (PAC), dapat lebih hemat biaya sekitar 30-40% karena penggunaan semen yang lebih rendah (hingga 20–30%) dibandingkan dengan beton konvensional dengan kekuatan tekan yang sama (Abdelgader & Elgalhud, 2008). Hal tersebut dikarenakan agregat kasar membentuk sekitar 50% - 70% dari total volume beton PAC.

Preplaced Aggregate Concrete berbeda dengan beton konvensional karena beton PA tidak memerlukan proses pemadatan, getaran, atau konsolidasi lainnya untuk mencapai struktur yang padat. Pada pengaplikasian PAC, diperlukan penggunaan agregat kasar yang berukuran seragam agar mortar dapat mengisi celah atau rongga yang ada di antara agregat kasar yang telah ditempatkan ke dalam bekisting sebelumnya dan dapat mengikat kerikil dengan lebih baik. Selain itu, karena sebagian besar volume *Pre-placed Aggregate Concrete* (PAC) dibentuk oleh sedimentasi partikel kerikil dimana tekanan yang diberikan ditransfer pertama ke partikel agregat kasar dan kemudian ke mortar yang mengeras. Oleh karena itu, memilih agregat kasar merupakan aspek penting dalam desain campuran PAC. Sehingga diusulkan penelitian tentang “Pengaruh Variasi Ukuran Agregat Kasar pada Kuat Tekan *Pre-Placed Aggregate Concrete* (PAC)”

Tujuan penelitian dari penelitian Pengaruh Variasi Ukuran Agregat Pada Campuran Beton *Pre-Placed Aggregate Concrete* (PAC) diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui sifat mortar segar pada perbandingan semen-pasir 2, 1,33, 1, 0,8, 0,67 untuk campuran mortar sebagai bahan *grouting Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)
2. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan variasi agregat kasar 38 mm, 30 mm, dan 20 mm pada *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

DASAR TEORI

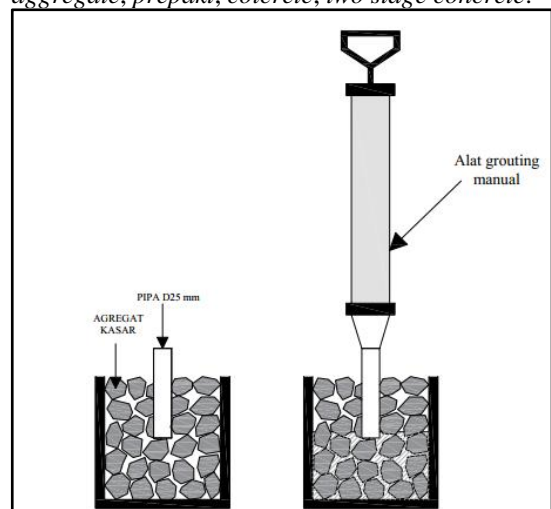
1. *Self Compacting Mortar*

self compacting mortar merupakan mortar yang dapat memadat dengan sendirinya yang memiliki fluiditas tinggi. Dengan fluiditasnya yang tinggi, *self compacting mortar* mampu memastikan kemampuannya untuk diimplementasikan dengan mudah tanpa getaran (Tuam et al., 2018). Ada beberapa jenis *self compacting mortar*, yaitu diantaranya:

1. *Cement-based self compacting mortar*: jenis SCM ini dibuat dengan menggabungkan semen, agregat halus, *mineral admixtures*, dan *chemical admixtures*. Biasanya digunakan untuk perbaikan beton, pengecoran elemen beton pracetak, dan pengecoran di tempat.
2. *Polymer-modified self compacting mortar*: jenis SCM ini dibuat dengan menambahkan polimer ke dalam campuran berbasis semen. Penambahan polimer meningkatkan daya tahan dan kekuatan mortar, sehingga cocok untuk digunakan dalam kondisi lingkungan yang keras.
3. *Fiber reinforced self compacting mortar*: jenis SCM ini dibuat dengan menambahkan serat ke dalam campuran mortar. Serat meningkatkan sifat mekanik mortar, membuatnya lebih tahan terhadap retak dan deformasi.

2. *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

Berdasarkan (ACI Committee 116, 2000), *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) yaitu beton yang diproduksi dengan menempatkan agregat kasar dalam bentuk dan kemudian menyuntikkan semen portlan- pasir, biasanya dengan campuran untuk mengisi rongga. Enam (6) istilah lain yang menggambarkan metode tersebut yaitu *grouted-aggregate*, *injected aggregate*, *prepakt*, *colcrete*, *two stage concrete*.



Gambar 1 Metode *Preplaced Aggregate Concrete*

3. Bahan Penyusun *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah salah satu bahan campuran beton PAC yang memiliki peran penting karena agregat kasar dalam beton PAC biasanya membentuk sekitar 50% - 70% dari total volume beton PAC. Preplaced Aggregate Concrete (PAC) berbeda dengan beton konvensional karena mengandung presentase agregat kasar yang lebih tinggi yaitu agregat kasar diendapkan langsung ke dalam cetakan dengan kontak titik ke titik. Oleh karena itu, sifat PAC lebih tergantung pada agregat kasar (ACI 304.1, 1997).

b. Agregat Halus

Menurut (ACI 304.1, 1997) baik pasir buatan maupun pasir alami dapat digunakan pada preplaced aggregate concrete. Pasirnya harus keras, padat, tahan lama, dan tidak dilapisi partikel batuan. Agregat halus alam yaitu hasil dari disintegrasi batuan, sedangkan agregat hasil olahan dihasilkan dari pemecahan dan pemisahan batuan dengan cara penyaringan. Agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar. Mortar yang digunakan pada beton PAC berbeda dengan mortar pada umumnya yaitu dibutuhkan campuran mortar khusus atau mortar yang dapat memadat sendiri sehingga dapat memenuhi persyaratan kemampuan pemompaan (grouting). Dalam metode PAC menggunakan mortar memadat sendiri yang agregat halus lolos saringan ukuran 2,36 mm (No.8) (SNI 03-6808-2002).

c. Semen

Semen merupakan sekelompok bahan ikat hidrolis yang bereaksi secara kimia dengan air dalam proses hidrasi dalam pembuatan beton. Hidrolis berarti semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa, atau suatu produksi keras (batuan-semen) yang kedap air (Sagel, dkk, 1993). Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah Semen Portland Tipe I. Semen Portland tipe I adalah semen portland yang umum digunakan tanpa persyaratan khusus (SK SNI T - 15 - 1990-03,1991).

d. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang memiliki peranan sangat penting, karena air akan bersenyawa dengan semen. Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi yang membasahi agregat dengan semen menyebabkan pengikatan selama berlangsungnya proses pengerasan dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya.

e. Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah pencampur beton (admixtures) yang ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (placing) untuk memperbaiki kinerja kekuatannya.

Superplasticizer termasuk bahan tambah tipe F "Water Reducing, High Range Admixtures". Prinsip mekanisme kerja dari superplasticizer secara umum yaitu partikel semen dalam air cenderung untuk berkoheisi satu sama lainnya dan partikel semen akan menggumpal (flokulasi). Adapun presentase superplasticizer yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebanyak 1% dari berat semen.

4. Beton Segar

Beton segar merupakan campuran beton yang baru diproduksi atau belum mengeras sepenuhnya. Pengujian flowability (kemampuan alir) adalah metode untuk mengukur kemampuan beton segar untuk mengalir dengan bebas dan merata. Hal ini penting karena aliran yang baik akan memastikan beton dapat mengisi bentuk atau cetakan dengan baik dan mengisi setiap sudut serta celah. Adapun metode yang digunakan dalam pengujian flowability beton segar di antaranya yaitu:

a. Mini Slump Flow

b. Flow Cone

5. Kuat Tekan

a. Kuat Tekan Mortar

Uji kuat tekan mortar dilakukan berdasarkan (SNI 03-6825-2002, 2002). Kuat tekan mortar adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen portland berbentuk kubus dengan umumnya ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Kekuatan tekan mortar dapat dihitung dengan rumus (SNI 03-6825-2002) :

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (1)$$

dengan,

σ_m : kekuatan tekan mortar (MPa)

P_{maks} : beban maksimum (N)

A : S x S luas bidang tekan (mm²)

b. Kuat Tekan Preplaced Aggregate Concrete (PAC)

Kuat tekan beton dengan benda uji kubus (σ_{tk}) dapat dihitung dengan persamaan (2). Sedangkan kuat tekan benda uji silinder ($f'c$) dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$\sigma_{tk} = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2)$$

$$f'c = 0,83 \times \sigma_{tk} \quad (3)$$

dengan,

σ_{tk} : kuat tekan maksimum benda uji kubus (N/mm²)

$f'c$: kuat tekan maksimum benda uji silinder (MPa)

P_{maks} : beban maksimum (N)

A : S x S luas bidang tekan (mm²)

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

2. Bahan Penelitian

Adapun bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Semen, semen yang digunakan adalah Semen Portland Tipe I merek Tiga Roda

b. Agregat terdiri dari

- Agregat halus yaitu pasir ukuran butir maksimum 2,36 mm
- Agregat kasar yaitu kerikil diameter 20 mm, 30 mm, 38 mm

c. Air Bersih

d. *Superplasticizer* merk Sika Viscocrete 3115N

3. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Ayakan untuk menguji gradasi agregat
- Timbangan untuk mengukur berat bahan dan benda uji
- Gelas ukur untuk menakar air
- Piknometer untuk menguji berat jenis pasir
- Mesin siever sebagai pengayak mekanik
- Oven untuk mengeringkan bahan dalam uji bahan
- Mesin Los Angeles untuk menguji keausan kerikil
- Flow Cone* untuk menguji flowabilitas
- Mini kerucut untuk menguji flowabilitas
- Mistar untuk mengukur nilai flowabilitas dan dimensi benda uji
- Stopwatch* untuk mengukur waktu alir pada *flow cone*
- Tongkat penumbuk untuk memadatkan benda uji
- Alat pengaduk mortar
- Alat *grouting*
- Pipa dengan diameter 25 mm sesuai standar (ACI 304. 1R-92)
- Bekisting benda uji
- Mesin uji tekan (*compression testing machine*) untuk menguji tekan benda uji beton PAC
- Mesin uji tekan (*compression testing machine*) untuk menguji tekan benda uji mortar

4. Pengujian Pendahuluan

Pengujian kualitas material ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang digunakan. Pengujian material ini dilakukan sebelum pembuatan benda uji dilakukan. Adapun bahan-bahan tersebut adalah :

- Semen
- Agregat halus
- Agregat Kasar
- Air

5. Perencanaan Proporsi Agregat Kasar

Pada dasarnya perencanaan ini untuk menentukan proporsi agregat kasar yang akan

digunakan sebagai acuan dalam menentukan proporsi campuran mortar. Agregat kasar mempunyai bentuk yang memungkinkan untuk terbentuknya ruang kosong antar agregat, volume ruang kosong tersebut dapat dihitung untuk menentukan volume mortar sebesar volume rongga yang ada. Perhitungan volume rongga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$VR = \frac{W2-W1}{W3} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

VR : volume mortar yang diperlukan (%)

W1 : berat agregat dalam benjana (gram)

W2 : berat agregat dan air dalam benjana (gram)

W3 : berat air dalam benjana (gram)

6. Perencanaan Pencampuran Beton (Mix Design)

Perencanaan komposisi campuran (mix design) pada preplaced aggregate concrete bertujuan untuk mengetahui proporsi bahan-bahan yaitu pasir, semen, air, dan superplasticizer. Sehingga, campuran preplaced aggregate concrete dapat memenuhi persyaratan workability dan kemampuan mengalir. Komposisi bahan grout/mortar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{W_s}{\gamma_s} + \frac{W_p}{\gamma_p} + \frac{W_a}{\gamma_a} + \frac{W_{sp}}{\gamma_{sp}} = VR \quad (5)$$

Dimana,

Ws = Berat semen (Kg)

Wp = Berat pasir (Kg)

Wa = Berat air (Kg)

Wsp = Berat *superplasticizer* (Kg)

γ_s = Berat jenis semen (Kg/m³)

γ_p = Berat jenis pasir (Kg/m³)

γ_a = Berat jenis air (Kg/m³)

γ_{sp} = berat jenis *superplasticizer* (Kg/m³)

VR = Volume rongga (%)

7. Pembuatan Benda Uji Mortar

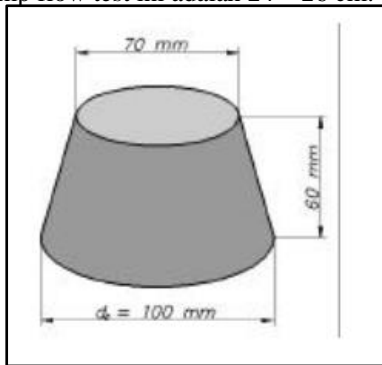
Dalam penelitian ini, terdapat 15 sampel benda uji mortar dengan ukuran dimensi 50 mm × 50 mm × 50 mm. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan cetakan benda uji berbentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
- Melapisi sisi-sisi cetakan dengan oli.
- Mengaduk campuran bahan mortar sebagaimana langkah-langkah saat pembuatan mortar.
- Mortar dimasukkan ke dalam cetakan kubus ukuran 5 cm × 5 cm × 5 cm.
- Meratakan permukaan benda uji mortar sehingga rata dengan permukaan cetakan kubus menggunakan sendok perata.
- Simpan cetakan mortar yang berisi benda uji tersebut di tempat yang lembab selama 24 jam.

g. Lepaskan mortar dari cetakan setelah 24 jam dan memberi kode sampel pada mortar kemudian melakukan perawatan.

8. Mini Slump Flow Test

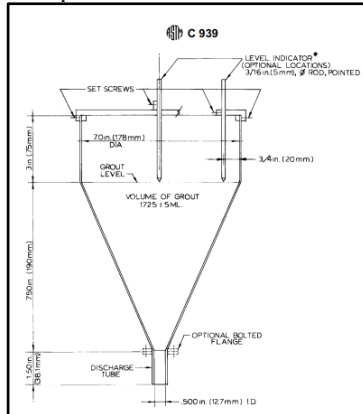
Mini slump flow test merupakan pengujian pada campuran mortar segar yaitu dengan cara menuangkan mortar ke alat mini slump flow test kemudian alat tersebut diangkat. Diameter penyebaran ini kemudian diukur dengan capiler. Berdasarkan (EFNARC, 2002) nilai target dari mini slump flow test ini adalah 24 – 26 cm.



Gambar 2 Mini Slump Flow

9. Flow Cone

Flow cone adalah pengujian untuk mengukur konsistensi mortar sebagai bahan penyusun dari preplaced aggregate concrete. Berdasarkan (ASTM:C939,2010) waktu alir mortar pada flow cone berkisar antara ≤ 35 detik dengan komposisi volume mortar 1725 ml.



Gambar 3 Flow Cone

10. Pembuatan Benda Uji PAC

Dalam penelitian ini, terdapat 45 sampel benda uji kubus dengan ukuran dimensi 150 mm \times 150 mm \times 150 mm untuk pengujian kuat tekan beton PAC, dimana 15 sampel beton menggunakan agregat kasar ukuran 38 mm, 15 sampel lagi menggunakan agregat kasar ukuran 30 mm, dan 15 sampel menggunakan agregat kasar ukuran 20 mm. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan benda uji beton adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan agregat kasar ukuran seragam 38 mm, 30 mm, dan 20 mm.
- Menyiapkan cetakan benda uji beton kubus yang telah diberi minyak pelumas
- Menimbang berat air, semen, dan agregat yang telah direncanakan sesuai dengan rencana campuran (mix design)
- Siapkan superplasticizer sesuai presentase yang telah ditentukan
- Agregat kasar yang telah disaring dengan ukuran seragam dimasukkan ke dalam bekisting. Mengisi cetakan benda uji beton dengan kerikil sampai terisi setengah dari cetakan. Kemudian melatakan pipa ditengah-tengah cetakan lalu melanjutkan mengisi kerikil ke dalam cetakan hingga penuh
- semen dan pasir dimasukan terlebih dahulu kedalam mixer kemudian air ditambahkan sedikit demi sedikit hingga adukan tercampur secara merata secara keseluruhan. Kemudian tambahkan sedikit demi sedikit superplasticizer. Dan diaduk selama 4 menit.
- Menyuntikkan mortar ke dalam bekisting yang telah terisi oleh kerikil dengan alat grouting.
- Bagian atas diratakan sampai rata dengan permukaan cetakan
- Benda uji dalam cetakan dидiamkan selama 24 jam. Setelah itu cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan dengan cara merendam benda uji sesuai dengan umur pengujian

11. Tahapan Perawatan Benda Uji

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (28 hari).

12. Pengujian Kuat Tekan

Tahap pengujian dilakukan setelah benda uji kubus telah mencapai umur 28 hari dengan jumlah 45 buah benda uji kubus. Pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram. Untuk pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin CTM (*Compression Testing Machine*).

13. Kebutuhan Benda Uji

Adapun kebutuhan benda uji mortar dan Preplaced Aggregate Concrete (PAC). sebagai berikut :

Tabel 1 Kebutuhan Benda Uji Mortar

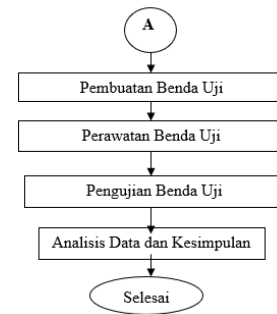
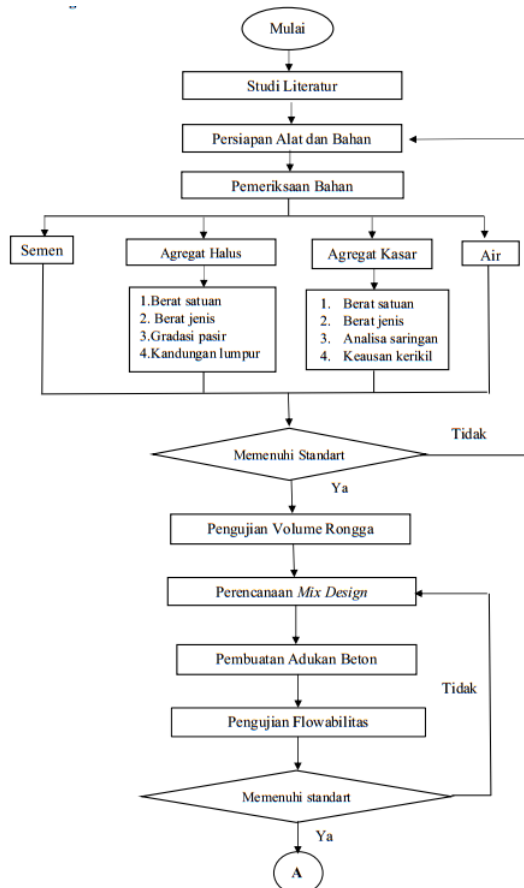
| No | Semen/Pasir | FAS | Superplasticizer | Jumlah |
|----|-------------|------|------------------|--------|
| 1 | 2 | 0,45 | 1% | 3 |
| 2 | 1,33 | 0,45 | 1% | 3 |
| 3 | 1 | 0,45 | 1% | 3 |
| 4 | 0,8 | 0,45 | 1% | 3 |

| | | | | |
|--------|------|------|----|----|
| 5 | 0,67 | 0,45 | 1% | 3 |
| Sampel | | | | 15 |

Tabel 2 Kebutuhan benda uji beton PAC

| Variasi ukuran agregat kasar | Semen/Pasir | FAS | Superplasticizer | Sampel |
|------------------------------|-------------|------|------------------|--------|
| 38 | 2 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 1,33 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 1 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 0,8 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 0,67 | 0,45 | 1% | 3 |
| 30 | 2 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 1,33 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 1 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 0,8 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 0,67 | 0,45 | 1% | 3 |
| 20 | 2 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 1,33 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 1 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 0,8 | 0,45 | 1% | 3 |
| | 0,67 | 0,45 | 1% | 3 |
| Total | | | | 45 |

14. Bagan Alir Penelitian



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Adapun beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu meliputi, pengujian berat satuan, berat jenis, gradasi pasir, dan kandungan lumpur.

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus

| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian |
|-----|---|-----------------|
| 1 | Berat Satuan Agregat Halus | |
| | a. Berat Satuan Lepas (g/cm^3) | 1,300 |
| | b. Berat Satuan Padat (g/cm^3) | 1,388 |
| 2 | Berat Jenis Agregat Halus | |
| | a. Berat Jenis Kondisi SSD | 2,602 |
| | b. Berat Jenis Kondisi Kering | 2,505 |
| | c. Penyerapan air (%) | 3,869 |
| 3 | Gradasi Agregat Halus (MHB) | 3,828 |
| 4 | Kandungan Lumpur (%) | 3,329 |

2. Pemeriksaan Berat Satuan/Berat Isi Agregat Halus

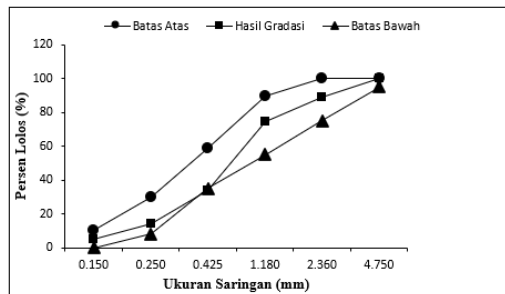
Dari hasil pemeriksaan diperoleh nilai berat satuan lepas sebesar $1,300 \text{ g/cm}^3$ dan berat satuan padat sebesar $1,388 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan hasil pemeriksaan tersebut diketahui bahwa agregat halus tergolong agregat normal dengan nilai berat satuan minimal $1,2 \text{ g/cm}^3$ (SNI 03-4804-1998). Dengan demikian agregat halus tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran pada beton.

3. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Berdasarkan hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus didapat nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,8. Agregat halus tersebut telah memenuhi standar modulus kehalusan butir sebesar 1,5 – 3,8 (Tjokrodinuljo, 2007). Melalui pemeriksaan yang sama dapat diketahui bahwa agregat halus tersebut termasuk daerah II dengan ciri-ciri yaitu sebaran butiran agak kasar.

Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

| Nomor Saringan | | Berat | Persen | Persen Kumulatif Tertahan | |
|--|-------|---------|--------|---------------------------|-----------|
| No. | mm | (gram) | (%) | Tertahan (%) | Lolos (%) |
| 4 | 4,750 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 2,360 | 107,41 | 10,740 | 10,740 | 89,260 |
| 16 | 1,180 | 145,25 | 14,523 | 25,263 | 74,737 |
| 40 | 0,425 | 408,35 | 40,831 | 66,094 | 33,906 |
| 60 | 0,250 | 195,6 | 19,558 | 85,652 | 14,348 |
| 100 | 0,150 | 94,5 | 9,449 | 95,101 | 4,899 |
| Pan | | 49,00 | 4,899 | 100 | 0 |
| Jumlah | | 1000,11 | 100 | 383 | 317 |
| Modulus Halus Butir (MHB) = Persen Kumulatif/100 | | | | | |
| MHB | | | | 3.8 | |



Gambar 4 Grafik Gradasi Agregat Halus

4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis agregat halus meliputi pemeriksaan berat jenis agregat halus dalam kondisi kering (*bulk*), berat jenis dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) dan penyerapan air. Dari hasil pemeriksaan berat jenis rata-rata agregat halus dalam kondisi kering sebesar 2,505, berat jenis rata-rata agregat halus dalam kondisi SSD sebesar 2,602, dan penyerapan sebesar 3,869%. Dari hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk jenis agregat normal yang memiliki berat jenis antara 2,5 – 2,7 dan penyerapan air minimal 5%. (SNI 1970 : 2008).

5. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Hasil pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus menunjukkan pasir yang digunakan memiliki kandungan lumpur sebesar 3,329% dari berat agregat. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh agregat halus sebagai bahan penyusun beton adalah kandungan lumpur pasir tidak boleh lebih dari 5% dari berat agregat (Tjokrodimaljo, 2007). Dengan demikian pasir ini dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton.

6. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian berat satuan/isi, berat jenis, dan pengujian keausan (abrasi).

Tabel 5 Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | | | Standar | Kesimpulan |
|-----|--------------------------------------|-----------------|------------|------------|---------------------------------------|-----------------|
| | | Kerikil 20 | Kerikil 30 | Kerikil 38 | | |
| 1 | Kehilangan akibat Abrasi Los Angeles | 9,13% | 6,26% | 7,88% | tidak melampaui 40% untuk 500 putaran | Memenuhi Syarat |
| 2 | Berat Satuan Agregat Kasar Alami | | | | | |
| | a. Berat Satuan Lepas (g/cm^3) | 1,31 | 1,33 | 1,30 | minimum 1,2 g/cm^3 | Memenuhi Syarat |
| | b. Berat Satuan Padat (g/cm^3) | 1,49 | 1,51 | 1,50 | | |
| 3 | Berat Jenis Agregat Kasar Alami | | | | | |
| | a. Berat Jenis Kondisi SSD | 2,50 | 2,54 | 2,61 | minimum 2,1 | Memenuhi Syarat |
| | b. Berat Jenis Kondisi Kering | 2,47 | 2,51 | 2,58 | | |
| | c. Penyerapan air (%) | 1,31 | 1,20 | 1,10 | maksimum 2,5% | Memenuhi Syarat |

7. Pemeriksaan Berat Satuan/Berat Isi Agregat Kasar

Dari hasil pemeriksaan berat satuan agregat kasar diperoleh data berat satuan lepas untuk kerikil ukuran 20 mm sebesar 1,31 g/cm^3 dan berat satuan padat sebesar 1,49 g/cm^3 . Untuk kerikil ukuran 30 mm memiliki berat satuan lepas sebesar 1,33 g/cm^3 dan berat satuan padat sebesar 1,51 g/cm^3 . Adapun untuk kerikil ukuran 38 mm memiliki berat satuan lepas sebesar 1,30 g/cm^3 dan berat satuan padat sebesar 1,50 g/cm^3 . Berdasarkan hasil pemeriksaan tersebut dapat diketahui bahwa agregat kasar tersebut memenuhi standar yaitu minimum 1,2 g/cm^3 . Oleh karena itu, agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

8. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis agregat kasar terdiri dari pemeriksaan berat jenis agregat kasar dalam kondisi kering (*bulk*), berat jenis dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) dan penyerapan air. Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis rata-rata agregat kasar dalam kondisi kering ukuran kerikil 20 mm, 30 mm, 38 mm berturut-turut sebesar 2,47, 2,51, 2,58. Sedangkan berat jenis rata-rata agregat kasar dalam kondisi SSD ukuran kerikil 20 mm, 30 mm, 38 mm berturut-turut sebesar 2,50, 2,54, 2,61 dan penyerapan sebesar 1,31%, 1,20%, 1,10%. Dari hasil pemeriksaan tersebut agregat kasar tergolong agregat normal yang memiliki berat jenis 2.5-2.7. Apabila agregat memiliki berat jenis di atas 2.8 maka dikategorikan sebagai agregat berat dan jika memiliki berat jenis di bawah 2.0 dikategorikan sebagai agregat ringan (Tjokrodimaljo, 2007).

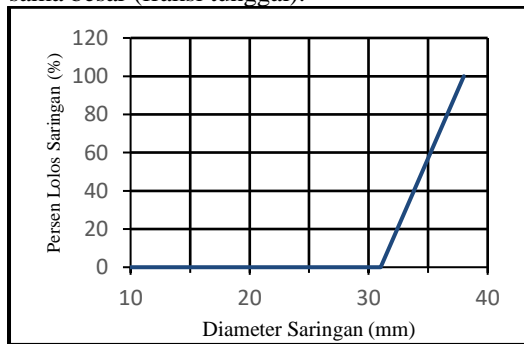
9. Pengujian Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

Hasil pengujian los angeles (abrasi) ukuran kerikil 20 mm, 30 mm, dan 38 mm berturut-turut menghasilkan nilai sebesar 9,13%, 6,26%, 7,88%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa agregat kasar alam memenuhi syarat

spesifikasi yaitu tidak melampaui 40% untuk 500 putaran. Sehingga agregat kasar alam tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

10. Pemeriksaan Saringan Agregat Kasar Seragam

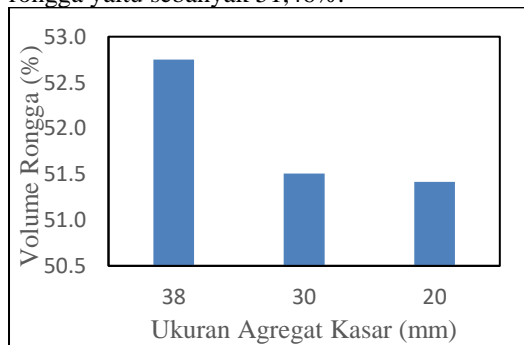
Berdasarkan hasil pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar yang seragam ukuran 38 mm, 30 mm, dan 20 mm. Didapatkan hasil yaitu untuk ukuran agregat kasar 38 mm lolos saringan ukuran 38 mm dan tertahan saringan ukuran 31 mm. Untuk agregat kasar ukuran 30 mm lolos saringan 31 mm dan tertahan saringan ukuran 25 mm. Untuk agregat kasar ukuran 20 mm lolos saringan 20 mm dan tertahan saringan ukuran 10 mm. Agregat dengan gradasi seragam adalah agregat yang terdiri dari butiran-butiran yang sama besar (fraksi tunggal).



Gambar 5 Grafik Gradasi Agregat Kasar

11. Pengujian Volume Rongga

Berdasarkan hasil pemeriksaan Volume Rongga Agregat Kasar ukuran 38 mm, 30 mm, dan 20 mm. Didapatkan hasil yaitu untuk ukuran agregat kasar 38 mm volume rongga sebanyak 52,75%. Untuk agregat kasar ukuran 30 mm volume rongga yaitu sebanyak 51,51%. Dan untuk agregat kasar ukuran 20 mm volume rongga yaitu sebanyak 51,46%.



Gambar 6 Hasil Pengujian Volume Rongga

12. Pengujian Mini Slump Flow

Berdasarkan (EFNARC, 2002) nilai target dari *mini slump flow test* ini adalah 24 – 26 cm.

Tabel 6 Hasil Pengujian *Mini Slump Flow*

| Perbandingan (S/P) | Sp | Fas | d1 | d2 | Mini Slump Flow (cm) | Slump flow (Tp) | Keterangan |
|--------------------|----|------|----|----|----------------------|-----------------|----------------|
| 2 | 1% | 0,45 | 51 | 53 | 52,00 | 26,0 | Memenuhi |
| 1,33 | 1% | 0,45 | 51 | 51 | 51,00 | 25,0 | Memenuhi |
| 1 | 1% | 0,45 | 50 | 51 | 50,50 | 24,5 | Memenuhi |
| 0,8 | 1% | 0,45 | 51 | 49 | 50,00 | 24,0 | Memenuhi |
| 0,67 | 1% | 0,45 | 46 | 47 | 46,50 | 20,6 | Tidak Memenuhi |

13. Pengujian Flow Cone

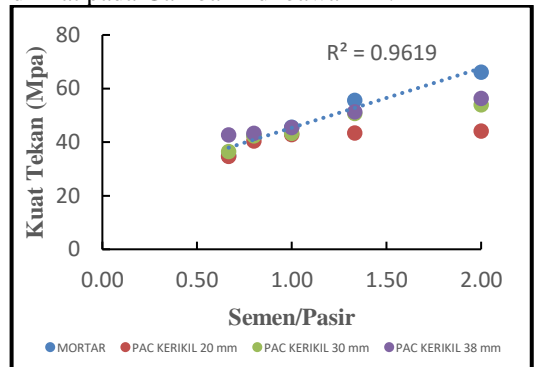
Pengujian *flow cone* merupakan metode pengujian yang dilakukan untuk mengukur konsistensi dari mortar sehingga memenuhi standar ASTM:C939, 2010 yaitu waktu penghabisan mortar pada alat *flow cone* yaitu berkisar antara ≤ 35 detik.

Tabel 7 Hasil Pegujian *Flow Cone*

| VARIASI (S/P) | SP | FAS | FLOW CONE (detik) | Keterangan |
|---------------|----|------|-------------------|----------------|
| 2 | 1% | 0,45 | 14 | Memenuhi |
| 1,33 | 1% | 0,45 | 20 | Memenuhi |
| 1 | 1% | 0,45 | 23 | Memenuhi |
| 0,8 | 1% | 0,45 | 32 | Memenuhi |
| 0,67 | 1% | 0,45 | 79 | Tidak Memenuhi |

14. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Hasil pengujian kuat tekan mortar dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



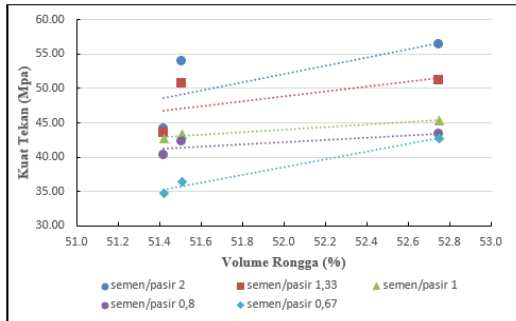
Gambar 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar dan PAC

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa hasil pengujian kuat tekan mortar pada umur 28 hari rata-rata untuk perbandingan semen/pasir 2 sebesar 66 MPa, 1,33 sebesar 55,6 MPa, 1 sebesar 45,467 MPa, 0,8 sebesar 42,533 MPa, dan 0,67 sebesar 34,933 MPa. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi berada pada perbandingan semen/pasir 2 sedangkan kuat nilai kuat tekan terendah terdapat pada perbandingan semen/pasir 0,67. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan jumlah semen pada campuran menyebabkan peningkatan kuat tekan pada mortar.

15. Pengujian Kuat Tekan Beton

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran agregat kasar terhadap kuat

tekan Preplaced Aggregate Concrete (PAC). Data yang diperoleh dari pengujian kuat tekan yaitu beban maksimum yang diberikan pada benda uji dengan ukuran 150 mm × 150 mm × 150 mm sampai mengalami keruntuhan.



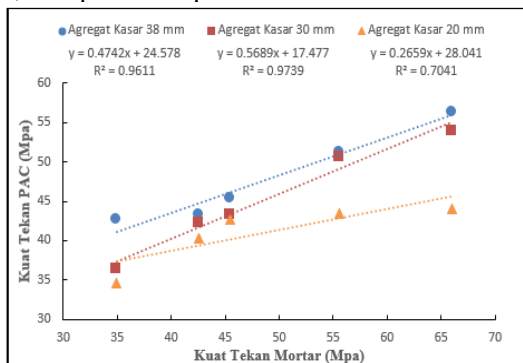
Gambar 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan PAC Variasi Semen/Pasir 1:0,5

Berdasarkan Gambar 4.6. dapat dilihat hasil dari pengujian kuat tekan PAC dari ketiga volume rongga 52,75%, 51,51%, 51,42% dengan menggunakan perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, dan 0,67. Nilai kuat tekan tertinggi terpadat pada volume rongga 52,75% dengan perbandingan semen/pasir 2 sebesar 56,3 MPa. Dan nilai kuat tekan terendah terdapat pada volume rongga 51,42% dengan perbandingan semen/pasir 0,67 sebesar 34,6 MPa.

Dari grafik di atas nilai kuat tekan beton PA mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan volume rongga. Ukuran agregat kasar yang besar memiliki rongga yang lebih besar memungkinkan campuran mortar dapat mengalir dengan baik dan mengisi rongga-rongga yang ada. Sebaliknya, ukuran rongga yang lebih kecil dapat menghambat aliran mortar dan menyebabkan terbentuknya rongga ruang kosong saat beton dipadatkan.

16. Hubungan Kuat Tekan Mortar dan PAC

Perbandingan kuat tekan beton PAC dan mortar pada ukuran agregat kasar 38 mm dengan perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, dan 0,67 dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 9 Grafik Perbandingan Kuat Tekan PAC dan Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan Gambar 9 di atas menunjukkan bahwa kekuatan tekan mortar memadat sendiri

(self-compacting mortar) berbanding lurus dengan kuat tekan *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) karena semakin tinggi kuat tekan mortar, kuat tekan PAC semakin tinggi pula. Ketika mortar yang kuat digunakan (mortar dengan proporsi semen lebih banyak dibanding proporsi pasir) untuk mengisi ruang antara agregat dan didistribusikan dengan baik akan memiliki kualitas yang baik. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan kuat tekan PAC secara keseluruhan yang akan membentuk ikatan yang kuat dengan agregat dan meningkatkan kekuatan keseluruhan dari *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC). Oleh karena itu, dalam mendesain *preplaced aggregate concrete* sangat bergantung pada kekuatan mortar dan agregat kasar yang digunakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

a. Hasil pengujian sifat mortar segar pada perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, 0,67 diuraikan sebagai berikut :

- Pada pengujian mini slump flow dan flow cone nilai yang memenuhi spesifikasi EFNARC dan ASTM C939 yaitu pada perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, dan 0,67 dengan nilai mini slump flow berturut-turut sebesar 26 cm, 25 cm, 24,5 cm, 24 cm dan waktu alir dari pengujian flow cone berturut-turut yaitu 14 detik, 20 detik, 23 detik, 32 detik.
- Perbandingan semen/pasir yang dapat digunakan untuk *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) yaitu semen/ pasir 2, 1,33, dan 1.

b. Hasil pengujian kuat tekan *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) sebagai berikut :

- Nilai kuat tekan tertinggi beton yaitu pada agregat kasar ukuran 38 mm pada perbandingan semen/pasir 2 yaitu sebesar 56,317 MPa sedangkan, kuat tekan terendah pada agregat kasar ukuran 20 mm dengan perbandingan semen/pasir 0,67 yaitu sebesar 34,68 MPa.
- Ukuran agregat kasar sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton peningkatan kuat tekan beton PAC sejalan dengan peningkatan ukuran agregat kasar. Ukuran agregat kasar yang besar memiliki rongga yang lebih besar sehingga mortar dapat mengalir dengan baik dan dapat mengisi celah yang terbentuk antara agregat kasar.

2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat lebih diperhatikan dalam penelitian selanjutnya, yaitu :

- Ukuran agregat kasar yang disarankan yaitu ukuran 38 mm sedangkan untuk agregat kasar 30 mm dan 20 mm mortar tidak dapat menembus rongga dan tidak dapat mengalir dengan baik akibatnya masih terdapat rongga yang belum terisi.
- Perbandingan semen/pasir yang direkomendasikan untuk *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) yaitu 2, 1,33, dan 1.
- Perlu diperhatikan dengan cermat dalam pemilihan ukuran agregat kasar dan dalam proses penyaringan agar dapat dipastikan agregat kasar telah berukuran seragam.
- Proses grouting diperlukan kecepatan dan kekuatan pemompaan yang konsisten untuk setiap benda uji.
- Agregat kasar harus dicuci bersih agar tidak ada lumpur atau tanah yang menempel.
- Lebih memperhatikan hal-hal seperti kondisi agregat harus dalam kondisi kering permukaan atau SSD.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgader, H. S. (1999). How to design concrete produced by a two-stage concreting method. *Cement and Concrete Research*, 29(3), 331–337.
- Abdelgader, H. S., El-Baden, A. S., Abdurrahman, H. A., & Abdul Awal, A. S. M. (2018). Two-Stage Concrete as a Sustainable Production. *MATEC Web of Conferences*, 149, 1–7.
- Abdelgader, H. S., & Elgalhud, A. A. (2008). Effect of grout proportions on strength of two-stage concrete. *Structural Concrete*, 9(3), 163–170.
- ACI Committee 116. (2000). Cement and Concrete Terminology. *American Concrete Institute*, 58.
- ACI Committee 304. (1997). Guide for the Use of Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete Applications. *American Concrete Institute*.
- ASTM:C939. (2010). Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method). *ASTM International*, 04(c), 9–11.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 251.
- Chairunnisa, N., & Fardheny, A. F. (2019). The Study of Flowability and The Compressive Strength of Grout/Mortar Proportions for Pre-placed Concrete Aggregate (PAC). *MATEC Web of Conferences*, 280, 04010.
- Chairunnisa, N., Nurwidayati, R., Amaliya, S. H., & Syifa, Y. (2020). Cement-based grout mix design for preplaced aggregate concrete using pozzolanic materials. *AIP Conference Proceedings*, 2291(November).
- Das, K. K., & Lam, S. S. E. (2019). Effect of Coarse Aggregate Size and Grouting Process on Properties of Preplaced Aggregate Concrete. *World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*, 1-8.
- EFNARC. (2002). Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. *Report from EFNARC*, 44(February), 32.
- Lv, J., Zhou, T., & Li, K. (2020). Development and investigation of a new low-cement-consumption concrete-preplaced aggregate concrete. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3).
- Maskur, I. (2017). Perancangan Campuran Flow Mortar Untuk Pembuatan Self Compacting Concrete Dengan Fas 0.5. *Dinamika Rekayasa*, 13(2), 89.
- Najjar, M. (2016). Innovating Two-Stage Concrete with Improved Rheological, Mechanical and Durability Properties. *Western University Repository*.
- Omidimoaf, F. (2019). Effect of coarse grain aggregate on strength parameters of two-stage concrete. *Materialy Budowlane*, 1(3), 4–6.
- Saud, A. F., Abdelgader, H. S., & El-Baden, A. S. (2014). Compressive and tensile strength of two-stage concrete. *Advanced Materials Research*, 893(February), 585–592.
- SNI 03-4804, 1998. (1998). Sni 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat ICS 91.100.20. Badan Standar Nasional, 1–6.
- SNI 03-6808-2002. (2002). Metode pengujian kekentalan graut untuk beton agregat praletak (metode pengujian corong alir).
- SNI 03-6825-2002. (2002). Sni 03-6825-2002. Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1970-2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standar Nasional Indonesia, 7–18.
- SNI 2417-2008. (2008). Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Tuaum, A., Shitote, S., & Oyawa, W. (2018). Experimental study of self-compacting mortar incorporating recycled glass

aggregate. *Buildings*, 8(2).
Tjokrodimuljo, K., 2007, Teknologi Beton, Biro
Penerbit KMTS FT UGM, ISBN 978-979-
8219-23-8, Yogyakarta.