

**ARTIKEL ILMIAH**

**PENGARUH ARAH *GROUTING* VERTIKAL DAN HORIZONTAL  
TERHADAP KUAT TEKAN *PREPLACED AGGREGATE CONCRETE*  
(PAC)**

*The Effect Of Vertical And Horizontal Grouting Directions On The Compressive Strength  
Of Preplaced Aggregate Concrete (PAC)*



**Oleh:**

**LULU ILMAKNUN**

**F1A 019 099**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM**

**2023**

**ARTIKEL ILMIAH**  
**PENGARUH ARAH GROUTING TERHADAP KUAT TEKAN**  
**PREPLACED AGGREGATE CONCRETE (PAC)**

Oleh :

**LULU ILMAKNUN**

**F1A019099**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

1. Pembimbing Utama



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

Tanggal : 20 Juli 2023

2. Pembimbing Pendamping



Fathmah Mahmud, ST., MT.  
NIP : 19711109 200012 2 001

Tanggal : 20 Juli 2023

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



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

# PENGARUH ARAH *GROUTING* VERTIKAL DAN HORIZONTAL TERHADAP KUAT TEKAN *PREPLACED AGGREGATE CONCRETE* (PAC)

Lulu Ilmagnun<sup>1</sup>, Ngudiyono<sup>2</sup>, Fathmah Mahmud<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

---

## ABSTRAK

Saat ini, kemajuan teknologi mendorong penggunaan beton menjadi lebih dikenal luas sebagai alternatif konstruksi. Dalam proses pembuatan beton seringkali menghasilkan cetakan beton yang kurang sempurna, sehingga terjadi bagian-bagian yang keropos, berbentuk seperti sarang lebah (*honey comb*) atau berongga sepenuhnya. Salah satu cara memperbaiki beton keropos adalah dengan *preplaced aggregate concrete* (PAC). *Preplaced aggregate concrete* (PAC) melibatkan penggunaan beton yang terdiri dari agregat kasar dan semen, yang dipersiapkan dan dicampur terpisah sebelum dicor ke dalam cetakan. Dalam proses pembuatan *preplaced aggregate concrete* (PAC), *grouting* umum di gunakan yaitu *grouting* arah vertikal. Namun untuk mengetahui pengaruh arah *grouting* terhadap mutu *preplaced aggregate concrete* (PAC) belum ada penelitian yang menggunakan arah *grouting* horizontal. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh arah *grouting* vertikal dan horizontal terhadap kuat tekan *preplaced aggregate concrete* (PAC). Penelitian ini menggunakan arah *grouting* vertikal dan arah *grouting* horizontal dengan 2 metode *grouting* yaitu metode *manual pumping* dan metode *compressor pumping*. Menggunakan variasi semen/pasir yaitu 2; 1,333; 1; 0,8 dan 0,667. Fas yang digunakan sebesar 0,45 dengan *superplasticizer* 1% dan ukuran agregat kasar seragam 38 mm. Pengujian benda uji mortar menggunakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm sebanyak 15 benda uji dan benda uji PAC menggunakan kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 60 benda uji pada umur 28 hari dengan kuat tekan rencana 30 MPa. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada arah *grouting* vertikal dengan metode *manual pumping* pada variasi semen/pasir 2 sebesar 56,317 MPa. Penggunaan arah *grouting* horizontal menghasilkan persentase perbandingan kuat tekan sebesar 89 % terhadap arah vertikal. Hasil pengujian desain PAC direkomendasikan menggunakan metode *compressor pumping* menghasilkan persentase sebesar 92% terhadap *manual pumping*.

**Kata Kunci** : *Preplaced aggregate concrete* (PAC), *grouting* vertikal, *grouting horizontal*, *manual pumping*, *compressor*, dan kuat tekan.

## ABSTRACT

Currently, technological advances encourage the use of concrete to become more widely known as an alternative to construction. The process of making concrete often results in imperfect concrete molds, resulting in parts that are porous, shaped like a honeycomb or completely hollow. One way to improve porous concrete is *preplaced aggregate concrete* (PAC). *Preplaced aggregate concrete* (PAC) involves the use of concrete consisting of coarse aggregate and cement, which are prepared and mixed separately before being cast into moulds. In the process of making *preplaced aggregate concrete* (PAC), *grouting* is commonly used, namely vertical *grouting*. However, to determine the effect of *grouting* direction on the quality of *preplaced aggregate concrete* (PAC), there has been no research using horizontal *grouting* direction. The purpose of this study was conducted to determine the effect of vertical and horizontal *grouting* directions on the compressive strength of *preplaced aggregate concrete* (PAC). This research uses vertical *grouting* direction and horizontal *grouting* direction with 2 *grouting* methods namely *manual pumping* method and *compressor pumping* method. Using variations of cement/sand, namely 2; 1.333; 1; 0.8 and 0.667. The Fas used was 0.45 with 1% *superplasticizer* and a uniform coarse aggregate size of 38 mm. Mortar test specimens used 5 cm x 5 cm x 5 cm cubes of 15 specimens and PAC test specimens used 15 cm x 15 cm x 15 cm cubes of 60 specimens at 28 days of age with a design compressive strength of 30 MPa. The results showed that the highest compressive strength was found in the vertical *grouting* direction using the *manual pumping* method for cement/sand 2 variation of 56.317 MPa. The use of *grouting* in the horizontal direction produces a strong compressive ratio of 89% to the vertical direction. The results of the PAC design test are recommended to use the *compressor pumping* method to produce a proportion of 92% of *manual pumping*.

**Keywords** : *Preplaced aggregate concrete* (PAC), vertical *grouting*, horizontal *grouting*, *manual pumping*, *compressor*, and compressive strength.

## A. PENDAHULUAN

Saat ini, kemajuan teknologi mendorong penggunaan beton menjadi lebih dikenal luas sebagai alternatif konstruksi. Hal tersebut disebabkan oleh berbagai keuntungan yang dimiliki oleh beton diantaranya perawatan yang murah, kekuatan tekan yang tinggi dan dapat dicor sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan. Namun, dalam proses pembuatan beton seringkali menghasilkan cetakan beton yang kurang sempurna, sehingga terjadi bagian-bagian yang keropos, berbentuk seperti sarang lebah (*honey comb*) atau berongga sepenuhnya. Salah satu cara untuk memperbaiki beton keropos adalah dengan *preplaced aggregate concrete* (PAC).

*Preplaced aggregate concrete* (PAC) merupakan beton yang diproduksi dengan menempatkan agregat kasar dalam bekisting dan kemudian menyuntikkan mortar, biasanya dengan campuran, untuk mengisi rongga (ACI, 1997). *Preplaced aggregate concrete* (PAC) salah satu material perbaikan beton yang dapat digunakan untuk memperbaiki beton yang rusak atau cacat. *Preplaced aggregate concrete* (PAC) melibatkan penggunaan beton yang terdiri dari agregat kasar dan semen, yang dipersiapkan dan dicampur terpisah sebelum dicor ke dalam cetakan. PAC memiliki kekuatan yang tinggi dan permukaan yang halus dan rata, sehingga cocok digunakan sebagai bahan perbaikan pada beton yang kasar, retak, atau bergelombang. Selain itu, PAC juga dapat digunakan untuk memperbaiki beton struktural, seperti kolom atau balok beton yang rusak. *Preplaced aggregate concrete* (PAC) memberikan manfaat biaya dan meminimalkan penggunaan energi karena sekitar 60% dari total volume berisi partikel agregat kasar dan sekitar 40% mortar yang melalui prosedur pencampuran (Najjar et al., 2014). Keunggulan dari *preplaced aggregate concrete* (PAC) adalah sifat-sifatnya yaitu susut pengeringan yang minimal, yang menghasilkan perubahan volume yang sangat rendah dan modulus elastisitas yang tinggi (Nowek dkk., 2007).

Berbeda dengan beton konvensional, *preplaced aggregate concrete* (PAC) tidak memerlukan proses pemadatan, getaran, atau konsolidasi lainnya untuk mencapai struktur yang padat. Karena *preplaced aggregate concrete* (PAC) mengandung persentase agregat kasar yang lebih tinggi dibandingkan beton konvensional dan terdiri dari campuran mortar yang dapat mengalir dengan beratnya sendiri dan dapat mengisi rongga-rongga

diantara partikel agregat kasar atau bisa disebut juga dengan *Self-Compacting Mortar* (SCM). Dalam proses pembuatan mortar pada *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC), berbeda dengan beton biasanya, dimana dibutuhkan campuran mortar yang memenuhi spesifikasi EFNARC 2002 dan ASTM C 939.

Dalam proses pembuatan *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC), *grouting* umum di gunakan yaitu *grouting* arah vertikal. *Grouting* dengan arah vertikal menggunakan metode pemompaan yang dibagi menjadi dua, yaitu metode manual *pumping* dan metode *compressor pumping*. Namun untuk mengetahui pengaruh arah *grouting* terhadap mutu *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) belum ada penelitian yang menggunakan arah *grouting* horizontal. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang “**Pengaruh Arah Grouting Vertikal dan Horizontal Terhadap Kuat Tekan Preplaced Aggregate Concrete (PAC)**”.

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui sifat mortar segar pada proporsi semen/pasir 2; 1,333; 1; 0,8; 0,667 pada campuran mortar sebagai bahan *grouting Preplaced Aggregate Concrete* (PAC).
2. Untuk menganalisis pengaruh arah *grouting* terhadap kuat tekan beton *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC).

## B. DASAR TEORI

### 1. *Self-Compacting Mortar* (SCM)

*Self-Compacting Mortar* (SCM) merupakan jenis mortar yang dirancang untuk secara otomatis mengalir dan memadat ke dalam rongga-rongga antar agregat kasar, tanpa memerlukan adanya vibrasi atau pemadatan manual. Mortar ini umumnya terbuat dari campuran semen, air, agregat halus, bahan tambahan, dan sering kali menggunakan bahan pengisi atau bahan aditif yang membantu mencapai sifat aliran yang baik. Beton dengan campuran SCM ini menawarkan keunggulan kompetitif dibandingkan beton konvensional, karena memungkinkan untuk ditempatkan tanpa getaran, tidak menunjukkan segregasi agregat atau eksudasi pasta, dan mencegah penyumbatan agregat kasar (EFNARC, 2002).

### 2. *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

Metode *preplaced aggregate concrete* (PAC) diproduksi sekitar tahun 1937 oleh Lee

Turzillo dan Louis S. Werts selama pekerjaan rehabilitasi terowongan kereta api di California. Berdasarkan ACI 116R, *preplaced aggregate concrete* (PAC) yaitu beton yang diproduksi dengan menempatkan agregat kasar dalam bekisting dan kemudian menyuntikkan semen portlan- pasir, biasanya dengan campuran, untuk mengisi rongga. Istilah lain yang menggambarkan metode tersebut yaitu *grouted-aggregate*, *injected-aggregate*, *prepakt*, *colcrete*, *two stage concrete*.

Beton *preplaced aggregate concrete* (PAC) yang digunakan untuk perbaikan beton biasanya terkena cuaca buruk, namun beton PAC memiliki daya tahan yang sangat baik. Sebuah contoh diilustrasikan pada Gambar 1.2 yang menunjukkan kondisi kolom di Street Viaduct, Erie, Pennsylvania, sebelum perbaikan dan kolom yang sama setelah 26 tahun perbaikan (ACI 304,1997).



Gambar 1. Kolom dan Balok Viaduct sebelum dan sesudah perbaikan

### 3. Grouting

Grouting pada beton *preplaced aggregate concrete* (PAC) adalah proses mengisi ruang antara agregat yang ditempatkan terlebih dahulu di dalam cetakan beton dengan campuran grout atau adukan semen. PAC adalah jenis beton yang menggunakan agregat kasar yang ditempatkan di dalam cetakan terlebih dahulu, dan mortar kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan untuk mengisi ruang kosong antara agregat (ACI 304, 1997).

*Grouting* pada *preplaced aggregate concrete* (PAC) adalah proses mengisi ruang antara agregat dengan campuran grout atau adukan semen. PAC adalah jenis beton yang menggunakan agregat kasar yang ditempatkan di dalam cetakan terlebih dahulu, dan mortar kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan untuk mengisi ruang kosong antara agregat (ACI 304, 1997).

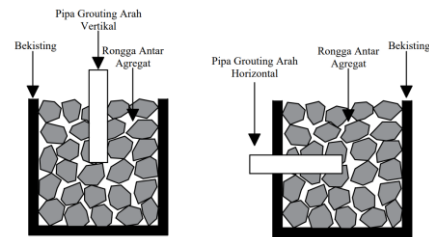
Berikut adalah beberapa arah grouting pada beton yang umum terjadi:

#### 1) Grouting vertikal

Pada grouting vertikal, Proses grouting ini dilakukan pada celah atau rongga di antara lantai beton yang horizontal, misalnya pada jembatan atau lantai parkir bawah tanah.

#### 2) Grouting horizontal

Pada grouting horizontal, Proses grouting ini dilakukan pada celah atau rongga di antara dinding beton atau elemen struktural vertikal lainnya, seperti kolom dan tiang.



Gambar 2. Grouting arah vertikal dan grouting arah horizontal

### 4. Material Campuran *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

#### 1) Agregat Kasar

Menurut ACI 304.1, agregat kasar yang digunakan dalam *preplaced aggregate concrete* harus dicuci, bebas dari debu permukaan dan stabil secara kimia untuk mencapai spesifikasi yang tinggi. Agregat kasar yang disarankan yaitu berukuran 40 mm atau lebih besar. Penggunaan agregat kasar yang lebih besar membantu mencegah terjadinya penyumbatan atau hambatan aliran mortar saat diinjeksi (Abdelgader & Najjar, 2009).

#### 2) Agregat Halus

Berdasarkan ACI 304, baik pasir buatan atau pasir alami dapat digunakan untuk beton *preplaced aggregate concrete* (PAC). Agregat halus yang disarankan digunakan yaitu agregat yang lolos saringan ukuran 2,36 mm (No.8) (BSN, 2002). Menggunakan agregat diatas 4.8 mm cenderung macet saat menggunakan metode flow cone, dan berakibat aliran mortar sangat lambat dan bahkan menghentikan aliran sepenuhnya (O'Malley & Abdelgader, 2010).

#### 3) Air

Air merupakan salah satu bahan dasar pembuat mortar yang berfungsi sebagai pelumas antar agregat agar mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan) serta berfungsi untuk memicu proses kimiawi semen menjadi pasta. Untuk menjaga kualitas mortar yang dihasilkan, air yang digunakan haruslah air yang tidak

mengandung senyawa-senyawa kimia ataupun mengandung lumpur.

#### 4) Semen

Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil/ batu pecah disebut beton (Tjokrodimuljo, 2007).

#### 5) Superplasticizer

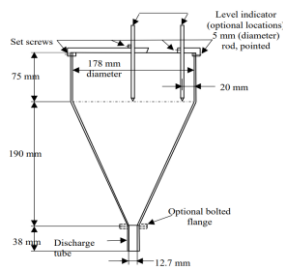
*Superplasticizer* merupakan bahan tambah kimia pencampuran beton (*Admixtures*) yang ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) untuk memperbaiki kinerja kekuatannya. Dosis yang disarankan untuk digunakan yaitu mulai dari 0.8% - 2.0 % dari total berat semen (Teknis, 2022).

### 5. Pengujian Mortar Segar

Pengujian mortar segar pada *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) yaitu dengan pengujian flowabilitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa campuran beton memiliki konsistensi, kekentalan, dan sifat-sifat lain yang sesuai dengan persyaratan desain.

#### 1) Pengujian Flow Cone

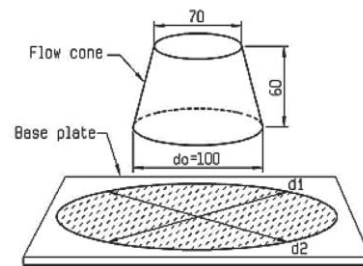
Pengujian flow cone berpedoman pada (ASTM:C939, 2010) sebagai aliran grout untuk *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC). Dimana waktu mengalir berkisar antara 8 detik - 35 detik.



Gambar 3. Alat Slump Flow Cone

#### 2) Pengujian Mini Slump Flow

Metode pengujian ini disebut juga pengujian mini slump, dilakukan untuk menentukan berapa diameter yang dihasilkan dari pengujian slump flow. Untuk menguji aliran slump tersebut diameter yang dihasilkan memenuhi target 24 hingga 26 cm (EFNARC, 2002).



Gambar 4. Alat Mini Slump Cone (EFNARC, 2002)

### 6. Pengujian Kuat Tekan

#### 1) Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar (*Compressive Strength*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (SNI 03 6825, 2002)

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A}$$

#### 2) Pengujian Kuat Tekan *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

Perhitungan kuat tekan beton (*Compressive Strength*) benda uji kubus dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A}$$

$$f'c = 0,83 \times \sigma_{tk}$$

### C. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tekan dengan 2 benda uji, yaitu benda uji berbentuk kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk beton *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) dan 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk benda uji mortar dengan umur rencana 28 hari. Penelitian ini dilaksanakan untuk memperoleh arah *grouting* yang menghasilkan kuat tekan maksimal pada *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC).

#### 1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

#### 2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Agregat kasar digunakan ukuran seragam yaitu ukuran 38 mm.
- 2) Agregat halus dengan ukuran maksimum 2,36 mm sesuai dengan SNI 03-6808-2002.
- 3) Air yang digunakan berasal dari air PDAM Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

- 4) Semen *Portland* (PCC) tipe I.
- 5) *Superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *superplasticizer Sika Viscocrete 3115N* dengan netto 5.3 kg dengan dosis 1%.

### 3. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Timbangan, digunakan untuk mengukur berat bahan dan benda uji yang akan diuji.
- 2) Satu set saringan (*sieve*) standar ASTM beserta alat penggetar (*sieve shaker*) digunakan untuk menentukan gradasi agregat.
- 3) Stopwatch, untuk mengukur waktu dari pengujian bahan.
- 4) Gelas ukur, digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan dalam penelitian atau pemeriksaan bahan penyusun beton.
- 5) Piknometer, digunakan untuk mencari berat jenis pasir.
- 6) Keranjang kawat, untuk memeriksa berat jenis batu pecah.
- 7) Oven lengkap dengan pengatur suhu, digunakan untuk mengeringkan material benda uji.
- 8) Mesin *Los Angeles*, digunakan untuk menguji keausan agregat.
- 9) Flow cone dan mini slump flow, untuk mengukur flowabilitas.
- 10) Mesin pengaduk mixer.
- 11) Alat grouting manual, digunakan untuk menggROUTING mortar.
- 12) Compressor, digunakan untuk memompa aliran mortar.
- 13) Pipa dengan ukuran 25 mm.
- 14) Cetakan benda uji kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dan ukuran 5 x 5 x 5 cm.
- 15) *Compression Testing Machine* (CTM), digunakan untuk pengujian kuat tekan.

### 4. Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

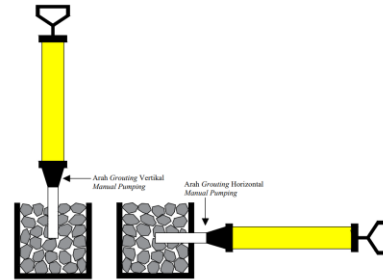
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi bahan yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Adapun bahan-bahan tersebut yaitu :

- 1) Air
- 2) Semen
- 3) Agregat Kasar
- 4) Agregat Halus
- 5) *Superplasticizer*

## 5. Metode Grouting

### 1) Metode Manual Pumping

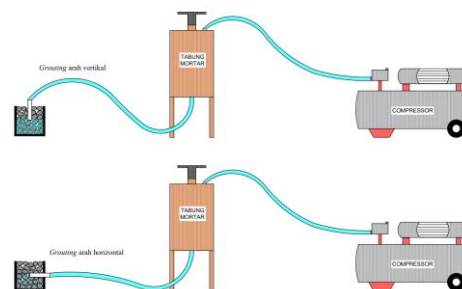
Metode manual pumping melibatkan penggunaan pompa tangan. Bahan mortar yang sudah dicampurkan secara manual dimasukkan ke dalam pompa, dan kemudian pompa tersebut digunakan untuk memompa mortar ke dalam rongga antar agregat yang akan diisi.



Gambar 5. Grouting Metode Manual Pumping

### 2) Metode Compressor

Metode grouting dengan menggunakan kompresor melibatkan penggunaan aliran tekanan udara dari kompresor untuk memindahkan mortar ke dalam rongga antar agregat.



Gambar 6. Grouting Metode Compressor

## 6. Kebutuhan Benda Uji

Dalam penelitian ini akan dibuat benda uji Mortar dan PAC berbentuk kubus, dengan ukuran kubus mortar 5 x 5 x 5 cm, dan ukuran kubus PAC 15 x 15 x 15 cm, untuk pengujian kuat tekan beton.

Tabel 1. Rencana benda uji mortar

No	FAS	Semen/Pasir	% Viscocrete terhadap berat semen	Jumlah Sampel
1	0,45	2,00	1%	3
2	0,45	1,33	1%	3
3	0,45	1,00	1%	3
4	0,45	0,80	1%	3
5	0,45	0,67	1%	3
Jumlah Benda Uji				15

Tabel 2. Rencana benda uji mortar

Metode	FAS	Semen/Pasir	Superplasticizer (%)	Jumlah Sampel	
Arah Grouting Vertikal	Manual Pumping	0,45	2,00	1%	3
		0,45	1,33	1%	3
		0,45	1,00	1%	3
		0,45	0,80	1%	3
		0,45	0,67	1%	3
	Compressor	0,45	2,00	1%	3
		0,45	1,33	1%	3
		0,45	1,00	1%	3
		0,45	0,80	1%	3
		0,45	0,67	1%	3
Arah Grouting Horizontal	Manual Pumping	0,45	2,00	1%	3
		0,45	1,33	1%	3
		0,45	1,00	1%	3
		0,45	0,80	1%	3
		0,45	0,67	1%	3
	Compressor	0,45	2,00	1%	3
		0,45	1,33	1%	3
		0,45	1,00	1%	3
		0,45	0,80	1%	3
		0,45	0,67	1%	3
Jumlah Benda Uji				60	

### 7. Pengujian Volume Rongga Antar Agregat

Adapun perhitungan pengujian volume rongga antar agregat dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$VR = \frac{W2-W1}{W3} \times 100\%$$

Dimana,

VR = Volume rongga (%)

W1 = Berat agregat dalam bejana (gram)

W2 = Berat agregat dan air dalam bejana (gram)

W3 = Berat air dalam bejana (gram)

### 8. Perencanaan komposisi Campuran

Campuran komposisi bahan grout/mortar dapat di hitung dengan persamaan (3.15) berikut :

$$Vs + Vp + Va + Vsp = VR$$

$$\left( \frac{W_s}{Bjs.Bsa} + \frac{W_p}{Bjp.Bsa} + \frac{W_a}{Bja.Bsa} + \frac{W_{sp}}{Bjsp.Bsa} \right) = VR$$

### 9. Pembuatan Benda Uji Mortar

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan material (semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan superplasticizer).
- 2) Menyiapkan cetakan benda uji berbentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
- 3) Menyiapkan dan menimbang masing-masing variasi komposisi material berdasarkan perhitungan mix design.
- 4) Mengaduk campuran bahan mortar sebagaimana langkah-langkah saat pembuatan mortar. Proses pengadukan ini harus dimulai paling lama 4 menit setelah pengadukan.
- 5) Mortar dimasukkan kedalam cetakan kubus.

6) Meratakan permukaan benda uji mortar sehingga rata dengan permukaan cetakan kubus menggunakan sendok perata.

7) Simpan cetakan mortar yang berisi benda uji tersebut di tempat yang lembab selama 24 jam.

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

### 10. Pengujian Beton Segar

Tujuan dari pengujian flowabilitas adalah untuk mengetahui tingkat kemampuan alir, kemampuan pengisian dan stabilitas mortar. Pengujian flowabilitas disini dilakukan dengan 2 metode , yaitu uji mini slump flow dan flow cone.

### 11. Pembuatan Benda Uji PAC

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan material (semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan superplasticizer).
- 2) Menimbang masing-masing variasi komposisi material berdasarkan perhitungan mix design.
- 3) Mengaduk campuran bahan mortar, proses pengadukan ini harus dimulai ±4 menit setelah pengadukan.
- 4) Menyiapkan campuran mortar yang sudah dibuat tadi, dengan memenuhi persyaratan flowabilitas diatas.
- 5) Menyiapkan bekisting dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 15 cm. Pastikan bagian bekisting sudah diolesi dengan minyak pelumas.
- 6) Letakkan kerikil sebanyak setengah tinggi bekisting, lalu letakkan pipa. Selanjutnya letakkan lagi kerikil sampai setara dengan permukaan bekisting.
- 7) Bahan yang sudah dicampurkan tadi kemudian dimasukkan kedalam alat grouting/tabung mortar. Pada tahap ini grouting dilakukan dengan metode manual pumping dengan arah vertikal, dan untuk benda uji selanjutnya, grouting dilakukan dengan arah horizontal. Begitu juga dengan metode compressor, dilakukan dengan arah vertikal dan arah horizontal.
- 8) Angkat pipa sedikit demi sedikit pada saat menggrouting, setelah terisi penuh maka permukaan diratakan dan dibiarkan selama 24 jam.
- 9) Melepas benda uji dari cetakan dan diberi tanda untuk masing-masing sampel.
- 10) Merawat beton dengan cara merendam dalam air sampai umur 28 hari.



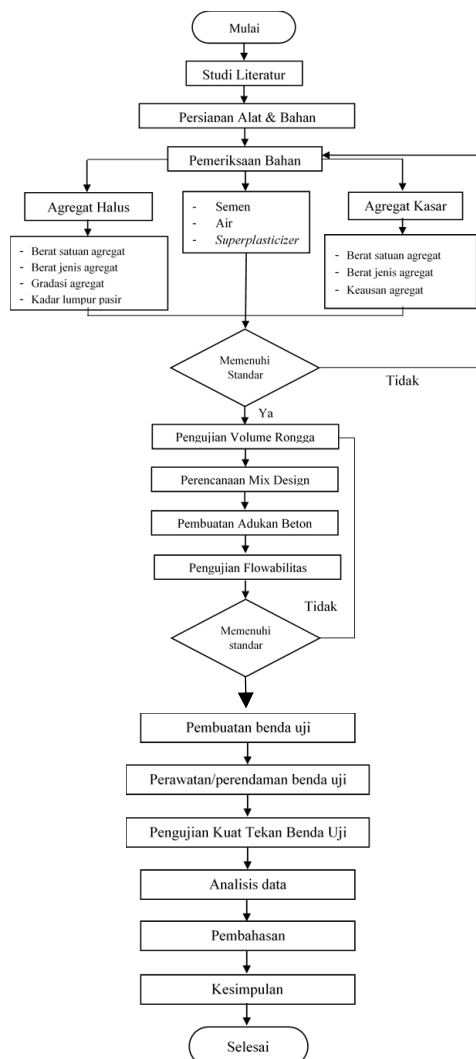
## 12. Perawatan Benda Uji

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan benda uji dapat dilakukan dengan cara menyiram, merendam, atau menutupi dengan karung goni yang dibasahi.

## 13. Uji Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan menggunakan alat *Compression Strength Machine*. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan setelah benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm untuk mortar dan 15 x 15 x 15 cm untuk benda uji PAC pada umur 28 hari.

## 14. Bagan Alir Penelitian



Gambar 7. Bagan alir penelitian

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dalam penelitian ini meliputi pengujian berat satuan, berat jenis, gradasi pasir dan kandungan lumpur.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Berat Satuan Agregat Halus			
	a. Berat Satuan Lepas (g/cm <sup>3</sup> )	1,300	Min 1,200 g/cm <sup>3</sup>	Memenuhi syarat
	b. Berat Satuan Padat (g/cm <sup>3</sup> )	1,388		
2	Berat Jenis Agregat Halus			
	a. Berat Jenis Kondisi SSD	2,602	Min. 2,5	Memenuhi syarat
	b. Berat Jenis Kondisi Kering	2,505		
	c. Penyerapan air (%)	3,869	Maks. 5%	Memenuhi syarat
3	Gradasi Agregat Halus (MHB)	3,800	1,5 - 3,8	Memenuhi syarat
4	Kandungan Lumpur (%)	3,329	Maks. 5%	Memenuhi syarat

#### 1) Pemeriksaan Berat Satuan/Berat Isi Agregat Halus

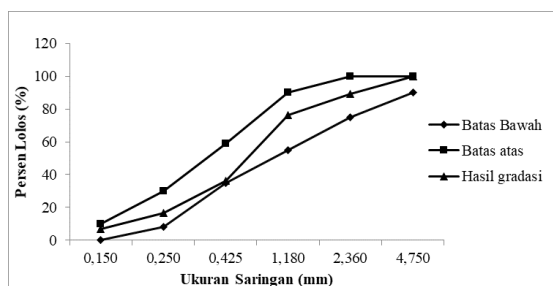
Hasil pemeriksaan berat satuan agregat halus menghasilkan nilai berat satuan lepas sebesar 1,300 g/cm<sup>3</sup> dan berat satuan padat sebesar 1,388 g/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pemeriksaan tersebut diketahui bahwa agregat halus memenuhi syarat spesifikasi SNI 03-4804-1998, dengan syarat minimum 1,200 g/cm<sup>3</sup>. Dengan demikian agregat halus tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran pada *preplaced aggregate concrete* (PAC).

#### 2) Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus (MHB)

Berdasarkan hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus didapat nilai modulus halus butir (MHB) sebesar 3.8. Agregat halus tersebut telah memenuhi standar modulus kehalusan butiran 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. Dengan demikian agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran untuk *preplaced aggregate concrete* (PAC). Hasil dan grafik pemeriksaan analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 8.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus

Nomor Saringan	Berat Tertahan	Persen Tertahan			
		Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	
No.	mm	(gram)	(%)	(%)	(%)
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	380	317
Modulus Halus Butir (MHB) = Persen Kumulatif/100					
MHB				<b>3,8</b>	



Gambar 8. Grafik analisis saringan agregat halus

### 3) 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, dan berat jenis rata-rata agregat halus dalam kondisi SSD sebesar 2,602. Dari hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa agregat memenuhi syarat SNI 1970:2016 dengan syarat minimum 2,500. Dan hasil pemeriksaan penyerapan agregat halus sebesar 3,869%, memenuhi syarat spesifikasi SNI 1970:2016.

### 4) 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 (Tjokrodinuljo, 2007). Dengan demikian pasir ini dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton.

## 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dalam penelitian ini meliputi pengujian berat satuan, berat jenis, gradasi pasir dan kandungan lumpur.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kehilangan akibat Abrasi Los Angeles	12,56%	tidak melampaui 40% untuk 500 putaran	Memenuhi Syarat
2	Berat Satuan Agregat Kasar Alami			
a.	Berat Satuan Lepas (g/cm <sup>3</sup> )	1,300	minimum 1,200 g/cm <sup>3</sup>	Memenuhi Syarat
b.	Berat Satuan Padat (g/cm <sup>3</sup> )	1,502		
3	Berat Jenis Agregat Kasar Alami			
a.	Berat Jenis Kondisi SSD	2,607	minimum 2,1	Memenuhi Syarat
b.	Berat Jenis Kondisi Kering	2,654		
c.	Penyerapan air (%)	1,10	maksimum 2,5%	Memenuhi Syarat

### 1) Pengujian Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

Hasil pengujian los angeles menghasilkan nilai sebesar 12,56%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa agregat kasar memenuhi syarat Spesifikasi SNI 2417-2008, yaitu tidak melampaui 40% untuk 500 putaran. Sehingga agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk *preplaced aggregate concrete* (PAC).

### 2) Pemeriksaan Berat Satuan/Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan berat satuan agregat kasar menghasilkan data berat satuan lepas sebesar 1,300 g/cm<sup>3</sup> dan berat satuan padat sebesar 1,502 g/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pemeriksaan tersebut diketahui bahwa agregat kasar memenuhi standar Spesifikasi SNI 03-4804-1998, yaitu minimum 1,200 kg/m<sup>3</sup>. Dengan demikian agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk *preplaced aggregate concrete* (PAC).

### 3) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis agregat kasar meliputi pemeriksaan berat jenis agregat kasar dalam kondisi kering (bulk), berat jenis dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry) dan penyerapan air. Dari hasil pemeriksaan berat jenis rata-rata agregat kasar dalam kondisi kering sebesar 2,654, berat jenis rata-rata agregat kasar dalam kondisi SSD sebesar 2,607. Dari hasil pemeriksaan tersebut agregat kasar memenuhi spesifikasi SNI 1969:2016 dimana syarat berat jenis minimum yaitu 2,1. Dan hasil pemeriksaan penyerapan agregat kasar didapatkan sebesar 1,01 % dan memenuhi spesifikasi SNI 1969:2016 dimana syarat penyerapan air maksimal 2,5%.

### 4) Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar Seragam

Dari hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar seragam menghasilkan nilai sebesar 100% pada kerikil ukuran 38 mm. Agregat kasar tersebut lolos pada ayakan 38 mm dan tertahan pada saringan 31 mm. Agregat dengan gradasi seragam adalah agregat yang terdiri dari butiran-butiran yang sama besar (fraksi tunggal). Hasil dari grafik pemeriksaan agregat kasar menunjukkan garis yang tegak/vertikal. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa agregat kasar memenuhi persyaratan (Tjokrodinuljo, 2007). Sehingga agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk *preplaced aggregate concrete* (PAC).

### 3. Hasil Pengujian Mortar Segar

Pemeriksaan beton segar pada beton *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) dilakukan dengan uji flowabilitas. Pengujian flowabilitas dilakukan setelah pengadukan campuran mortar yang terdiri dari semen, agregat halus, air dan *superplasticizer*. Pengujian flowabilitas adalah metode yang digunakan untuk mengukur kemampuan mortar untuk mengalir sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.

#### 1) Pengujian Mini Slump Flow

Dari masing-masing campuran mortar tersebut dilakukan pengujian mini slump flow. Berikut hasil pengujian mini slump flow bisa dilihat di tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian mini slump flow

Variasi (S/P)	Sp	Fas	d1	d2	Mini Slump Flow (cm)	Slump flow (Tp)	Keterangan
2,00	1%	0,45	51	53	52,00	26,0	Memenuhi
1,33	1%	0,45	51	51	51,00	25,0	Memenuhi
1,00	1%	0,45	50	51	50,50	24,5	Memenuhi
0,80	1%	0,45	51	49	50,00	24,0	Memenuhi
0,67	1%	0,45	46	47	46,50	20,6	Tidak Memenuhi

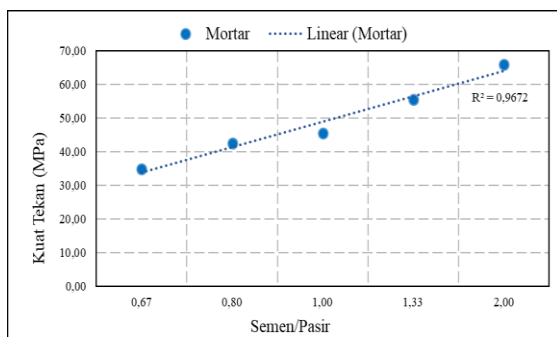
#### 2) Pengujian Flow Cone

Metode pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu penghabisan volume tertentu mortar melalui flow cone. Untuk menguji tingkat fluiditas mortar/grout harus berpedoman pada (ASTM:C939, 2010) dimana waktu mengalir adalah  $\leq 35$  detik, sebagai aliran grout untuk *Preplaced Aggregate Concrete*. Berikut hasil pengujian mini slump flow bisa dilihat di tabel 7

Tabel 6. Hasil pengujian flow cone

VARIASI (S/P)	Sp	Fas	Flow Cone (detik)	Keterangan
2,00	1%	0,45	14	Memenuhi
1,33	1%	0,45	20	Memenuhi
1,00	1%	0,45	23	Memenuhi
0,80	1%	0,45	32	Memenuhi
0,67	1%	0,45	79	Tidak Memenuhi

### 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar



Gambar 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

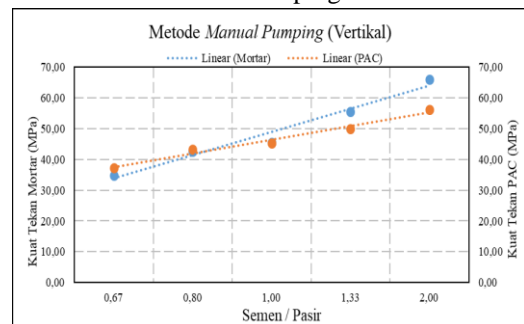
Berdasarkan Gambar 8. diketahui bahwa hasil uji untuk kuat tekan mortar pada umur 28 hari rata-rata untuk variasi semen/pasir 2 sebesar 66

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 penelitian menunjukkan bahwa semen/pasir 2 memiliki nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan dengan variasi yang lain. Nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi semen/pasir 0,67 sebesar 34,933 MPa. Penurunan nilai kuat tekan berbanding lurus dengan proporsi variasi semen-pasir, dimana semakin rendah variasi semen-pasir yang digunakan maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin meningkat. Sebaliknya, semakin tinggi proporsi variasi semen-pasir maka nilai kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian (Chairunnisa et al., 2020).

### 5. Kuat Tekan *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC)

#### 1) Pengujian Arah Vertikal

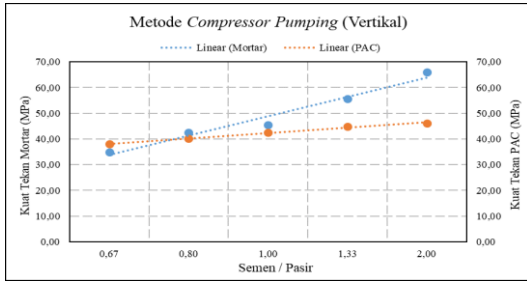
##### a. Metode Manual Pumping



Gambar 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Metode Manual Pumping

Berdasarkan Gambar 9. diatas menunjukkan bahwa grouting dengan metode manual pumping dan arah grouting vertikal terjadi penurunan nilai kuat tekan *preplaced aggregate concrete* (PAC) seiring dengan penambahan variasi semen-pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi 2 sebesar 56,317 Mpa. Dan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada proporsi 0,67 sebesar 37,196 Mpa. Berdasarkan grafik tersebut, perbandingan semen/pasir yang memenuhi syarat sebagai bahan *grouting preplaced aggregate concrete* (PAC) yaitu maksimum pada perbandingan semen/pasir 1.

b. Metode Compressor

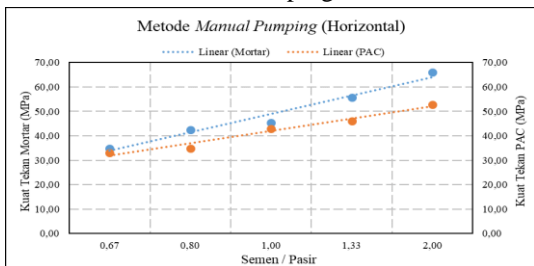


Gambar 10. Hasil pengujian kuat tekan metode compressor

Berdasarkan Gambar 10. diatas menunjukkan bahwa grouting dengan metode compressor dengan arah vertikal terjadi penurunan nilai kuat tekan beton *preplaced aggregate concrete* (PAC) seiring dengan penambahan variasi semen/pasir. Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi 2 sebesar 46,111 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada proporsi 0,67 sebesar 37,996 Mpa. Berdasarkan grafik tersebut, perbandingan semen/pasir yang memenuhi syarat sebagai bahan *grouting preplaced aggregate concret* (PAC) yaitu maksimum pada perbandingan semen/pasir 0,80. Berdasarkan grafik tersebut, perbandingan semen/pasir yang memenuhi syarat sebagai bahan *grouting preplaced aggregate concret* (PAC) yaitu pada perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, 0,67.

2) Pengujian Arah Horizontal

a. Metode Manual Pumping

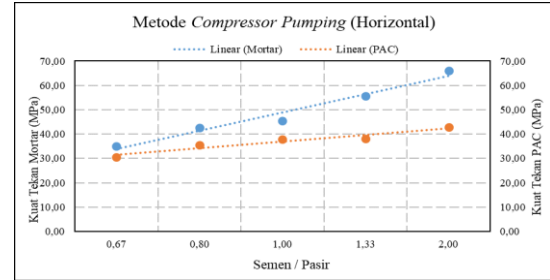


Gambar 11. Hasil pengujian kuat tekan metode manual pumping

Berdasarkan Gambar 11. diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kuat tekan beton *preplaced aggregate concrete* (PAC) seiring dengan penambahan variasi semen-pasir. Hasil uji untuk kuat tekan PAC rata-rata untuk variasi semen-pasir 2 sebesar 52,874 Mpa, 1,33 sebesar 46,050 Mpa, 1 sebesar 42,914 Mpa, 0,8 sebesar 34,921 Mpa dan 0,67 sebesar 33,077 Mpa. Dari hasil penelitian menunjukka bahwa kuat tekan

tertinggi didapatkan pada variasi 2 sebesar 52,874 Mpa. Dan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada proporsi 0,67 sebesar 33,077 Mpa. Berdasarkan grafik tersebut, perbandingan semen/pasir yang memenuhi syarat sebagai bahan *grouting preplaced aggregate concret* (PAC) yaitu pada perbandingan semen/pasir 2, 1,33, 1, 0,8, 0,67.

b. Metode Compressor



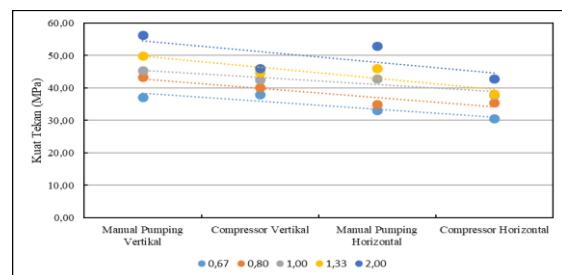
Gambar 12. Hasil pengujian kuat tekan metode compressor

Berdasarkan Gambar 12. diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kuat tekan beton *preplaced aggregate concrete* (PAC) seiring dengan penambahan variasi semen-pasir. Hasil uji untuk kuat tekan PAC rata-rata untuk variasi semen-pasir 2 sebesar 42,914 Mpa, 1,33 sebesar 38,119 Mpa, 1 sebesar 37,873 Mpa, 0,8 sebesar 35,413 Mpa dan 0,67 sebesar 30,495 Mpa. Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi 2 sebesar 42,914 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada proporsi 0,67 sebesar 30,495 Mpa.

6. Perbandingan Kuat Tekan

Tabel 7. Persentase Penurunan Kuat Tekan PAC

Metode Grouting	Variasi semen:pasir	Perbandingan Penurunan		Penurunan (%)	Capaian Normal
		Manual Pumping	Compressor Pumping		
Vertikal	2,00	56,317	46,111	82%	92%
	1,33	49,984	44,759	90%	
	1,00	45,373	42,545	94%	
	0,80	43,283	40,209	93%	
	0,67	37,196	37,996	102%	
Horizontal	2,00	52,874	42,914	81%	89%
	1,33	46,050	38,119	83%	
	1,00	42,914	37,873	88%	
	0,80	34,921	35,413	101%	
	0,67	33,077	30,495	92%	



Gambar 13. Perbandingan Kuat Tekan Arah Horizontal dan Arah Vertikal

Berdasarkan Gambar 13. dapat dilihat dari perbandingan grafik kuat tekan diatas menggambarkan hasil pengujian kuat tekan PAC dari kelima variasi semen/pasir yaitu 2; 1,333; 1; 0,8; 0,667 dengan menggunakan arah vertikal dan horizontal. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada *grouting* arah vertikal metode *manual pumping* dengan variasi 2 sebesar 56,317 MPa. Dan nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi semen/pasir 0,67 dengan menggunakan arah horizontal dan metode *compressor pumping* sebesar 30,495 MPa. Berdasarkan hasil penelitian diatas, kelima variasi semen/pasir tersebut memenuhi kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa.

Berdasarkan grafik tersebut, kuat tekan *preplaced aggregate concrete* (PAC) dengan menggunakan arah vertikal menghasilkan kuat tekan rerata yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan arah horizontal. Pada arah vertikal metode *manual pumping* menghasilkan kuat tekan rerata yang tinggi dibandingkan dengan metode *compressor pumping*, begitu juga dengan arah horizontal. Persentase capaian normal terhadap metode *manual pumping* yaitu pada arah vertikal menghasilkan sebesar 92% dan pada arah horizontal sebesar 89%. Dalam grafik tersebut juga menunjukkan bahwa PAC dengan metode *manual pumping* menghasilkan kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan metode *compressor pumping*. Di sisi lain, metode menggunakan compresor pada PAC mungkin memiliki batasan dalam mencapai tekanan tertentu atau dalam mengontrol aliran mortar dengan presisi yang sama seperti metode *manual pumping*. *Compressor pumping* dapat memberikan aliran mortar yang lebih cepat, tetapi mungkin tidak seakurat dalam pengisian ke dalam rongga-rongga dan celah-celah yang ada. Oleh karena itu, dalam pengerjaan skala kecil dengan kebutuhan presisi tinggi, metode manual pumping mungkin lebih disukai karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Namun, untuk proyek-proyek skala besar, metode *compressor pumping* direkomendasikan karena dapat memenuhi kebutuhan volume *grouting* yang lebih besar.

## E. PENUTUP

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil pengujian sifat motar segar yang memenuhi spesifikasi berturut-turut yaitu pada

variasi semen/pasir 2; 1,33; 1; 0,8, dengan pengujian *mini slump flow* dengan nilai target 24 sampai 26 (EFNARC, 2002) yaitu berturut-turut sebesar 26, 25, 24,5, 24 dan *flow cone* dengan waktu mengalir 8 – 35 detik (ASTM:C939, 2010) yaitu berturut-turut sebesar 14 detik, 20 detik, 23 detik, dan 32 detik.

- 2) Hasil pengujian kuat tekan *Preplaced Aggregate Concrete* (PAC) sebagai berikut :
  - a. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi terdapat pada arah *grouting* vertikal dengan metode *manual pumping* pada variasi semen/pasir 2.
  - b. Hasil pengujian desain PAC dengan perbandingan variasi semen/pasir 2; 1,33; 1; 0,8, 0,67 direkomendasikan menggunakan metode *compressor pumping* menghasilkan persentase sebesar 92% terhadap *manual pumping*.
  - c. Penggunaan arah *grouting* horizontal menghasilkan persentase perbandingan kuat tekan sebesar 89 terhadap arah vertikal.

## 2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat. Saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

- 1) Usahakan agregat memenuhi seluruh syarat uji pendahuluan sebelum digunakan.
- 2) Perlu diperhatikan pada saat pengujian beton segar dilakukan, benda uji harus memenuhi syarat yang sudah ditentukan.
- 3) Pada proses *grouting* diperlukan kecepatan dan kekuatan pemompaan yang konsisten untuk setiap benda uji
- 4) Dalam proses *enggrouting* perlu diperhatikan saat menginjeksi mortar, pipa harus ditarik secara perlahan selama penginjeksian mortar sampai dengan permukaan rata.

## 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. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(98\)00215-4](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00215-4)
- Abdelgader, H. S., Ben-Zeitun, A. E., & Al-Galhad, A. A. (2006). Use of two-stage (Pre-placed aggregate) concrete in construction and repair of concrete structures. *Concrete*

- Repair, Rehabilitation and Retrofitting - Proceedings of the International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, ICCRRR 2005*, 325–326.
- 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. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714902009>
- Abdelgader, H. S., & Elgalhud, A. A. (2008). Effect of grout proportions on strength of two-stage concrete. *Structural Concrete*, 9(3), 163–170. <https://doi.org/10.1680/stco.2008.9.3.163>
- Abdelgader, H. S., & Najjar, M. (2009). *Advances in concreting methods*. October.
- ACI. (1997). *Guide for the Use of Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete Applications by ACI Committee 304*. 92(Reapproved).
- ASTM:C939. (2010). Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method). *ASTM International*, 04(c), 9–11.
- ASTM C33/C33M – 18. (2010). *Concrete Aggregates 1*. i(C), 1–11. <https://doi.org/10.1520/C0033>
- Benabed, B., Kadri, E. H., Azzouz, L., & Kenai, S. (2012). Properties of self-compacting mortar made with various types of sand. *Cement and Concrete Composites*, 34(10), 1167–1173. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.07.007>
- Chairunnisa, N., & Fardheny, A. F. (2019). The Study of Flowability and The Compressive Strength of Grout/Mortar Proportions for Preplaced Concrete Aggregate (PAC). *MATEC Web of Conferences*, 280, 04010. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928004010>
- 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). <https://doi.org/10.1063/5.0022837>
- EFNARC. (2002). Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. *Report from EFNARC*, 44(February), 32. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Specification+and+Guidelines+for+Self-Compacting+Concrete#0>
- Kementerian PUPR RI. (1971). Pbi 1971. *Badan Standardisasi Indonesia*, VII–6. [https://pustaka.pu.go.id/storage/biblio/file/1971\\_Pendjelasan\\_Pembahasan\\_mengenai\\_Peraturan\\_Beton\\_Indonesia\\_1971.pdf](https://pustaka.pu.go.id/storage/biblio/file/1971_Pendjelasan_Pembahasan_mengenai_Peraturan_Beton_Indonesia_1971.pdf)
- Maskur, I. (2017). Perancangan Campuran Flow Mortar Untuk Pembuatan Self Compacting Concrete Dengan Fas 0.5. *Dinamika Rekayasa*, 13(2), 89. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2017.13.2.183>
- Najjar, M. F., Soliman, A. M., & Nehdi, M. L. (2014). Critical overview of two-stage concrete: Properties and applications. *Construction and Building Materials*, 62, 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.021>
- Nowek, A., Kaszubski, P., Abdelgader, H. S., & Górski, J. (2007). Effect of admixtures on fresh grout and two-stage (pre-placed aggregate) concrete. *Structural Concrete*, 8(1), 17–23. <https://doi.org/10.1680/stco.2007.8.1.17>
- O'Malley, J., & Abdelgader, H. S. (2010). Investigation into viability of using two-stage (pre-placed aggregate) concrete in Irish setting. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*, 4(1), 127–132. <https://doi.org/10.1007/s11709-010-0007-4>
- 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. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.893.585>
- SNI 03 6808. (2002). *SNI 03-6808-2002 Metode pengujian ketebalan graut untuk beton agregat praletak (metode pengujian corong alir)*. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/172-sni03-6808-2002>
- SNI 03 6825. (2002). *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil*.
- Teknis, L. D. (2022). *Sika® ViscoCrete® -3115 N* (hal. 1–3).
- Tjokrodimuljo, K., (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada