

Diterima : 18 April 2024 | Selesai Direvisi : 28 April 2024 | Disetujui : 06 Mei 2024 | Dipublikasikan : Juli 2024  
DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.15.2.49-55>  
Copyright © 2024 Jurnal Konstruksia  
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Pengaruh Ukuran Agregat Kasar dan Rasio Semen Terhadap Pasir Pada Kuat Tekan *Pre-Placed Aggregate Concrete*

Ngudiyono<sup>1</sup>, Suryawan Murtiadi<sup>2</sup>, Ni Nyoman Kencanawati<sup>1</sup>, I Nyoman Merdana<sup>1</sup>, Fathmah Mahmud<sup>1</sup>, Tri Sulistyowati<sup>1</sup> dan Uswatun Aprilia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No 62, Gomong, Selaparang, Mataram, Nusa Tenggara Barat, 83115

Email korespondensi: [ngudiyono@unram.ac.id](mailto:ngudiyono@unram.ac.id)

<sup>2</sup>Prodi Magister Teknik Sipil, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jl. Moh Kahfi II No. 30, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12630

### ABSTRAK

PAC (*Pre-placed aggregate concrete*) merupakan beton yang diproduksi dengan cara menempatkan agregat kasar dalam cetakan terlebih dahulu kemudian bahan *grouting* atau mortar diinjeksikan ke dalam rongga-rongga diantara agregat kasar tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi volume rongga adalah ukuran agregat kasar yang digunakan. Pada penelitian ini telah dikaji pengaruh ukuran agregat kasar dan rasio semen terhadap pasir pada kuat tekan PAC. Penelitian ini menggunakan agregat kasar ukuran 38 mm, 30 mm, dan 20 mm dan sebagai bahan *grouting* adalah mortar dengan variasi perbandingan semen terhadap pasir (S/P) 2, 1.33, 1, 0.8, 0.67. Benda uji kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm sebanyak 15 buah untuk mengetahui kuat tekan mortar dan benda uji PAC berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm sebanyak 45 buah dibuat untuk mengetahui kuat tekan PAC. Metode *grouting* yang digunakan dalam pembuatan benda uji yaitu *manual pumping*. Hasil pengujian PAC menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada agregat kasar ukuran 38 mm dengan S/P = 2 sebesar 56.32 MPa, sedangkan, kuat tekan terendah pada pada agregat kasar ukuran 20 mm dengan S/P = 0.67 sebesar 34.68 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan agregat kasar dengan ukuran yang lebih besar dan dengan semen lebih banyak dapat meningkatkan kuat tekan PAC.

**Kata kunci:** PAC, ukuran agregat kasar, rasio semen pasir, kuat tekan

### ABSTRACT

PAC (*Pre-placed aggregate concrete*) is a type of concrete that is constructed by first placing coarse aggregate in a mold and then injecting grout or mortar into the voids between the coarse aggregate. One factor that influences the volume of voids is the size of the coarse aggregate used. In this research, the effect of coarse aggregate size and cement-to-sand ratios on the compressive strength of PAC has been studied. In this study, mortar with different cement-to-sand ratios (S/P) of 2, 1.33, 1, 0.8, and 0.67 was selected as the grouting material. The coarse aggregate sizes used were 38 mm, 30 mm, and 20 mm. The compressive strength of the mortar was tested using 15 cube test specimens measuring 5 x 5 x 5 cm, and the compressive strength of the PAC was tested using 45 cube-shaped PAC test specimens measuring 15 x 15 x 15 cm. Manual pumping is the grouting technique used to create specimens. The results of the PAC test show that the 20 mm coarse aggregate with S/P = 0.67 has the lowest compressive strength value at 34.68 MPa, and the 38 mm coarse aggregate with S/P = 2 has the highest compressive strength value at 56.32 MPa. The results obtained indicate that the compressive strength of PAC can be increased by using coarse aggregate with a greater size and additional cement.

**Keywords:** PAC, coarse aggregate size, cement-to-sand ratio, compressive strength

## 1. PENDAHULUAN

PAC (*Pre-placed Aggregate Concrete*) merupakan beton yang diproduksi dengan menempatkan agregat kasar dalam cetakan kemudian bahan *grouting* dapat berupa mortar diinjeksikan ke dalam rongga-rongga diantara agregat kasar [2], [1]. Jika PAC dibuat untuk bahan konstruksi dapat lebih hemat biaya sekitar 30-40% karena penggunaan semen yang lebih rendah sekitar 20-30% dibandingkan dengan beton konvensional dengan kekuatan tekan yang sama [11]. Hal tersebut dikarenakan agregat kasar membentuknya sekitar 50% - 70% dari total volume beton PAC. Beberapa penggunaan PAC yaitu untuk perbaikan beton keropos, menambah dimensi penampang struktur beton dan lain-lain [2], [10], [8].

PAC berbeda dengan beton konvensional karena beton PAC tidak memerlukan proses pemadatan, getaran, atau konsolidasi lainnya untuk mencapai struktur yang padat. Agar menghasilkan kekuatan yang baik, dalam pembuatan PAC diperlukan agregat kasar dengan ukuran tertentu, sehingga dihasilkan volume rongga yang cukup agar bahan *grouting* atau mortar dapat mengisi rongga-rongga antara agregat kasar tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi volume rongga adalah ukuran agregat kasar yang digunakan.

Penelitian tentang PAC lebih banyak mengkaji tentang mortar sebagai bahan *grouting* seperti yang telah dilakukan oleh Abdelgader [7]; Abdelgader & Górski [9]; Cheng Yunhong *et al.* [8]; Chairunnisa & Fardheny [12]; Chairunnisa *et al.* [13]. Tujuan dari penelitian ini untuk mengkaji sejauh mana pengaruh ukuran agregat kasar dan rasio semen terhadap pasir pada kuat tekan PAC.

## 2. METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Semen Portland

Tipe I merek Tiga Roda, agregat halus yaitu pasir ukuran butir maksimum 2.36 mm , agregat kasar yaitu kerikil diameter 20 mm, 30 mm, 38 mm, air bersih, *superplasticizer* merk Sika Viscocrete.

### Pengujian rongga

Tujuan pengujian ini adalah untuk mencari VR (Volume Rongga) antar agregat kasar, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

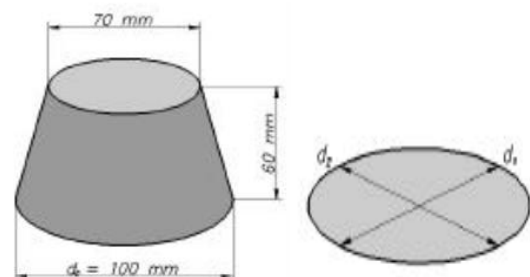
$$VR = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100\% \quad (1)$$

### Pengujian mortar segar *mini slump flow*

Tujuan pengujian *mini slump flow* adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan mortar segar mengisi rongga dan mengetahui tingkat kelecakan mortar (*workability*). Pengujian ini dilakukan dengan cara menuangkan mortar segar ke alat *mini slump flow* (Gambar 1), kemudian alat tersebut diangkat dan selanjutnya diukur diameter penyebaran. Nilai *slump flow* ( $\Gamma_{p/m}$ ) dapat dihitung dengan persamaan (2). Berdasarkan EFNARC nilai target dari uji *mini slump flow* adalah 24 - 26 cm [11].

$$\Gamma_{\frac{p}{m}} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 - 1 \quad (2)$$

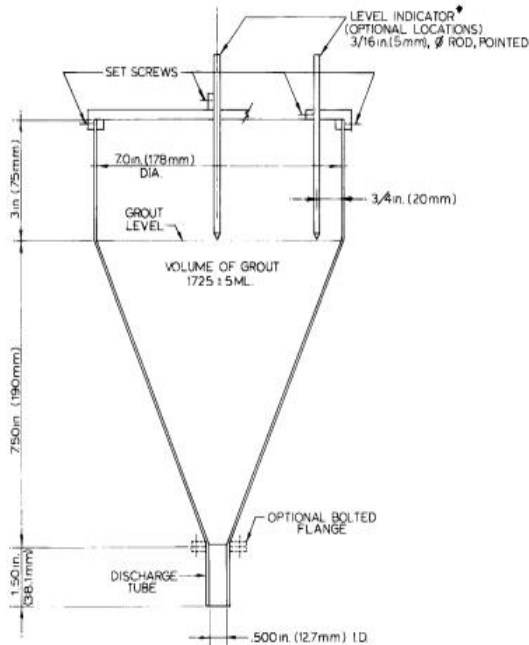
dengan  $d_0$  = diameter alat *mini cone* yaitu 10 cm,  $d = \frac{1}{2} (d_1 + d_2)$ ,  $d_1$  = diameter penyebaran mortar pada arah horizontal,  $d_2$  = diameter penyebaran mortar pada arah vertikal.



Gambar 1. *Mini Slump Flow* [6]

**Flow cone**

Tujuan pengujian *flow cone* adalah untuk mengukur mengetahui waktu alir dan kekentalan mortar segar. Berdasarkan ASTM C939 waktu alir mortar segar  $\leq 35$  detik dengan volume 1725 ml [3].



Gambar 2. Flow Cone [3]

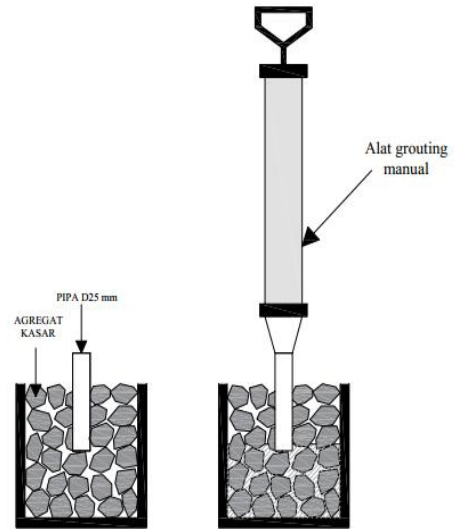
**Benda uji mortar**

Dalam penelitian ini digunakan mortar dengan variasi perbandingan semen terhadap pasir (S/P) 2, 1.33, 1, 0.8, 0.67, dengan fas (faktor air semen) 0.45 dan persentase SP (*superplasticizer*) 1% terhadap berat semen. Benda uji berbentuk kubus ukuran 5 × 5 × 5 cm dibuat masing-masing variasi sebanyak 3 benda uji, sehingga jumlah benda uji mortar sebanyak 15.

**Benda uji PAC**

Dalam penelitian ini digunakan variasi ukuran agregat kasar 38 mm, 30 mm dan 20 mm dengan variasi S/P 2, 1.33, 1, 0.8, 0.67 dengan fas (faktor air semen) 0.45 dan persentase SP (*superplasticizer*) 1% terhadap berat semen. Untuk masing-masing variasi dibuat 3 benda uji kubus dengan ukuran 15 × 15 × 15 cm, sehingga

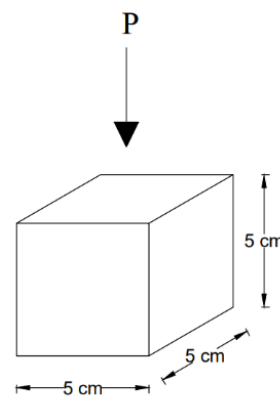
total benda uji PAC untuk pengujian kuat tekan PAC sebanyak 45. Metode *grouting* yang digunakan adalah *manual pumping*. Proses pembuatan benda uji PAC disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pembuatan PAC

**Pengujian kuat tekan mortar**

Metode pengujian kuat tekan mortar mengacu pada ASTM C942 [4] dengan benda uji bentuk kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Benda Uji Kuat Tekan Mortar

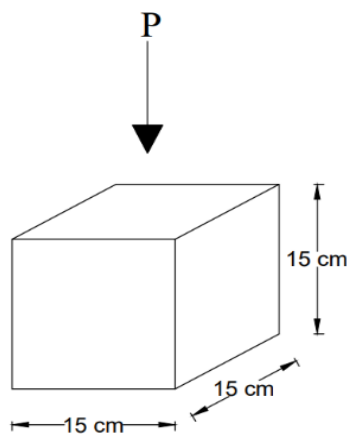
Kuat tekan mortar dapat dihitung dengan Persamaan (3) sebagai berikut:

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \tag{3}$$

dengan  $\sigma_m$  = Kuat tekan mortar (MPa),  $P_{maks}$  = Gaya tekan maksimum motar (N),  $A$  = Luas penampang benda uji mortar ( $mm^2$ )

### Pengujian kuat tekan PAC

Pengujian kuat tekan PAC mengacu pada PBI 1971 [15]. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan benda uji berukuran 15 x 15 x 15 cm, selanjutnya dikonversikan ke nilai kuat tekan benda uji silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Benda uji PAC (*Preplaced Aggregate Concrete*) dapat dilihat Gambar 5.



Gambar 5. Benda Uji Kuat Tekan PAC

Kekuatan tekan beton benda uji kubus dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Konversi nilai kuat tekan benda uji kubus ke silinder dapat dihitung dengan persamaan (5).

$$f'c = 0,83 \times \sigma_{tk} \quad (5)$$

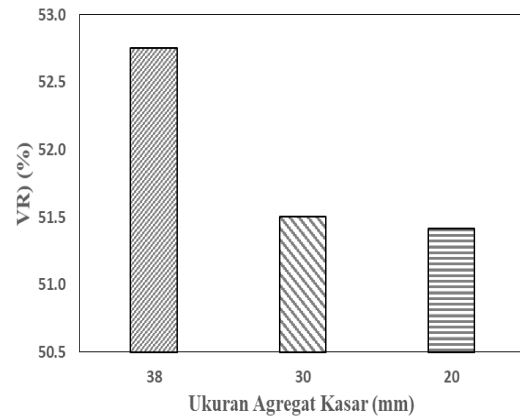
dengan  $\sigma_{tk}$  = Kuat tekan beton benda uji kubus ( $N/mm^2$ ),  $f'c$  = Kuat tekan benda uji silinder (MPa),  $P$  = Gaya tekan maksimum (N),  $A$  = Luas penampang benda uji ( $mm^2$ )

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Volume rongga

Hasil pengujian VR (volume rongga) agregat kasar disajikan pada Gambar 6. Dari gambar tersebut diperoleh VR untuk

agregat kasar ukuran 38 mm, 30 mm, dan 20 mm berturut-turut 52.75%, 51,51% dan 51.42%. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan semakin besar ukuran agregat kasar maka VR juga semakin besar.



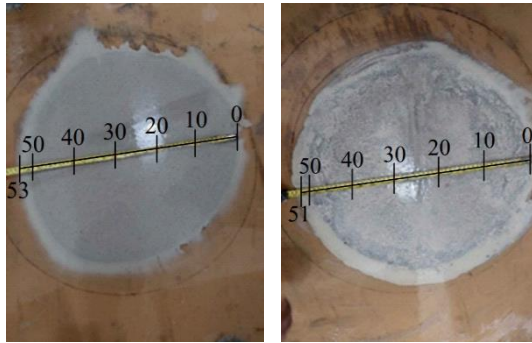
Gambar 6. Hubungan Ukuran Agregat Kasar dan VR (Volume Rongga)

### Mini slump flow

Hasil pengujian *mini slump flow* dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 7, terlihat bahwa nilai *slump flow* yang diperoleh dari variasi perbandingan semen:pasir (S/P) mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kandungan pasir atau seiring dengan menurunnya nilai perbandingan semen/pasir (S/P). Nilai perbandingan S/P agar campuran mortar memadat sendiri (SCM) memenuhi syarat adalah harus lebih besar dari 0.67.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Mini Slump Flow*

S/P	$d_1$ (cm)	$d_2$ (cm)	Slump Flow ( $\Gamma_{p/m}$ )	Keterangan
2.00	51	53	26.0	Memenuhi
1.33	51	51	25.0	Memenuhi
1.00	50	51	24.5	Memenuhi
0.80	51	49	24.0	Memenuhi
0.67	46	47	20.6	Tidak Memenuhi



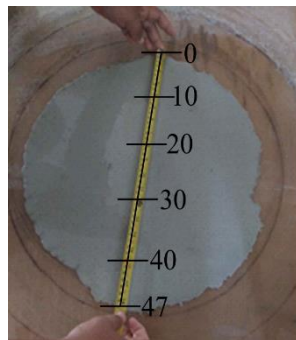
S/P = 2.00

S/P = 1.33



S/P = 1.00

S/P = 0.80



S/P = 0.67

Gambar 7. Slump Flow

**Flow cone**

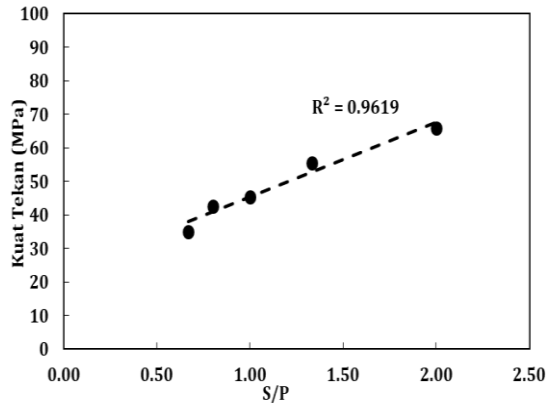
Hasil pengujian *flow cone* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa waktu alir mortar segar semakin cepat, seiring dengan meningkatnya perbandingan semen:pasir (S/P). Kemampuan mengalir pada variasi S/P telah memenuhi standar ASTM C939 yaitu 0.8 sampai dengan 2 dengan waktu mengalir 14 sampai dengan 32 detik, kecuali untuk S/P = 0.67.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Flow Cone*

S/P	Flow Cone (detik)	Keterangan
2.00	14	Memenuhi
1.33	20	Memenuhi
1.00	23	Memenuhi
0.80	32	Memenuhi
0.67	79	Tidak Memenuhi

**Kuat tekan mortar**

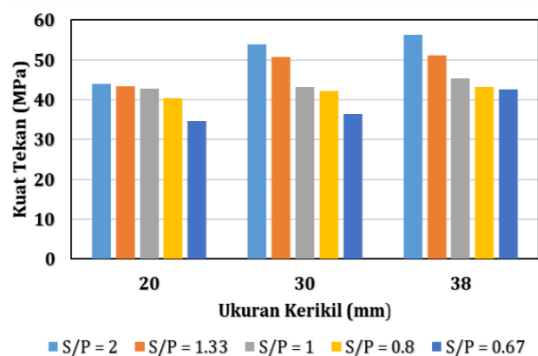
Hasil pengujian kuat tekan mortar disajikan pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa kuat tekan mortar pada variasi semen:pasir (S/P) 2, 1.33, 1, 0.8 dan 0.67 berturut-turut yaitu sebesar 66 MPa, 55.6 MPa, 45.46 MPa, 42.53MPa, dan 34.93MPa. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa S/P = 2 memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 66 MPa dibandingkan dengan variasi yang lain. Sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi S/P = 0.67 sebesar 34.93 MPa. Hal penelitian ini serupa dengan penelitian Chairunnisa *et al.* [10], dimana pada penelitian tersebut terdapat tiga variasi semen:pasir (S/P) yang digunakan yaitu 1.33, 0.67, dan 0.5. Hasil kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi semen:pasir 1.33 sebesar 34.72 MPa dan kuat tekan terendah diperoleh pada variasi semen:pasir (S/P) 0.5 sebesar 29.26 MPa. Dari Gambar 8 juga ditunjukkan hasil analisis regresi linier dengan nilai  $R^2 = 0.9619$ , ini menunjukkan bahwa variabel perbandingan semen:pasir (S/P) memiliki hubungan yang sangat kuat dengan variabel kuat tekan, yang ditunjukkan dengan nilai  $R^2$  mendekati 1. Dari pengujian kuat tekan mortar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi perbandingan semen:pasir (S/P) maka nilai kuat tekan yang dihasilkan akan semakin tinggi.



Gambar 8. Hubungan Perbandingan Semen:Pasir S/P Terhadap Kuat Tekan Mortar

### Kuat tekan PAC

Hasil pengujian kuat tekan PAC disajikan pada Gambar 9. Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa ukuran agregat kasar 38 memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran agregat kasar 20 mm dan 30 mm untuk semua variasi semen:pasir (S/P). Kuat tekan tertinggi pada agregat kasar ukuran 38 mm dengan S/P = 2 sebesar 56.32 MPa, sedangkan kuat tekan terendah pada pada agregat kasar ukuran 20 mm dengan S/P = 0.67 sebesar 34.68 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah semen pada campuran mortar dan ukuran agregat kasar meningkatkan kuat tekan PAC (*pre-placed aggregate concrete*).



Gambar 9. Kuat Tekan PAC dengan Variasi Ukuran Agregat dan S/P

### 4. KESIMPULAN

Dari penjelasan diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kuat tekan PAC tertinggi pada agregat kasar ukuran 38 mm dengan S/P = 2 sebesar 56.32 MPa, sedangkan kuat tekan terendah pada pada agregat kasar ukuran 20 mm dengan S/P = 0.67 sebesar 34.68 MPa.
- Peningkatan jumlah semen pada campuran mortar menyebabkan peningkatan kuat tekan, sekaligus meningkatkan kuat tekan PAC.
- Penggunaan agregat kasar dengan ukuran yang lebih besar dan semen lebih banyak dapat meningkatkan kuat tekan PAC.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-awal. A.S.M., "Manufacture and Propertieess of Prepacked Aggregate Concrete," University of Melbourne, 1984.
- ACI 304.1 R-92, "Guide for the Use of Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete Applications," ACI Man. Concr. Pract., vol. 88, no. 6, 1992, doi: 10.14359/1186.
- ASTM C939-10, "Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)," ASTM Int., vol. 04, no. c, pp. 9-11, 2010.
- ASTM C942-99, Standard Test Method for Compressive Strength of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory. Annual Book of ASTM Standards, 1999.
- A. C109/109M-16a, "Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2-in. or cube specimens)," Annu. B. ASTM Stand., pp. 1-10, 2016.
- EFNARC, "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete," Rep. from EFNARC, vol. 44, no. February, p. 32, 2002.

- [7] H. S. Abdelgader, "Effect of the Quantity of Sand on the Compressive Strength of Two-Stage Concret," *Mag. Concr. Res.*, vol. 48, no. 177, pp. 353–360, 1996.
- [8] H. S. Abdelgader and J. Górski, "Concrete repair using two-stage concrete method," *Mater. Bud.*, vol. 1, no. 8, pp. 68–70, 2015, doi: 10.15199/33.2015.08.17.
- [9] H. S. Abdelgader and J. Górski, "Influence of grout proportion on modulus of elasticity of two-stage concrete," *Mag. Concr. Res.*, vol. 54, no. 4, pp. 251–255, 2002.
- [10] H. S. Abdelgader, A. E. Ben-Zeitun, and A. A. Al-Galhud, "Use of two-stage (Pre-placed aggregate) concrete in construction and repair of concrete structures," *Concr. Repair, Rehabil. Retrofit. - Proc. Int. Conf. Concr. Repair, Rehabil. Retrofit. ICCRRR 2005*, pp. 325–326, 2006.
- [11] H. S. Abdelgader, A. S. El-Baden, H. A. Abdurrahman, and A. S. M. Abdul Awal, "Two-Stage Concrete as a Sustainable Production," *MATEC Web Conf.*, vol. 149, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1051/matecconf/201714902009 .
- [12] N. Chairunnisa and A. F. Fardheny, "The Study of Flowability and The Compressive Strength of Grout/Mortar Proportions for Pre-placed Concrete Aggregate (PAC)," *MATEC Web Conf.*, vol. 280, p. 04010, 2019, doi: 10.1051/matecconf/201928004010 .
- [13] N. Chairunnisa, R. Nurwidayati, S. H. Amaliya, and Y. Syifa, "Cement-based grout mix design for preplaced aggregate concrete using pozzolanic materials," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2291, no. March, 2020, doi: 10.1063/5.0022837.
- [14] PBI 1971, "Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971," Jakarta Direktorat Penyelid. Masal. Bangunan, vol. 7, p. 130, 1971.
- [15] Y. Cheng, S. Liu, B. Zhu, R. Liu, and Y. Wang, "Preparation of preplaced aggregate concrete and experimental study on its strength," *Constr. Build. Mater.*, vol. 229, p. 116847, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116847.