



## Pengaruh Kombinasi Dua Aditif Terhadap Penundaan Waktu Pematatan Pada Beton

Indriyani Puluhulawa<sup>1</sup>, Muhammad Idham<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi D3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis

<sup>1</sup>indriyani\_p@polbeng.ac.id\*

### Abstract

*The decrease in a slump due to the long distance between the batching plant and the casting site is a common issue. This also increases the likelihood of reducing concrete quality due to delays in compaction. To reduce the risks of slump loss and decrease concrete compressive strength, a combination of two admixtures was employed: Sika Plastocrete RT6 Plus, acting as a retarder, and Grolen Hp19R, serving as a superplasticizer. The dosages applied were 0.3% for Sika Plastocrete RT6 Plus and 0.4% for Grolen Hp19R. Compaction delays were tested at 0, 60, 90, and 120-minute intervals. The results demonstrated that combining these two admixtures could enhance the concrete's setting time, slump, and compressive strength compared to normal concrete. However, with the increasing delay in compaction time, there was a noted decrease in the concrete's slump and compressive strength.*

*Keywords: Retarder, Grolen Hp19R, Delay in Compaction Time, Setting Time, Concrete*

### Abstrak

Penurunan *slump* akibat jarak yang jauh antara batching plant dan lokasi pengecoran merupakan permasalahan yang umum terjadi. Hal ini juga meningkatkan kemungkinan penurunan kualitas beton akibat keterlambatan pematatan. Untuk mengurangi risiko hilangnya *slump* dan penurunan kuat tekan beton, digunakan kombinasi dua bahan tambahan: Sika Plastocrete RT6 Plus, yang berfungsi sebagai *retarder*, dan Grolen Hp19R, yang berfungsi sebagai *superplasticizer*. Dosis yang diberikan adalah 0,3% untuk Sika Plastocrete RT6 Plus dan 0,4% untuk Grolen Hp19R. Keterlambatan pematatan diuji pada interval 0, 60, 90, dan 120 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa menggabungkan kedua bahan tambahan ini dapat meningkatkan waktu pengikatan, *slump*, dan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal. Namun, dengan meningkatnya keterlambatan waktu pematatan, terjadi penurunan *slump* dan kuat tekan beton.

Kata kunci: *Retarder, Grolen Hp19R, Penundaan Waktu Pematatan, Waktu Ikat, Beton.*

Diterima Redaksi : 2024-10-18 | Selesai Revisi : 2024-10-29 | Diterbitkan Online : 2025-03-03

### 1. Pendahuluan

Pada pekerjaan dengan pengecoran yang menggunakan readymix salah satu kualiti kontrol saat penerimaan campuran beton adalah nilai *slump* yang memenuhi syarat atau standar yang ditetapkan. Masalah yang sering muncul adalah terjadinya penurunan nilai *slump* akibat jauhnya jarak tempuh *Batching plan* dengan lokasi pengecoran. Hal ini juga memperbesar peluang terjadinya penurunan mutu beton akibat penundaan waktu pematatan. Untuk mengurangi resiko penurunan kuat tekan beton ini digunakan material tambahan seperti *Silica Fume* (SF), *Fly Ash* (FA), atau bahan tambahan lainnya yang dapat berfungsi untuk memperlambat waktu ikat (*setting time*) beton. Salah satu bahan tambah yang digunakan untuk menunda *setting time* adalah Sika Plastocrete RT6 Plus.

Penggunaan Sika Plastocrete RT6 Plus dengan campuran Soda/ larutan berkarbonasi dapat meningkatkan *setting time* beton sebesar 54,6% lebih lama dari beton normal dengan penggunaan semen yang lebih sedikit dan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 1,6% [1]. Pencampuran Soda/ larutan berkarbonasi dengan Plastocrete® RT6 plus tidak hanya memberikan efek penundaan yang optimal pada waktu pengikatan tetapi juga secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan yang diinginkan selama pengecoran pada cuaca tropis yang hangat [2]. Namun menurut [3], penambahan Plastocrete RT6 Plus dengan mempertahankan nilai *slump*  $7 \pm 2$  cm belum cukup untuk mempertahankan kuat tekan beton yang mengalami penundaan waktu. artinya *setting time* beton dapat bertambah tetapi nilai *slump* dan kuat tekan beton mengalami penurunan.



Untuk meningkatkan nilai *slump* penggunaan aditif jenis *high range water reducing admixture* juga banyak dilakukan [4] dan [5]. Menurut Dewi et al., (2022), Penambahan kadar *superplasticizer* (SP) juga berpengaruh terhadap nilai *flow* mortar yaitu semakin tinggi penambahan SP semakin tinggi nilai *flow*. Grolen Hp19R menurut ASTM C-494-92 termasuk dalam aditif tipe F (*Water Reducing* dan *High Range Admixture*) yang digunakan untuk meningkatkan kelecakan (*workability*) beton dan mengurai jumlah pemakaian air. Penambahan Grolen Hp19R ini diharapkan dapat mengatasi masalah *workability* pada beton yang mengalami penundaan waktu pematatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi dua zat aditif terhadap variasi waktu penundaan pematatan beton akibat penggunaan *retarder* (Sika Plastocrete RT-6 Plus) dan *high range water reducing admixture* (Grolen HP 19 R) pada beton dengan mutu  $f'c$  40 MPa.

Grolen Hp19R adalah zat aditif yang termasuk kedalam Tipe F (*Water Reducing* dan *High Range Admixture*) berfungsi untuk mengurangi jumlah air dan juga menambah kekuatan beton. Grolen Hp19R juga bisa membuat adukan beton memadat dengan sendirinya karena sifat *high range* yang dimiliki menjadikan adukan beton encer namun tidak merusak struktur material, dan memperoleh kemudahan pekerjaan (*workability*) beton yang tinggi.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dibagi menjadi beberapa langkah diantaranya tahap persiapan, tahap pembuatan sampel pengujian dan yang terakhir adalah tahap pengujian sampel.

### 2.1. Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan material yang akan dipakai untuk membuat campuran beton meliputi, agregat kasar dan agregat halus berasal dari daerah Tanjung Balai karimun, Semen yang digunakan adalah semen tipe PCC. Bahan tambah atau aditif yang digunakan adalah Sika Plastocrete RT-6 Plus yang berfungsi sebagai *retarder* dan Grolen Hp19R sebagai *Water Reducing* dan *High Range Admixture*. Sika Plastocrete RT-6 Plus diperoleh dari PT.Dumai Jaya Beton dan Grolen Hp19R diperoleh dari PT. Grolen New Building Material Indonesia, selanjutnya dilakukan pengujian properties untuk agregat dan semen. Gambar 1. Memperlihatkan material yang digunakan.

### 2.2. Tahap pengujian properties material

Pada tahap ini dilaksanakan pengujian properties material meliputi pengujian Analisa Saringan Agregat mengacu pada [7] SNI 03-1968-1990, Pengujian Kadar Air Agregat mengacu pada [8] (SNI 03-1971-1990), Pengujian Berat Jenis Agregat mengacu pada [9] (SNI 03-1970-1990), Pengujian Berat Volume Agregat

mengacu pada [10] SNI 03-4804-1998, Pengujian Berat Jenis Semen mengacu pada [11] SNI 03-2531-1991, dan yang terakhir adalah Pengujian Kandungan Organik Agregat Halus mengacu pada [12] SNI 03-2816-1992.



Gambar 1. Material Yang Digunakan

### 2.3. Tahap pembuatan sampel pengujian

Pada tahapan ini dibagi menjadi beberapa bagian pelaksanaan penelitian diantaranya:

1. Tahap perencanaan campuran beton (*Job Mix*) Setelah melaksanakan pengujian properties material, langkah selanjutnya adalah penentuan komposisi campuran untuk beton  $f'c$  40 mpa berdasarkan [13] SNI 03-2834-2000. Untuk jumlah bahan tambah yang digunakan, terlebih dahulu dilakukan pengujian waktu ikat awal semen dengan dosis yang disarankan untuk penggunaan bahan tambah yaitu 0,2% – 0,6% dari berat semen. Hasil dari pengujian waktu ikat semen dan bahan tambah ini yang akan dipakai untuk menentukan jumlah bahan tambah yang digunakan. Untuk Grolen Hp19R dosis penggunaan adalah 0,4%. Tabel 1 menjelaskan komposisi campuran beton yang digunakan untuk mutu  $f'c$  40 Mpa. Tabel 2 menjelaskan jumlah sampel pengujian waktu ikat semen dan bahan tambah.
2. Pembuatan sampel pengujian. Pada tahap ini dibuat beberapa variasi campuran untuk mengetahui pengaruh penggunaan dua zat aditif terhadap campuran beton. Untuk mengetahui pengaruh penundaan waktu pematatan terhadap campuran beton tersebut, campuran beton dalam molen dibiarkan berputar (mengaduk) selama waktu penundaan yang ditentukan. Variasi waktu penundaan dipilih menggunakan [14] SNI 03-2495-1991 yaitu 60, 90 dan 120 menit. Sampel yang dibuat adalah silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Detail jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 1 Komposisi Campuran Beton

Uraian	Semen (KG)	Air (KG)	Agregat Kasar (KG)	Agregat Halus (KG)	Sika Plastocrete RT-6 Plus (ml)	Grolen Hp19R (ml)
<b>Beton f'c 40 Mpa</b>	554,05	220	969,8	592,415	1662,1	2216,2

Tabel 2 Jumlah Sampel Pengujian Waktu Ikat Semen Dan Bahan Tambah

Nama Sampel	Jumlah sample
Semen (S)	1
Semen + Sika Plastocrete 0,2% (S+SP 0,2)	1
Semen + Sika Plastocrete 0,3% (S+SP 0,3)	1
Semen + Sika Plastocrete 0,4% (S+SP 0,4)	1
Semen + Sika Plastocrete 0,5% (S+SP 0,5)	1
Semen + Sika Plastocrete 0,6% (S+SP 0,6)	1
Semen + Sika Plastocrete 0,3% + Grolen 0,4% (S+SP 0,3+ GR 0,4)	1

Tabel 3 Detail Jumlah Sampel Pengujian Kuat Tekan Beton

Nama sampel	Variasi penundaan waktu (menit)				Total
	0'	60'	90'	120'	
Beton Normal (BN)	5	5			10
Beton Normal + Sika Plastocrete (BN+ SP)	5	5	5	5	25
Beton Normal + Sika Plastocrete + Grolen Hp19R (BN+SP+GR)	5	5	5	5	25
Beton Normal + Grolen Hp19R (BN+GR)	5	5	5	5	25
Jumlah Total Sampel					85

### 2.3. Tahap pengujian sampel

Pengujian yang dilakukan terdiri dari beberapa pengujian diantaranya, pengujian *slump*, pengujian kuat tekan beton. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan SNI 1972:2008 untuk *slump* pada beton normal dan *slump flow* untuk beton yang ditambahkan zat aditif Sika Plastocrete RT-6 Plus maupun Grolen Hp19R. Pengujian yang terakhir adalah pengujian kuat tekan beton, yang dilakukan sesuai dengan SNI 03-1974-2011. Gambar 2 menampilkan dokumentasi saat pengujian berlangsung.



Gambar 2 Pengujian Yang Dilakukan

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan diuraikan hasil penelitian meliputi pengujian waktu ikat semen, pengujian *slump*, pengujian berat isi dan pengujian kuat tekan beton.

#### 3.1. Waktu ikat (*Setting time*)

Untuk menentukan dosis penggunaan *retarder* yang tepat maka dilakukan pengujian waktu ikat semen dengan variasi tambahan Sika Plastocrete RT-6 Plus. Pada Gambar 4 menampilkan hasil pengujian waktu ikat awal dan waktu ikat akhir semen dan semen dengan variasi zat aditif.

Dari Gambar 4 diketahui bahwa variasi semen dan Sika Plastocrete RT-6 Plus 0,3% (S+SP 0,3) memiliki nilai waktu ikat awal dan waktu ikat akhir yang lebih besar dibandingkan dengan variasi Plastocrete RT-6 Plus yang lain. Sehingga dipilih pemakaian Plastocrete RT-6 Plus dosis 0,3% untuk kemudian digabungkan dengan Grolen Hp19R. Untuk variasi S+GR 0,4 waktu ikat yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan variasi S+SP 0,3. Tetapi pada variasi kombinasi Plastocrete RT-6 Plus dan Grolen Hp19R (S+SP 0,3+ GR 0,4) waktu ikat awal dan waktu ikat akhir lebih besar jika dibandingkan dengan semua variasi. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua aditif tersebut dapat meningkatkan waktu ikat (*setting time*).

### 3.2. Pengujian Slump

Nilai *slump* diperlukan untuk mengetahui tingkat keenceran dalam pengadukan beton. Semakin rendah nilai *slump*, maka menunjukkan bahwa adukan tersebut semakin kental dan sebaliknya, semakin tinggi nilai *slump*, maka menunjukkan semakin encer adukan yang terjadi atau dalam arti kata akan semakin mudah untuk mengerjakan. Pengujian *slump* untuk pencampuran beton normal memiliki nilai yang ditetapkan (60-180) mm. Untuk *Slump Flow* pada pencampuran beton variasi memiliki nilai yang ditetapkan (500-700) mm.

Dari Tabel 3 diketahui bahwa nilai *slump* beton sangat bervariasi, berkisar antara 12 mm sampai dengan 570 mm. Untuk beton normal terjadi penurunan nilai *slump* yang signifikan yaitu 78,18% ketika mengalami penundaan waktu selama 60 menit. Pada variasi beton yang lain juga mengalami penurunan nilai *slump* seiring dengan pertambahan penundaan waktu pematatan. Hal ini mengindikasikan bahwa penundaan waktu pematatan dapat menurunkan nilai *slump*.

Untuk beton yang hanya menggunakan Sika Plastocrete RT-6 Plus (BN+SP) nilai *slump* yang diperoleh lebih kecil jika dibandingkan dengan *slump* beton normal (BN). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [1], Dimana seiring dengan pertambahan jumlah Sika Plastocrete RT-6 Plus terjadi penurunan nilai *slump*. Penurunan nilai *slump* pada BN+SP ketika mengalami waktu penundaan tidak se-signifikan jika dibandingkan penurunan nilai *slump* pada sampel BN. Hal ini menunjukkan bahwa Sika Plastocrete RT-6 Plus dapat berfungsi sebagai *retarder* untuk campuran beton.

Pada beton yang ditambahkan dengan Grolen Hp19R nilai *slump flow* yang diperoleh cukup besar yaitu 545 mm. Hal ini menunjukkan bahwa Grolen Hp19R dapat berfungsi sebagai superplastisizer yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan. Seiring dengan pertambahan waktu penundaan pematatan beton nilai *slump* pun terus menurun.

Untuk beton dengan kombinasi dua aditif, memiliki nilai *slump flow* terbesar pada menit ke 0, bahkan lebih besar jika dibandingkan dengan BN+GR. hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua zat aditif ini dapat meningkatkan nilai *slump*. Seiring dengan pertambahan penundaan waktu nilai *slump* terus menurun, tetapi penurunan nilai *slump* pada variasi ini lebih kecil jika dibandingkan dengan BN+GR atau BN+SP.

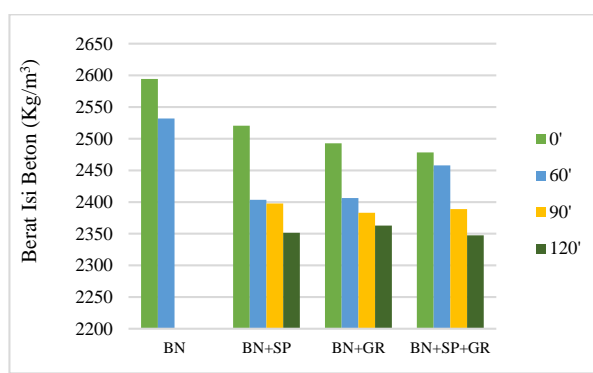
### 3.3. Berat Isi Beton

Berat per volume (berat isi) beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton itu sendiri. Berat per volume (berat isi) beton berpengaruh pada kepadatan beton. Semakin besar nilai berat isi beton maka semakin padat beton tersebut sehingga porositas beton akan berkurang [15]. Berikut data hasil rata-rata berat per volume (berat isi) beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

Dari Gambar 3 diketahui bahwa rata-rata berat isi beton yang di uji berkisar antara 2300– 2550 kg/m<sup>3</sup> untuk beton f'c 40 mpa umur 28 hari. Jika dibandingkan dengan rata-rata berat isi beton normal, rata-rata berat isi beton yang ditambahkan Sika Plastocrete RT-6 Plus dan Grolen Hp19R memiliki berat isi yang lebih kecil dari beton normal. Seiring dengan bertambahnya waktu penundaan pematatan, nilai berat isi mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa penundaan waktu pematatan dapat menurunkan nilai berat isi beton. Penurunan nilai ini bisa disebabkan karena terjadi proses penguapan air, seperti panas berlebih, sehingga beton mengalami kehilangan kelembapan.

### 3.4. Kuat Tekan Beton

Detail hasil pengujian kuat tekan beton untuk umur 28 hari pada semua variasi beton dapat dilihat pada Tabel 4.



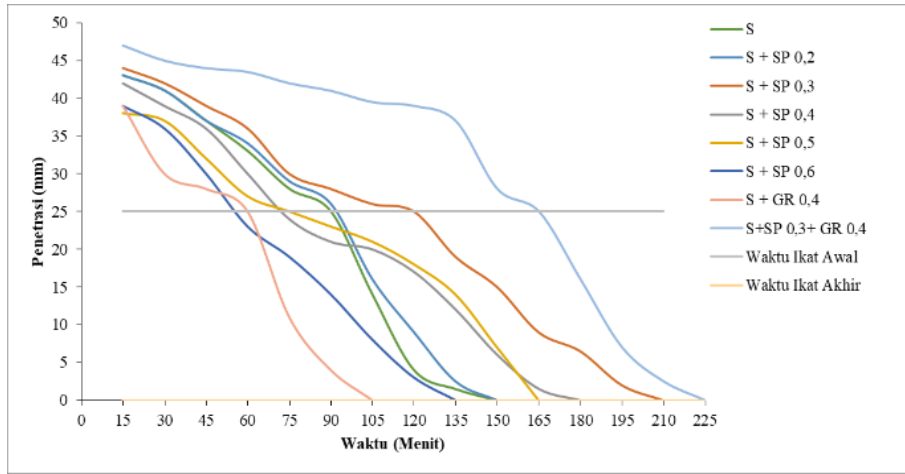
Gambar 3. Hasil Pengujian Berat Isi Beton

Dari Tabel 4 diketahui bahwa nilai kuat tekan beton yang ditambahkan zat aditif mempunyai nilai yang sangat beragam. Pada dosis zat aditif tertentu nilai kuat tekan beton akan lebih besar dari beton normal atau lebih kecil dari beton normal. Penambahan Sika Plastocrete RT-6 Plus dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton pada waktu penundaan 0 menit dan waktu penundaan 60 menit, hal ini sejalan dengan hasil penelitian [3]. Pada variasi beton dengan penambahan Grolen Hp19R (sample BN+GR) nilai kuat tekan beton lebih kecil jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal (sampel BN). Hal ini mungkin disebabkan karena campuran beton BN+GR ini mengalami bleeding atau terpisahnya air semen dengan agregat seperti yang terlihat pada Gambar 2. Selain itu penggunaan Grolen Hp19R harusnya dibarengi dengan pengurangan jumlah air karena Grolen HP19R bersifat *Water Reducing*.

Pada sampel BN+SP+GR, variasi penundaan waktu pematatan 60 menit memiliki kuat tekan yang lebih besar dari sampel BN dan sampel BN+SP. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua aditif tersebut dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton pada variasi penundaan waktu pematatan 60 dan 90 menit. Artinya kombinasi dua aditif tersebut dapat meningkatkan penundaan waktu pematatan (waktu ikat awal) beton tanpa mengurangi kuat tekan beton.



Dari Gambar 5 diketahui bahwa pada variasi penundaan meningkatnya penundaan waktu pematatan dapat 90 dan 120 menit, mengalami penurunan kuat tekan menurunkan nilai kuat tekan beton, hal ini serupa dengan beton jika dibandingkan dengan beton tanpa waktu hasil penelitian [1]. penundaan (0 menit). Artinya, seiring dengan



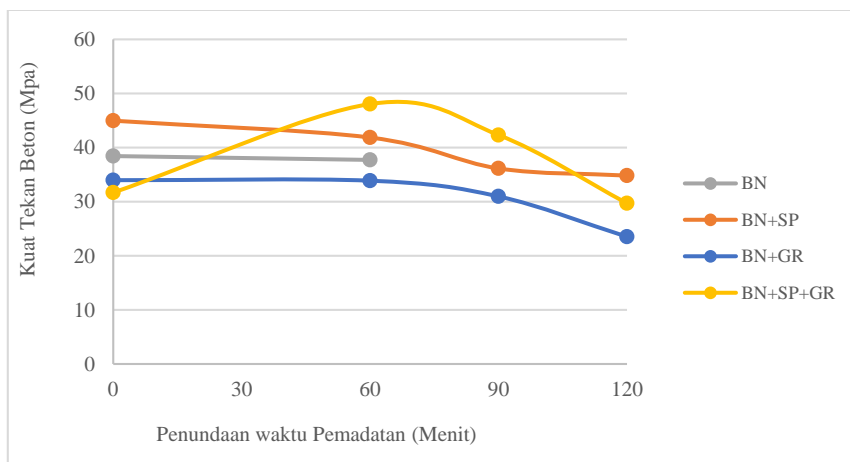
Gambar 4. Hasil Pengujian Waktu Ikut Semen

Tabel 3 Hasil Pengujian Slump

Nama sampel	Nilai Slump (mm)				Perbandingan terhadap menit 0 (%)		
	0'	60'	90'	120'	60'	90'	120'
BN	55	12	-	-	78,18		
BN+ SP	50	30	25	15	40	50	70
BN+GR	545	365	290	170	33,03	46,79	68,81
BN+SP+GR	570	495	415	340	13,16	27,19	40,35

Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Nama sampel	Kuat tekan (Mpa)			
	0'	60'	90'	120'
BN	38.43	37.71	-	-
BN+SP	44.96	41.85	36.15	34.83
BN+SP+GR	31.68	48.04	42.31	29.70
BN+GR	33.97	33.88	30.97	23.52



Gambar 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kombinasi penggunaan *retarder* seperti Sika Plastocrete RT-6 Plus dengan high range water reducing admixture seperti Grolen HP19R dapat membantu mengatasi masalah penurunan nilai slump akibat penundaan waktu pemadatan pada pekerjaan pengecoran beton mutu F'c 40 MPa. Penambahan aditif ini tidak hanya meningkatkan *workability*, tetapi juga memperpanjang *setting time* serta memperbaiki kuat tekan beton, khususnya pada variasi penundaan waktu pemadatan 60 dan 90 menit.

#### Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Politeknik Negeri Bengkalis melalui hibah PNBPN internal tahun anggaran 2024, yang telah mendukung penelitian ini secara finansial. Selain itu juga ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PT.Dumai Jaya Beton yang telah mensponsori material Sika Plastocrete RT-6 Plus.

#### Daftar Rujukan

- [1] T. Anon, M. Jammal, J. Nurdiana, and A. M. Ghulam, "the Effect of the Combination Additive Admixtures To Increase Setting Time and Compressive Strength At the Concrete Casting in Warm Tropical Temperature," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 4, pp. 61–72, 2020, doi: 10.34218/ijciet.11.4.2020.006.
- [2] M. Djamal, J. Nurdiana, and A. Mirza Ghulam, "The Effect of Plastocrete® RT6 Plus and Coca-Cola Admixtures on The Concrete Setting Time and Strength," no. January, pp. 1–11, 2020, doi: 10.20944/preprints202001.0094.v1.
- [3] B. P. Mulawarman, T. Rahman, and F. N. Abdi, "Studi Efek Penambahan Plastocrete RT6 Plus Terhadap Mutu Beton pada Pengecoran yang Mengalami Penundaan dengan Mempertahankan Nilai Slump," *Pros. Semin. Nas. V*, pp. 9–17, 2019.
- [4] S. Alsadey and S. Mohamed, "Evaluation of the superplasticizer effect on the workability and strength of concrete," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 1, p. 198, 2020, doi: 10.14419/ijet.v9i1.29909.
- [5] P. G. Tabaiyan MFY, "Pengaruh Penambahan Zat Aditifgrolen HP10+ dan Additon HE Water Reducing Retarding Admixture Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton," *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2023*, 2023.
- [6] F. M. Dewi *et al.*, "J-RITEKS Jurnal Riset Teknik Sipil dan Sains <https://jurnal.poliwangi.ac.id/index.php/Jriteks> *J-RITEKS Jurnal Riset Teknik Sipil dan Sains*," vol. 1, no. 1, pp. 20–27, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.poliwangi.ac.id/index.php/Jriteks>
- [7] SNI-03-1968-1990, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar," *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–5, 1990.
- [8] SNI 03-1971-1990, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat," *Badan Standarisasi Nas.*, vol. 27, no. 5, p. 6889, 1990.
- [9] SNI-03-1970-1990, "Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus," *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–17, 1990.
- [10] SNI 03-4804-1998, "Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat," *Pustran Balitbang PU*, pp. 1–6, 1998.
- [11] SNI 15-2531-1991, "Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland," *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 1–2, 1991.
- [12] SNI 03-2816-1992, "Metode Pengujian Kadar Zat Organik Agregat Halus," *Badan Stand. Nas.*, vol. 4, pp. 2–3, 1992.
- [13] SNI 2834-2000, "Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal," *Badan Standar Nas. Indones.*, vol. 3, p. 2834, 2000.
- [14] SNI 03-2495, "Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton," *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 1–11, 1991.
- [15] M. Dzikri and M. Firmansyah, "Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya," *J. Rekayasa Tek. Sipil*, pp. 1–9, 2018.