

## ANALISIS SIFAT FISIS DAN MEKANIK PADA BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *ADMIXTURE FOSROC SP310*

<sup>\*</sup>Dimas Agus Aryanto<sup>1</sup>, Kusdiman Joko Priyanto<sup>1</sup>, Kukuh Kurniawan Dwi Sungkono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta

<sup>\*</sup>Email : [dimasagusa588@gmail.com](mailto:dimasagusa588@gmail.com)

### ABSTRACT

*Concrete is a primary construction material widely used across the world. It is a composite material composed of sand, gravel (coarse aggregate), Portland cement, and water. To improve its quality and accelerate the hardening process, additives are often incorporated. One such additive is Fosroc SP310, a type of superplasticizer. This admixture enhances concrete performance and reduces the risk of structural damage due to corrosion. This study investigates the effect of various dosages of Fosroc SP310—0.5%, 1%, 1.2%, and 1.5% by weight of cement. A total of 60 cylindrical specimens measuring 10 cm × 20 cm were prepared for compressive strength testing at curing ages of 3, 7, 14, and 28 days. The results show that normal concrete exhibited a compressive strength ranging from 24.60 MPa (14 days) to 48.44 MPa (3 days). With 0.5% admixture, strength ranged from 25.46 MPa (7 days) to 47.05 MPa (3 days). At 1%, values ranged from 23.15 MPa to 48.44 MPa. The 1.2% dosage yielded the highest strength: 54.26 MPa (14 days) and 41.80 MPa (28 days), compared to 29.71 MPa for normal concrete at 28 days. It can be concluded that the 1.2% dosage is most effective in enhancing compressive strength.*

**Keywords :** Physical Properties, Mechanical Properties, Concrete, Admixture, Fosroc SP310

### ABSTRAK

Beton merupakan material utama dalam konstruksi yang digunakan secara luas di seluruh dunia. Beton adalah bahan komposit yang terdiri dari campuran pasir, kerikil (agregat kasar), semen portland, dan air. Untuk meningkatkan mutu dan mempercepat proses pengerasan, ditambahkan zat additive, salah satunya Fosroc SP310, jenis superplastisizer. Bahan tambah ini mampu meningkatkan kinerja beton dan mengurangi risiko kerusakan akibat korosi. Penelitian ini menggunakan variasi dosis Fosroc SP310 sebesar 0,5%, 1%, 1,2%, dan 1,5%. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan benda uji silinder berukuran 10 cm × 20 cm sebanyak 60 sampel. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Hasil menunjukkan beton normal memiliki kuat tekan minimum 24,60 MPa (14 hari) dan maksimum 48,44 MPa (3 hari). Dengan 0,5% admixture, kuat tekan berkisar antara 25,46 MPa (7 hari) hingga 47,05 MPa (3 hari). Pada variasi 1%, nilai berkisar 23,15–48,44 MPa. Admixture 1,2% menghasilkan nilai tertinggi, yaitu 54,26 MPa (14 hari) dan 41,80 MPa (28 hari). Sebagai perbandingan, beton normal hanya mencapai 29,71 MPa pada 28 hari. Dapat disimpulkan bahwa dosis 1,2% paling efektif meningkatkan kuat tekan beton.

**Kata Kunci :** Sifat Fisis, Sifat Mekanik, Beton, *Admixture*, Fosroc SP310

## 1. PENDAHULUAN

Beton adalah bahan komposit yang terdiri dari campuran pasir dan krikil, atau agregat kasar, yang diikat dengan semen portland dan air. Salah satu keistimewaan beton adalah kemudahan dalam pembentukannya sesuai dengan desain yang diinginkan. Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan yang baik dalam jangka panjang dengan perawatan yang sederhana, serta relatif ekonomis karena memanfaatkan bahan-bahan lokal.

Penambahan zat *additive* yang digunakan berfungsi untuk meningkatkan mutu dan mempercepat proses pengerasan dalam pembuatan beton dan zat *additive* tersebut yaitu *Superplasticizer Fosroc Auracast Sp310*. *Superplasticizer Fosroc Auracast Sp310* adalah superplasticizer admixture yang bebas klorida dan berbasis polimer *naphthalene sulfonat* yang sangat efektif dalam mengurangi porositas, meningkatkan kekuatan beton, meningkatkan ketahanan terhadap korosi, dan mengurangi waktu pengerasan, kombinasi unik yang menggabungkan generasi baru polycarboxlate polimer zat *additive* ini dirancang untuk memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *superplasticizer* konvensional. 1.) Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan tambah (*admixture*) *Fosroc Auracast Sp310* terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah (*admixture*) *Fosroc Auracast Sp310* yang di tambahkan untuk mencapai kuat tekan maksimum beton. Menganalisa hasil kuat tekan beton menggunakan bahan tambah (*admixture*) berupa *Fosroc Auracast Sp310*. 2.) Mengetahui kadar penambahan bahan tambah Fosroc Auracast SP310 dengan presentase 0,5%, 1%, 1,2%, 1,5% dapat mempercepat umur beton.

### Beton

Dalam Standar Nasional Indonesia SNI 03-2847-2002 beton didefinisikan sebagai bahan yang dapat dicampurkan dengan semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air baik dengan maupun tanpa bahan tambahan, untuk membentuk massa padat. Seiring berjalannya waktu, beton akan semakin mengeras dan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya tekan yang sangat baik, oleh karena

itu penggunaan beton sangat luas terutama dalam pemilihan jenis struktur untuk bangunan, jembatan, dan jalan.

### **Fosroc SP310**

*Fosroc Auracast Sp310* adalah salah satu jenis zat *additive* yang di kenal sebagai *superplasticizer*. *Superplasticizer* ini dapat dijadikan sebagai bahan tambah campuran beton, karena mampu meningkatkan beton, mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat korosi. *Fosroc Auracast Sp310* merupakan cairan berwarna kuning dan memiliki aroma menyengat.

### **Material penyusun beton SCC**

#### **1. Semen Portland**

Semen portland adalah jenis semen hidrolis yang dihasilkan melalui proses penghalusan klinker, yang terutama terdiri dari silikat kalsium bersifat hidrolis, dengan tambahan gips. Semen ini merupakan bahan pengikat yang sangat penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik. Di seluruh dunia, terdapat berbagai semen, jika dimana masing-masing memiliki kegunaan tertentu sesuai dengan sifat khusus yang dimilikinya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu, semen juga berperan dalam mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

#### **2. Agregat**

Agregat halus adalah butiran yang memiliki kehalusan 2 mm-5 mm yang berbutir halus. Agregat halus mempunyai ukuran butiran maksimum 4,75 mm lolos saringan no. 4. Agregat kasar adalah material berupa batu pecah/belah yang dihasilkan dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 10 mm sampai 20 mm.

#### **3. Air**

Air pada campuran beton berfungsi sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen dengan tujuan agar mudah dikerjakan dengan tetap menjaga tingkat workability campuran beton. Air juga berfungsi untuk membantu reaksi kimia yang terjadi dalam proses pengikatan. Air mengandung senyawa yang dapat mempengaruhi kualitas beton, maka diperlukan standar untuk kualitas air.

#### **4. Superplasticizer Fosroc SP310**

*Fosroc Sp310* adalah salah satu jenis zat *additive* yang di kenal sebagai *superplasticizer*. *Superplasticizer* ini dapat dijadikan sebagai bahan tambah campuran beton, karena mampu meningkatkan beton, mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat korosi. *Fosroc Auracast Sp310* merupakan cairan berwarna kuning dan memiliki aroma menyengat.

### **Perawatan curing**

Setelah melalui proses pengadukan, beton yang mengandung zat *additive Fosroc SP310* ini dapat mengeras dalam waktu beberapa menit. Setelah 24 jam, sampel beton dapat dikeluarkan dari cetakan dan dimasukkan ke dalam bak perendaman yang berisi air untuk perawatan. Sampel beton tersebut akan diambil dari bak perendaman untuk diuji kekuatan tekan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh dan kuat tekan penambahan zat *additive Sp310* berdasarkan variasi umur terhadap kuat tekan beton di Laboratorium Universitas Tunas Pembangunan Surakarta Jl. Walanda Maramis No. 31, Nusukan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57135

Tahapan persiapan mencakup kegiatan kajian pustaka dan penentuan masalah. Studi literatur mencakup serangkaian aktivitas mencari dan menganalisis sumber-sumber yang relevan serta dapat dipercaya untuk mengumpulkan materi acuan dalam penelitian ini. Literatur yang digunakan terdiri dari buku-buku dan jurnal ilmiah mengenai beton SCC yang menggunakan *Superplasticizer*, serta metode perawatan terhadap kekuatan tekan beton. Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengujian bahan, digunakan data sekunder yang dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama.

### **Bahan uji**

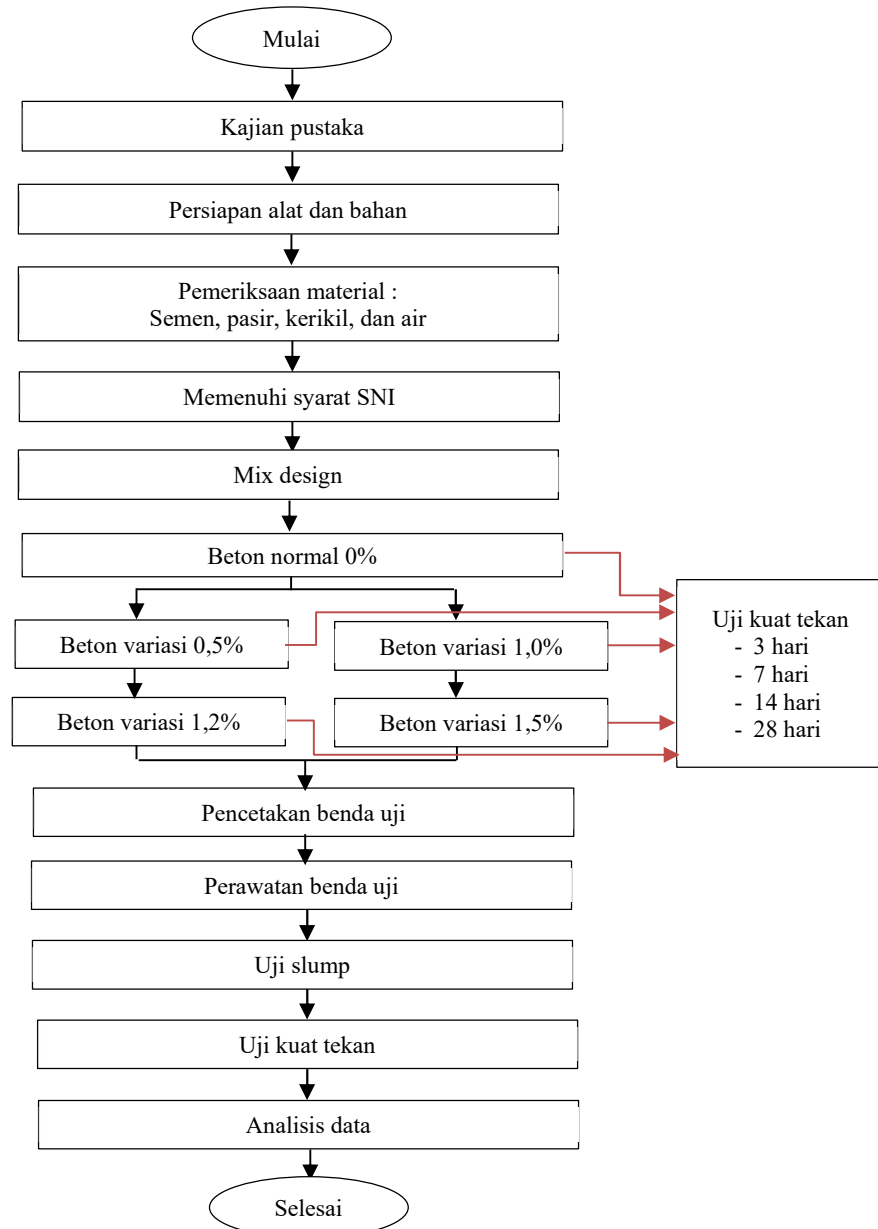
Bahan uji yang digunakan pada penelitian ini antara lain portland composite cement merk Gresik, *Superplasticizer* type Fosroc SP310, agregat Halus alami lolos ayakan maksimum 4,75 mm, agregat kasar alami yang berukuran max 20 mm, dan air PDAM UTP Surakarta kampus 2.

## Benda uji

Benda uji pada penelitian ini dibuat dengan cetakan berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. pada penelitian ini menggunakan variasi fosroc SP310 dengan presentase 0%, 0,5%, 1%, 1,2%, 1,5%, dan akan diuji kekuatan kuat tekan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari dengan metode perawatan yaitu perendaman.

## Tahap penelitian

Tahapan penelitian ini ditampilkan pada diagram alir Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

## 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Hasil pengujian pasir

Berikut ini adalah hasil dari pengujian pasir/agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton:

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butiran	2,47	1,5 % - 3,8 %	Memenuhi Syarat
2	Pengujian Kadar Air	4,3	3 % - 5 %	Memenuhi Syarat
3	Berat Jenis	2,74	1,6 % - 3,3 %	Memenuhi Syarat
4	Penyerapan	3,63	3 % - 5 %	Memenuhi Syarat
5	Kadar Lumpur	2	Kurang dari 5 %	Memenuhi Syarat

### Hasil pengujian krikil

Berikut ini adalah hasil dari pengujian krikil/agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton:

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butiran	6,9	6,0 % - 7,1 %	Memenuhi Syarat
2	Pengujian Kadar Air	2,87	0,2 % - 4,0 %	Memenuhi Syarat
3	Berat Jenis	2,67	Min 2,4 %	Memenuhi Syarat
4	Penyerapan	1,95	Max 4 %	Memenuhi Syarat
5	Kadar Lumpur	0,025	Kurang dari 1 %	Memenuhi Syarat

### Hasil pengujian slump flow

Salah satu parameter dari beton SCC yaitu nilai slump flow. Dari pembuatan campuran adukan beton akan diperoleh nilai slump flow yang diperlukan untuk mengetahui tingkat workabilitas campuran beton. Hasil pengujian slump flow dari beton SCC pada penelitian ini telah disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Hasil Slump Flow

Sampel	d1	d2	SF	Target
S01	600 mm	624 mm	612 mm	600 mm – 800 mm
S02	620 mm	650 mm	635 mm	600 mm – 800 mm
S03	650 mm	670 mm	660 mm	600 mm – 800 mm
S04	640 mm	660 mm	650 mm	600 mm – 800 mm
S05	660 mm	690 mm	675 mm	600 mm – 800 mm

### Hasil pengujian kekuatan tekan beton normal dan dengan bahan tambah Fosroc SP310

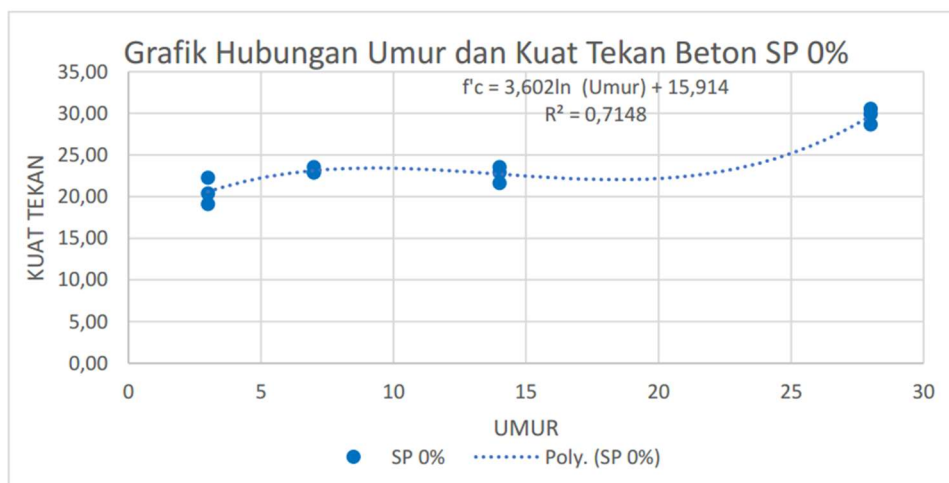
Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM) ketika beton telah mencapai umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian kekuatan beton dengan variasi *Superplasticizer* presentase 0%, 0,5 %, 1 %, 1,2 %, dan 1,5 % dapat dilihat pada tabel berikut.

#### 1. Beton normal

Pengujian beton dilaksanakan dengan menggunakan wadah silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Uji coba kekuatan tekan dilaksanakan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan. Uji ini dilaksanakan dengan menggunakan Mesin Uji Kompresi. Data hasil pengujian kekuatan tekan beton diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 4.** Hasil Kuat Tekan Beton Normal

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	B1	3 hari	3,78	19,10	20,58
2	B2	3 hari	3,70	20,37	
3	B3	3 hari	3,70	22,28	
4	B1	7 hari	3,82	22,92	23,13
5	B2	7 hari	3,80	22,92	
6	B3	7 hari	3,72	23,55	
7	B1	14 hari	3,84	21,65	22,71
8	B2	14 hari	3,80	23,55	
9	B3	14 hari	3,74	22,92	
10	B1	28 hari	3,74	28,65	29,71
11	B2	28 hari	3,70	29,92	
12	B3	28 hari	3,68	30,56	



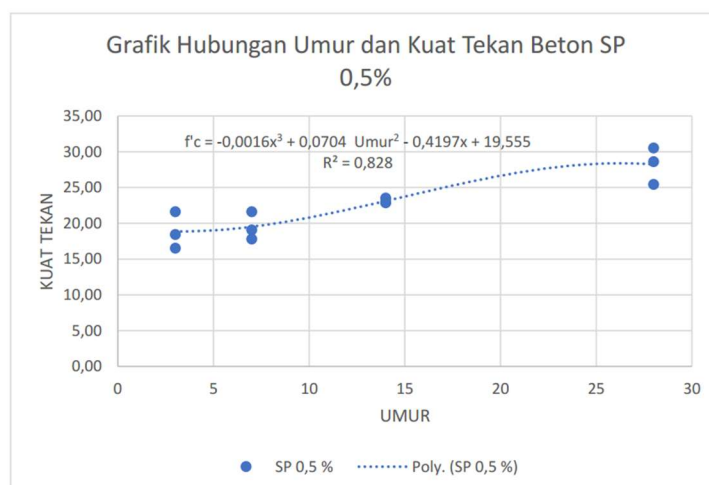
Gambar 2. Diagram Analisis Kuat Tekan Beton Normal

## 2. Beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 0,5 %

Pengujian beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 0,5 % dilaksanakan dengan menggunakan wadah silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Uji coba kekuatan tekan dilaksanakan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan. Uji ini dilaksanakan dengan menggunakan Mesin Uji Kompresi. Data hasil pengujian kekuatan tekan beton diperoleh sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 0,5 %

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	BS 0,5 1	3 hari	3,80	16,55	18,89
2	BS 0,5 2	3 hari	3,80	18,46	
3	BS 0,5 3	3 hari	3,84	21,65	
4	BS 0,5 1	7 hari	3,80	17,83	19,52
5	BS 0,5 2	7 hari	3,72	19,10	
6	BS 0,5 3	7 hari	3,76	21,65	
7	BS 0,5 1	14 hari	3,84	22,92	23,13
8	BS 0,5 2	14 hari	3,80	23,55	
9	BS 0,5 3	14 hari	3,84	22,92	
10	BS 0,5 1	28 hari	3,74	25,46	28,22
11	BS 0,5 2	28 hari	3,82	30,56	
12	BS 0,5 3	28 hari	3,80	28,65	



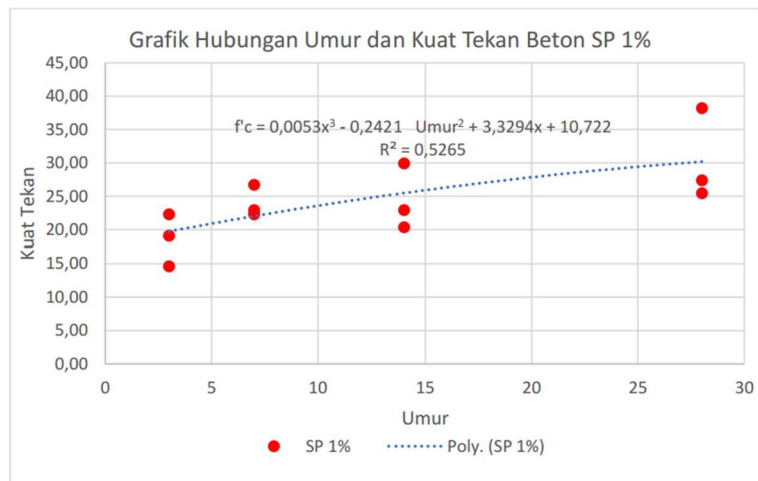
Gambar 3. Diagram Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 0,5 %

### 3. Beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 1 %

Pengujian beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 1 % dilaksanakan dengan menggunakan wadah silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Uji coba kekuatan tekan dilaksanakan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan. Uji ini dilaksanakan dengan menggunakan Mesin Uji Kompresi. Data hasil pengujian kekuatan tekan beton diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 6.** Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 1 %

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	BS 1 1	3 hari	3,72	14,64	18,67
2	BS 1 2	3 hari	3,74	19,10	
3	BS 1 3	3 hari	3,76	22,28	
4	BS 1 1	7 hari	3,76	22,92	23,98
5	BS 1 2	7 hari	3,80	26,74	
6	BS 1 3	7 hari	3,75	22,28	
7	BS 1 1	14 hari	3,82	22,92	24,40
8	BS 1 2	14 hari	3,80	20,37	
9	BS 1 3	14 hari	3,84	29,92	
10	BS 1 1	28 hari	3,76	27,32	30,35
11	BS 1 2	28 hari	3,82	25,46	
12	BS 1 3	28 hari	3,80	38,20	



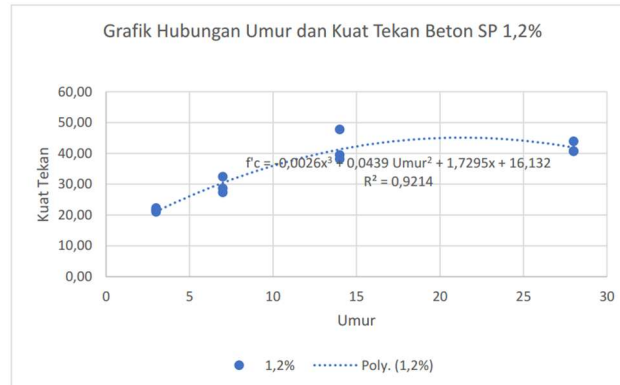
**Gambar 4.** Diagram Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 1 %

### 4. Beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 1,2 %

Pengujian beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 1,2 % dilaksanakan dengan menggunakan wadah silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Uji coba kekuatan tekan dilaksanakan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan. Uji ini dilaksanakan dengan menggunakan Mesin Uji Kompresi. Data hasil pengujian kekuatan tekan beton diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 7.** Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 1,2 %

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	BS 1 1	3 hari	3,62	22,28	21,65
2	BS 1 2	3 hari	3,76	21,65	
3	BS 1,2 3	3 hari	3,74	21,01	
4	BS 1,2 1	7 hari	3,68	27,37	29,50
5	BS 1,2 2	7 hari	3,70	28,65	
6	BS 1,2 3	7 hari	3,75	32,47	
7	BS 1,2 1	14 hari	3,84	47,75	41,80
8	BS 1,2 2	14 hari	3,68	38,20	
9	BS 1,2 3	14 hari	3,70	39,47	
10	BS 1,2 1	28 hari	3,78	43,93	41,80
11	BS 1,2 2	28 hari	3,76	40,74	
12	BS 1,2 3	28 hari	3,7	40,74	



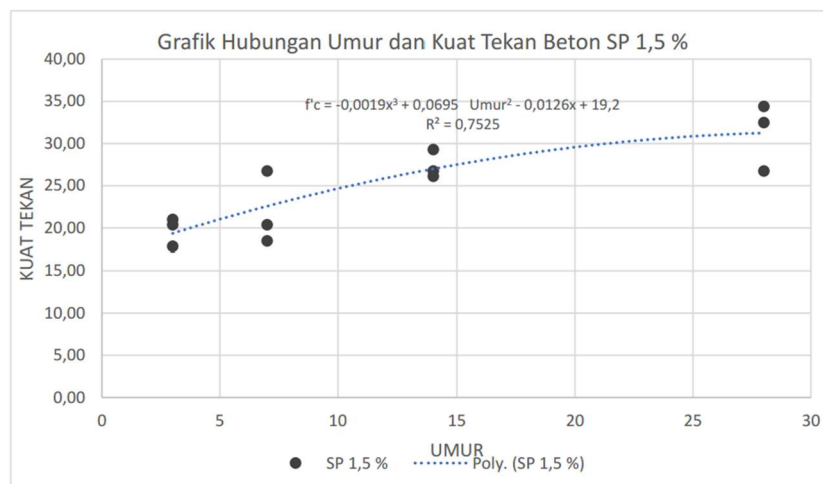
**Gambar 5.** Diagram Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 1,2 %

### 5. Beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 1,5 %

Pengujian beton dengan bahan tambah Fosroc SP310 sebesar 1,5 % dilaksanakan dengan menggunakan wadah silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Uji coba kekuatan tekan dilaksanakan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan nilai kuat tekan. Uji ini dilaksanakan dengan menggunakan Mesin Uji Kompresi. Data hasil pengujian kekuatan tekan beton diperoleh sebagai berikut.

**Tabel 8.** Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 1,5 %

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Beton (Kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	BS 1,5 1	3 hari	3,68	20,37	19,74
2	BS 1,5 2	3 hari	3,70	21,01	
3	BS 1,5 3	3 hari	3,68	17,83	
4	BS 1,5 1	7 hari	3,74	26,74	21,86
5	BS 1,5 2	7 hari	3,70	20,37	
6	BS 1,5 3	7 hari	3,52	18,46	
7	BS 1,5 1	14 hari	3,80	29,28	27,37
8	BS 1,5 2	14 hari	3,80	26,10	
9	BS 1,5 3	14 hari	3,76	26,74	
10	BS 1,5 1	28 hari	3,70	34,38	31,19
11	BS 1,5 2	28 hari	3,68	32,47	
12	BS 1,5 3	28 hari	3,58	26,74	



**Gambar 6.** Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Dengan Tambahan Fosroc SP310 Sebesar 1,5 %

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut.

- Nilai kuat tekan yang dihasilkan dengan penambahan Fosroc SP310 pada variasi 0%, 0,5%, 1%, 1,2%, dan 1,5% menunjukkan bahwa adanya *admixture* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan beton. Variasi 1,2% menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu 41,80 MPa pada umur 28 hari,

dibandingkan dengan beton normal tanpa admixture yang hanya mencapai 29,71 MPa.

- b. Penambahan bahan tambah Fosroc SP310 juga terbukti mempercepat umur beton. Hal ini terlihat dari capaian kuat tekan pada umur 7 hari, di mana beton dengan admixture 1,2% telah mencapai kekuatan 29,50 MPa, melebihi kuat tekan beton normal umur 28 hari. Artinya, beton dengan admixture Fosroc SP310 dapat mencapai kekuatan rencana lebih cepat dibandingkan beton normal, sehingga dapat mempercepat proses konstruksi yang membutuhkan kekuatan dini.

## DAFTAR PUSTAKA

Arman, A, A. O. (2021). Studi Eksperimental Efektifitas Penggunaan Zat Adiktif Fosroc SP 337 Pada Beton. *Vol. 4 No.2 Juni 2021*, 4, 1-6.

Rahmat, I. H. (2016). ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH REDUCED WATER DAN ACCELERATED ADMIXTURE. *Volume 17 No. 2 Desember 2016*, 17, 50-62.

Safrin Zuraidah, H. W. (2006). Pengaruh Gradasi Butiran Batu Pecah Terhadap Kekuatan Beton. *3 maret 2006*, 1-6. SNI. (2008). Cara Uji Berap Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *1970-2008*, 7-20.

Syafri Wardi, A. K. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF FOSROC CONPLAST R DAN FOSROC SP 337 TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN VARIASI KADAR AIR. *Volume 10 Nomor 1 Desember 2021*, 10, 10-16.

Frigione, M., & Aguiar, J. L. B. D. (2020). Innovative materials for construction. *Materials*, 13(23), 5448.

Pokorný, P., & Kouřil, M. (2024). Performa korosi yang diprediksi dari penguatan baja yang dilapisi silane organofungsional untuk struktur beton