

Pengaruh Penambahan Polycarboxylate Pada Beton Self Compacting Concrete Mutu 40 MPa Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Murniati Novem Wijaya Ningrum^{1*}, Abdul Halim², Candra Aditya³

¹PT. Mulia Surya Mahameru

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

*Email Korespondensi: novemwijaya70@gmail.com

ABSTRAK

Hasil dari beton bertulang dan non bertulang yang tidak sempurna pematatannya dapat menurunkan kuat tekan beton dan kedap-airan beton sehingga mudah terjadi korosi pada tulangan. Permasalahan tersebut bisa diselesaikan dengan menggunakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC), karena beton SCC mampu mengalir sendiri dan dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton SCC membutuhkan bahan zat aditif agar beton tersebut cair tanpa menambahkan air. Pada penelitian ini menggunakan zat aditif superplasticizer Polycarboxylate (Pce) dengan variasi penambahan 0%, 0,6%, 1,2%, 1,8% dan menggunakan mutu 30 MPa dan mutu 40 MPa. Hasil penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan Beton SCC mutu 30 MPa pada B 0,6% PCE sebesar 34,42 MPa. Nilai kuat tekan Beton SCC mutu 40 MPa, pada B 0,6% PCE sebesar 44,84 MPa. Nilai Modulus Elastisitas Beton SCC mutu 30 MPa, pada B 0,6% sebesar 65749,3 MPa. Beton SCC mutu 40 MPa, pada B 0,6% PCE modulus elastisitas yang terjadi sebesar 70163,5 MPa. Nilai optimum kuat tekan pada mutu 30 MPa dan mutu 40 MPa dengan maksimal penambahan *Polycarboxylate* sebesar 0,91% dan 0,94%. Nilai optimum modulus elastisitas pada mutu 30 MPa dan mutu 40 MPa dengan maksimal penambahan *Polycarboxylate* sebesar 0,9%. Hasil yang diperoleh dari analisis anova, penambahan polycarboxylate pada beton SCC mutu 30 MPa tidak berpengaruh terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas, sedangkan pada mutu 40 MPa berpengaruh terhadap kuat tekan dengan nilai $\alpha = 0,05 < P\text{-value} = 0,00000087$ dan modulus elastisitas dengan nilai $\alpha = 0,05 > P\text{-value} = 0,0045859$.

Kata Kunci: Beton SCC, *Polycarboxylate* (PCE), Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas.

ABSTRACT

Inadequate compaction of both reinforced and non-reinforced concrete can reduce the concrete's compressive strength and watertightness, making the reinforcement susceptible to corrosion. This problem can be resolved by using Self-Compacting Concrete (SCC), as SCC flows on its own and can be cast into formwork with minimal use of compaction equipment—or even without compaction at all. SCC requires additives to achieve a fluid consistency without adding water. In this study, a polycarboxylate (PCE) superplasticizer was used with addition levels of 0%, 0.6%, 1.2%, and 1.8%, for concrete grades of 30 MPa and 40 MPa. The results of this study showed that the compressive strength of 30 MPa-grade SCC concrete with 0.6% PCE was 34.42 MPa. The compressive strength of 40 MPa-grade SCC concrete with 0.6% PCE was 44.84 MPa. The modulus of elasticity for 30 MPa-grade SCC at 0.6% PCE was 65,749.3 MPa. For 40 MPa-grade SCC at 0.6% PCE, the modulus of elasticity was 70,163.5 MPa. The optimum compressive strength values for the 30 MPa and 40 MPa grades correspond to maximum polycarboxylate additions of 0.91% and 0.94%, respectively. The optimal values of the modulus of elasticity for 30 MPa and 40 MPa grades correspond to a maximum polycarboxylate addition of 0.9%. Results from the ANOVA analysis indicate that the addition of polycarboxylate to 30 MPa SCC concrete has no effect on compressive strength or the modulus of elasticity, whereas for the 40 MPa strength class, it affected the compressive strength with $\alpha = 0.05 < P\text{-value} = 0.00000087$ and the elastic modulus with $\alpha = 0.05 > P\text{-value} = 0.0045859$.

Keywords: SCC Concrete, *Polycarboxylate* (PCE), Compressive Strength and Modulus of Elasticity.

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan konstruksi beton, saat pemadatan sering dilakukan dengan cara seperti menggunakan alat penggetar atau alat penusuk. Hal ini dilakukan agar beton dapat lebih mudah untuk menjangkau bagian-bagian dari tulangan yang sulit dijangkau oleh campuran beton. Selain itu dengan adanya proses pemadatan, dapat diperoleh beton yang tidak terdapat rongga-rongga udara di dalam beton. Oleh karena itu, Penelitian yang akan dilakukan untuk menghadapi permasalahan tersebut adalah dengan menganalisis Beton Self Compacting Concrete (SCC) dengan penambahan superplasticizer Polycarboxylate (Pce). Diharapkan dengan menggunakan superplasticizer Polycarboxylate (Pce) dapat mengabsorpsi kadar air yang terkandung di dalam campuran beton dan dapat membuat campuran beton menjadi encer. Sehingga beton dapat mudah didistribusikan dan dipadatkan. Ditinjau dari penelitian sebelumnya bahwa penambahan superplasticizer di atas 2,5% sebaiknya di hindari karena tidak efektif terhadap kemampuan mereduksi air sehingga akan menimbulkan efek negative seperti segregation dan bleeding. Pada penelitian ini penambahan superplasticizer (PCE) ada 4 variasi yaitu 0%, 0,6%, 1,2% dan 1,8% dari berat semen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton dalam Bahasa Inggris disebut “Concrete”. Concrete berasal dari Bahasa latin yaitu “Concretus” yang artinya padat. Dalam Standar Nasional Indonesia (SKSNI T_15_1991_03,) beton didefinisikan sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat kasar, agregat halus dan air atau dengan bahan tambahan hingga membentuk massa padat [1], [2], [3].

2.2 Beton Self Compacting Concrete (SCC)

Menurut (The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use “The European Guidelines for Self Compacting Concrete,” 2005) adalah sebuah inovasi beton yang tidak memerlukan alat penggetar untuk mengisi ruang dan memadat. Beton SCC dapat mengalir dengan beratnya sendiri untuk memenuhi bekisting atau cetakan secara merata hingga mencapai kepadatan yang sempurna, bahkan bisa digunakan dengan desaintulangan yang rapat [4]. Beton SCC dapat mengalir sendiri dengan cepat sehingga dapat mempercepat pekerjaan pengecoran. Beton SCC memiliki porsi komponen halus lebih banyak serta ukuran agregat kasar yang lebih kecil dengan porsi yang lebih sedikit dibandingkan dengan beton konvensional. Komponen halus ini yang akan mengurangi segregasi dan meningkatkan kohesivitas campuran [5], [6].

2.3 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan salah satu admixture tambahan yang digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi. Superplasticizer memiliki sifat-sifat antara lain menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen untuk menghasilkan daya ikat antar partikel yang lebih kuat [7], [8]. Pada penelitian ini menggunakan superplasticizer polycarboxylate (PCE) (Gambar 1) adalah superplasticizer yang paling efektif. PCE mampu untuk mengurangi kadar air sampai 40% dan bisa digunakan untuk beton dengan mutu tinggi, perbandingan air dan semen yang didapat adalah 0,2. PCE memiliki nilai slump yang baik [9].



Gambar 1. Polycarboxylate (PCE)

Sumber: Penelitian 2023

2.4 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton memikul beban per satuan luas. Kuat tekan beton menentukan kualitas suatu struktur [10]. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dibutuhkan maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

f'_c = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

2.5 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan modulus elastisitas Ketegangan material. Nilai modulus elastisitas dapat diperoleh dengan melakukan pengujian Dengan menggunakan rumus ASTM-C469-94 [11]. Menghitung modulus elastisitas menggunakan rumus :

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk mengetahui nilai S_2 menggunakan rumus yang dapat dilihat pada rumus berikut.

$$S_2 = 0,4f'_c \dots \dots \dots (3)$$

Untuk mengetahui nilai ϵ_2 menggunakan rumus yang dapat dilihat pada rumus berikut.

$$\epsilon_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas beton (kg/m^3)

S_2 = Tegangan pada 40% tegangan runtuh (kg)

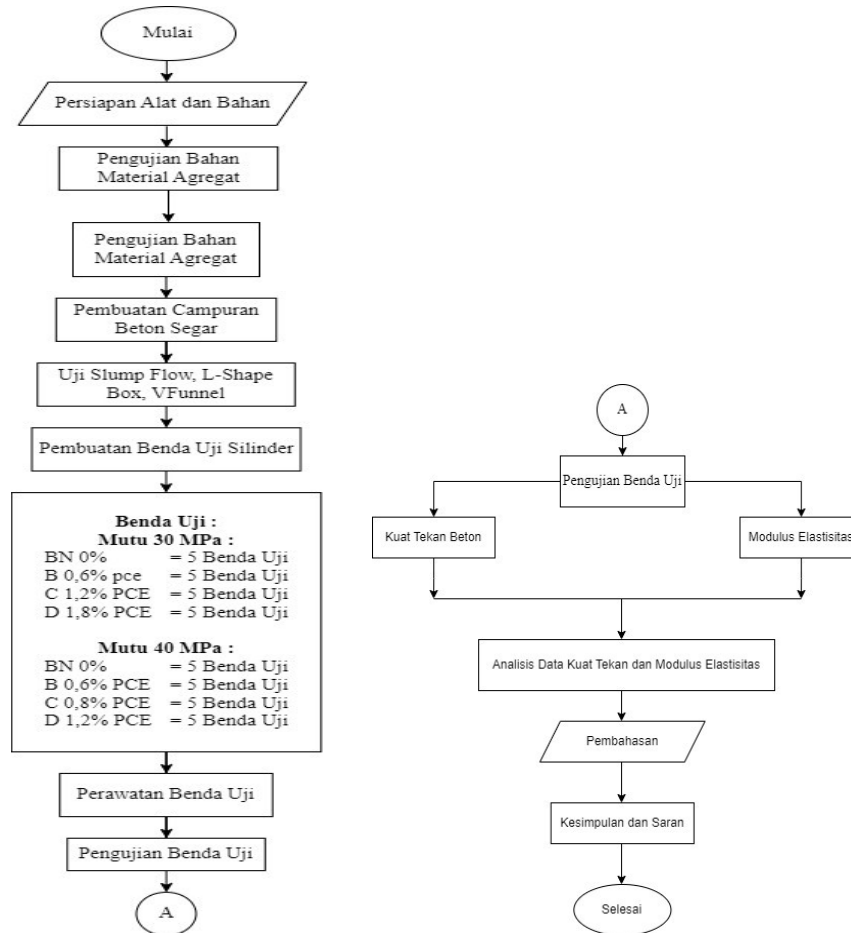
S_1 = Tegangan pada saat nilai kurva regangan ϵ_1 (kg)

ϵ_2 = Nilai kurva regangan yang terjadi pada saat S_2 (m3)

ϵ_1 = Regangan sebesar 0,0005 (m3)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan terhitung mulai bulan Oktober 2023 – Januari 2024. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Kampus III Universitas Widyagama Malang, yang berlokasi di Jl. Borobudur No.35 Mojolangu Kec. Lowokwaru, Kota Malang. Pengujian dimulai dari karakteristik material, pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus dan Kasar

Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari agregat halus. Pada agregat halus ada beberapa yang dilakukan saat pengujian yaitu uji kadar air, berat jenis, penyerapan dan modulus kehalusan [12]. Hasil dari pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Standar SNI	Keterangan
Kadar Air (%)	3,32	3% - 5%	Memenuhi
Berat Jenis (%)	2,78	2,58 - 2,83	Memenuhi
Penyerapan	3,74	0,2% - 4%	Memenuhi
Modulus Kehalusan (FM)	2,55	1.5- 3,5	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis 2023

4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari agregat kasar. Pada agregat kasar ada beberapa yang dilakukan saat pengujian yaitu uji kadar air, berat jenis, penyerapan dan modulus kehalusan. Hasil dari pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil	Standart SNI	Keterangan
Kadar Air	1,42	Maksimal 5%	Memenuhi
Berat Jenis	2,65	2,3 - 2,9	Memenuhi
Penyerapan	3,69	0,2% - 4%	Memenuhi
Modulus Kehalusan (FM)	1,50	1.5 - 3,5	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis 2023

4.3 Mix Design Mutu 40 MPa

Hasil perhitungan Mix Design mutu 40 MPa dan jumlah kebutuhan yang dibutuhkan dapat dilihat pada **Tabel 3 dan Tabel 4.**

Tabel 3. Perkiraan material dan polycarboxylate per m3

Perlakuan	BN 0%	B 0,6% PCE	C 1,2 PCE	D 1,8 PCE
Air (kg/m3)	229,10	229,10	229,10	229,10
Semen (kg/m3)	640,63	640,63	640,63	640,63
Kerikil (kg/m3)	935,38	935,38	935,38	935,38
Pasir (kg/m3)	571,90	571,90	571,90	571,90
Polycarboxylate (kg/m)	-	0,60%	1,20%	1,80%

*Sumber: Hasil Analisis 2023***Tabel 4.** Perkiraan material dan polycarboxylate per m3

Perlakuan	BN 0%	B 0,6% PCE	C 1,2 PCE	D 1,8 PCE
Air (kg)	6,08	6,08	6,08	6,08
Semen (kg)	16,99	16,99	16,99	16,99
Kerikil (kg)	24,80	24,80	24,80	24,80
Pasir (kg)	15,17	15,17	15,17	15,17
Polycarboxylate (ml)	-	96,16	192,32	288,48

4.4 Sifat Beton Segar

Beton Self Compacting Concrete memiliki sifat yang harus dilakukan pengujian sebelum pembuatan benda uji pada tabel-tabel berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Slump Flow Mutu 40 MPa

Benda Uji	Hasil Slump Flow	Keterangan
0	655	Memenuhi
0,6	695	Memenuhi
1,2	715	Memenuhi
1,8	740	Memenuhi

Tabel 6. Hasil Pengujian L-Shape Box Mutu 40 MPa

Benda Uji	Hasil L-Shape Box	Keterangan
0	0,84	Memenuhi
0,6	0,89	Memenuhi
1,2	0,93	Memenuhi
1,8	1,00	Memenuhi

Tabel 7. Hasil Pengujian V-Funnel Box Mutu 40 MPa

No.	Hasil V-Funnel	Keterangan
0	10	Memenuhi
0,6	9	Memenuhi
1,2	8	Memenuhi
1,8	6	Memenuhi

Hasil dari pengujian di atas menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan PCE pada pengujian Slump Flow dan L-Shape Box maka nilai sifat beton semakin tinggi dan pada pengujian V-Funnel nilai sifat beton waktu yang diperoleh semakin cepat.

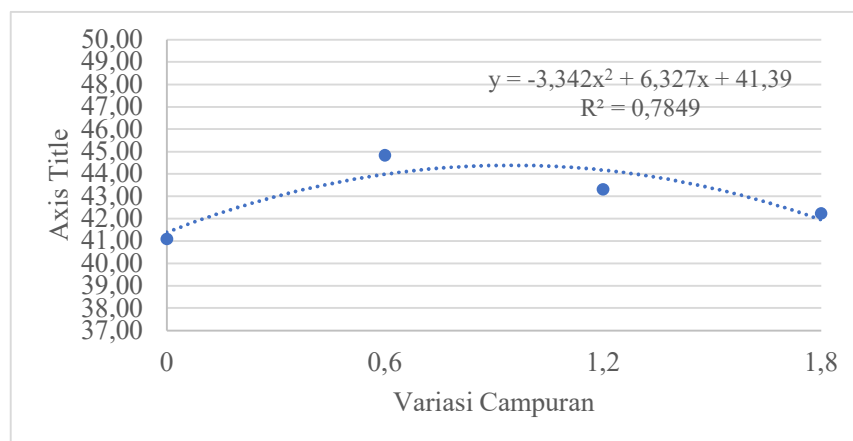
4.5 Hasil Kuat Tekan Beton

Hasil kuat tekan beton SCC pada mutu 40 MPa dengan penambahan Superplasticizer Polycarboxylate (PCE) dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Beton SCC dengan Penambahan PCE Mutu 40 MPa

No	Kode Beton	Fcr (MPa)	Persentase Kuat Tekan Dengan Penambahan 0,6%	Persentase Kenaikan Kuat Tekan (%)
1	BN 0%	41,10	0,00	0,00
2	B 0,6% PCE	44,84	8,33	8,33
3	C 1,2% PCE	43,31	-3,53	5,37
4	D 1,8% PCE	42,24	-2,55	2,75

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa dengan penambahan 0,6% PCE mengalami kenaikan 8,33% sebesar 44,48 MPa terhadap beton normal (BN 0%) dan mengalami penurunan pada C1,2% PCE dengan nilai persentase 5,37% sebesar 43,31 MPa dan D 1,8% PCE dengan nilai persentase 2,75% sebesar 42,24 MPa terhadap B 0,6% [13], [14]. Maka dari hasil tersebut diperoleh grafik yang menggambarkan pengaruh penambahan Polycarboxylate (PCE) yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

**Gambar 3.** Grafik Hubungan Variasi Campuran dan Kuat Tekan Rata-Rata Mutu 40 MPa

Dari hasil analisis anova didapatkan nilai $\alpha = 0,05 > P\text{-value} = 0,00000087$ dan dapat disimpulkan bahwa penambahan Polycarboxylate (PCE) berpengaruh terhadap kuat tekan.

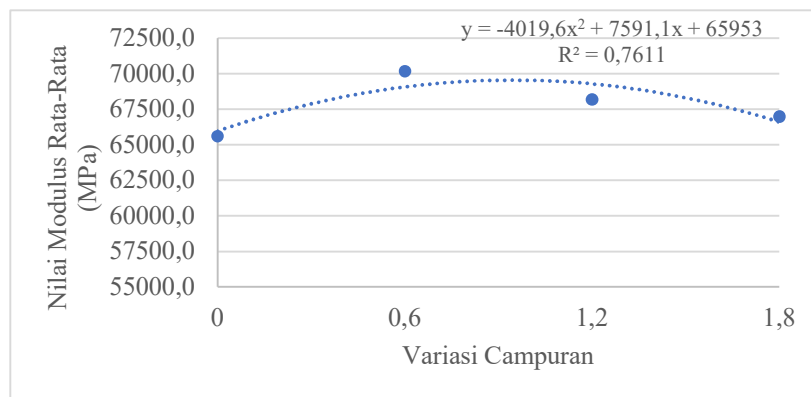
4.7 Hasil Modulus Elastisitas Beton

Hasil modulus elastisitas beton SCC pada mutu 40 MPa dengan penambahan Superplasticizer Polycarboxylate (PCE) dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil Modulus Elastisitas Beton SCC dengan Penambahan PCE Mutu 40 MPa

No	Kode Beton	EC Rata-Rata (MPa)	Persentase Modulus Elastisitas Dengan Penambahan 0,6%	Persentase Kenaikan Modulus Elastisitas (%)
1	BN 0%	65585,9	0,00	0,00
2	B 0,6% PCE	70163,5	6,52	6,52
3	C 1,2% PCE	68172,0	-2,92	3,94
4	D 1,8% PCE	66961,5	-1,81	2,10

Hasil pengujian modulus elastisitas menunjukkan bahwa dengan penambahan 0,6% PCE mengalami kenaikan 6,52% sebesar 70163,5 MPa terhadap beton normal (BN 0%) dan mengalami penurunan pada C1,2% PCE dengan nilai persentase 3,94% sebesar 68172,0 MPa dan D 1,8% PCE dengan nilai persentase 2,10% sebesar 66961,5 MPa terhadap B 0,6%. Maka dari hasil tersebut diperoleh grafik yang menggambarkan pengaruh penambahan Polycarboxylate (PCE) terhadap modulus elastisitas[15] yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.

**Gambar 4.** Grafik Hubungan Variasi Campuran dan Modulus Elastisitas Rata-Rata Mutu 40 MPa

Dari hasil analisis anova didapatkan nilai $\alpha = 0,05 > P\text{-value} = 0,0045859$ dan dapat disimpulkan bahwa penambahan Polycarboxylate (PCE) berpengaruh terhadap modulus elastisitas[16].

5. PENUTUP

Beton Self Compating Concrete mutu 40 MPa dengan penambahan *Polycarboxylate* (PCE) berpengaruh terhadap kuat tekan dengan nilai $\alpha = 0,05 > P\text{-value} = 0,00000087$. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada penambahan *Polycarboxylate* (PCE) 0,6% sebesar 44,84 MPa dengan nilai persentase 8,33% terhadap beton normal. Nilai optimum penambahan PCE sebesar 0,94%. Beton Self Compating Concrete mutu 40 MPa dengan penambahan *Polycarboxylate* (PCE) berpengaruh terhadap modulus elastisitas dengan nilai $\alpha = 0,05 > P\text{-value} = 0,0045859$. Nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada penambahan *Polycarboxylate* (PCE) 0,6% sebesar 70163,5 MPa dengan nilai persentase 6,52% terhadap beton normal. Nilai optimum penambahan PCE sebesar 0,94%. Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka terdapat beberapa saran yaitu perlu dilakukan penelitian menggunakan mutu beton yang lebih tinggi, penambahan bahan yang menambah kuat tekan, dan perlu adanya pengembangan pengujian beton SCC dengan penambahan Polycarboxylate selain uji kuat tekan dan modulus elastisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 03-2834-2000, "SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," *Sni 03-2834-2000*, 2000.
- [2] K. Tjokrodinuljo, "Teknologi Beton, Buku Ajar," *Jurusan Teknik Sipil–Magister Teknologi Bahan Bangunan–Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Yogyakarta*, 2007.

- [3] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 15-2049-2004 Semen Portland," *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*, vol. 10, no. 1, pp. 5–14, 2002, doi: 10.1891/jnum.10.1.5.52550.
- [4] K. Rusyandi, J. Mukodas, and Y. Gunawan, "Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro," *Jurnal Konstruksi*, vol. 10, no. 01, 2012, doi: 10.33364/konstruksi/v.10-01.35.
- [5] EFNARC, "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete," *The European Guidelines for Self Compacting Concrete*, no. May, 2005.
- [6] Nasruddin, V. Sampebulu, and P. Mushar, "Efek Penambahan Admixture terhadap Kuat Tekan Beton SCC pada Umur 7 Hari Dengan Metode Wet Curing," *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.32315/jlbi.v9i1.94.
- [7] M. H. Irfansyah, A. Rakhmawati, and Y. Arnandha, "STUDI ANALISIS BETON MUTU TINGGI SCC (SELF COMPACTING CONCRETE) MENGGUNAKAN CAMPURAN LIMBAH MARMER DAN SUPERPLASTICIZER," *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.31002/jris.v2i1.4182.
- [8] A. Halim, Riman, and D. Irawan, "Meningkatkan Mutu Beton dan Mempercepat Pengerasan Dengan Penambahan Zat Addmixture Damdex Pada Campuran Beton," *CIASTECH*, 2022.
- [9] N. A. Jalali, "Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Pellet Plastik Polypropylene," *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, vol. 3, 2013.
- [10] W. A. Prakayuda, A. Halim, and C. Aditya, "Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton," *Bouwplank*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [11] ASTM C469, "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression," *ASTM Standard*, vol. 04, 2002.
- [12] SNI 03-1968-1990, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar," *Sni 03-1968-1990*, 1990.
- [13] A. Saparingga and D. Yogaswara, "Analisis Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton SCC dengan Campuran Pasir Cilopang dan Pasir Cimalaka," *Jurnal Konstruksi*, vol. 21, no. 1, 2023, doi: 10.33364/konstruksi/v.21-1.1272.
- [14] Sumiati, Mahmuda, Sukarman, and S. Indra, "Pengaruh Foam Agent dan Polycarboxilate terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural," *PORTAL*, vol. 12, 2020.
- [15] E. P. Putra, B. Herbudiman, and R. R. Irawan, "Efek Kadar Polycarboxylate Ether (PCE) terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol. 2, 2016.
- [16] E. P. Putra, B. Herbudiman, and R. Ranastira Irawan, "Efek Kadar Polycarboxylate Ether (PCE) terhadap Sifat Mekanik," *Reka Racana*, vol. 2, no. 4, 2016.