

## Optimalisasi Penggunaan Superplastisizer dan Reduksi Air untuk Peningkatan Kinerja Beton

### *Optimization of Superplasticizer Usage and Water Reduction for Enhancing Concrete Performance*

Putra Pratama Ardiansyah<sup>1</sup>, Rizki Amalia Tri Cahyani<sup>2\*</sup>, Yunan Rusdianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang

Alamat korespondensi : Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, Indonesia

email: <sup>1</sup>[putrapratama101199@gmail.com](mailto:putrapratama101199@gmail.com); <sup>2</sup>[rizkiatcahyani@umm.ac.id](mailto:rizkiatcahyani@umm.ac.id)\*; <sup>3</sup>[yunanrusdianto@umm.ac.id](mailto:yunanrusdianto@umm.ac.id)

#### Abstract

*The use of superplasticizers in concrete mixtures significantly reduces the water demand while maintaining workability, increasing the concrete's strength and durability. However, excessive use of superplasticizers can cause bleeding and segregation in the concrete mix, weakening the concrete. This study aims to determine the optimal dosage of superplasticizer and level of water reduction in concrete mixtures that can achieve or enhance the desired workability and compressive strength. The study was conducted on three types of superplasticizers: SPC-200, Sikament LN, and Sika Viscocrete 3115N. For normal concrete production, this research recommends using SPC-200 at a dosage of 0.4% - 0.6% with a water reduction rate of 5.5% - 9%, Sikament LN at a dosage of 0.4% - 1% with a water reduction rate of 5% - 12.5%, and Sika Viscocrete 3115N at a dosage of 0.6% - 1% with a water reduction rate of 13% - 19%. Furthermore, based on the workability and compressive strength of the concrete, the optimum dosage of SPC-200 was found to be 0.65% with a water reduction of 9.8%, Sikament LN at 0.68% with a water reduction of 8.5%, and Sika Viscocrete 3115N at 0.82% with a water reduction of 17.5%.*

**Keywords:** Compressive strength; water reduction; superplasticizer; workability

#### Abstrak

Penggunaan superplastisizer dalam campuran beton secara signifikan mereduksi kebutuhan air dalam campuran dengan tetap mempertahankan kecacakannya, sehingga terjadi peningkatan kekuatan dan durabilitas beton. Namun, penggunaan superplastisizer yang berlebihan dapat mengakibatkan masalah *bleeding* dan segregasi pada campuran beton yang akan berdampak pada perlemahan beton. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar optimum superplastisizer dan tingkat reduksi air dalam campuran beton yang dapat mencapai atau meningkatkan kecacakan dan kuat tekan yang direncanakan. Studi dilakukan terhadap tiga jenis superplastisizer, yaitu SPC-200, Sikament LN, dan Sika Viscocrete 3115N. Untuk pembuatan beton normal, hasil penelitian menyarankan penggunaan superplastisizer SPC-200 pada kadar 0,4% - 0,6% dengan tingkat reduksi air 5,5% - 9%, Sikament LN pada kadar 0,4 - 1% dengan tingkat reduksi air 5% - 12,5%, dan Sika Viscocrete 3115N pada kadar 0,6% - 1% dan tingkat reduksi air 13% - 19%. Selain itu, berdasarkan tingkat kecacakan dan kuat tekan beton, kadar optimum superplasticizer adalah SPC-200 pada 0,65% dengan reduksi air 9,8%, Sikament LN pada 0,68% dengan reduksi air 8,5%, dan Sika Viscocrete 3115N pada 0,82% dengan reduksi air 17,5%.

**Kata kunci:** Kuat tekan; reduksi air; *superplasticizer*; *workability*

## PENDAHULUAN

Karakteristik beton yang serbaguna, terjangkau, dan memiliki kinerja struktural yang tinggi, membuat beton banyak digunakan dalam berbagai proyek konstruksi. Properti utama beton, seperti kekuatan,

durabilitas, dan kecacakan, secara signifikan mempengaruhi mutu dan kualitas beton. Teknologi beton dikembangkan untuk mengoptimalkan properti beton sehingga kapasitas penahan beban dan masa layanan struktur dapat terjamin (Ashokan et al., 2023).

Please cite this article as:

Ardiansyah, P. P., Cahyani, R. A. T., & Rusdianto, Y. (2024). Optimalisasi Penggunaan Superplastisizer dan Reduksi Air untuk Peningkatan Kinerja Beton. *Media Teknik Sipil*, 22(1), 31-38. <https://doi.org/10.22219/jmts.v22i1.32730>

Kekuatan beton merujuk kepada kemampuan beton untuk menahan beban yang berpengaruh langsung terhadap stabilitas dan keamanan struktur. Keleccakan atau *workability* adalah tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, dituang dan dipadatkan, sifat ini penting untuk mencapai konsistensi dan kualitas beton yang direncanakan. Rasio air semen merupakan salah satu faktor yang secara langsung mempengaruhi kuat tekan beton. Secara umum, rasio air semen yang rendah akan mereduksi porositas beton, secara efektif meningkatkan kuat tekan beton. Sebaliknya, rasio air semen yang tinggi dalam campuran beton dapat menyebabkan timbulnya pori atau rongga, bahkan setelah hidrasi semen telah tercapai secara penuh. Hal ini akan menurunkan kekuatan dan durabilitas beton (Munday & Kumari, 2023; P. Wang et al., 2022). Namun, meskipun rasio air semen yang rendah dapat menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi, keleccakan beton justru akan menurun. Penambahan air dalam campuran dapat menghasilkan keleccakan yang dibutuhkan, tetapi hal ini berdampak pada penurunan kekuatan beton (Ali, 2023; Asghar et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara kekuatan beton dengan kemudahan campuran beton untuk diaplikasikan sesuai kebutuhan.

Superplasticizer merupakan *high-performance water reducing admixtures*, yaitu bahan tambah yang secara efektif mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton dengan tetap mempertahankan tingkat konsistensi campuran (Nodehi et al., 2022; Takigawa et al., 2022). *Admixture* ini bekerja dengan meningkatkan dispersi partikel semen, sehingga mereduksi kebutuhan air untuk mencapai *workability* beton yang lebih baik (SEIS et al., 2022; Stenechkina, 2023). Penggunaan superplasticizer memungkinkan reduksi air tanpa mengurangi keleccakan campuran, yang berdampak pada peningkatan kuat tekan beton (Layang et al., 2023; Sadegh-Zadeh et al., 2023). Terlebih lagi, studi menunjukkan bahwa superplasticizer dapat meningkatkan kepadatan beton dan menurunkan tingkat penyerapan air, yang merupakan faktor krusial yang mempengaruhi durabilitas beton (Wang et al., 2024).

Meskipun superplasticizer memberikan dampak positif terhadap performa kekuatan dan durabilitas beton, perlu diperhatikan dosis dan tingkat reduksi air yang direncanakan

dalam campuran beton. Studi membuktikan bahwa kuat tekan beton meningkat pada penggunaan dosis superplasticizer yang optimal, namun, dosis yang berlebih dalam campuran akan menurunkan kekuatan beton (Alsadey & Omran, 2022; Layang et al., 2023). Penggunaan dosis superplasticizer yang berlebih dapat menimbulkan masalah *bleeding*, segregasi, dan penurunan kohesivitas campuran beton, yang berakibat pada penurunan performa kekuatan beton (Abadassi et al., 2023; Alsadey & Omran, 2022).

Faktor lain yang perlu diperhatikan dalam penggunaan superplasticizer adalah tingkat reduksi air dalam campuran beton yang memberikan peranan penting dalam meningkatkan performa beton. Superplasticizer dengan bahan dasar yang berbeda memiliki kapasitas reduksi air yang berbeda pula. Superplasticizer berbahan dasar polycarboxylate dapat mereduksi kadar air hingga 40% (Sha et al., 2019), menunjukkan performa yang superior dibandingkan superplasticizer berbahan dasar naphthalene dengan reduksi air maksimum berkisar di angka 20% (Osuji & Ikogho, 2018).

Dengan demikian, penggunaan superplasticizer dalam campuran beton memerlukan perencanaan yang teliti, terutama dalam penentuan jenis superplasticizer, kadar yang digunakan, dan tingkat reduksi air. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi terhadap kadar superplasticizer dan tingkat reduksi air dalam campuran beton, sehingga dapat ditentukan nilai optimum untuk mencapai kinerja beton yang diharapkan. Penelitian dilakukan terhadap tiga jenis superplasticizer yang umum beredar di Indonesia, yaitu Sikament LN (superplasticizer berbahan dasar naphthalene), Sika ViscoCrete-3115 N (superplasticizer berbahan dasar polycarboxylate), dan SPC-200. Berbagai studi telah dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dosis superplasticizer dengan properti mekanis beton (Hadi et al., 2021; Kurniawan et al., 2020; Mecha et al., 2018; Triayu, 2021). Namun, studi yang turut menginvestigasi tingkat reduksi air terhadap penggunaan ketiga jenis superplasticizer tersebut masih terbatas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi dalam penentuan kadar superplasticizer dan tingkat reduksi air untuk pembuatan beton normal.

**METODE PENELITIAN**

**Material**

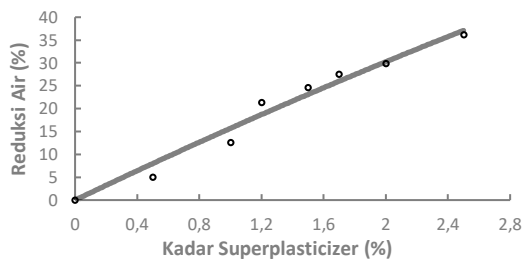
Penelitian ini menggunakan tiga jenis superplasticizer yang berbeda, yaitu SPC-200, Sikament LN, dan Sika ViscoCrete-3115N. Semen yang digunakan adalah semen Portland Komposit yang memenuhi SNI 7064:2014. Agregat kasar berupa batu pecah dengan diameter maksimal 5 – 40mm, sedangkan agregat halus menggunakan pasir alami dengan diameter 0 – 5mm. Campuran beton direncanakan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan rasio air semen (w/c) 0,5. Proporsi campuran beton yang digunakan dalam studi ini tersaji dalam Tabel 1.

**Uji Konsistensi Normal Semen**

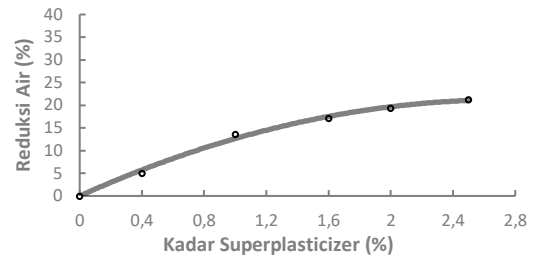
Uji konsistensi semen dilakukan untuk memperkirakan reduksi kadar air pada pasta semen dengan superplasticizer yang dapat memenuhi standar konsistensi semen sesuai SNI 03-6826-2002. Superplasticizer ditambahkan ke dalam air dengan kadar tertentu terhadap berat semen, yaitu:

1. Kadar SPC-200: 0,5% hingga 2,5% terhadap berat semen.
2. Kadar Sikament LN: 0,4% hingga 2,5% terhadap berat semen.
3. Kadar Sika ViscoCrete-3115N: 0,5% hingga 2,5% terhadap berat semen.

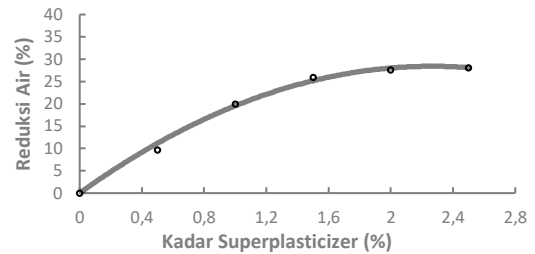
Akibat penambahan superplasticizer, volume air yang dibutuhkan untuk mencapai standar konsistensi semen menjadi berkurang. Secara umum, semakin tinggi kadar superplasticizer yang ditambahkan, semakin tinggi pula tingkat reduksi air untuk mempertahankan konsistensi pasta semen. Hubungan antara kadar superplasticizer dan tingkat reduksi air dapat dilihat pada Gambar 1 hingga Gambar 3.



Gambar 1. Pengaruh superplastisizer SPC-200 terhadap tingkat reduksi air pada pasta semen



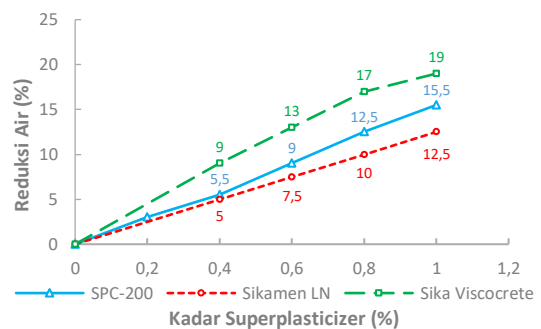
Gambar 2. Pengaruh superplastisizer Sikament LN terhadap tingkat reduksi air pada pasta semen



Gambar 3. Pengaruh superplastisizer Sika ViscoCrete-3115N terhadap tingkat reduksi air pada pasta semen

Pada studi ini, penggunaan superplasticizer SPC-200 direncanakan pada kadar 0,4%, 0,6%, 0,8, 1% terhadap berat semen, Sikament LN direncanakan pada kadar 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% terhadap berat semen, dan Sika ViscoCrete-3115N direncanakan pada kadar 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% terhadap berat semen. Perencanaan kadar superplasticizer ini merujuk pada studi terdahulu yang menunjukkan penggunaan optimum Sikament LN di dosis 1% dan Sika ViscoCrete-3115N di dosis 0,8% - 1,5% untuk membuat beton normal dengan kuat tekan tertinggi (Ibrahim et al., 2023; Lukas et al., 2024; Puspitasari & Uisharmandani, 2023).

Tingkat reduksi air pada tiap kadar penambahan superplasticizer ditentukan sesuai hasil uji konsistensi normal semen, ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 1.



Gambar 4. Tingkat reduksi air pada tiap kadar penambahan superplasticizer

Tabel 1. Proporsi campuran spesimen beton

Spesimen Uji	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Air (liter/m <sup>3</sup> )	Reduksi Air (liter/m <sup>3</sup> )	Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	Kerikil (kg/m <sup>3</sup> )	Superplasticizer (liter/m <sup>3</sup> )
Kontrol	370	191	0	930	922	0
SPC-200 0,4%	370	180,49	16,17	930	922	1,48
SPC-200 0,6%	370	173,81	22,65	930	922	2,22
SPC-200 0,8%	370	167,13	29,12	930	922	2,96
SPC-200 1%	370	161,39	34,67	930	922	3,70
Sikamen LN 0,4%	370	181,45	15,25	930	922	1,48
Sikamen LN 0,6%	370	176,67	19,87	930	922	2,22
Sikamen LN 0,8%	370	171,90	24,50	930	922	2,96
Sikamen LN 1%	370	167,13	29,12	930	922	3,70
Viscocrete 0,4%	370	173,81	22,65	930	922	1,48
Viscocrete 0,6%	370	166,17	30,05	930	922	2,22
Viscocrete 0,8%	370	158,53	37,45	930	922	2,96
Viscocrete 1%	370	154,71	41,15	930	922	3,70

### Uji Slump Beton

Sebelum campuran beton dicetak, dilakukan pemeriksaan slump untuk menentukan *workability* campuran beton yang sudah direncanakan. Metode pengujian slump beton mengacu kepada SNI 1972:2008.

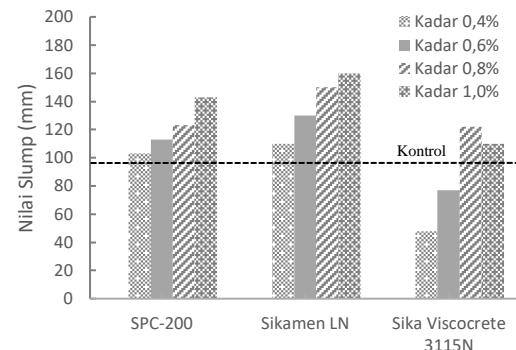
### Uji Kuat Tekan Beton

Pengukuran kuat tekan beton menggunakan spesimen berupa silinder beton dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dan dilakukan sesuai SNI 1974:2011. Semua spesimen dikeluarkan dari cetaknya setelah 24 jam, kemudian dirawat secara *water curing* selama 7 hari dan 28 hari. Kuat tekan diukur setelah spesimen beton berumur 7 dan 28 hari untuk mengetahui pertumbuhan kekuatan beton. Kuat tekan yang diambil merupakan hasil rerata dari tiga spesimen untuk setiap campuran yang berbeda.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Slump Beton Segar

Hasil pemeriksaan slump campuran beton untuk masing-masing spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 5. Secara umum, peningkatan dosis superplasticizer dalam campuran beton akan turut meningkatkan nilai slump, meskipun dengan tingkat reduksi air yang semakin tinggi.



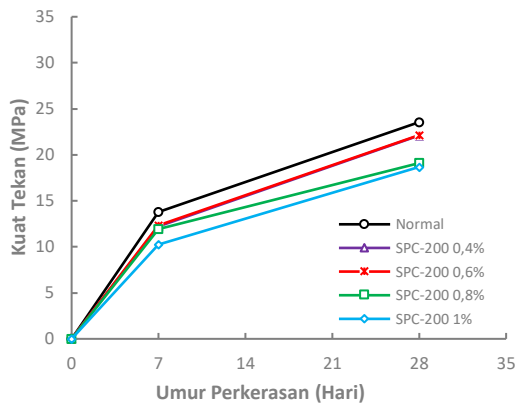
Gambar 5. Nilai slump beton segar

Penambahan superplastisizer SPC-200, Sikament LN, dan Sika ViscoCrete-3115N pada dosis 1% memungkinkan peningkatan masing-masing nilai slump hingga 47%, 64%, dan 13% dari slump spesimen kontrol sebesar 97 mm. Namun, campuran beton dengan Sika ViscoCrete-3115N pada dosis 0,4% dan 0,6% menghasilkan slump yang jauh di bawah spesimen kontrol, dengan nilai penurunan mencapai 50%. Kondisi ini diduga akibat reduksi air yang terlalu tinggi sehingga mempengaruhi kekentalan campuran beton. Studi yang serupa oleh Lukas et al. (2024) menemukan bahwa campuran beton dengan Sika ViscoCrete-3115N pada dosis 0,5% dan reduksi kadar air 9,73% menghasilkan campuran dengan slump 90 mm. Tingkat reduksi air ini lebih rendah dari studi yang

dilakukan, di mana pada dosis 0,6%, kebutuhan air direduksi hingga 13%.

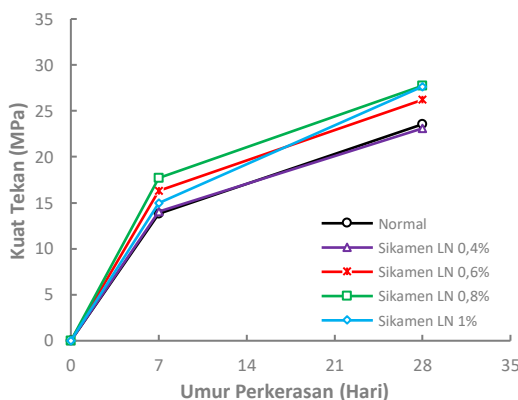
**Kuat Tekan Beton**

Dalam studi ini, kuat tekan tiap spesimen diukur pada umur perkerasan 7 dan 28 hari.



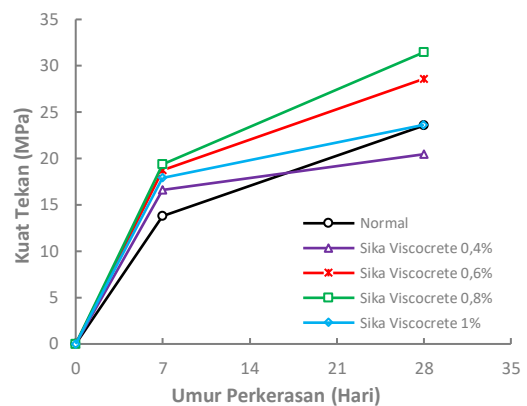
Gambar 6. Kuat tekan beton dengan penambahan superplasticizer SPC-200

Seperti ditunjukkan pada Gambar 6, penambahan superplasticizer SPC-200 mengakibatkan penurunan kuat tekan pada umur perkerasan 7 hari dan 28 hari dibandingkan dengan spesimen kontrol. Pada umur 7 hari, penurunan berkisar antara 10,67% hingga 25,58%, tergantung pada persentase SPC-200 dan reduksi air yang digunakan. Sedangkan pada umur 28 hari, penurunan kuat tekan berkisar antara 6,01% hingga 20,67%. Secara umum, nilai kuat tekan semakin menurun seiring penambahan kadar superplasticizer. Kuat tekan yang paling tinggi dimiliki oleh campuran dengan kadar superplasticizer 0,4% dan 0,6% (reduksi air masing-masing 5,5% dan 9%) dengan nilai kuat tekan 22,10 MPa, mendekati kuat tekan spesimen kontrol senilai 23,55 MPa.



Gambar 7. Kuat tekan spesimen dengan penambahan superplasticizer Sikament LN

Bila dibandingkan dengan spesimen kontrol, penambahan superplasticizer Sikamen LN meningkatkan kuat tekan beton pada umur perkerasan 7 hari dan 28 hari, kecuali pada spesimen dengan dosis superplasticizer 0,4% (Gambar 7). Pada spesimen ini, didapatkan kuat tekan yang setara dengan spesimen kontrol. Peningkatan kuat tekan tertinggi terjadi pada spesimen dengan dosis superplasticizer 0,8% dan reduksi air 10%. Kuat tekan spesimen ini meningkat 28,32% di umur 7 hari, dan di umur 28 hari meningkat 17,79%.



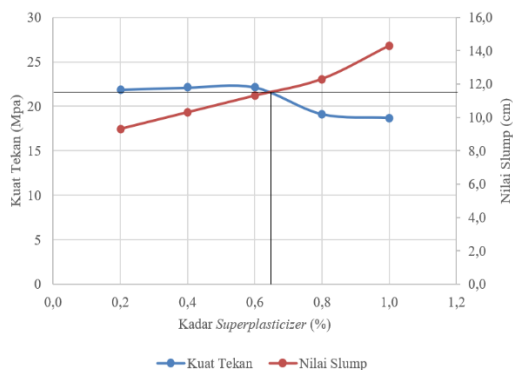
Gambar 8. Kuat tekan beton dengan penambahan superplasticizer Sika ViscoCrete-3115N

Sementara itu, terlihat pada Gambar 8, penambahan superplasticizer Sika ViscoCrete 3115N meningkatkan kuat tekan beton pada umur perkerasan 7 hari bila dibandingkan dengan spesimen kontrol. Peningkatan kuat tekan tertinggi sebesar 40,36% terjadi pada campuran dengan dosis 0,8% dan reduksi air 17%. Pada umur 28 hari, sebagian besar spesimen menunjukkan peningkatan kuat tekan, kecuali campuran dengan kadar superplasticizer 0,4% yang mengalami penurunan sebesar 13,14%. Pada akhir umur 28 hari, spesimen dengan kadar superplasticizer 0,8% mengalami peningkatan kuat tekan tertinggi hingga 35,57%.

**Kadar Optimum Superplasticizer**

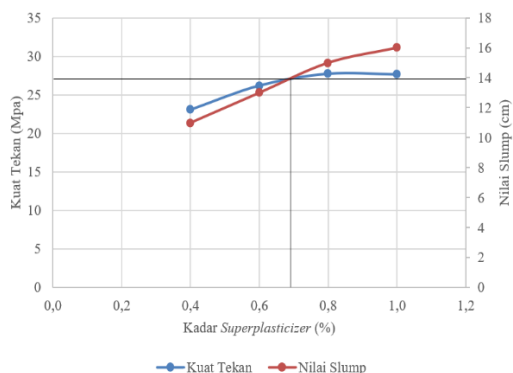
Penentuan kadar optimum penambahan superplasticizer SPC-200, Sikament LN, dan Sika ViscoCrete-3115N untuk pembuatan beton normal didasarkan kepada nilai slump beton segar dan kuat tekan spesimen di umur 28 hari.





Gambar 9. Kadar optimum superplasticizer SPC-200

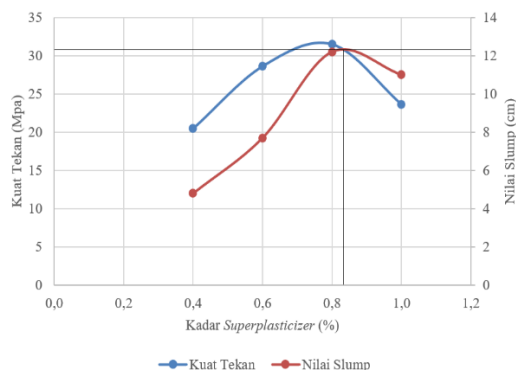
Terlihat pada Gambar 9, kadar optimum penggunaan superplasticizer SPC-200 adalah 0,65% dari berat semen, dengan nilai slump sebesar 11,5 cm dan kuat tekan sebesar 22 MPa. Nilai ini mendekati kuat tekan spesimen kontrol yaitu 23,55 MPa. Berdasarkan Gambar 1, tingkat reduksi air yang diperoleh dari dosis tersebut adalah sebesar 9,8%.



Gambar 10. Kadar optimum superplasticizer Sikament LN

Gambar 10 menunjukkan kadar optimum penggunaan superplasticizer Sikament LN adalah 0,68% dari berat semen, dengan nilai slump sebesar 14 cm dan kuat tekan sebesar 27 MPa. Nilai ini menunjukkan peningkatan kuat tekan 14,6% dari spesimen kontrol. Tingkat reduksi air yang diperoleh dari dosis tersebut adalah sebesar 8,5% (Gambar 2).

Gambar 11 memperlihatkan kadar optimum penggunaan superplasticizer Sika Viscocrete 3115N sebesar 0,82% dari berat semen, dengan nilai slump 12,5 cm dan kuat tekan 31 MPa. Peningkatan kuat tekan yang terjadi adalah 31,6% terhadap spesimen kontrol. Tingkat reduksi air yang diperoleh dari dosis tersebut adalah sebesar 17,5% (Gambar 3).



Gambar 11. Kadar optimum superplasticizer Sika ViscoCrete-3115N

### KESIMPULAN

Studi ini bertujuan untuk menentukan kadar optimum penggunaan superplasticizer dan tingkat reduksi air yang dapat meningkatkan *workability* campuran beton, dengan kuat tekan yang mendekati atau melebihi kuat tekan rencana. Berdasarkan hasil studi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan superplasticizer SPC-200 dengan kadar 0,4% - 0,6% dan reduksi air sebesar 5,5% - 9% mampu meningkatkan *workability* hingga 47,42%. Namun, kuat tekan yang dihasilkan mengalami sedikit penurunan dari kuat tekan rencana. Kadar optimum penambahan SPC-200 adalah 0,65% dengan reduksi air sebesar 9,8%.
2. Penambahan superplasticizer Sikament LN dengan kadar 0,4% - 1% dan reduksi air sebesar 5% - 12,5% mampu meningkatkan *workability* hingga 64,95%, disertai peningkatan kuat tekan hingga 17,79% dari nilai rencana. Kadar optimum penambahan Sikament LN adalah 0,68% dengan reduksi air sebesar 8,5%.
3. Penambahan superplasticizer Sika Viscocrete 3115N dengan kadar 0,6% - 1% dan reduksi air sebesar 13% - 19% mampu meningkatkan *workability* hingga 25,77%, serta peningkatan kuat tekan hingga 35,57% dari nilai rencana. Kadar optimum penambahan Sika Viscocrete 3115N adalah 0,82% dengan reduksi air sebesar 17,5%.

### DAFTAR PUSTAKA

Abadassi, M., El Bitouri, Y., Azéma, N. & Garcia-Diaz, E. (2023). Effect of Excessive Bleeding on the Properties of

- Cement Mortar. *Construction Materials*, 3(2).  
<https://doi.org/10.3390/constrmater3020011>
- Ali, I. (2023). Workability and Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete with Different Water-Cement Ratios. *Quaid-e-Awam University Research Journal of Engineering, Science & Technology*, 21(1).  
<https://doi.org/10.52584/qrj.2101.15>
- Alsadey, S. & Omran, A. (2022). Effect of Superplasticizers to Enhance the Properties of Concrete. *DESIGN, CONSTRUCTION, MAINTENANCE*, 2.  
<https://doi.org/10.37394/232022.2022.2.13>
- Asghar, R., Khan, M. A., Alyousef, R., Javed, M. F. & Ali, M. (2023). Promoting the green Construction: Scientometric review on the mechanical and structural performance of geopolymer concrete. In *Construction and Building Materials* (Vol. 368).  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130502>
- Ashokan, A., Rajendran, S. & Dhairiyasamy, R. (2023). A comprehensive study on enhancing of the mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete through nano-silica integration. *Scientific Reports*, 13(1).  
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-47475-0>
- Hadi, A. K., Supardi, S., Maruddin, M., Yusuf, A. A. A. & Samsuddin, R. H. (2021). Pengaruh Metode Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Sifat Mekanis Beton. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(1).  
[https://doi.org/10.51557/pt\\_jiit.v6i1.642](https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i1.642)
- Ibrahim, I., Kosim, K., Razhanah, F., Nugraha, R. A. & Fahrudin, R. R. (2023). Pengaruh Penambahan Aditif Sikament-Ln terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Nilai Slump. *Jurnal Talenta Sipil*, 6(2).  
<https://doi.org/10.33087/talentasipil.v6i2.332>
- Kurniawan, M. F., Mulyono, T. & Daryati, D. (2020). STUDI PENAMBAHAN SUPEPRPLASTICIZER PADA KUAT TEAN BETON DENGAN VARIASI FAS 0,4 – 0,5 MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR YANG DIPECAH (SPLIT). *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2).  
<https://doi.org/10.21009/jmenara.v1i1.14157>
- Layang, S., Wiratno, Hartako, H. & Rido. (2023). VARIATION OF SUPERPLASTICIZER AMOUNT ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 11(2).  
<https://doi.org/10.37304/balanga.v11i2.11737>
- Lukas, A. Y., Rafael, J. W. M. & Zulfiani, A. R. (2024). Kajian Laboratorium Sika Viscocrete Pada Beton Normal Menggunakan Agregat Kasar Batu Karang. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 1–10.
- Mecha, C. S., Mulyono, T. & Prihantono, P. (2018). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Dan Abu Batu Sebagai Filler Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Normal. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1).  
<https://doi.org/10.21009/jmenara.v13i1.18919>
- Munday, A. & Kumari, S. (2023). Effect of the Water Cement Ratio on the Strength of M35 Grade Concrete. *IARJSET*, 10(9).  
<https://doi.org/10.17148/iarjset.2023.10938>
- Nodehi, M., Ozbakkaloglu, T. & Gholampour, A. (2022). Effect of supplementary cementitious materials on properties of 3D printed conventional and alkali-activated concrete: A review. In *Automation in Construction* (Vol. 138).  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104215>
- Osuji, S. O. & Ikogho, D. (2018). Current Effects of Naphthalene Based Superplasticizer's Addition Process on Water Reduction and Grade C20/25 Concrete's Compressive Strength. *Journal of Civil Engineering Research*, 8(1).
- Puspitasari, I. & Uisharmandani, L. (2023). Kajian Eksperimental Beton Menggunakan Admixture Sika Viscocrete 3115N Untuk Meningkatkan Kuat Tekan. *Konstruksi Bangunan, Politeknik TEDC Bandung*, 17(1).
- Sadegh-Zadeh, S. A., Dastmard, A.,

- Montazeri Kafshgarkolaei, L., Movahedi, S., Shiry Ghidary, S., Najafi, A. & Saadat, M. (2023). Machine Learning Modelling for Compressive Strength Prediction of Superplasticizer-Based Concrete. *Infrastructures*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/infrastructures8020021>
- SEİS, M., İSBİLİR KULA, B., OZDAL, V., MARAŞLI, M., SUBAŞI, S. & DEHGHANPOUR, H. (2022). Investigation of Different Superplasticizers Effect on Workability and Strength Parameters in Ultra High Performance Concretes. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 10(3). <https://doi.org/10.29109/gujsc.1085848>
- Sha, S., Shi, C., Xiang, S. & Jiao, D. (2019). The State-of-the-art Synthesis Techniques of Polycarboxylate Superplasticizer. In *Cailiao Daobao/Materials Review* (Vol. 33, Issue 2). <https://doi.org/10.11896/cldb.201903024>
- Stenechkina, K. (2023). The use of superplasticizers in multicomponent concrete mixtures. *E3S Web of Conferences*, 389. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901032>
- Takigawa, M., Nemoto, H., Hashimoto, S. ichiro & Date, S. (2022). Effectiveness of Thermal Stimulation of Superplasticizers on Fresh Properties of Cement Mortar. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, 46(4). <https://doi.org/10.1007/s40996-021-00777-7>
- Triayu, M. (2021). PERILAKU DARI EARLY HIGH STRENGTH FLOW CONCRETE DI USIA MUDA DENGAN VARIASI FLY ASH. *Jurnal TEKNIK-SIPIL*, 21(1). <https://doi.org/10.26418/jtsft.v21i1.59194>
- Wang, P., Ke, L. yu wen, Wu, H. liang & Leung, C. K. Y. (2022). Effects of water-to-cement ratio on the performance of concrete and embedded GFRP reinforcement. *Construction and Building Materials*, 351. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128833>
- Wang, X. H., Fang, Z. C. & Zheng, L. (2024). EFFECT OF DOSE AND TYPES OF THE WATER REDUCING ADMIXTURES AND SUPERPLASTICIZERS ON CONCRETE STRENGTH AND DURABILITY BEHAVIOUR: A REVIEW. *Journal of Civil Engineering and Management*, 30(1). <https://doi.org/10.3846/jcem.2024.20145>