



Desain Beton *High Early Strength* (HES) dengan Campuran Superplasticizer

Design High Early Strength Concrete with Superplasticizer Mixture

Riki Fendria, Irwan* & Ahmad Sumantri

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Teknologi beton kekuatan awal tinggi semakin berkembang untuk memenuhi kebutuhan proyek modern yang memerlukan beton cepat mengeras. Penelitian ini menyoroti peran superplasticizer dalam mencapai kekuatan awal tinggi. Superplasticizer, bahan tambah kimia, mengurangi air, mempercepat pengerasan, dan mempermudah pengerjaan beton. Metode pengujian kuat tekan pada benda uji silinder dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari. Dengan menggunakan 250 ml superplasticizer per sak semen, dengan air dikurangi 40%, mutu beton f_c 25 MPa pada umur 28 hari dapat dicapai. Hasil penelitian menunjukkan beton dengan superplasticizer memiliki kuat tekan awal lebih tinggi, meningkat 31,49% pada 3 hari, dan 18,84% pada 7 hari dibandingkan beton normal. Meskipun demikian, pada umur 28 hari, kekuatan tekan cenderung sama dengan beton normal.

Kata Kunci: *high early strength concrete, superplasticizer, workability, kuat tekan*

Abstract

High initial strength concrete technology is increasingly developing to meet modern projects requiring fast-hardening concrete. This research highlights the role of superplasticizers in achieving high initial strengths. Superplasticizers, and chemical additives, reduce water, accelerate hardening, and simplify concrete work. The compressive strength test method on cylindrical specimens was carried out at the age of 3, 7, and 28 days. Using 250 ml of superplasticizer per sack of cement, with water reduced by 40%, can achieve the quality of concrete f_c 25 MPa at 28 days old. The results showed that concrete with superplasticizer had higher initial compressive strength, increasing by 31.49% in 3 days, and 18.84% in 7 days compared to normal concrete. However, at 28 days old, compressive strength tends to be the same as normal concrete.

Keywords: *high early strength concrete, superplasticizer, workability, compressive strength.*

How to Cite: Fendria, R., Irwan & Sumantri, A. (2024) Desain Beton High Early Strength (HES) Dengan Campuran Superplasticizer. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur*, 3(1) 2024: 18-26,

*E-mail: irwan@staff.uma.ac.id

ISSN 2830-3911 (Online)



PENDAHULUAN

Teknologi pada bidang konstruksi dari masa ke masa terus mengalami perubahan [1], [2]. Salah satu yang mengalami perubahan yang cukup signifikan adalah teknologi pada pembuatan beton [3], [4]. Hal ini tidak terlepas dari fungsi beton itu sendiri yang merupakan salah satu bahan bangunan yang paling sering digunakan dalam dunia konstruksi.

Sejalan dengan perkembangan teknologi beton yang semakin modern, pembuatan beton konvensional yang dilakukan di suatu proyek konstruksi semakin ditinggalkan [4]–[7]. Pengoptimalan dalam pembuatan beton terus ditingkatkan. Kebutuhan beton cepat mengeras dalam proses pembangunan proyek gedung bertingkat dan perkerasan pada jalan raya seperti halnya pada jalan-jalan tol sangat dibutuhkan [8], [9]. Pada proyek perkerasan jalan, beton cepat mengeras diperlukan agar jalan dapat segera dilalui dan difungsikan [10], [11]. Sedangkan dalam pekerjaan pembangunan gedung bertingkat, beton cepat mengeras dapat memberikan efisiensi waktu dan pekerjaan selanjutnya dapat dilanjutkan [12]–[14]. Pembuatan beton cepat mengeras memerlukan suatu teknologi di mana beton yang sudah dicetak mampu mengeras dengan cepat dan memiliki kualitas yang baik. Teknologi tentang beton dengan kekuatan awal tinggi (high early strength concrete) yang cepat mengeras perlu mendapat perhatian yang mendalam. Salah satu penerapannya adalah teknologi beton pracetak.

Berbagai penelitian dan percobaan bahan kimia pembantu (admixture) pada beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan karakteristik kekuatan awal beton tanpa mengurangi terminologi kelecakan (workability). Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton pracetak [15], [16]. Hasilnya muncul rekayasa mengenai penambahan admixture concrete dengan dosis tertentu yang dapat menambah kekuatan tekan awal pada beton. Penelitian itulah yang menjadi titik balik perkembangan beton dengan kekuatan awal tinggi (high early strength concrete).

Salah satu solusi bahan tambah kimia (admixture) tersebut adalah superplasticizer. Saat ini pengembangan terbaru superplasticizer telah secara luas digunakan dalam pekerjaan beton khususnya pada produk beton pracetak. Pada prinsipnya jenis admixture concrete ini memiliki mekanisme kerja yaitu dengan menghasilkan gaya tolak-menolak (dispersion) yang cukup antara partikel semen agar tidak terjadi penggumpalan partikel semen yang dapat menyebabkan rongga-rongga udara didalam beton, yang akhirnya akan mengurangi kekuatan pada beton. Tetapi ada beberapa jenis superplasticizer ini juga bisa mempercepat proses hidrasi pada beton sehingga didapat nilai kekuatan awal beton tinggi dengan acuan umur beton dalam hari bahkan dalam jam [17]–[19].

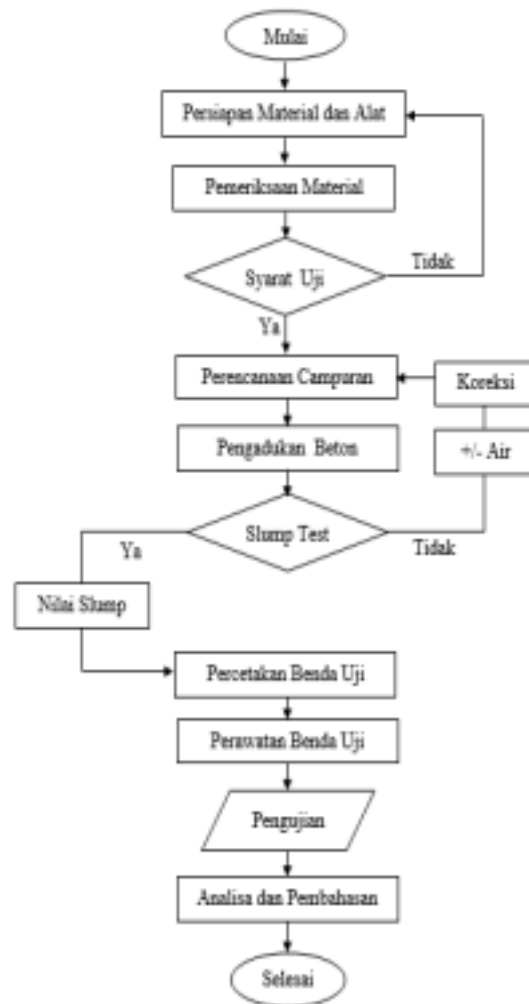
Adapun penelitian ini dilakukan untuk memberikan pengetahuan mengenai kelebihan Perencanaan campuran beton dengan penambahan superplasticizer menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan dengan campuran beton normal, terutama dalam hal kekuatan dan kelecakan beton yang dihasilkan. Penggunaan superplasticizer meningkatkan workability secara signifikan, memperbaiki kemampuan pengerjaan beton, dan menciptakan beton yang lebih kuat. Namun, ada kekhawatiran terkait kemampuan beton dengan superplasticizer untuk mempertahankan flowability campuran dalam jangka waktu yang lama, yang dikenal sebagai slump loss.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati secara detail kelebihan dan kekurangan dari penambahan superplasticizer pada campuran beton. Dengan demikian, pembaca dapat memahami dampak superplasticizer terhadap kemudahan pengerjaan (kelecakan) dan kekuatan tekan beton yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan wawasan tentang berbagai perencanaan mix desain beton yang melibatkan penggunaan superplasticizer.

Melalui penelitian ini, diharapkan para pembaca akan mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh superplasticizer pada beton dan dapat mengambil langkah-langkah yang tepat dalam perencanaan dan penggunaan campuran beton yang sesuai dengan kebutuhan proyek konstruksi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Rakayasa Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Pada pengujian ini dicari nilai kuat tekan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari. Benda uji dibuat dalam bentuk silinder dengan campuran bahan tambah *Superplasticizer*. Penggunaannya dalam percobaan ini mengikuti panduan pemakaian yang tertera pada brosur yaitu 250 ml untuk 1 sak semen dengan penggunaan air dikurangi 40% pada penggunaan campuran beton normal. Bahan-bahan yang dipakai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah semen portland normal tipe I, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah *Superplasticizer*.



Gambar 1. Diagram Alir (flowchart) Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap analisa dan pembahasan. Untuk lebih detail dapat dilihat pada diagram alir (flowchart).

Agregat

Agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-fumace slag*), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60%-75% dari berat campuran beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. (SNI 2847-2013).

1. Agregat halus (*fine aggregate*) Agregat halus adalah butiran-butiran material yang lolos ayakan 3/8 inchi (9,5 mm) dan 90% lolos ayakan 4,75 mm (no.4) dan 70% butirannya tertahan ayakan 0,075 mm (no.200) (ASTM C 33,1982). Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, atau lumpur dari saringan no.100 atau bahan-bahan lain yang dapat

merusak campuran beton. Menurut SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A), agregat halus harus memenuhi syarat berikut :

- a. Butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan < 2,2
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh cuaca
- c. Tidak mengandung lumpur >5%
- d. Tidak mengandung zat organik yang terlampau banyak
- e. Modulus kehalusan antara 1,5-3,8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi
- f. Agregat halus dari pantai dapat dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

2. Agregat kasar (*coarse aggregate*)

Agregat kasar adalah butiran-butiran yang lolos ayakan 38,10 mm dan sebagai besar tertahan diayakan 4,75 mm (no4) (ASTM C 33, 1982). Berat jenis agregat kasar sangat dipengaruhi oleh pori dan rongga yang menyerap air yang disebut jenuh dan kering muka (*Saturated Surface Dry /SSD*).

Menurut SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A), agregat kasar harus memenuhi syarat berikut :

- a. Butirannya keras dan tidak berpori dengan indeks kekerasan <5%
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh cuaca
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%
- d. Tidak boleh mengandung zat reaktif terhadap alkali
- e. Butiran yang panjang dan pipih tidak boleh melebihi 20%
- f. Modulus kehalusan agregat berkisar pada 6-7,1 dengan variasi butir sesuai standar gradasi
- g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari : 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, 3/4 jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan

Gradasi agregat

SNI mengklarifikasikan distribusi ukuran butir agregat halus menjadi empat daerah atau zone yaitu: *zone 1* (kasar), *zone 2* (agak kasar), *zone 3* (agak halus), dan *zone 4* (halus) sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persen Berat yang Lolos Saringan (%)			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
9,60	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100 95-100 90-100
2,40	60-95	75-100	85-100	80-100
1,20	30-70	55-90	75-100	15-50
0,60	15-34	35-59	60-79	0-15
0,30	5-20	8-30	12-40	
0,15	0-10	0-10	0-10	

Sumber : SNI 03-2843-2000

Menurut *British Standard* (BS), gradasi agregat kasar (kerikil/batu) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2. Syarat Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persen Berat yang Lolos Saringan (%)		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40,0	95-100	100	100
20,0	30-70	95-100	100
12,5	-	-	90-100
10,0	10-35	25-55	40-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber : British Standard (BS)

Semen

Semen merupakan bahan pengikat disebabkan semen merupakan bahan hidrolis yang apabila bertemu dengan air akan bereaksi. Perikat hidraolik dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan batu gypsum dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru bersifat perekat pada batuan.

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memerlukan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Jika bahan semen diuraikan susunan senyawanya secara kimia, akan terlihat jumlah oksida yang membentuk bahan semen itu.

Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen. Air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai campuran beton, dapat juga berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut maupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garam dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20% (Tri Mulyono, 2005).

Air berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena beton kelebihan air dapat menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami bleeding, yaitu air akan naik ke permukaan beton segar yang sudah dituangkan, naiknya air bersama dengan butiran semen dan butiran pasir halus. Air dalam campuran beton dapat berpengaruh terhadap sifat workability adukan beton, besar kecilnya nilai susut beton, kelangsungan reaksi dengan semen sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu, dan peranan air sangat mendukung perawatan adukan beton diperlukan untuk menjamin pengerasan yang baik.

Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah kimia yang digunakan untuk mengurangi penggunaan air, sehingga akan dapat menghasilkan adukan dengan nilai faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama. Hal ini mengakibatkan kuat tekan beton akan menjadi lebih tinggi (ASTM C494 dan British Standard 5075).

Superplasticizer (high range water reducer admixtures) sangat meningkatkan kelecakan campuran. Digunakan terutama untuk beton mutu tinggi. Pada prinsipnya mekanisme kerja dari setiap superplasticizer sama, yaitu dengan menghasilkan gaya tolak-menolak (dispersion) yang cukup antarpartikel semen agar tidak terjadi penggumpalan partikel semen (flocclulate) yang dapat menyebabkan terjadinya rongga udara di dalam beton, yang akhirnya akan mengurangi kekuatan atau mutu beton tersebut.

Superplasticizer juga mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan workabilitas bahan ini merupakan sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadi pemisahan (segregasi/bleeding) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar, maka bahan ini berguna untuk pencetakan beton di tempat-tempat yang sulit seperti tempat pada

penulangan yang rapat. Superplasticizer dapat memperbaiki workabilitas namun tidak berpengaruh besar dalam meningkatkan kuat tekan beton untuk faktor air semen yang diberikan. Namun kegunaan superplasticizer untuk beton mutu tinggi secara umum sangat berhubungan dengan pengurangan jumlah air dalam campuran beton. Pengurangan ini tergantung pada kandungan air yang digunakan, dosis serta tipe dari superplasticizer yang dipakai (L.J. Parrot, 1988).

Pengujian Kuat Tekan

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik.

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau N/mm² dan kg/cm². Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39 atau menurut yang disyaratkan SNI 03-1974- 1990.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan kualitas dan mutu beton seperti yang diinginkan, maka lebih dahulu harus melakukan pengujian terhadap sifat-sifat fisis agregat. Pemeriksaan sifat-sifat fisis dimaksudkan untuk menentukan bahwa agregat yang digunakan memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Hasil
Kadar air	3,50 %	ok
Berat jenis	SSD = 2,60	ok
Berat Isi	1415,10 Kg/m ³	ok
Analisa saringan	FM = 2,18	ok
Gradasi butiran	Zona 3	ok
Kadar lumpur	2,8 %	ok
Penyerapan	1,63 %	ok

Sumber : Analisa

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Pengujian	Hasil
Kadar air	0,20 %	ok
Berat jenis	SSD = 2,71	ok
Berat Volume	1443,15 Kg/m³	ok
Analisa saringan	FM = 6,84	ok
Ukuran butiran	Maks 40 mm	ok
Kadar lumpur	1,0 %	ok
Penyerapan	1,17 %	ok

Sumber: Analisa

Berdasarkan hasil penelitian sifat fisis agregat yang kemudian dihitung komposisi material campuran beton (mix design) dengan menggunakan metode SNI (Standar Nasional Indonesia), maka diperoleh komposisi campuran beton yang dapat dilihat pada table 5. dimana menunjukkan perbandingan nilai FAS (faktor air semen) pada beton dengan penggunaan campuran *superplasticizer* menjadi lebih kecil akibat reduksi air sebesar 40% sehingga nilai FAS menjadi 0,31 dan nilai FAS beton normal sebesar 0,51.

Tabel 5. Kebutuhan Bahan Campuran

Jenis Benda Uji	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Super plasticizer (ml)
Beton Normal	40,25	16,91	11,06	5,73	-
Perbandingan	3,64	1,53	1	0,51	-
Beton + Superplasticizer	35,78	15,03	9,83	3,05	61,46
Perbandingan	3,64	1,53	1	0,31	6,25

Sumber : Analisa

Hasil Pemeriksaan Nilai Slump

Pemeriksaan nilai slump dilakukan untuk mengetahui nilai workability dari beton yang dibuat. Workability (kemudahan pengerjaan) beton dapat dilihat dari nilai slump yang terjadi. Karena nilai slump merupakan parameter workability, semakin tinggi nilai slump maka semakin mudah proses pengerjaan beton (workability). Dalam penelitian ini, beton dengan penambahan superplasticizer dan reduksi air 40% diperoleh tingkat workability yang tinggi dimana nilai slump menjadi lebih tinggi dibandingkan beton normal. Hasil uji slump dapat dilihat pada tabel 6.

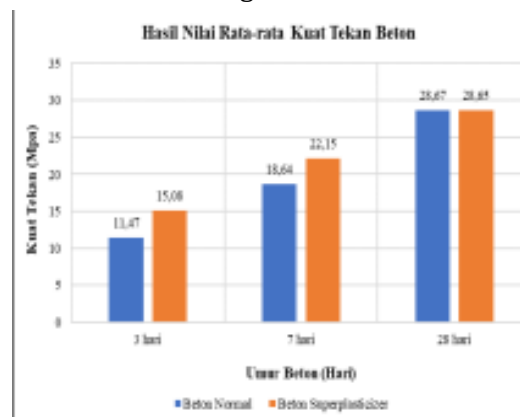
Tabel 6. Data Hasil Pemeriksaan Nilai Slump

Jenis Benda Uji	Nilai Slump (cm)
Beton Normal	14
Beton + Superplasticizer	14,5

Sumber: Analisa

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Dari hasil pengujian diatas maka dapat digambarkan diagram dan grafik kuat tekan rata-rata beton pada umur 3, 7 dan 28 hari adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Hasil Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton

Pengujian pada saat beton berumur 7 hari dan 28 hari. Tabel 7 menunjukkan hasil nilai rata-rata kuat tekan beton normal pada umur 3 hari sebesar 11,47 MPa, pada umur 7 hari sebesar 18,64 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 28,67 MPa dimana variasi yg berumur 28 hari memiliki kuat tekan yang cenderung sama dengan beton *superplasticizer* umur 28 hari yaitu sebesar 28,65 MPa, sedangkan variasi yang lainnya memiliki kuat tekan lebih tinggi dari beton normal dengan nilai kuat tekan pada umur 3 hari sebesar 15,08 MPa dan pada umur 7 hari sebesar 22,15 MPa. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa beton dengan penambahan *superplasticizer* memiliki kekuatan tekan awal yang lebih tinggi di bandingkan dengan beton normal dan hasil dari kuat tekan beton normal dan beton *superplasticizer* pada umur 28 hari memiliki kekuatan tekan melebihi kuat tekan target yaitu f_c' 25 MPa.

Tabel 8. Persentase Nilai Kuat Tekan Beton

Jenis Benda Uji	Nilai Koefisien Umur		
	3 Hari	7 Hari	28 Hari
Beton Normal	11,47	18,64	28,67
Beton Superplasticizer	15,08	22,15	28,65
Persentase Kenaikan (%)	31,49	18,84	-0,08

Sumber : Hasil Penelitian

Dari hasil persentase nilai kuat tekan beton pada tabel 8. menunjukkan hasil beton *superplasticizer* pada umur 3 hari mengalami kenaikan sebesar 31,49% dari beton normal umur 3 hari dan pada umur 7 hari mengalami kenaikan sebesar 18,84% dari beton normal umur 7 hari, sedangkan pada umur 28 hari mengalami penurunan sebesar 0,08% dari beton normal umur 28 hari. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa reaksi akibat adanya penggunaan campuran *superplasticizer* kuat tekan awal beton menjadi lebih tinggi namun selanjutnya terus mengalami penurunan dan pada umur 28 hari memiliki kuat tekan yang cenderung sama dengan beton tanpa penggunaan *superplasticizer*. Persentase kenaikan nilai kuat tekan beton maksimum yaitu pada beton umur 3 hari.

SIMPULAN

Penggunaan bahan tambah *superplasticizer* pada campuran beton dapat meningkatkan kualitas beton pada kekuatan tekan awalnya maupun tingkat workability atau kelecakannya. Pada variasi campuran dengan menggunakan bahan tambah *superplasticizer* berpengaruh pada pengujian slump test yang menghasilkan ukuran tinggi slump lebih tinggi dari beton normal yaitu dengan nilai 14,5 cm dan untuk beton normal dengan nilai 14 cm. Berdasarkan dari hasil penelitian, beton dengan penambahan *superplasticizer* meningkatkan kuat tekan awalnya dimana pada umur 3 hari dan 7 hari kuat tekan yang di hasilkan lebih besar dari beton normal yaitu pada umur 3 hari sebesar 15,08 Mpa dan umur 7 hari sebesar 22,15 Mpa sedangkan untuk beton normal umur 3 hari sebesar 11,47 Mpa dan umur 7 hari sebesar 18,64 Mpa, namun untuk variasi umur 28 hari memiliki kuat tekan yang cenderung sama dengan beton normal yaitu sebesar 28,65 Mpa dan beton normal umur 28 hari sebesar 28,67 Mpa. Dari hasil pengujian, beton dengan campuran *superplasticizer* memiliki kekuatan awal yang tinggi di mana pada umur 3 mengalami kenaikan sebesar 31,49 % dan pada umur 7 hari mengalami kenaikan sebesar 18,84 %. 5. Pada umur 28 hari seluruh variasi memiliki nilai kuat tekan yang melebihi nilai kuat tekan beton rancana yaitu 25 Mpa dimana kuat tekan beton *superplasticizer* umur 28 hari yaitu sebesar 28,65 Mpa dan beton normal 28 hari sebesar 28,67 Mpa jadi seluruh variasi cukup memenuhi syarat dengan hasil yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. dkk Beong, "Peran Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Medan dalam Penanggulangan Bencana Alam," *JPPUMA J. Ilmu Pemerintah. dan Sos. Polit. UMA (Journal Gov. Polit. Soc. UMA)*, vol. 4, no. 2, pp. 176-185, 2018.
- [2] A. Sinaga and Zainnudin, "Persepsi dan Implementasi Kebijakan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Sebagai Sarana Pembelajaran dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Kualitas Pendidikan Pada SMA Negeri Kota Pematang Siantar," *J. Adm. Publik (Public Adm. J.)*, vol. 3, no. 1, pp. 17-44, 2013, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/adminpublik/article/view/192/145>
- [3] A. Irwan, "Analisa Respon Mekanik Genteng Dari Bahan Beton Busa Diperkuat Serat Tkks Akibat Beban Impak Hujan Es Dengan Menggunakan Impactor Batang Aluminium," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 3, no. 1, p. 57, 2019, doi: 10.31289/jmemme.v3i1.2498.
- [4] M. Al Rasid and A. J. Zulfikar, "Analysis Tensile Strength of Laminate Jute Composites Based on Damage Patterns of Cylinder Columns Split Tensile Test Method," *J. Ilm. Tek. Sipil dan Arsit.*, vol. 1, no. 2, pp. 97-103, 2022, doi: 10.31289/jitas.v1i2.1454.

- [5] A. Kekuatan *et al.*, "Analysis of Compressive Strength of Concrete Cylindrical Column," vol. 6, no. 1, pp. 37–44, 2022.
- [6] P. Penggunaan *et al.*, "(Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)," vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [7] A. Perbandingan, K. Tekan, B. Normal, and K. Seunagan, "Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Campuran Abu Boiler Pada Proyek Jembatan Di PT. Socfindo Kebun Seunagan," vol. 7, no. 1, 2023.
- [8] S. Sta and M. T. Road, "Analysis Calculation of Carryng Capacity Pile Foundation Overpass Sei," vol. 3, no. 1, pp. 40–48, 2019, doi: 10.31289/jcebt.v3i1.2460.
- [9] E. Perencanaan *et al.*, "(Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)," vol. 2, no. 1, 2018.
- [10] S. Sugiyanto, M. K. Yunanto, and D. Yulianto, "Inovasi Pengembangan Wisata Kampung Nelayan di Kecamatan Ende Selatan, Kabupaten Endeuraan Tetandara, Rukun Lima, dan Paupanda, Kecamatan Ende Selatan, Kabupaten Ende," *Perspektif*, vol. 9, no. 1, pp. 27–37, 2020, doi: 10.31289/perspektif.v9i1.2996.
- [11] P. Merbau, M. K. Pembangunan, P. Pasaribu, D. H. P. Simanjuntak, and W. Malau, "ANTHROPOS : Jurnal Antropologi Sosial dan Budaya Metode Intervensi Sosial dalam Penguatan Strategi Masyarakat," vol. 2, no. 2, pp. 192–205, 2016.
- [12] K. Mustafa, P. Studi, T. Industri, and U. M. Area, "JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering) Provinsi Sumatera Utara di Medan Work Network Analysis Using CPM Method on Construction Project of BPK RI Balai Diklat Building Representative of North Sumatra Province in Medan Program Studi Tekn," vol. 2, no. November 2018, pp. 51–56, 2019.
- [13] D. Menggunakan, N. Bow, S. Dan, H. Pasar, D. C. Krisnawan, and H. R. Agustapraja, "Bow , Sni , And Market Prices," vol. 4, no. September, pp. 80–84, 2020.
- [14] T. D. Stevanni Imelda Christianingrum, "IMPLEMENTASI PROGRAM KOTA TANPA KUMUH DI KECAMATAN SEMARANG TIMUR," *J. Public Policy Manag. Rev.*, vol. 8, pp. 1–19, 2019.
- [15] M. S. Siagian, D. Ramdan, and B. Umroh, "Rancang Bangun Cetakan Botol Ukuran 30 ml Model Blow Pada Mesin Injection Molding Design of 30 ml Blow Model Bottle Mold on Injection Molding Machine," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 11–20, 2022, doi: 10.31289/jitmi.v2i1.2009.
- [16] N. Fitriadi and Y. Yus, "Pengaruh Penambahan Water Tube Dan Penggunaan Air Panas Hasil Penyulingan pada Boiler Terhadap Lama Waktu Penyulingan Minyak Pala," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 3, no. 2, p. 123, 2019, doi: 10.31289/jmemme.v3i2.3096.
- [17] Z. Fynnisa, M. Irwansyah, and P. Handayani, "for Cement in Concrete K-300," vol. 6, no. 1, pp. 92–96, 2022.
- [18] P. S. Zalukhu and D. M. Hutaaruk, "Effect of Addition of Coco Fiber (Cocofiber) to Concrete Mixture as Sound Damper," vol. 1, no. 1, pp. 27–36, 2017.
- [19] C. T. Material, "Concrete Tile Material," vol. 1, no. 1, pp. 11–18, 2017.