

## Pengaruh Pengerasan Beton Menggunakan Superplasticizer Terhadap Kuat beton Busa

Muhammad Royan Firdaus<sup>1)</sup>, Sartika Nisumanti<sup>2)</sup>, Khodijah Al Qubro<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri Palembang  
Jl. Jendral Sudirman No. 629 KM.4, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia.  
Email : [royan.firdauus@gmail.com](mailto:royan.firdauus@gmail.com)<sup>1)</sup>, [sartika.nisumanti@uigm.ac.id](mailto:sartika.nisumanti@uigm.ac.id)<sup>2)</sup>, [khodijah@uigm.ac.id](mailto:khodijah@uigm.ac.id)<sup>3)</sup>

### ABSTRACT

*A new product of lightweight concrete that has a low specific gravity that is increasingly used in the world of construction is foam concrete. In this study, testing the addition of superplasticizers to the foam concrete mixture was carried out, by analyzing the effect of adding superplasticizers as much as 0.3% of the amount of cement on the process of setting time and compressive strength of foam concrete. The purpose of the study was to determine the effect of adding superplasticizers as much as 0.3% of the amount of cement on the process setting time and compressive strength of foam concrete. In this study, the method used was an experimental method. The results showed that the addition of superplasticizers to the concrete mixture can make the cement binding time longer than without the addition of superplasticizers to the concrete mixture. While in testing the compressive strength of concrete, there is a significant increase in concrete strength in concrete variations with the addition of superplasticizers, this is because the use of added superplasticizers can reduce water use so that the cement water factor becomes lower and improves concrete quality.*

**Keywords:** Concrete Foam, Superplasticizer, Compressive Strength

### ABSTRAK

Produk baru beton ringan yang mempunyai berat jenis rendah yang semakin banyak digunakan dalam dunia konstruksi yakni beton busa. Pada penelitian ini dilakukan pengujian penambahan *superplasticizer* pada campuran beton busa, dengan menganalisis pengaruh penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3% dari jumlah semen terhadap proses *setting time* dan kuat tekan beton busa. Dengan tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3% dari jumlah semen terhadap proses *setting time* dan kuat tekan beton busa. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan dengan adanya penambahan *superplasticizer* kedalam campuran beton dapat membuat waktu ikat semen lebih lama dibandingkan tanpa penambahan *superplasticizer* kedalam campuran beton. Sedangkan pada pengujian kuat tekan beton terjadi peningkatan kekuatan beton secara signifikan pada variasi beton dengan penambahan *superplasticizer*, hal tersebut dikarenakan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* dapat mengurangi pemakaian air sehingga faktor air semen menjadi lebih rendah dan meningkatkan mutu beton.

**Kata kunci:** Beton Busa, Superplasticizer, Kuat Tekan

## 1. Pendahuluan

Inovasi dan perkembangan ilmu pengetahuan dalam rekayasa konstruksi sangat di butuhkan untuk mempermudah pengerjaan dan meningkatkan kualitas bahan bangunan. Beton merupakan salah satu material bangunan yang paling banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi, baik pada konstruksi bangunan gedung dan bangunan lainnya (Hadi, 2020). Inovasi produk baru beton diperoleh dengan mendaur ulang limbah konstruksi, sehingga memungkinkan untuk mengurangi masalah dengan penyimpanan limbah konstruksi dan pembuangan (Warnphen et al, 2019; Mobili et al, 2018; Ajayi & Babafemi, 2019). Menurut Cahyo et al (2020) beton merupakan bentuk dasar kehidupan masyarakat modern memiliki fungsi bagi pembangunan dan komponen konstruksi, yang memiliki sifat kokoh serta tahan lama yang campurannya terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air yang membentuk massa padat (Choiriyah et al, 2019; Gaus et al, 2020).

Salah satu inovasi baru dikategorikan ke dalam beton ringan yang mempunyai berat jenis rendah yang semakin banyak digunakan dalam dunia konstruksi di Indonesia yaitu beton busa (Bere et al, 2020). Beton busa adalah beton ringan yang mengandung sekitar 20% gelembung busa dalam campuran beton dengan kepadatan antara (400 - 1800) kg/m<sup>3</sup> (Qubro et al, 2021; Shawnim & Mohammad, 2019). Beton berbuisa terdiri dari material yakni pasir halus, baku busa, semen, pasir, dan air (Salami et al, 2022).

Falliano et al (2019) melakukan penelitian kekuatan mekanik beton busa ringan yang diperkuat serat. Hasil penelitian menunjukkan serat polimer meningkatkan kapasitas lentur balok, terutama untuk spesimen dengan kerapatan rendah dan untuk kandungan serat yang lebih tinggi (2,0% dan, di atas segalanya, 5,0%), tetapi pengaruh pada kuat tekan diabaikan. Jaring GFRP tambahan yang dikombinasikan dengan serat pendek meningkatkan kapasitas lentur secara signifikan di semua kondisi, menjadi strategi terbaik untuk memperoleh kekuatan mekanik tinggi yang dengan kerapatan rendah. Dalam penelitian Gökçe et al (2019) menemukan campuran yang memiliki kandungan busa yang tinggi, dengan tambahan *silika fume* menghasilkan nilai kuat tekan yang unggul dan rasio kuat tekan/konduktivitas termal yang lebih besar daripada tambahan *fly ash*. Nisumanti & Hadiyana (2016) menyatakan kuat tekan beton dengan penambahan *sika viscocrete 3115ID* dan *fly ash* memperoleh hasil kuat tekan yang lebih meningkat menggunakan tambahan *fly ash* dibandingkan *sika viscocrete*.

Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui bahwa menambahkan bahan kimia pada campuran beton busa dapat mempengaruhi kekuatan beton. Oleh sebab itu dilakukan penelitian penambahan *superplasticizer* pada campuran beton busa, dengan menganalisis pengaruh penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3% dari jumlah semen terhadap proses *setting time* dan kuat tekan beton busa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui

pengaruh penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3% dari jumlah semen terhadap proses *setting time* dan kuat tekan beton busa.

### Beton

Beton merupakan bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu (Denie et al, 2021). Beton merupakan suatu bahan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Fauzi et al, 2020).

### Superplasticizer

*Superplasticizer* merupakan salah satu bahan kimia yang sebenarnya tidak berpengaruh langsung dengan kekuatan beton, namun bertujuan meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan pengecoran (*workability*) beton fas yang rendah. Dengan bahan tambah *superplasticizer* maka beton dengan fas rendah lebih mudah dikerjakan dan pematatandapat dilakukan dengan mudah (Winter, 1993).

### Kuat Tekan Beton

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan beton yang diharapkan dapat menghasilkan sesuai dengan yang direncanakan (Nisumantiet al, 2014). SNI 1974, (2011) menyatakan kuat tekan beton merupakan besarnya beban yang dapat dipikul beton persatuan luas, yang dapat menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton normal antara 20 sampai 40 Mpa. Persamaan yang digunakan menentukan nilai kuat tekan beton yaitu, sebagai berikut:

$$f_c' = P/A \quad \dots(1)$$

Dimana:

$f_c'$  = Kuat Tekan Beton (MPa atau N/mm<sup>2</sup>).

P = Beban hancur (N).

A = Luas silinder (mm<sup>2</sup>).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Universitas Indo Global Mandiri Palembang, Sumatera Selatan. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *Portland*, agregat halus, *foaming agen*, air, dan *superplasticizer*.

### Tahapan – tahapan Pengujian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Tahapan pengujian ini berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Tahapan-tahapan pengujian pada penelitian ini antara lain yaitu:

- 1) Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton  
Pemeriksaan bahan/material dari penyusun beton dilakukan agar bahan yang digunakan telah memenuhi nilai syarat yang telah ditentukan untuk pembuatan beton.
  - a. Pemeriksaan analisa saringan agregat halus menggunakan SNI 1968:2010  
Pengujian dilakukan untuk mengetahui gradasi dari agregat dan nilai maksimum dari agregat menggunakan saringan.
  - b. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus menggunakan SNI 03 - 4142-1996 Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat.
  - c. Pemeriksaan kadar air agregat menggunakan SNI 1971:2011  
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air pada agregat halus.
  - d. Pemeriksaan berat isi agregat halus menggunakan SNI 03 - 4804 - 1998  
Pengujian berat isi pada agregat dilakukan untuk mengkonversi dari satuan berat ke satuan volume.
  - e. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus menggunakan SNI 1969:2008  
Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan untuk menentukan berat jenis (*specific gravity*).
- 2) Perencanaan Campuran Beton / DMF (*Design Mix Formula*)  
Perencanaan campuran beton dilakukan dengan menentukan komposisi campuran beton berdasarkan hasil pemeriksaan atau pengujian material.
- 3) Pembuatan Benda Uji  
Benda uji dibuat berdasarkan SNI 2493-2011 “Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium”. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 10 x 20 cm berjumlah 48 sampel seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1. Pembuatan Benda Uji**

Kode	Pengujian Kuat Tekan				Jumlah Sampel (bh)
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	
FC	3	3	3	3	12
FC + <i>superplasticizer</i> 0,3%	3	3	3	3	12
BN	3	3	3	3	12
BN+ <i>Superplasticzier</i> 0,3%	3	3	3	3	12
Jumlah Sampel					48

Keterangan:

- FC = *Foam Concrete*
- FC + *superplasticizer* 0,3% = *Foam Concrete* dengan penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3 % dari jumlah semen
- BN = *Beton Normal*
- BN + *Superplasticzier* 0,3% = *Beton Normal* dengan penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3% dari jumlah semen

- 4) Pengujian *Slump*  
Pengujian dilakukan iuntuk mengukur kekecekan adukani beton yaitu kepadatani atau ikecairan adukani yangi bergunai dalam pengerjaani beton.
- 5) Perawatan Benda Uji (*Curing*)  
Cara perawatan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini dengan cara perendaman pada bak tampung berisi air.
- 6) Pengujian Kuat Tekan  
Pada penelitian kali ini akan dilakukan pengujian kuat tekan setelah beton berumur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton ini bertujuan untuki mengetahui apakah kuati tekan betoni yang dibuat telah sesuai dengan yangi direncanakan Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusunan

Pemeriksaan bahan yang dilakukan dalam penelitian tersebut adalah pengujian agregat halus berdasarkan dari pengujian kadar lumpur, analisa saringan, berat isi, analisa berat jenis dan penyerapan, serta kadar air.

- 1) Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan  
Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada data – data yang ada di Tabel 2

**Tabel 2. Data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan**

	DESCRIPTION	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
A	Berat Piknometer	gr	200,71	201,08	200,90
B	Berat contoh kondisi SSD (gr)	gr	500	500	500
C	Berat piknometer + air + contoh SSD (gr)	gr	958,87	956,52	957,695
D	Berat piknometer + air (gr)	gr	651,18	663,37	657,275
E	Berat contoh kerig (gr)	gr	487,94	488,78	488,36
	<i>Bulk Specific Gravity</i>	gr/cc	2,54	2,36	2,45
	<i>Bulk Specific Gravity s.s.d.basic</i>	gr/cc	2,60	2,42	2,51
	<i>Apprent Specific Gravity</i>	gr/cc	2,71	2,50	2,60
	<i>Absorption</i>	%	2,47	2,30	2,38

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh hasil dari pemeriksaan nilai berat SSD sebesar 2,51 gr/cm<sup>3</sup> dan hasil dari pemeriksaan penyerapan air 2,38%. Menurut ASTM C 127 dan SNI 1970 : 2008, syarat nilai berat jenis SSD minimum sebesar 2,4% dan penyerapan air maksimum sebesar 4%. Maka dari data yang telah diperoleh menunjukkan bahwa syarat dalam agregat halus terhadap berat jenis dan penyerapan telah memenuhi syarat yang telah ditentukan.

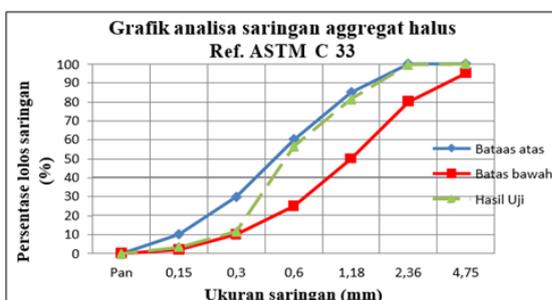
- 2) Hasil Pemeriksaan Berat Isi  
Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus dibagi menjadi dua keadaan yakni keadaan gembur dan padat yang dapat dilihat dari data-data pada Tabel 3.

**Tabel 3. Data hasil pemeriksaan berat isi**

PADAT				
No		Sampel 1	Sampel 2	Rata –rata
A	Volume Wadah	1,57	1,57	1,57
B	Berat Wadah	4,8583	4,8583	4,8583
C	Berat Wadah + Benda Uji	12,3737	12,5337	12,4537
D	Benda Uji (C-B)	7,5154	7,6754	7,5954
E	Berat Volume (D/A)	4,7869	4,8888	4,8378
GEMBUR				
No		Sampel 1	Sampel 2	Rata –rata
A	Volume Wadah	1,57	1,57	1,57
B	Berat Wadah	4,8583	4,8583	4,8583
C	Berat Wadah + Benda Uji	11,9492	12,0316	11,9904
D	Benda Uji (C-B)	7,0909	7,1733	7,1321
E	Berat Volume (D/A)	4,5165	4,5690	4,5427

Berdasarkan Tabel 3 menjelaskan hasil yang diperoleh dari pemeriksaan berat isi agregat halus dalam keadaan padat sebesar 4,8378 kg/m<sup>3</sup> dan dalam keadaan gembur sebesar 4,5427 kg/m<sup>3</sup>. Menurut ASTM C 29, SNI 03- 4804-1998, syarat nilai minimal berat isi/ volume dalam keadaan padat dan lepas yang baik tidak boleh kurang dari 1,200 kg/m<sup>3</sup>. berdasarkan data yang telah di periksa berat isi/ volume nilai ini masuk standar bahkan lebih dari syarat nilai yang sudah ditentukan sehingga berat isi volume dalam keadaan padat/lepas agregat halus memenuhi syarat.

- 3) Hasil pemeriksaan analisis saringan  
Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus dapat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Analisa saringan agregat halus**

Gambar 1 menunjukkan hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus dengan ukuran 4,75 mm sebesar 99,92%, ukuran 2,36 sebesar 99,65%, ukuran 1.18 sebesar 96,47%, ukuran 0.6 sebesar

75,62%, ukuran 0.3 sebesar 17,609%, ukuran 0.15 sebesar 3,297%. Menurut ASTM C 136, fineless modulus (FM) syarat untuk agregat halus memiliki nilai sekitar 2,30 s/d 3,10. Berdasarkan pengujian yang diperoleh fineless modulus untuk agregat halus sebesar 2,47 sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai FM agregat halus ini memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

- 4) Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur  
Diketahui hasil dari pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan didapat data-data yang sesuai pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil pemeriksaan kadar lumpur**

	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata"
Sampel 1	100 ml	2 ml	1,96	1,96
Sampel 2	100 ml	2 ml	1,96	

Berdasarkan Tabel 4 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur menurut ASTM C 117, SNI 03-4142-1996 Syarat nilai kadar lumpur memiliki nilai untuk beton abrasi sebesar 3% dan beton tidak abrasi sebesar 5%. Hasil dari pemeriksaan dan data yang diperoleh kadar lumpur agregat halus didapat nilai 1,96 % sehingga masuk sebagai beton abrasi dan memenuhi syarat.

- 5) Hasil Pemeriksaan Kadar Air  
Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus sehingga diketahui data-data hasil pemeriksaan pada Tabel 5.

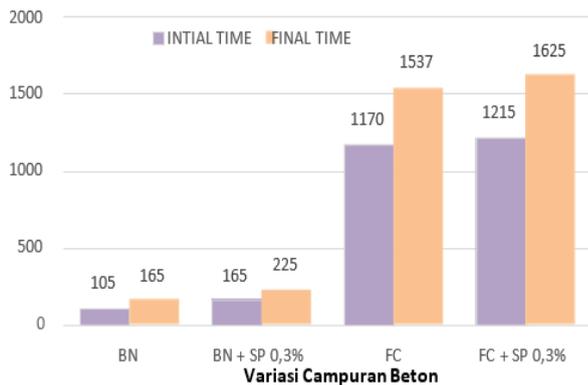
**Tabel 5. Hasil pemeriksaan kadar air**

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat wadah	gr	201,7	195,3
Berat wadah + berat sampel (Basah)	gr	2701,7	2695,3
Berat wadah + berat sampel (kering)	gr	2646,2	2640,9
Berat benda uji (Basah)	gr	2500	2500
Berat benda uji (kering)	gr	2444,5	2445,6

Tabel 5 menunjukkan hasil pemeriksaan kadar air menurut ASTM C 566, SNI 1971:2011 tidak ada syarat nilai kadar air pada agregat halus dan diperoleh data kadar air agregat halus sebesar 2,25%.

**Hasil Pengujian Setting Time**

Hasil pengujian setting time dengan dua variasi dan dua perbandingan molaritas alkali aktivator dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengujian Setting Time

Gambar 2 menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari penambahan *superplasticizer* pada beton normal dan beton busa. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa dengan penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,3% pada beton normal dan beton busa dapat memperlambat waktu ikat beton.

**Hasil Pengujian Slump**

*Slump test* dan *slump flow* dilakukan untuk setiap variasi sampel benda uji. Data hasil pengujian *slump test* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian slump

Benda Uji	Slump Flow (mm)	Slump Test (cm)
BN	-	5
BN + SP 0,3%	-	7
FC	190	-
FC + SP 0,3%	200	-

Standar dalam uji *slump flow* yang umum digunakan dalam penelitian adalah  $180 \pm 20$  mm yang artinya nilai slump 180 mm sampai 200 mm yang didapatkan sesuai Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai *slump* pada penelitian ini memenuhstandar.

**Hasil Pengujian Berat Jenis (Densitas)**

Pengujian berat jenis dilakukan untuk membandingkan antara hasil berat jenis beton normal dengan hasil *densitas* beton busa sebelum uji kuat tekan beton. Masing-masing beton ditimbang untuk mengetahui perbedaan *densitas* antar benda uji yang sudah mencapai waktu curing yang telah ditentukan yaitu pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Hasil dari pengujian *densitas* beton dapat dilihat pada Tabel 7.

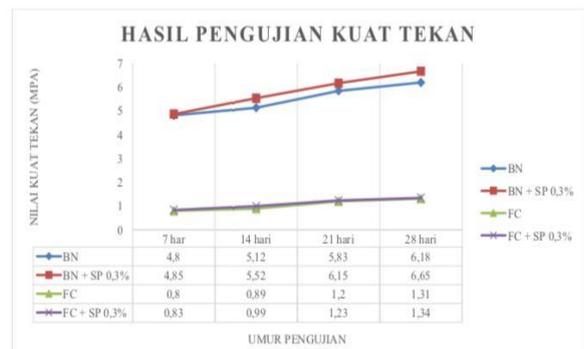
Tabel 7. Hasil pengujian berat jenis (densitas)

Kode Sampel	Berat Jenis (Gram)			
	7	14	21	28
BN	1,701	1,868	1,981	1,862
BN + SP 0,3%	1,773	1,983	1,949	1,775
FC	0,752	0,701	0,724	0,669
FC + SP 0,3%	0,756	0,739	0,718	0,698

Tabel 7 menunjukkan hasil berat jenis beton busa lebih ringan dibandingkan dengan berat jenis beton normal. Terlihat mulai dari hari ke 7 sampai hari ke 28 berat jenis beton busa tidak ada perubahan yang signifikan dan beton lebih ringan.

**Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton busa dengan variasi tambahan 0,3% *superplasticizer* umur pengujian 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton busa dengan variasi tambahan *superplasticizer*. Nilai kuat tekan rata – rata beton setiap benda uji (BN, BN + SP 0,3%, FC, FC + SP + 0,3%) menunjukkan peningkatan secara linear sama disetiap umur pengujian.

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka ditarik simpulan yaitu, sebagai berikut:

- 1) Dengan adanya penambahan *superplasticizer* kedalam campuran beton ada pengaruh terhadap waktu ikat beton. Beton normal dan beton busa yang menggunakan bahan tambah *superplasticizer* memiliki waktu ikat yang lebih lama dibandingkan beton normal dan beton busa yang tanpa penambahan *superplasticizer*.
- 2) Hasil dari penelitian ini beton normal dan beton busa yang menggunakan bahan tambah *superplasticizer* memiliki pengaruh terhadap hasil dari kuat tekan beton, beton yang menggunakan bahan tambah *superplasticizer* memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dibandingkan nilai kuat tekan beton yang tanpa menggunakan bahan tambah *superplasticizer*. Peningkatan kekuatan beton terjadi akibat dilakukannya penambahan *superplasticizer* karena penggunaan bahan tambah *superplasticizer* dapat mengurangi pemakaian air sehingga faktor air semen menjadi lebih rendah dan meningkatkan mutu beton.

**Daftar Pustaka**

- Ajayi, E. O. & Babafemi, A. J. 2018. Effects of pulverized burnt clay waste fineness on the compressive strength and durability properties of concrete. *Engineering Journal* **22**: 83–99.
- Cahyo, Y., Candra, A., Siswanto, E., & Gunarto, A. 2020. The Effect of Stirring Time and Concrete Compaction on K-200 Concrete Press Strength. *Journal of Physics: Conference Series* **1569**: 042033.
- Chandra, D. & Firdaus. 2021. Analisa Pengaruh Aktivator Kalium Dan Kondisi Material Pada Beton Geopolymer Dari Limbah B3 Fly Ash Batubara Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Rekayasa* **11**: 1–16.
- Fauzi, M., Lestari, D. A. & Belakang, L. 2020. Analisis Kuat Lentur Campuran Beton Menggunakan Limbah B3 Sebagai Sebagai Bahan Adiktif . *Pilar* **15**: 58–63.
- Handiyana, D., & Nisumanti, S. 2016. Penggunaan Sika Viscocrete 3115 Id Untuk Memudahkan Pengerjaan (Workability Beton Mutu Tinggi K.350 Dan Kuat Tekan Beton). *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil* **4**(3): 107–113.
- Qubro, K. Al & Saggaff, A. 2021. The Compressive Strength Of Fly Ash Foamed Concrete With Polypropylene Fiber. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)* **29**(1): 447–453.
- Rumbayan, R. 2020. Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Daya Serap Air untuk Batako dengan Penambahan Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil Terapan* **2**(3): 48–57.
- Sompie, F. N. L. O. B. A. & Sumampouw, J. E. R. 2020. Analisis Geoteknik Tanah Lempung Terhadap Penambahan Limbah Gypsum. *J. Sipil Statik* **8**, 197–204.
- Shawnim, P. & Mohammad, F. 2019. Compressive Strength of Foamed Concrete in Relation to Porosity Using SEM Images. *Journal of Civil Engineering, Science and Technology* **10**(1): 34–44.
- Warnphen, H., Supakata, N. & Kanokkantapong, V. 2019. The reuse of waste glass as aggregate replacement for producing concrete bricks as an alternative for waste glass management on sichang Island. *Engineering Journal* **23**(5): 43–58.