

# ANALISIS PENGARUH SERAT POLYPROPLYENE PADA BETON TERHADAP KUAT TARIK BELAH

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

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri Palembang

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indo Global Mandiri Palembang

<sup>3)</sup> Program Studi Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri Palembang

Jl. Jendral Sudirman No. 629 KM.4, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia.

Email : [fdhilmhmd06@gmail.com](mailto:fdhilmhmd06@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

*The use of polypropylene fiber in concrete can improve the quality of concrete against the tensile strength of concrete. Polypropylene fiber is a fiber that is waterproof so it cannot absorb water and is often used as an added material to conventional concrete and SCC concrete because of its ability to withstand chemical attacks and has a non-wet surface, so it is able to prevent fiber clumping during stirring. The purpose of the study was to determine the influence caused by polypropylene fiber as an added material with variations of 0.6%, 0.7% and 0.8% on the concrete tensile strength test and the cement water factor (FAS) on the concrete mixture. The method used in this study is an experimental method. The result of this study was that the value of tensile strength at the age of 28 days at the BSP 0.6%+SC0.6% increased by 13.4% from BN+SC's 0.6%. In contrast, in the variation of BSP 0.7%+SC 0.6% and BSP 0.8%+SC 0.6% decreased by 7.7% and 40% from BN+SC 0.6%. The cement water factor increases in each variation, FAS increases due to the addition of polypropylene fiber.*

**Keywords:** Concrete, Polypropylene Fiber, Additives, Tensile Strength, FAS

## ABSTRAK

Penggunaan serat *polypropylene* pada beton dapat meningkatkan mutu beton terhadap kuat tarik belah beton. Serat *polypropylene* adalah serat yang tahan air sehingga tidak dapat menyerap air dan sering kali dijadikan sebagai bahan tambah pada beton konvensional maupun beton SCC karena kemampuannya yang tahan terhadap serangan kimia dan memiliki permukaan yang tidak basah, sehingga mampu mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari serat *polypropylene* sebagai bahan tambah dengan variasi 0,6%, 0,7% dan 0,8% terhadap uji kuat tarik belah beton dan faktor air semen (FAS) pada campuran beton. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Hasil dari penelitian ini adalah nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari pada variasi BSP 0,6%+SC0,6% meningkat sebesar 13,4% dari BN+SC 0,6%. Sebaliknya, pada variasi BSP 0,7%+SC 0,6% dan BSP 0,8%+SC 0,6% menurun sebesar 7,7% dan 40% dari BN+SC 0,6%. Faktor air semen meningkat di setiap variasi, FAS meningkat dikarenakan adanya penambahan serat *polypropylene*.

**Kata kunci:** Beton, Serat *Polypropylene*, Zat Aditif, Kuat Tarik, FAS

## 1. Pendahuluan

Pada umumnya saat ini beton merupakan bahan struktur utama dalam sebuah bangunan. Hal ini dikarenakan beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan berupa bahan baku beton yang mudah didapat, harga relatif murah, mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan tidak memerlukan biaya yang terlalu mahal untuk perawatannya (Agustapraja dan Dhana, 2021). Selain mempunyai kelebihan, beton juga mempunyai kekurangan dalam penggunaannya yaitu beton memiliki sifat yang getas sehingga tidak mampu menahan tegangan tarik. Oleh karena itu beton diperlukan bahan tambah alami maupun bahan tambah kimia untuk memperbaiki sifat beton yang getas.

Dari penelitian Siregar (2017), menyatakan menambahkan serat *polypropylene* sebagai bahan tambah sebanyak 0,25 kg/m<sup>3</sup> (dari berat volume beton) pada beton SCC dengan faktor air semen 0,288 dan menghasilkan nilai uji kuat tarik belah beton meningkat sebesar 11,76% dari beton SCC non serat pada umur 28 hari dan juga nilai kuat lentur meningkat sebesar 18,04% dari beton SCC non serat (Melinda et al, 2021). Serat *polypropylene* adalah serat yang tahan air sehingga tidak dapat menyerap air dan sering kali dijadikan sebagai bahan tambah pada beton konvensional maupun beton SCC karena kemampuannya yang tahan terhadap serangan kimia dan memiliki permukaan yang tidak basah, sehingga mampu mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan (Pangestuti et al, 2021; Gunawan et al, 2014). Serat *polypropylene* berukuran makroskopis dan bersifat fleksibel sehingga memiliki kekuatan tarik hingga 310-760 MPa dengan pemanjangan serat hingga 15% dan memiliki permukaan yang tahan air sehingga tidak dapat menyerap air (Zhang dan Feldman, 1995). Sifat mekanis beton busa menggunakan variasi serat *polypropylene*. Berdasarkan nilai kekuatan tekan pada usia 28 hari, kekuatan tekan beton tanpa busa agen dan beton berbuisa terus meningkat seiring dengan meningkatnya penggunaan serat *polypropylene* (Al-Qubro et al, 2021).

Kurangnya informasi mengenai variasi faktor air semen yang mampu meningkatkan mutu beton dengan penambahan serat *polypropylene*, maka dapat disimpulkan bahwa suatu masalah pengaruh penambahan serat *polypropylene* pada setiap faktor air semen terhadap karakteristik dan nilai kuat tarik belah beton, maka diperlukan zat aditif yang dapat mengurangi kadar air yang berpengaruh terhadap faktor air semen. *Sikacim Concrete Additive* digunakan sebagai campuran adukan beton akan mempercepat pengerasan beton. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, penambahan *sikacim concrete additive* pada campuran beton mampu mencapai kuat tekan beton rencana, dan dapat meningkatkan kuat tekan beton, dengan nilai maksimum kuat tekan beton umur 28 hari diperoleh pada variasi penambahan *sikacim concrete additive* pada campuran beton sebesar 0,7% dari berat semen dengan pengurangan

kadar air sebesar 15% dari kadar air semula. (Mulyati & Adman, 2019). Oleh sebab itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari serat *polypropylene* sebagai bahan tambah dengan variasi 0,6%,0,7% dan 0,8% terhadap uji kuat tarik belah beton dan factor air semen (FAS) pada campuran beton.

### Beton

Beton merupakan bentuk dasar kehidupan masyarakat modern memiliki fungsi bagi pembangunan dan beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antar agregat (Cahyo et all, 2020; Choiriyah et all, 2019; Gaus et all, 2020).

### Serat Penggunaan Beton

Penguatan serat adalah metode penting untuk material komposit berbasis semen berkinerja tinggi, penguatan serat secara efektif dapat mengurangi pembentukan retakan dalam proses pengerasan semen, dan menghambat pertumbuhan retakan di bawah beban eksternal, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dari konkret (Jun et al, 2020). Jenis-jenis serat sintetis yang digunakan untuk memperkuat komposit berbasis semen terutama meliputi: serat polipropilen, serat polivinil alkohol, serat lemak polipropilen, serat polietilen, poliamida serat, dan lain-lain (Alhozaimy et al, 1996; Ueno et al, 2017).

### Serat *Polypropylene*

Serat *polypropylene* adalah salah satu jenis serat buatan. Serat *polypropylene* terbuat dari senyawa polimer yang memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap serangan kimia. Permukaan *polypropylene fiber* licin, sehingga mencegah aglomerasi di waktu pengadukan (Alfuady et al, 2019). Dalam beton, serat polipropilena digunakan sebagai bahan komposit untuk meningkatkan kekuatan Tarik kekuatan dan kekuatan lentur beton (Raupit et al, 2017). Serat polipropilen memiliki ketahanan yang baik dalam daya tarik (Alfuady et al, 2019).

### Uji Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik beton pada penelitian ini berdasarkan SNI 03-2491-2002. Pengujian bertujuan untuk mengetahui besarnya beban maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji. Pengujian dilakukan pada beton yang berumur 28 hari setelah proses perawatan (perendaman benda uji). Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder (the split-cylinder) menurut ASTM C496-71 dimana benda uji silinder beton yang diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (BSN, 2002).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Indo Global Mandiri Palembang, Sumatera Selatan. Metode pengujian & pelaksanaan mengacu pada SNI dilengkapi ASTM.

### Material Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *Portland*, agregat halus, agregat kasar, air, serat *polypropylene*, dan *sikacim*.

## Tahapan Pengujian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengujian material penelitian ini berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Tahapan- tahapan pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### a) Job Mix Formula

Pada tahap ini pengujian menentukan proporsi campuran untuk benda uji silinder 10 x 20 cm menggunakan perbandingan yaitu 1:2:3 terdiri dari semen, agregat halus dan agregat kasar. Proporsi campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Proporsi campuran beton

Kode	Komposisi Campuran				
	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (ltr)	Serat Polypropylene (Kg)
BN+SC 0,6%	361.08	775.26	1221.3	162.49	0
BSP 0,6%+SC 0,6%	361.08	775.26	1221.3	247.8	7.82
BSP 0,7%+SC 0,6%	361.08	775.26	1221.3	247.8	15.63
BSP 0,8%+SC 0,6%	361.08	775.26	1221.3	247.8	23.45

### b) Pengujian Karakteristik Beton

Pada tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui untuk mengetahui berat jenis, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, penyerapan air dari agregat dan kadar lumpur. Pada tahap ini pengujian dilakukan terhadap agregat halus dan kasar (BSN, 2002).

### c) Pengujian Slump

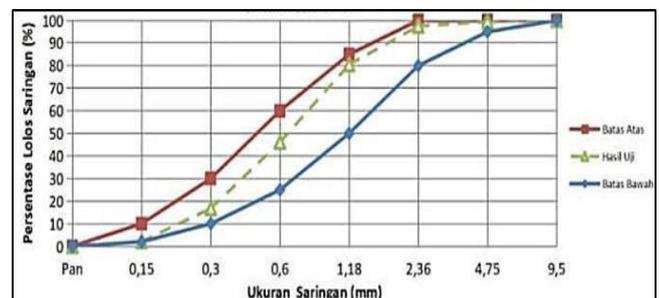
Pengujian dilakukan untuk mengukur kelecakan adukan beton yaitu kepadatan atau kecairan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton (BSN, 1990).

### d) Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian dilakukan untuk mengetahui cara penentuan kuat tarik belah benda uji yang dicetak berbentuk silinder atau beton inti yang diperoleh dengan cara pengeboran termasuk ketentuan peralatan dan prosedur pengujiannya serta perhitungan kekuatan tarik belahnya.

### a) Analisis saringan agregat halus

Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Gambar 2



Berdasarkan Gambar 2 bisa kita lihat hasil pengujian analisis menurut SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33, *fineness modulus* agregat halus berkisar antara 2,30 hingga 3,10. Oleh karena itu, berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat halus yang diperoleh diklasifikasikan ke dalam kategori halus yaitu 2,58 dan memenuhi syarat.

### b) Analisis sifat karakteristik agregat halus

Hasil analisis sifat karakteristik halus antara lain, berat jenis kering permukaan (SSD), penyerapan air dan kadar lumpur. Hasil analisis sifat karakteristik halus dapat dilihat pada Tabel 3

## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang dibahas pada penelitian ini adalah pengujian material, analisis karakteristik beton seperti faktor air semen, pengujian pengikatan semen, pengujian *slump*, dan pengujian kuat tarik belah beton.

### Analisis Karakteristik Agregat Halus

Pada analisis karakteristik agregat halus terdapat berbagai macam pengujian di bawah ini:

Tabel 3. Analisis data hasil pengujian berat jenis, penyerapan air dan kadar lumpur agregat halus

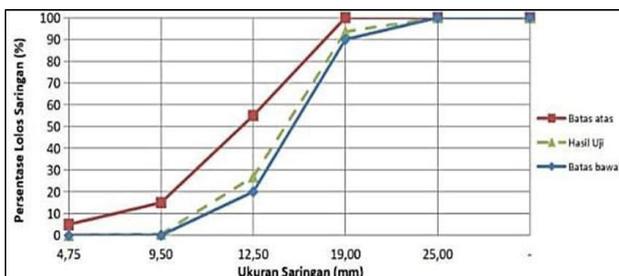
No	Keterangan	Hasil	SNI 1970 : 2008
1	Berat jenis kering permukaan (SSD)	2,51	$\geq 2,4$
2	Penyerapan	2,17%	$\leq 4\%$
3	Kadar Lumpur	1,93%	$\leq 3\%$

Menurut ASTM C 128, SNI 1970:2008, syarat nilai berat jenis SSD minimum adalah 2,4 dan nilai syarat nilai penyerapan maksimum adalah 4%. Berdasarkan Tabel 3 ditunjukkan bahwa berat jenis SSD yang diperoleh sebesar 2,51 dan penyerapan yang diperoleh sebesar 2,17%. Hal ini sudah memenuhi kriteria pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

#### Analisis Karakteristik Agregat Kasar

Pada analisis karakteristik agregat kasar terdapat berbagai macam pengujian di bawah ini:

- a) Analisis saringan agregat halus  
 Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Analisis Saringan Agregat Kasar

Tabel 4. Analisis data hasil pengujian berat jenis, penyerapan air dan kadar lumpur agregat kasar

No	Keterangan	Hasil	SNI 1969 : 2008
1	Berat jenis kering permukaan (SSD)	2,63	$\geq 2,4$
2	Penyerapan	0,84%	$\leq 4\%$
3	Kadar Lumpur	0,89%	$\leq 1\%$

Menurut ASTM C 127, SNI 1969:2008, syarat nilai berat jenis SSD minimum adalah 2,4 dan syarat nilai penyerapan maksimum adalah 4%. Berdasarkan Tabel 4 berat jenis SSD yang diperoleh sebesar 2,63 dan penyerapan yang diperoleh sebesar 0,84%. Hal ini sudah memenuhi kriteria pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Berdasarkan ASTM C 33 dalam SNI 8321:2016 mengenai quality plan, syarat nilai untuk pengujian kadar lumpur pada agregat kasar maksimum sebesar 1%. Tabel 4 menunjukkan hasil yang pengujian kadar lumpur agregat kasar yang diperoleh sebesar 0,89%. Hal ini sudah memenuhi kriteria pengujian kadar lumpur agregat kasar.

#### Analisis Karakteristik Beton

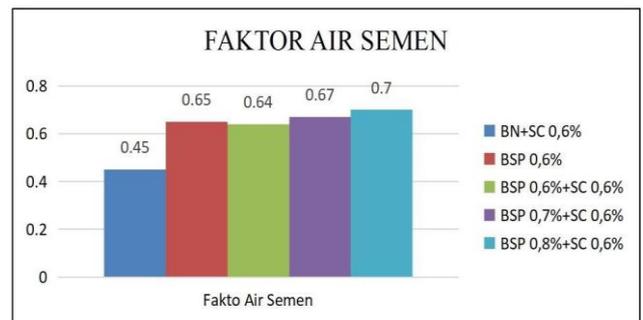
Hasil pengujian pada analisis karakteristik beton yaitu faktor air semen. Hasil dari faktor air semen pada komposisi beton ditunjukkan pada Gambar 4

Gambar 4 bahwa nilai faktor air semen (FAS) dari penggunaan serat *polypropylene* dengan tambahan sikacim dan serat *polypropylene* tanpa sikacim terdapat perbandingan nilai FAS sebesar 1,5%. Nilai FAS BSP 0,6% terhadap BN + SC diketahui meningkat sebesar 29,6% dan nilai FAS

Menurut ASTM C 128, SNI 1970:2008, syarat nilai berat jenis SSD minimum adalah 2,4 dan nilai syarat nilai penyerapan maksimum adalah 4%. Berdasarkan Tabel 3 ditunjukkan bahwa berat jenis SSD yang diperoleh sebesar 2,51 dan penyerapan yang diperoleh sebesar 2,17%. Hal ini sudah memenuhi kriteria pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil pengujian analisa saringan agregat kasar yang lolos saringan menurut ASTM C 136, SNI 1968:2010, *fineness modulus* agregat kasar berkisar antara 7,25 hingga 7,90. Oleh karena itu, berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat kasar yang diperoleh diklasifikasikan ke dalam kategori kasar yaitu 7,79 dan memenuhi syarat.

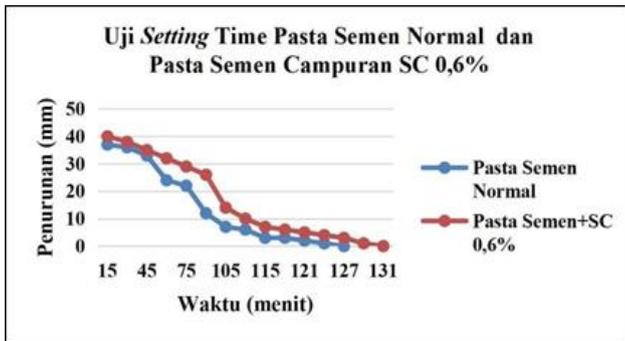
- b) Analisis sifat karakteristik agregat kasar  
 Hasil analisis sifat karakteristik kasar antara lain, berat jenis kering permukaan (SSD), penyerapan air dan kadar lumpur. Hasil analisis sifat karakteristik kasar dapat dilihat pada Tabel 4



BSP 0,6% tanpa *sikacim* terhadap BN + SC meningkat sebesar 30,7%. Faktor meningkatnya FAS pada setiap variasi dikarenakan adanya penambahan serat *polypropylene* yang menyebabkan penggunaan air di setiap variasi. Berdasarkan dari faktor air semen (FAS) yang di dapat pada sampel BSP 0,7% + SC dan BSP 0,6% + SC melebihi dari Faktor Air Semen maksimum (FASmaks) yang dapat menyebabkan uji kuat tarik belah beton rendah dan pada sampel BN + SC 0,6%, BSP 0,6% serta BSP0,6% + SC memiliki nilai FAS yang lebih rendah dari nilai faktor air semen maksimum sehingga dapat meningkatkan uji kuat tarik belah beton.

### Pengujian Setting Time

Hasil dari pengujian *setting time* dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Pengujian Setting Time

Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil *setting time* yang dilakukan pada kedua pasta semen yang digunakan, pada pasta semen didapatkan final time pada waktu 127 menit, sedangkan pada pasta semen campuran *SikaCim Additive Concrete* didapatkan hasil final time pada waktu 131 menit.

### Pengujian Slump

Hasil pengujian *slump test* pada beton ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil pengujian *slump test*

No	Jenis Variasi Campuran Beton	Nilai Slump (cm)
1	BN + SC 0,6%	9,0 cm
2	BSP 0,6% + SC 0,6%	9,0 cm
3	BSP 0,7% + SC 0,6%	9,0 cm
4	BSP 0,8% + SC 0,6%	8,0 cm

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh hasil pengujian *slump test* pada penelitian ini yaitu pada beton normal sebesar 9 cm, beton SP 0,6% sebesar 8 cm, beton SP 0,6% dan *SikaCim Additive Concrete* 0,6% sebesar 9 cm, beton SP 0,7% dan *SikaCim Additive Concrete* 0,6% sebesar 9 cm serta beton SP 0,8% dan *SikaCim Additive Concrete* 0,6% sebesar 8 cm. Oleh karena itu, pengujian *slump test* beton yang dilakukan telah memenuhi syarat.

### Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton normal yang berumur beton 7, 14, dan 28 hari, ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 6. Grafik Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa pada BSP 0,6%+SC 0,6% nilai kuat tarik belahnya meningkat sebesar 13,4% dari BN+SC 0,6%, dapat dinyatakan bahwa pada variasi BSP 0,6%+SC 0,6% memenuhi syarat untuk menggantikan BN. Sebaliknya, pada BSP 0,7%+SC 0,6% dan BSP 0,8%+SC 0,6% mengalami penurunan sebesar 7,7% dan 40% dari BN+SC 0,6% dapat dinyatakan bahwa kedua variasi ini tidak dapat menggantikan posisi beton normal. Berdasarkan keterangan bahwa maksimum penggunaan serat polypropylene yaitu sebesar 0,6%.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan Nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari pada variasi BSP 0,6%+SC0,6% meningkat sebesar 13,4% dari BN+SC 0,6%. Sebaliknya, pada variasi BSP 0,7%+SC 0,6% dan BSP 0,8%+SC 0,6% menurun sebesar 7,7% dan 40% dari BN+SC 0,6% sedangkan Faktor air semen meningkat di setiap variasi, FAS meningkat dikarenakan adanya penambahan serat

### Daftar Pustaka

- Agustapraja, H. R., dan Dhana, R. R. (2021). The Effect of Newspaper Powder on Structural Concrete Pressure Fc '21, 7 Mpa. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 830 (1). doi:10.1088/1755- 1315/830/1/012002
- Alfuady, F., Saloma., dan Idris, Y. (2019). Characteristics Foam Concrete with Polypropylene Fiber and Styrofoam. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 1198 (8). doi:10.1088/1742-6596/1198/8/082020
- Alhozaimy, A. M., Soroushian, P., Mirza, F. (1996). Mechanical properties of polypropylene Fiber reinforced concrete and the effects of pozzolanic Cement and Concrete Composites. 18, 85-92.
- Al-Qubro, K., Saggaff, A., Saloma. (2021). The Compressive Strength of Fly Ash Foamed Concrete with Polypropylene. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 2509 (29).
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SK SNI S-04-1989-F:

- Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan bukan Logam)*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1972-1990: Metode Pengujian Slump Beton, Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-2491-2002: *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. BSN. Bandung Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-6821-2002: *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding*, Jakarta.
- Cahyo Y, Candra A I, Siswanto E, dan Gunarto A. (2020). The Effect of Stirring Time and Concrete Compaction on K-200 Concrete Press Strength. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569 (4). doi:10.1088/1742-6596/1569/4/042033
- Choiriyah S, dan Caroline J. (2019). An Analysis of Concrete Test Weight with Different Water Cement Factors Using Histogram in Quality Management. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 462 (1). doi:10.1088/1757-899X/462/1/012043
- Gaus A, Imran, dan Chairul A. (2020). Analysis of The Mechanical Properties of Concrete Beams That Use Pumice as a Partial Substitution of Concrete Mixtures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569 (4). doi:10.1088/1742-6596/1569/4/0420371
- Jun, M., Yuanbao, S., Xufeng, J., dan Leibo, L. (2020). Study on the Preparation of Modified Polypropylene Fiber Reinforced Cement-Based Composite. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 782 (2). doi:10.1088/1757-899X/782/2/022056
- Melinda, G., Vera, A. N., dan Laksmi, I. (2021). Pengaruh Variasi Serat *Polypropylene* dan Faktor Air Semen Pada Uji Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur *Self Compacting Concrete* (SCC). *Jurnal Rekayasa Sipil Desain*, 9 (1), 105-118.
- Pangestuti, E. K., Handayani, S., Adila, H., dan Primerio, P. (2021). The Effect of Polypropylene Fiber Addition to Mechanical Properties of Concrete. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 700 (1). doi:10.1088/1755-1315/700/1/012057
- Raupit, F., Anis, S., Cher S. Tan., Yee, L. L., dan Mahmood, M. T. (2017). Splitting Tensile Strength of Lightweight Foamed Concrete with Polypropylene Fiber. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 7 (2), 424-430.
- Ueno, H., Beppu, M., Ogawa, A. (2017). A method for evaluating the local failure of short polypropylene fiber-reinforced concrete plates subjected to high-velocity impact with a steel projectile. *International Journal of Impact Engineering*, 105, 68-79.
- Zheng, Z., dan Feldman, D. (1995). *Synthetic Fibre-reinforced Concrete*. Canada: Pergamon.