

ANALISA KUAT TEKAN DAN TARIK BELAH BETON FLY ASH DENGAN PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE

(COMPRESSIVE STENGTH ANALYSIS OF FLY ASH CONCRETE WITH POLYPROPYLENE FIBER ADDITION)

Rivaldy Putra Pradana¹, Resti Nur Arini¹, Azaria Andreas¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

E-mail: Revaldyputra@gmail.com

Diterima 3 April 2023, Disetujui 12 Mei 2023

ABSTRAK

Pada penelitian ini serat Polypropylene di tambahkan pada beton fly ash. Penambahan serat Polypropylene ini di perkirakan dapat meningkatkan kuat tekan dan tarik belah pada beton fly ash. Serat Polypropylene merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan – bahan yang terbuat dari plastik. Pertama kali serat digunakan dalam industri tekstil karena harganya murah dan dapat menghasilkan produk yang berkualitas. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah keretakan sehingga menjadikan beton tersebut lebih daktail dibandingkan beton tanpa serat. Penambahan serat pada adukan beton merupakan salah satu solusi untuk mengatasi retak-retak yang mungkin terjadi akibat tegangan tarik. Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton fly ash dengan pesentase 12,5% dengan penambahan serat Polypropylene sebesar 0%, 0.5%, 0.75% dan 1%. Kemudian dilakukan pengetesan pada kuat tarik belah dan kuat tekan beton. Mutu beton yang direncanakan adalah 25 MPa dan akan diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai kuat tekan 91,92 % dari beton kontrol pada hari ke-28 dan pada kuat tarik belah diperoleh nilai kuat tarik belah

Kata Kunci: Fly ash, Serat Polypropylene, Kuat Tarik belah dan Kuat Tekan

ABSTRACT

In this study, Polypropylene fibers were added to fly ash concrete. The addition of Polypropylene fiber is expected to increase the compressive strength of fly ash concrete. Polypropylene fiber is the basic material commonly used in producing materials made of plastic. Fiber was first used in the textile industry because it is cheap and can produce quality products. The fibers in this concrete function to prevent cracking, making the concrete more ductile than fiber-free concrete. The addition of fiber to the concrete mix is one solution to overcome the cracks that may occur due to tensile stress. The purpose of this study was to increase the compressive strength of fly ash concrete by a percentage of 12.5% with the addition of Polypropylene fibers at 0%, 0.5%, 0.75% and 1%. Then the test is carried out on the compressive strength and High tensile strength of the concrete. The planned concrete quality is 25 MPa and will be tested at 3, 7, 14 and 28 days. The results of this study obtained a compressive strength of 91.92% of the control concrete on the 28th day and the result of the high tensile strength obtained.

Keywords: Fly ash, Polypropylene Fiber, Tensile Strength and Compressive Strength.

PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi beton masih menjadi pilihan utama untuk bahan utama dalam pembangunan karena bukan saja memiliki keandalan dalam hal kekuatan, keawetan serta kemudahan pelaksanaannya, tetapi juga mempunyai nilai ekonomis yang relatif baik. [1] Beton adalah campuran dari beberapa material dengan bahan yang terdiri dari semen, agregat, air, dan bahan tambah. Kualitas beton bergantung pada komposisi dan susunan material pembentuknya.

Kuat tekan dan tarik belah beton dapat dipengaruhi oleh keterbatasan gradasi agregat dan kehalusan butir semen [2] . Keterbatasan tingkat kehalusan butir semen menjadi persoalan utama dalam meningkatkan kekuatan beton. Berbagai penelitian dilakukan untuk mencari alternatif penggunaan semen sebagai material pembentuk beton.

Untuk Mengatasi hal tersebut Penggunaan *fly ash* sebagai material pembentuk beton memberikan hasil yang baik pada peningkatan kuat tekan pada beton karena pemanfaatan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat dilihat dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya. Menurut ACI Committee 226, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silica dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi. [3]

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) merupakan salah satu pengembangan teknologi beton dengan menambahkan serat pada campuran beton. Jenis beton ini merupakan solusi untuk meningkatkan mutu beton. Sedangkan beton serat dapat diartikan sebagai beton yang terdiri dari bahan-bahan penyusun seperti air, semen, agregat, atau bahan tambahan lainnya, dan ditambahkan serat dalam campurannya. Salah satu serat yang digunakan dalam campuran beton adalah serat *Polypropylene*. [4]

Pemakaian serat *Polypropylene* telah terbukti dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat struktural beton Jenis serat ini didesain untuk mengurangi terjadinya retak pada beton akibat *plastic shrinkage*, tetapi juga tidak menutup kemungkinan dapat meningkatkan kekuatan beton, baik itu berupa kuat tarik maupun kuat tekan beton. [5]

Penelitian *fly ash* sebagai pengganti semen pada beton dengan variasi 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% dan 20% dari penelitian yang diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 Kg/cm² (39,62 MPa) pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan sebesar 27,95% terhadap beton normal. [3] Selain itu pada penelitian lainya dengan variasi 15%, 30% dan 40% didapat kuat tekan maksimal pada 38,10 MPa dengan persentase kenaikan 26,65% terhadap

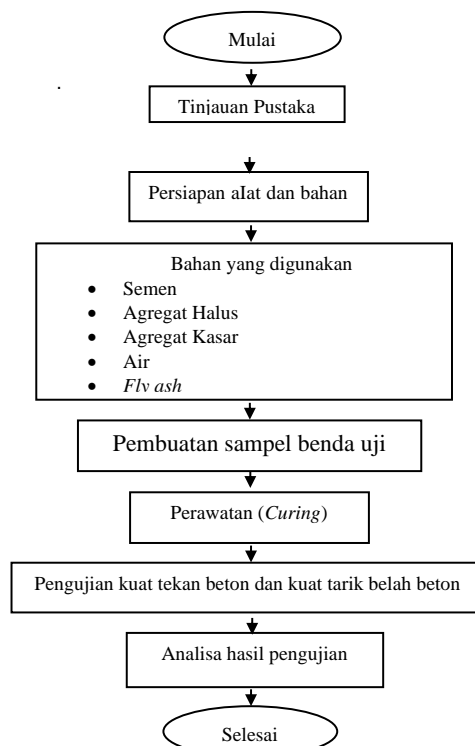
beton normal.[1] Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *fly ash* mempengaruhi kekuatan beton.

Penelitian serat *Polypropylene* sebagai bahan tambahan pada beton ringan pada variasi 0%, 0,25%, 0,5% 0,75% dan 1% dari berat volume semen. Persentase optimumnya adalah 0,75% dengan kuat tekan 13,82 MPa pada umur 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 27,93% dari beton normal. [6] Selain itu pada penelitian serat *Polypropylene* pada beton normal dengan variasi 1%, 2% dan 3% didapatkan kuat tekan 505.70 kg/cm² (49,59 MPa) dan mengalami kenaikan terhadap beton normal.[7]

Dengan latar belakang tersebut maka penelitian ini dapat difokuskan dengan penggantian sebagian semen dengan menggunakan *fly ash* 12,5 % dan diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton yang diuji setelah hari ke 3, 7, 14 dan 28 hari lalu dengan penambahan serat *Polypropylene* sebesar 0%, 0,5%, 0,75% dan 1% diharapkan dapat membantu mengurangi potensi keretakan pada fase mengerasnya beton dan dapat di gunakan sebagai inovasi yang dapat diaplikasikan di konstruksi.

METODE

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam penyusunan penelitian ini yaitu dengan melakukan analisis kuat tekan dan kuat Tarik belah pada beton *fly ash* dengan membuat sampel beton *fly ash* dengan variasi penambahan serat *Polypropylene*. Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Perencanaan Mix Design

Pada penelitian ini direncanakan membuat sampel benda uji dengan menggunakan mold silinder dengan lebar

10 cm dengan tinggi 20 cm, Perencanaan Mix Design yang dibuat sesuai dengan SNI 03-2834-2000 dengan rencana campuran beton $f'c = 25$ MPa.

$$\begin{aligned} \text{Volume Silinder} &= \pi l \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 152 \times 120 \\ &= 1,570 \text{ cm}^3 \sim 10,00157 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan beton untuk tiap silinder adalah sebesar 0,00157 m³. Perhitungan jumlah total yang diperlukan dalam pembuatan benda uji ini didasarkan pada beberapa variasi percobaan, yaitu:

1. Jenis benda uji yaitu silinder dengan lebar 10 cm dan tinggi 20 cm untuk uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Persentase kadar Fly ash sebesar 12,5% dari berat semen.
3. Persentase penggunaan Serat Polypropylene sebesar 0.5%, 0.75%, dan 1% terhadap berat semen.
4. Beton diuji pada umur 3, 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk kuat tekan dan 7, 14 dan 28 untuk kuat tarik belah beton.

Dalam menghitung mix design untuk beton dilakukan perhitungan untuk 1 m³ beton terlebih dahulu, lalu persentase tadi akan disesuaikan dengan kebutuhan yang akan digunakan agar dapat diketahui kebutuhan material beton yang diinginkan. Berikut ini disajikan Tabel 1 hasil perhitungan Mix Design beton untuk per 1 m³.

Tabel 1. Mix Design

No	Material	FP0	FP1	FP2	FP3
		Proporsi Kg/m ³			
1	Semen	326,3	285,5	285,5	285,5
2	Fly ash	40,79	40,79	40,79	40,79
3	Pasir	701,6	701,6	701,6	701,6
4	Kerikil	1157	1157	1157	1157
5	Air	185	185	185	185
6	Serat Polypropylene	0	1,63	2,44	3,26

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton diatur dalam SNI 03-2847-2002, Kuat tekan adalah jumlah tegangan per satuan luas di mana benda uji beton runtuh ketika gaya tekan tertentu diterapkan.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dimana:

- $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa atau N/mm²)
- P = Gaya tekan aksial (N)
- A = Luas penampang (mm²)



Gambar 2. Pengujian kuat tekan

Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik dari benda uji beton dengan bentuk silinder yang didapatkan dari hasil pembebanan benda uji yang posisikan mendatar sejajar dengan permukaan alat pengujian kuat tekan

$$f'tr = \frac{2P}{\pi \cdot L \cdot D}$$

Dimana:

- $f'tr$ = kekuatan tarik belah (kg/cm²)
- P = beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)
- L = panjang (cm)
- d = diameter (cm)



Gambar 3. Pengujian kuat tarik belah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Vicat

Pengujian pada waktu ikat dilakukan dengan maksud mengetahui terjadinya perubahan waktu ikat semen dikarenakan penggantian semen dengan fly ash. Pengujian ini dilakukan dengan alat vicat dengan ketelitian waktu per 15 menit untuk mengetahui waktu setting time. Berikut adalah hasil yang didapat dari pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Vicat

Waktu (Menit)	NILAI VICAT (Cm)	
	NORMAL	+ FLYASH 12,5 %
15	4	4
30	4	4
45	3,8	4
60	3,6	4
75	3,4	3,9
90	3,4	3,6
105	3,0	2,8
120	2,3	2
135	1,8	1,3
150	1,1	0,5
165	0,7	0,1
180	0	0

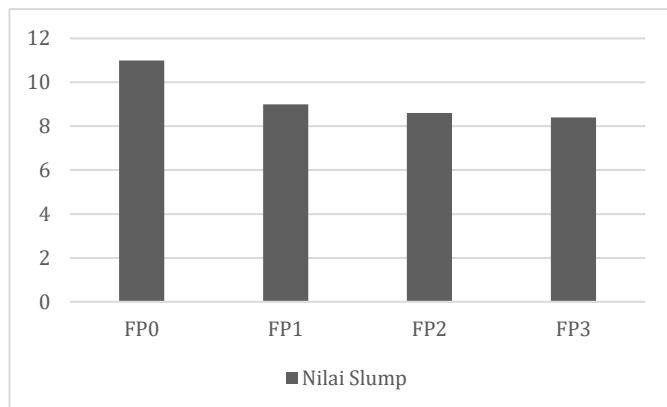
Hasil Pengujian Slump

Uji slump bermaksud untuk mengukur homogenitas dan kemampuan kerja beton (workability of fresh concrete) dari campuran beton segar dengan viskositas tertentu, yang dinyatakan sebagai nilai slump.

Tabel 3. Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Nilai Slump (Cm)
FP ₀	11
FP ₁	9
FP ₂	8,6
FP ₃	8,4

Dengan hasil pada Tabel 3 maka FP₀ mencapai hasil 11 cm slump yang sesuai dengan mix design yang direncanakan yaitu 60 mm-180 mm. Sedangkan untuk beton variasi FP₁, FP₂ dan FP₃ Terjadi penurunan workabilitas dari beton normal yaitu dengan nilai 9 cm, 8,6 cm dan 8,4 cm. Berikut disajikan dalam bentuk *barchart*.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Slump

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan untuk beton yang perawatannya (curing) direndam di dalam air selama 3, 7, 14 dan 28 hari, berikut pada Tabel 4 merupakan hasil pengujian kuat tekan beton yang telah di uji.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Benda Uji	Waktu (Hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	FP ₀	3	18,51
		7	22,40
		14	29,02

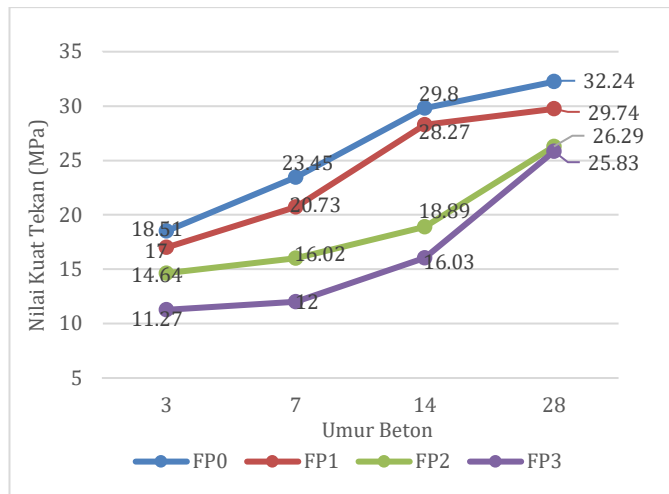
No	Benda Uji	Waktu (Hari)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
2	FP ₁	28	32,34
		3	17,00
		7	20,73
3	FP ₂	14	28,27
		28	29,74
		3	14,64
4	FP ₃	7	16,02
		14	18,89
		28	26,29
		3	11,27
		7	12,00
		14	16,03
		28	25,83

Dari hasil pengujian yang dilakukan dan data yang diperoleh dari pengujian tersebut pada Tabel 4 dan Gambar 3 Dari pengujian beton kontrol yaitu FP₀ (12,5 % Fly ash) didapatkan nilai kuat tekan rata rata pada hari ke-3 sebesar 18,51 Mpa. selanjutnya pada umur 7 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 22,40 MPa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 29,02 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 32,24 MPa.

Selanjutnya pada pengujian beton FP₁ (12,5 % Fly ash dan 0,5% Serat Polypropylene) mencapai nilai kuat tekan rata rata pada hari ke-3 sebesar 17,00 Mpa. lalu pada umur 7 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 20,73 MPa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 28,27 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 29,74 MPa.

Lalu pada pengujian beton FP₂ (12,5 % Fly ash dan 0,75% Serat Polypropylene) mencapai nilai kuat tekan rata rata pada hari ke-3 sebesar 14,64 Mpa. lalu pada umur 7 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 16,02 MPa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 18,89 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 26,29 MPa.

Sedangkan pengujian beton FP₃ (12,5 % Fly ash dan 1% Serat Polypropylene) didapatkan nilai kuat tekan rata rata pada hari ke-3 sebesar 11,27 Mpa. lalu pada umur 7 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 12,00 MPa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 16,03 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 25,83 MPa.



Gambar 3. Grafik Nilai Kuat Tekan Beton dengan Fly Ash

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian ini dilakukan untuk beton yang perawatannya melakukan curing/perawatan direndam di dalam air selama 7, 14 dan 28 hari, berikut merupakan hasil pengujian kuat tarik belah beton yang telah di uji

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

No	Benda Uji	Waktu (Hari)	Nilai Kuat Tarik (Mpa)
1	FP ₀	7	2,19
		14	2,27
		28	3,78
2	FP ₁	7	2,18
		14	2,39
		28	3,98
3	FP ₂	7	2,05
		14	2,21
		28	3,61
4	FP ₃	7	1,98
		14	2,10
		28	3,50

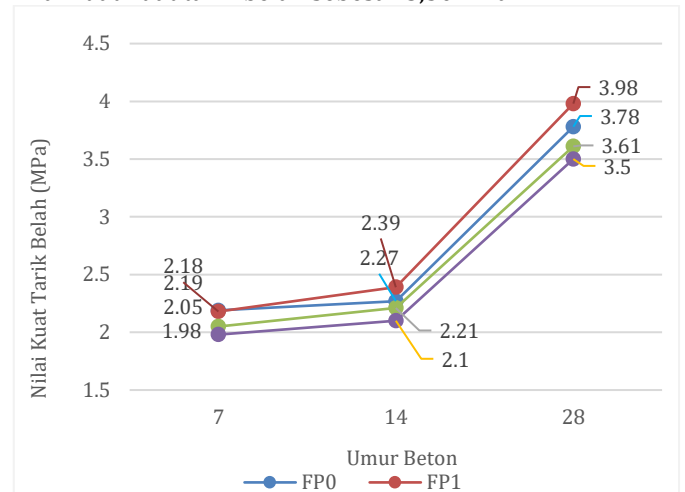
Berdasarkan pengujian yang dilakukan dan data yang didapat dari pengujian seperti yang ditampilkan pada Tabel 5 dan Gambar 4 Didapat hasil dari pengujian beton kontrol yaitu FP0 (12,5 % Fly ash) didapatkan nilai kuat tarik belah rata rata pada hari ke-7 sebesar 2,19 Mpa, selanjutnya pada umur 14 hari didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,27 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,78 MPa.

Pada pengujian beton FP0 (12,5 % Fly ash dan 0% Serat Polypropylene) mencapai nilai kuat tarik belah rata rata pada hari ke-7 sebesar 2,19 Mpa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,27 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,78 MPa.

Selanjutnya pada pengujian beton FP1 (12,5 % Fly ash dan 0,5% Serat Polypropylene) mencapai nilai kuat tarik belah rata rata pada hari ke-7 sebesar 2,18 Mpa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,39 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,98 MPa.

Lalu pada pengujian beton FP2 (12,5 % Fly ash dan 0,75% Serat Polypropylene) mencapai nilai kuat tarik belah rata rata pada hari ke-7 sebesar 2,05 Mpa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,21 MPa dan yang terakhir pada umur 28 hari mencapai nilai kuat tarik belah sebesar 3,68 MPa.

Sedangkan pengujian beton FP3 (12,5 % Fly ash dan 1% Serat Polypropylene) mencapai nilai kuat tekan rata rata pada hari ke-7 sebesar 1,98 Mpa, selanjutnya pada umur 14 hari mencapai nilai kuat tarik belah sebesar 2,10 MPa dan yang terakhir yaitu pada umur 28 hari mencapai nilai kuat kuat tarik belah sebesar 3,50 MPa.



Gambar 4. Grafik Nilai Kuat Tekan

KESIMPULAN

Pada hasil Hasil uji slump yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar serat *Polypropylene* yang digunakan pada beton maka akan semakin menurunkan tingkat workabilitas pada beton.

Pada Analisa hasil uji kuat tekan menyatakan bahwa semakin besar kadar Serat *Polypropylene* yang dimasukkan kecampuran campuran beton *fly ash* maka akan mengurangi nilai kuat tekan beton *fly ash*. Hasil uji kuat tekan pada umur 3 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi 18,51 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata terendah sebesar 11,27 MPa. Hasil uji kuat tekan pada umur 7 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi 22,40 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata terendah sebesar 12,00 MPa. Hasil uji kuat tekan pada umur 14 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi 29,02 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata terendah sebesar 16,03 MPa dan Hasil uji kuat tekan pada umur 28 hari didapat nilai kuat tekan rata-rata tertinggi 32,24 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata terendah sebesar 25,83 MPa.

Pada Analisa hasil uji kuat tarik menyatakan bahwa semakin besar kadar Serat *Polypropylene* yang dimasukkan kedalam campuran beton *fly ash* maka akan semakin tinggi nilai kuat tekan beton *fly ash*. Akan tetapi persentase maksimum penambahan serat *Polypropylene* adalah 0,5% karena pada persentase yang lebih tinggi terjadi penurunan kuat Tarik belah. Hasil uji kuat tarik pada umur 7 hari didapat nilai kuat tarik rata-rata tertinggi 2,19 MPa dan nilai kuat tarik rata-rata terendah sebesar 1,98 MPa. Hasil uji kuat tekan pada umur 14 hari didapat

nilai kuat tarik rata-rata tertinggi 2,38 MPa dan nilai kuat tarik rata-rata terendah sebesar 2,10 MPa dan Hasil uji kuat tarik pada umur 28 hari didapat nilai kuat tarik rata-rata tertinggi 3,98 MPa dan nilai kuat tarik rata-rata terendah sebesar 3,50 MPa.

Beton *fly ash* dengan variasi Serat *Polypropylene* memiliki nilai kuat tekan maksimum pada variasi 0,5 % sebesar 28,47 MPa pada umur 28 hari. Untuk nilai kuat Tarik belah maksimum terdapat pada variasi 0,5 % sebesar 3,98 MPa pada umur 28 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan berbagi ilmu selama proses melakukan penelitian ini. Terimakasih kepada narasumber dan pelaksana (kontraktor) yang telah menyediakan waktu dalam hal ini peneliti dapat memperoleh data primer dan sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Widodo, "Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas pada High Volume *Fly ash* (HVFA) dengan Kadar *Fly ash* 50%, 60%, dan 70% terhadap Beton Normal," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 9, no. 4, p. 244, 2021, doi: 10.20961/mateksi.v9i4.54787.
- [2] M. Setiawati, "*FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON," 2018.
- [3] M. Setiawati and M. Imaduddin, "*FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON," 2018.
- [4] A. Maryoto, H. Ay Lie, and Purwanto, *Pengantar Teknologi Beton*. 2018.
- [5] Luthfi Mubarak, "Tugas Akhir Tugas Akhir," vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2019.
- [6] P. Gunawan and N. Suryawan, "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* PADA BETON RINGAN DENGAN TEKNOLOGI FOAM TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS," 2018.
- [7] F. Faldo and M. Hudori, "Pengaruh Efektifitas Penggunaan Serat *Polypropylene* Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *J. Civ. Eng. Plan.*, vol. 2, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce/article/view/745>.
- [8] A. Yusra, L. Opirina, and A. Satria, "Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi," *IJCCS*, vol. x, No.x, pp. 1–5, 2019.
- [9] E. K. Wibisono, C. M. Evangelica, H. Sugiharto, and G. B. Wijaya, "Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Peningkatan Kuat Kokoh Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Murni Pada Beberapa Mutu Steel Serat Reinforced Concrete," *J. Dimens. Pratama Tek.*, vol. 7 (1), no. ISSN 2598-2397, pp. 1–8, 2018.
- [10] Wikipedia Beton Serat [https://id.wikipedia.org/wiki/Beton_Serat#:~:text=Penggunaan Beton Serat%3A,jalan%2C dan lain-lain.](https://id.wikipedia.org/wiki/Beton_Serat#:~:text=Penggunaan%20Serat%3A,jalan%2C%20dan%20lain-lain.)
- [11] A. S. Nugroho and T. Arry, "Kajian Pengaruh Penggunaan Zat Admixture " X", Fiber Dan Semen Grouting Terhadap Kuat Tekan Dan Retak Beton Pada Beton Tanpa Perawatan," *G-Smart*, vol. 3, no. 2, p. 63, 2021, doi: 10.24167/g.s.v3i2.1784.
- [12] A. K. Widiyanto, J. L. Wiranegara, A. Antoni, and D. Hardjito, "Pengaruh Konsistensi *Fly ash* Terhadap Sifat - Sifat Mortar HVFA," *Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2016.