

Analisis Pengaruh Penambahan Serat *Fiberglass* Terhadap Karakteristik Beton

Muhammad Akbar R¹, Andi Sulfanita², Abd. Muis B³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Parepare

E-mail: akbarpinrang011@gmail.com¹, andisulfanita@gmail.com², baharuddinabdulmuis@gmail.com³

Article History:

Received: (diisi oleh editor)

Revised: (diisi oleh editor)

Accepted: (diisi oleh editor)

Keywords: *Fiberglass, Concrete Compressive Strength, Concrete Tensile Strength*

Abstract: *Concrete has several advantages, such as high compressive strength, relatively cheap price, ease of workmanship and maintenance, and flexibility in forming. However, behind its advantages, concrete has disadvantages, namely low tensile strength. To overcome this deficiency, various innovations have been made, one of which is the addition of fiber in the concrete mixture. Fiberglass fiber is one of the innovations used as an additive or aggregate substitute. The use of fiberglass fiber aims to improve the mechanical characteristics of concrete, especially in terms of tensile strength. The fiberglass fiber content used in this study was 0% to ... (complete the fiberglass fiber content data). The purpose of the study was to determine the characteristics of normal concrete and concrete with a mixture of fiberglass fibers at a concrete age of 28 days, and to determine the fiberglass fiber content that produces optimal concrete characteristics using experimental methods. The results showed that the addition of fiberglass fiber to fresh concrete can increase workability while improving the characteristics of hardened concrete, such as compressive strength and splitting tensile strength. Compared to concrete without fiber, the use of fiberglass fiber provides a significant increase, which is around 25.27% for compressive strength and 26.86% for splitting tensile strength. The percentage of fiberglass fiber of 1.0% has been proven to produce the most optimal workability and hardened concrete characteristics.*

PENDAHULUAN

Industri konstruksi di Indonesia sedang mengalami perkembangan yang pesat. Perkembangan tersebut berdampak terhadap kebutuhan penggunaan beton. Beton merupakan gabungan dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan campuran lainnya seperti bahan tambahan lainnya sesuai kebutuhan konstruksi (Maizuar et al., 2023). Beton adalah bahan konstruksi yang umum digunakan karena memiliki beberapa kelebihan seperti kuat tekan tinggi,

harga relatif murah, mudah dalam pengerjaan (*workability*) dan perawatan (*curing*), tahan terhadap cuaca, dan mudah dibentuk. Diantara beberapa kelebihan tersebut, beton memiliki kekuatan tarik yang rendah dimana itu kelemahan beton (Sunarwadi et al., 2023).

Untuk mengatasi permasalahan kekurangan dari beton ada berbagai cara, salah satunya inovasi. Pencampuran beton dengan serat adalah inovasi untuk meningkatkan kekuatan tarik beton. Beton serat merupakan bahan komposit yang pembuatannya ditambahkan serat dalam campuran beton. Serat yang digunakan dalam pengujian kali ini adalah *fiberglass*. *Fiberglass* merupakan kaca cair ditarik menjadi serat tipis dengan diameter mulai dari 0,005 mm hingga 0,01 mm (Rumalesin & Tahya, 2024). Bahan tersebut digunakan sebagai bahan komposit berbahan dasar serat yang dinamakan *Glass Reinforced Plastic*. *Fiberglass* memiliki berat yang ringan serta memiliki sifat kuat terhadap tarik dan ketahanan lebih tinggi yang dibandingkan dengan serat baja. Penambahan serat pada beton mengurangi jumlah retak pada beton. Beton dengan tambahan *fiberglass* memiliki lebih sedikit retak daripada beton tanpa campuran *fiberglass*. Namun, penambahan *fiberglass* secara berlebih dapat menyebabkan kesulitan dalam pemadatan. Hal ini dapat menurunkan kuat tekan beton (Ramayati, 2023).

Beton mempunyai kelemahan dalam kuat tariknya yang rendah. Dengan menambahkan serat *fiberglass* ke dalam campuran beton, kekuatan tarik beton dapat meningkat. Penggunaan bahan tambah di penelitian ini menggunakan *fiberglass* yang dicampurkan kedalam adonan beton diharapkan dapat menambah inovasi dengan membandingkan hasil setiap variasi campuran bahan tambah serta pengaruh yang terjadi terhadap beton (Tri Utomo et al., 2023). Untuk mengetahui kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton dengan penambahan *fiberglass* akan dilakukan pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton dengan benda uji menggunakan silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan metode *mix design* yang mengacu kepada (SNI 03-2834-2000).

LANDASAN TEORI

Beton

Beton merupakan salah satu bahan material yang umum digunakan dalam dunia konstruksi khususnya pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan pembangunan gedung (Sulfanita et al., 2023). Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*) (Mulyono, 2004).

(SNI 2847:2013) menjelaskan bahwa beton merupakan suatu campuran semen portland ataupun semen lainnya, agregat kasar, agregat halus dan air, campuran beton juga dapat ditambahkan oleh bahan tambah (*admixture*). Beton akan mengeras dan membeku setelah mengalami pencampuran dengan air, beton akan semakin mengeras seiring dengan pertambahan umur beton. Beton akan mencapai kekuatan rencana pada umur 28 hari (Tjokrodinuljo, 2007).

Serat *Fiberglass*

Penambahan material alternatif dimaksudkan untuk memperbaiki sifat karakteristik beton, serta difungsikan sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti material dasar pada pembuatan beton. Adapun material alternatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat *fiberglass* dengan jenis *Chopped Strand Mat* yang diharapkan dapat meningkatkan keuletan (*ductility*) pada beton (Walujodjati & Mar' I Muhammad, 2023).

Fiberglass merupakan serat kaca yang ditarik pada garis tengah antara 0,005 mm sampai 0,01 mm menjadi serat tipis. *Glass Reinforced Plastic* adalah material komposit yang terbuat dari

serat ini. Bahan serat tersebut dapat memperbaiki sifat beton yang dapat meningkatkan ketahanan retak awal (Andanu et al., 2024). Penggunaan serat *fiberglass* pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan variasi penambahan 0%; 0,5%; 1,0%; dan 1,5% dari berat agregat. Penambahan serat *fiberglass* diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik beton yang dimana bahan serat digunakan untuk meningkatkan ketahanan retak di awal.



Gambar 1. Serat *Fiberglass*

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban atau tekanan per satuan luas hingga batas maksimum sebelum terjadi keruntuhan (Tangkelayuk et al., 2024). Nilai kuat tekan beton biasanya dinyatakan dalam satuan MPa (*megapascal*) atau kg/cm², yang diperoleh melalui uji tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder atau kubus. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan benda uji di mesin tekan dan memberikan tekanan secara bertahap hingga benda uji retak atau hancur. Kuat tekan adalah salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas dan kemampuan beton dalam mendukung beban struktural (SNI 1974-2011).



Gambar 2. Kuat Tekan Beton

Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tarik atau beban yang mencoba menarik beton hingga pecah. Beton memiliki kuat tarik yang jauh lebih rendah dibandingkan kuat tekannya, sehingga umumnya memerlukan penguatan, seperti tulangan baja atau serat, untuk mengatasi kelemahan ini. Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan metode

seperti uji belah (*split tensile test*) menggunakan benda uji silinder. Dalam uji ini, gaya tekan diberikan secara horizontal pada benda uji, yang menghasilkan gaya tarik di sepanjang bidang tengahnya. Hasil uji kuat tarik penting untuk menganalisis retak dan ketahanan beton terhadap tegangan tarik dalam struktur (Mulyono, 2004).



Gambar 3. Kuat Tarik Beton

Terdapat beberapa penelitian serupa yang meneliti *fiberglass*, pada hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat *fiberglass* yang cukup tinggi pada beton segar dapat mengakibatkan penurunan dalam hal kemampuan pengolahan. Namun, sifat beton setelah mengeras menunjukkan bahwa baik kekuatan tekan maupun kekuatan tarik belah mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan variasi penambahan serat *fiberglass* (Ramayati, 2023).

Pada penelitian analisis kuat tekan beton menggunakan serat *fiberglass* sebagai material tambahan penyusun campuran beton, hasil penelitian menunjukkan penggunaan *fiberglass* sebagai material tambahan penyusun beton dengan variasi sebesar 1% pada umur 7 hari diperoleh nilai uji kuat tekan sebesar 270 Mpa, 2% diperoleh nilai uji kuat tekan sebesar 210 Mpa, 3% diperoleh nilai uji kuat tekan beton sebesar 135 Mpa dan untuk umur 28 hari dengan variasi tambahan *fiberglass* sebesar 1% diperoleh nilai uji kuat tekan beton sebesar 345 Mpa, 2% diperoleh nilai uji kuat tekan beton sebesar 270, 3% diperoleh nilai uji kuat tekan beton sebesar (Rumalesin & Tahya, 2024).

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

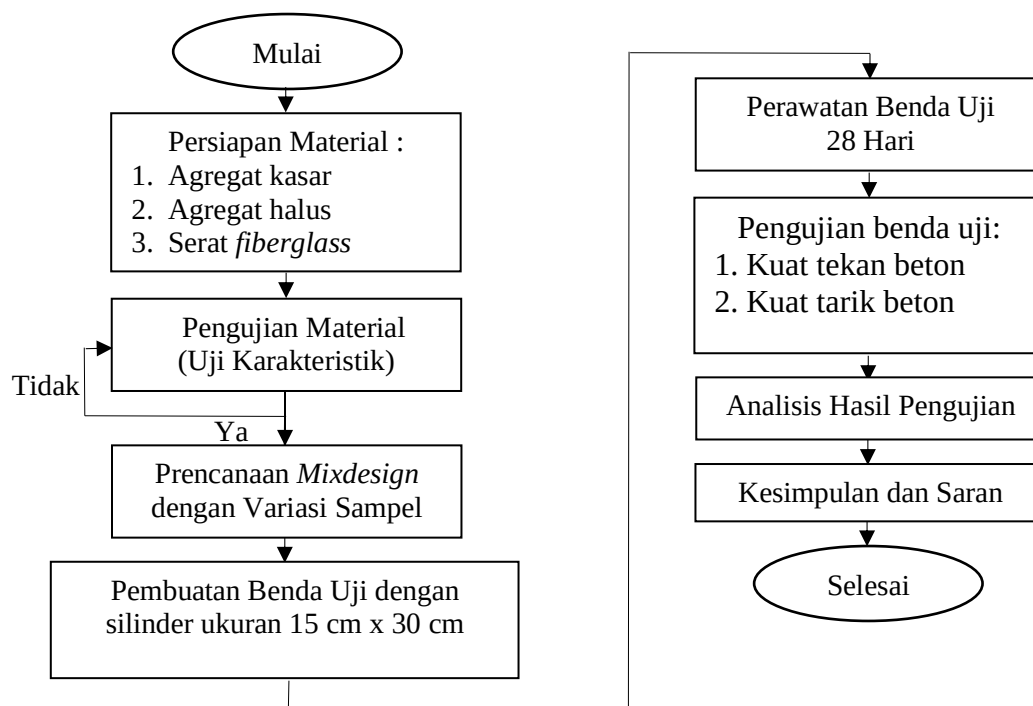
Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu metode yang melibatkan penggunaan angka mulai dari pengumpulan data hingga penyajian hasilnya, yang biasanya disertai gambar, tabel, atau grafik. Data hasil penelitian kemudian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium menggunakan metode eksperimental.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare. Penelitian ini dilakukan dilakukan selama ($\pm$) 4 (empat) bulan yaitu dimulai pada bulan Juli 2024 sampai dengan bulan Oktober 2024.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui berbagai pengujian laboratorium, seperti analisa saringan agregat, berat jenis dan penyerapan, pemeriksaan keausan pada agregat kasar, pemeriksaan kadar organik pada agregat halus, berat volume agregat, kadar air agregat, kadar lumpur agregat, perbandingan campuran beton (*mix design*), kekentalan adukan beton segar (*slump test*), serta uji kuat tekan beton. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai referensi yang relevan, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), buku-buku, penelitian terdahulu, dan masukan dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.



Gambar 4. Contoh Diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

Hasil Pengujian Agregat

Tabel. 1 Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4,10%
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2
3	Kadar air	2% - 5%	4,51%
4	Berat volume		
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,41

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,47
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,94%
6	Berat jenis spesifik		
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,41
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,30
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,45
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2,51

Pada Tabel 1, menunjukkan bahwa agregat pasir sungai memenuhi semua spesifikasi yang disyaratkan untuk digunakan sebagai material campuran beton. Dengan karakteristik tersebut, agregat pasir sungai dapat digunakan dengan optimal dalam pembuatan beton yang berkualitas.

Tabel. 2 Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1.00%
2	Keausan	Maks 50%	25.5%
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.22%
4	Berat volume		
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.60
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.62
5	Absorpsi	Maks 4 %	1.77%
6	Berat jenis spesifik		
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.67
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.55
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.59
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.64

Pada Tabel 2, menunjukkan bahwa agregat kasar memenuhi semua spesifikasi yang disyaratkan untuk digunakan sebagai material campuran beton. Dengan karakteristik tersebut, agregat pasir sungai dapat digunakan dengan optimal dalam pembuatan beton yang berkualitas.

Perencanaan Adukan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan variasi pertama serat *fiberglass* 0,5%, variasi ke dua serat *fiberglass* 1%, variasi ke tiga serat *fiberglass* 1,5%, variasi ke empat beton normal.

Tabel. 3 Mix Design Kebutuhan Benda Uji

Variasi	Kebutuhan Tiap 6 Benda Uji (kg)				
	Semen OPC	Pasir	Fiberglass	Kerikil	Air
Serat <i>Fiberglass</i> 0,5%	15,81	25,30	0,01	37,43	7,43
Serat <i>Fiberglass</i> 1%	15,81	25,30	0,03	37,43	7,43
Serat <i>Fiberglass</i> 1,5%	15,81	25,30	0,04	37,43	7,43
Beton Normal	15,81	25,30	-	37,43	7,43

Nilai Slump Test

Kerucut Abraham digunakan untuk menilai validitas *Slump tes*. Kerucut Abraham pertama kali dibasahi sebelum diletakkan di permukaan yang rata. Kerucut kemudian diisi dengan tiga lapis beton baru, yang bagian atasnya diratakan setelah tiap lapis diisi dengan 1/3 volume kerucut abraham dan ditusuk 25 kali, dengan tusukan berlanjut hingga dasar tiap lapis. Kerucut dinaikkan perlahan secara vertikal selama sekitar 30 detik, setelah itu nilai *slump* dihitung dengan mengukur tinggi campuran dan membandingkannya dengan tinggi kerucut:



Gambar. 4 Perbandingan Nilai Slump pada Setiap Variasi

Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat bahwa Pada penambahan variasi serat fiberglass 0,5%, dan 1,0%, mengalami kenaikan slump menjadi 81,7 mm, dan 85,0 mm, sedangkan untuk variasi 1,5% naik menjadi 83,3 mm tetapi lebih rendah dari variasi 1,0%, yang artinya variasi serat fiberglass paling encer untuk campuran beton terdapat pada variasi 1,0% dan sedikit mengalami penurunan pada variasi 1,5%. Pada beton dengan variasi SF 0,5% Campuran beton ini memiliki nilai slump terendah sebesar 81,7 mm.

Kuat Tekan Beton

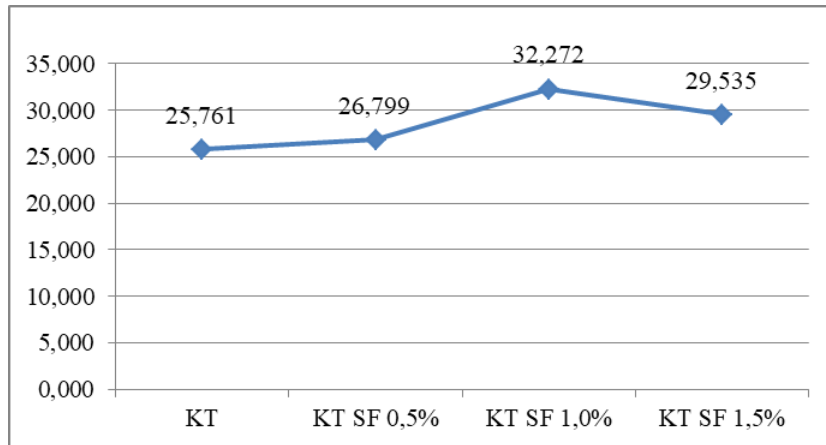
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kuat tekan pada silinder ukuran 15 x 30 cm, sehingga benda uji yang telah selesai diberikan perawatan selama 28 hari kemudian dilakukan pengujian kuat tekan.

Tabel. 6 Rekap Hasil Kuat Tekan Beton

No.	Variasi	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c(Mpa)	Waktu (Detik)
1	Beton Normal	12,203	455,000	25,761	16,869
2	Serat <i>Fiberglass</i> 0,5%	12,150	473,333	26,799	19,294
3	Serat <i>Fiberglass</i> 1%	12,040	570,000	32,272	21,791
4	Serat <i>Fiberglass</i> 1,5%	11,743	521,667	29,535	19,866

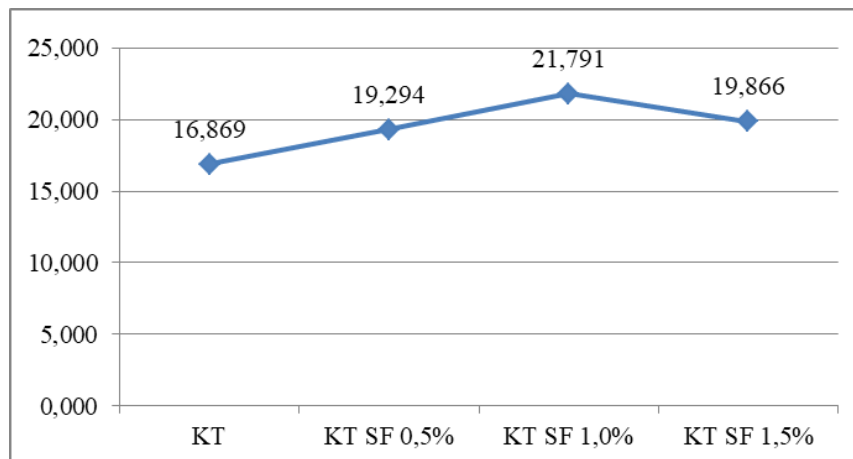
Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah untuk masing-masing variasi campuran, didapat kuat tekan dengan rata-rata 25,761 MPa untuk variasi silinder 0% , 26,799 Mpa utuk variasi SF 0,5%, 32,272 Mpa untuk variasi SF 1,0%, dan untuk variasi SF 1,5% yaitu 29,535 Mpa memenuhi kuat tekan yang

diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Perbandingan Nilai Kuat Tekan pada Setiap Variasi

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Hal ini menunjukkan bahwa serat fiberglass meningkatkan kekuatan beton. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, kuat tekan beton meningkat dari 25,761 Mpa menjadi 26,799 Mpa. Peningkatan kuat tekan selanjutnya terlihat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan kuat tekan mencapai 32,272 Mpa. Namun, pada persentase 1,5%, kuat tekan mengalami penurunan menjadi 29,535 Mpa. Penurunan kuat tekan pada persentase 1,5% dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi serat. Penambahan serat secara berlebihan dapat menyebabkan konsentrasi serat yang tinggi, yang dapat mengurangi kekuatan ikatan antara serat dan matriks beton. Distribusi serat yang tidak merata juga dapat menciptakan titik lemah dalam beton, yang dapat memengaruhi kekuatannya. Pada variasi serat fiberglass 1,0% merupakan variasi yang paling optimal dengan persentase peningkatan sekitar 25,27% dari beton normal.



Gambar 6. Perbandingan Waktu Kuat Tekan pada Setiap Variasi

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa jangka waktu kecepatan kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Ini berarti beton dengan serat fiberglass mencapai kekuatan maksimum lebih cepat. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, jangka waktu kuat tekan beton meningkat dari 16,869 detik

menjadi 19,294 detik. Jangka waktu kuat tekan terus meningkat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan mencapai 21,791 detik. Pada persentase 1,5%, jangka waktu kuat tekan mengalami penurunan menjadi 19,866 detik.

Kuat Tarik Beton

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Tarik Belah Beton Normal

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 49,32 % : 50,68 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.



Gambar 8. Tarik Belah Beton Serat *Fiberglass* 0,5%

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,44 % : 51,56 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat

pada beton merata.



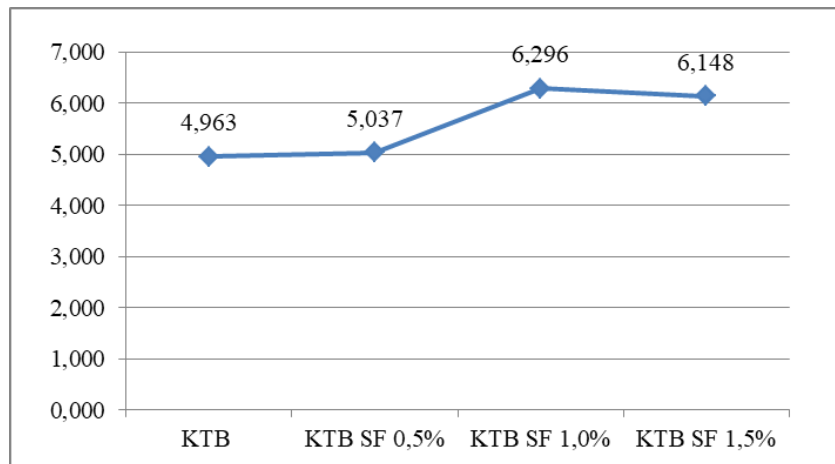
Gambar 9. Tarik Belah Beton Serat *Fiberglass* 1%

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,92% : 51,08 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.



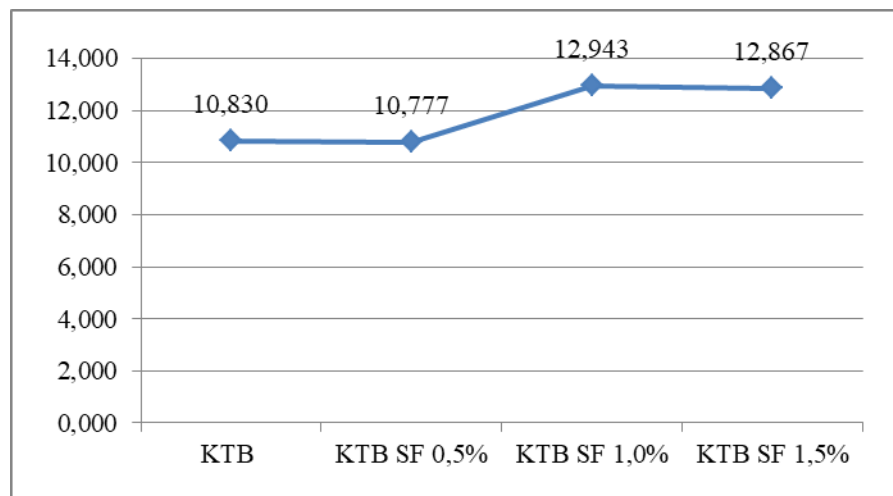
Gambar 10. Tarik Belah Beton Serat *Fiberglass* 1,5%

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,55 % : 51,45 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.



Gambar 11. Perbandingan Nilai Kuat Tarik pada Setiap Variasi

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Hal ini menunjukkan bahwa serat fiberglass meningkatkan kekuatan beton. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, kuat tarik belah beton meningkat dari 4,963 Mpa menjadi 5,037 Mpa. Peningkatan kuat tarik belah selanjutnya terlihat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan kuat tarik belah mencapai 6,296 Mpa. Namun, pada persentase 1,5%, kuat tarik belah mengalami penurunan menjadi 6,148 Mpa.



Gambar 12. Perbandingan Waktu Kuat Tarik pada Setiap Variasi

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa jangka waktu kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serat fiberglass. Ini berarti beton dengan serat fiberglass mencapai kekuatan maksimum lebih cepat. Ketika persentase serat fiberglass meningkat dari 0% menjadi 0,5%, jangka waktu kuat tarik belah beton meningkat dari 10,830 detik menjadi 10,777 detik. Jangka waktu kuat tarik belah terus meningkat saat persentase serat fiberglass naik menjadi 1,0%, dengan mencapai 12,943 detik. Pada persentase 1,5%, jangka waktu kuat tarik belah mengalami penurunan menjadi 12,867 detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian uji eksperimental penggunaan serat *fiberglass* pada beton yang telah dianalisis di Laboratorium Bahan dan Struktur Universitas Muhammadiyah Parepare, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan tambah serat fiberglass pada beton segar (pasta) dapat memperbaiki workability. Karakteristik beton keras (kuat tekan dan kuat tarik belah) mengalami peningkatan yang cukup signifikan akibat penggunaan serat fiberglass dengan persentase peningkatan sekitar 25,27% untuk kuat tekan dan 26,86% untuk kuat tarik belah terhadap beton tanpa serat. Penggunaan serat fiberglass sebesar 1,0% menghasilkan workability pasta beton yang optimal serta nilai karakteristik beton keras yang optimal

DAFTAR REFERENSI

- Andanu, S. L., Abrar, A., & Putra, S. A. (2024). Design Komposisi Beton Untuk Panel Beton Menggunakan Bahan Tambah Serat Fiberglass. *Jurnal Slump Test*, 2(2), 26–36.
- Maizuar, Nanda, S. A., Barhanuddin, Fauzan, M., Liswandanu, A., & Rahman, A. (2023). Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash dan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Mortar Engineered Cementitious Composite dengan Serat Fiberglass. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Dan Arsitektur (Senastesia)*, 1–8, 1–8.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Andi Offset. Jakarta.
- Nasional, B. S. (2000). *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Ramayati, N. D. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Fiberglass Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 8(2), 948–952.
- Rumalesin, F. Y., & Tahya, H. (2024). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Serat Fiberglass Sebagai Material Tambahan Penyusun Campuran Beton. *Jurnal Studi Multidisipliner*, 8(6), 673–689.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2012). *SNI 2847:2013: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Sulfanita, A., Fadly, I., Syahril, M., & Ruslan, A. S. N. (2023). Studi Eksperimen Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar terhadap Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(2), 1199–1205.
- Sunarwadi, H. S. W., Kartika, D., Erfan, M., & Dermawan, A. S. (2023). Kajian Eksperimental Dan Simulasi Numerik Penggunaan Fiberglass Sebagai Bahan Serat Pada Balok Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 27(1), 38.
- Tangkelayuk, B., Tonapa, S. R., & Febriani, L. (2024). Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Pada Beton Normal. *Paulus Civil Engineering Journal*, 6(4), 587–597.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Andi Offset. Jakarta.
- Tri Utomo, W., Zhafira, T., & Semarang, U. (2023). Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Fiberglass. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 8(2), 210–216.
- Walujodjati, E., & Mar' I Muhammad, A. (2023). Pengaruh Substitusi Fiber Glass Terhadap Agregat Halus Pada Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton SCC (*Self Compacting Concrete*). *Jurnal Ruang Luar Dan Dalam FTSP*, 05(01), 1–7.