

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT *FIBERGLASS* TERHADAP

KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

Novita Dwi Ramayati^{1*}, Wahyu Kartini¹, Sumaidi¹

¹*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik*

Universitas Pembangunan Nasional "VETERAN" Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya No.1 Surabaya. Telp/fax : 0623-18706369

**email: ramayativita@gmail.com*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukana kadar optimal penambahan serat *fiberglass* terhadap tingkat kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton, serat dampaknya terhadap kedua sifat tersebut. Kandungan serat *fiberglas* yang diterapkan mencakup 4 variasi diantaranya 0%, 0,25%, 0,5% dan 0,75% dari total berat agregat. Selain penambahan serat, terdapat juga zat tambahan yang berperan dalam mengurangi jumlah air campuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan sekaligus meningkatkan tingkat kekuatan tekan beton. Zat tambahan tersebut adalah *superplasticizer*, yang merupakan produk Ertapast 35, dan diaplikasikan dengan perbandingan 0,8% dari total berat semen.. Dalam Pengujian, benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 15 x 30 cm. sebanyak tiga silinder digunakan untuk menguji kekuatan tekan, dan tiga benda uji lainnya digunakan untuk menguji kekuatan tarik belah, semuanya pada umur 28 hari. Proses perencanaan campuran beton mengacu pada standar SNI 756-2012. 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*.

Kata kunci : fiberglass, superplasticizer, kuat tarik belah, kuat tekan

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the optimal level of addition of fiberglass fiber to the level of compressive strength and split tensile strength of concrete, the impact of fiber on these two properties. The fiberglass fiber content applied included 4 variations including 0%, 0.25%, 0.5% and 0.75% of the total aggregate weight. In addition to adding fiber, there are also additives that play a role in reducing the amount of mixed water needed to produce concrete with a certain consistency and simultaneously increasing the level of compressive strength of concrete. The additional substance is a superplasticizer, which in this study was a product of Ertapast 35, and was applied at a ratio of 0.8% of the total weight of cement.. In testing, the specimens used were cylinders measuring 15 x 30 cm. three cylinders were used to test the compressive strength, and three other specimens were used to test the split tensile strength, all at the age of 28 days. The planning process for concrete mixes refers to the SNI 756-2012 standard. The results showed that the addition of high enough fiberglass fiber to fresh concrete could result in a decrease in workability. However, the properties of the concrete after it hardens show that both the compressive strength and the split tensile strength have increased along with the increase in variations in the addition of fiberglass fibers. Keywords: fiberglass, superplasticizer, split tensile strength.

Keywords: fiberglass, superplasticizer, split tensile strength, compressive strength

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya pertumbuhan ekonomi baik di Indonesia maupun di seluruh dunia, disertai dengan peningkatan jumlah fasilitas pendukungnya seperti bangunan dan jalan yang Sebagian besar menggunakan konstruksi dari beton. Oleh karena itu, perkembangan teknologi beton juga terus berlangsung. Beton memiliki beberapa keunggulan, antara lain kekuatan yang tinggi, biaya relative terjangkau, kemudahan dalam proses pengerjaan dan perawatan, serta fleksibilitas dalam pembentukannya (Mareno, 2022)

Namun, beton memiliki kelemahan, salah satunya adalah ketahanan tarik yang rendah. Untuk mengatasi kelemahan ini, berbagai cara telah diusulkan, termasuk penggunaan serat dalam campuran beton guna meningkatkan ketahanan tariknya. Beton yang diperkuat dengan serat disebut beton serat, di mana serat *fiberglass* menjadi salah satu pilihan serat yang digunakan. *Fiberglass* merupakan bahan yang terbuat dari cairan kaca yang diubah menjadi serat tipis yang berukuran diameter mulai dari 0,005 mm hingga 0,01 mm. Bahan ini umumnya digunakan sebagai komponen dalam bahan komposit yang dikenal sebagai *Glass Reinforced Plastic*. Kelebihan *fiberglass* meliputi bobot yang ringan dan kekuatan tarik serta ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat baja. Penggunaan serat *fiberglass* dalam beton dapat mengurangi retakan yang terjadi. Studi menunjukkan bahwa beton yang mengandung serat *fiberglass* cenderung memiliki retakan yang lebih sedikit daripada beton tanpa serat. Namun, perlu diingat bahwa penambahan serat secara berlebihan dapat menghambat proses pematatan beton dan akhirnya mempengaruhi kekuatan tekan beton (Subandi *et al.*, 2019).

Untuk mengevaluasi dampak dari penambahan serat *fiberglass*, dilakukan pengujian terhadap kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah dengan menggunakan benda uji silinder yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. metode *mix design* campuran mengacu pada standart 7656:2012.

Studi Pustaka

Beton adalah komponen kunci dalam konstruksi, sebuah substansi yang mirip dengan

batu yang dihasilkan melalui pencampuran proporsi yang ditentukan dari semen, pasir, batu pecah serta air. Proses ini mengakibatkan campuran tersebut mengeras di dalam cetakan structural sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan untuk struktur tersebut.

Terdapat beberapa keunggulan dari beton, seperti kekuatan tinggi, biaya relative terjangkau, kemudahan dalam pengerjaan dan perawatan, serta kelenturan dalam proses pembentukannya. Namun, di antara berbagai kelebihan tersebut, beton juga memiliki kelemahan, di mana salah satunya adalah ketahanan terhadap gaya tarik yang rendah. Terdapat beberapa solusi mengatasi kelemahan ini, salah satunya telah dilakukan inovasi dengan cara menambahkan serat ke dalam campuran beton (Dzikri dan Firmansyah, 2018)

Beton serat (*fiber-reinforced concrete*) merupakan jenis beton yang terbentuk dari pencampuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta serat (*fiber*) yang diintegrasikan secara merata dalam harapan bahwa penambahan serat tersebut dapat mengurangi retakan yang terjadi pada area yang mengalami gaya tarik akibat beban. *Fiberglass* merupakan serat yang dihasilkan dari kaca yang ditarik hingga mencapai ukuran diameter antara 0,005 mm hingga 0,01 mm, membentuk serat yang tipis. Komposisi dari *fiberglass* melibatkan kandungan sekitar 50-60% SiO₂, serta oksida lainnya seperti Al, Ca, Mg, Na dan sejenisnya. Oleh karena itu, material *fiberglass* merupakan salah satu jenis bahan serat komposit yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan yang tinggi namun tetap memiliki bobot yang ringan (Widodo, 2017).

Kuat Tekan

Kekuatan beton dalam menahan tekanan dapat diukur melalui perbandingan antara beban yang diterapkan pada suatu area tertentu yang mengakibatkan benda uji berbentuk silinder beton hancur, dan beban tersebut dihasilkan oleh mesin tekan. Parameter ini dikenal sebagai kuat tekan beton, yang menggambarkan seberapa besar beban aksial yang dapat diterapkan pada suatu beton sebelum terjadi kerusakan, dibandingkan dengan luas penampangnya. Penelitian ini menggunakan metode sesuai standar SNI 1974-2011 untuk menguji kuat tekan beton. Dalam

proses pengujian, silinder beton dibuat dan diawat dengan cara direndam dalam air tawar (curing) untuk memastikan perolehan nilai kuat tekan dilakukan secara procedural. Perhitungan kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan persamaan 1 :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

- f'c = Kuat tekan beton (Mpa)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

Kuat Tarik Belah

Kekuatan tarik belah merupakan salah satu faktor penting dalam mengevaluasi ketahanan beton. Nilai kekuatan tarik belah diukur melalui serangkaian pengujian lateral pada benda uji berbentuk dilinder di laboratorium hingga mencapai titik maksimalnya. Armidion & Rahayu (2018)

Dalam penelitian ini, pengujian kekuatan tarik belah beton merujuk pada panduan SNI 2491 : 2014. Perhitungan nilai kekuatan tarik belah beton didasarkan pada luas permukaan luar silinder beton, yang memungkinkan untuk menggunakan rumus 2 dalam perhitungannya.

$$T = \frac{2.P}{\pi L.D} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

- T = Kuat tarik belah (MPa)
- P = Beban Maksimum (N)
- L = Panjang benda uji (mm)
- D = Diameter benda uji (mm)

METODE PENELITIAN

Proses Penelitian ini dimulai dengan Langkah – Langkah seperti pengujian bahan, pembuatan formula campuran (*job mix*), pengukuran konsistensi (*slump test*), serta pengujian kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik belah beton. Semua pengujian ini memperhitungkan periode perawatan benda uji selama 28 hari.

Tahap awal pelaksanaan penelitian ini melibatkan persiapan bahan dan pengujian material. Bahan – bahan yang terlibat termasuk agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), semen Portland tipe 1, air, serat *fiberglass*, dan *superplasticizer*. Proses pengujian material mencakup pengukuran berat jenis, analisis tingkat kelembaban,

penyerapan air, pengukuran berat volume, serta analisis gradasi agregat.

Setelah mendapatkan hasil pengujian material, Langkah selanjutnya adalah melakukan perencanaan desain campuran dengan menggunakan metode *Design of Experiments (DoE)* yang merujuk pada standar SNI 7656:2012. Untuk pembuatan benda uji, digunakan cetakan berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. sebanyak 12 benda uji dipersiapkan untuk menguji kekuatan tekan, sementara 12 benda uji lainnya digunakan untuk menguji kekuatan tarik belah. Pengujian kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah dilakukan setelah benda uji direndam dalam air selama 28 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

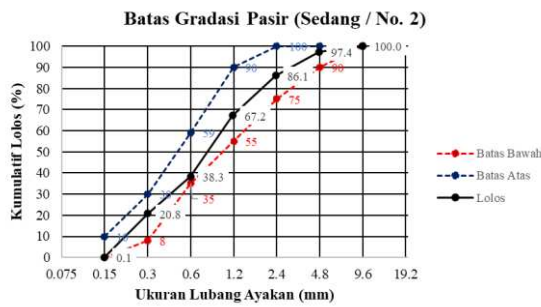
Pengujian material melibatkan beberapa aspek, termasuk penentuan berat jenis dan kemampuan agregat menyerap air, analisis fraksi agregat melalui proses penyaringan, perhitungan berat volume agregat, serta uji kemampuan lolos saringan ukuran no. 200.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengujian
Berat Jenis	2,671
Resapan	1,29
Kelembaban	2,975
Berat Volume	1358.2

Tabel 1 tersebut menunjukkan hasil pengujian terhadap beberapa parameter material diantaranya berat jenis memiliki nilai hingga 2,671, resapan sebesar 1,29, kelembaban adalah 2,975 dan berat volume dari agregat halus tersebut sebesar 1358,2. Parameter – parameter tersebut penting dapat memenuhi kualitas dan karakteristik agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton pada penelitian ini.

Persentase pasir yang lolos sudah masuk ke dalam batas atas dan batas bawah spesifikasi gradasi agregat halus. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan gradasi agregat halus berada pada zona 2 (kasar). Pasir yang masuk spesifikasi mempunyai susunan butir gradasi yang baik. Gradasi yang baik akan mempengaruhi mutu beton.



Gambar 1. Gradasi Agregat Halus

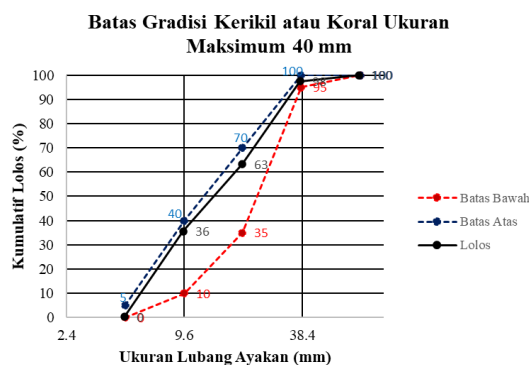
Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian material melibatkan beberapa aspek, termasuk penentuan berat jenis dan kemampuan agregat menyerap air, analisis fraksi agregat melalui proses penyaringan, perhitungan berat volume agregat, serta uji kemampuan lolos saringan ukuran no. 200.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengujian
Berat Jenis	2,8005
Resapan	1,09
Kelembaban	0,925
Berat Volume	1484.3

Tabel 2 tersebut menunjukkan hasil pengujian terhadap beberapa parameter material agregat kasar diantaranya berat jenis memiliki nilai hingga 2,8005, resapan sebesar 1,09, kelembaban adalah 0,925 dan berat volume dari agregat halus tersebut sebesar 1484,3. Parameter – parameter tersebut penting dapat memenuhi kualitas dan karakteristik agregat kasar yang akan digunakan sebagai baha campuran beton pada penelitian ini.



Gambar 2. Gradasi Agregat Kasar

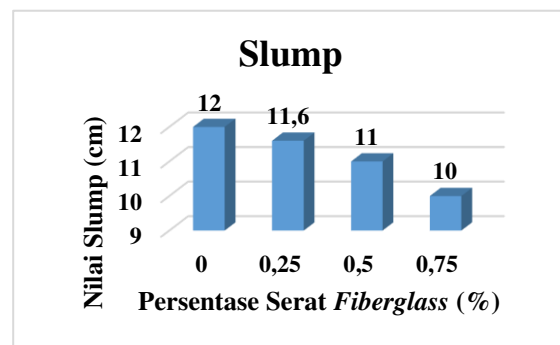
Persentase batu pecah yang lolos sudah masuk ke dalam batas atas dan batas bawah spesifikasi gradasi agregat kasar. Batu pecah yang masuk spesifikasi mempunyai susunan butir (gradasi) yang baik. Perbedaan antara diameter dan varian butiran berdampak pada sifat homogen beton, yang menyebabkan suatu rongga pada beton. Rongga atau kerapatan pada beton tersebut akan berpengaruh terhadap mutu beton.

Pengujian Slump

Tabel 3 Pengujian Slump

Sample Benda Uji	Persentase Serat <i>Fiberglass</i> (%)	Slump
BN	0	12
BF 1	0,25	11,6
BF 2	0,5	11
BF 3	0,75	10

Tabel 3 tersebut menunjukkan hasil pengujian slump berbagai sampel beton yang digunakan pada penelitian ini, dengan sampel yang menghasilkan nilai slump tertinggi yaitu pada beton normal dengan nilai 12. Dari data tersebut, terlihat bahwa semakin tinggi persentase serat fiberglass, nilai slump cenderung menurun.



Gambar 3 Pengujian Slump

Berdasarkan pengujian slump pada gambar 4.3 dengan penambahan serat fiberglass variasi benda uji 0,25% mengalami penurunan sebesar 0,4%; variasi benda uji 0,5% mengalami penurunan sebesar 1%; variasi benda uji 0,75% mengalami penurunan sebesar 2%. Slump terendah terjadi pada variasi penambahan serat fiberglass 0,75% sebesar 10 cm dengan penambahan *superplasticizer* 0,8% dari berat semen. sedangkan nilai slump

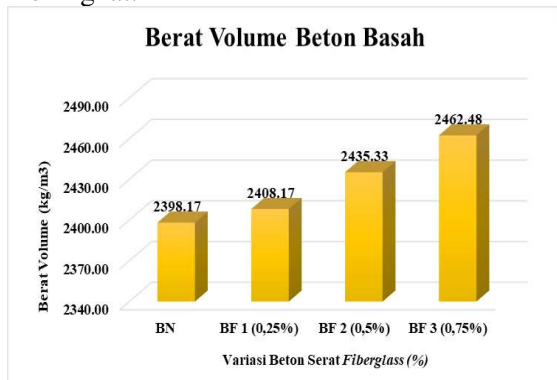
tertinggi terjadi pada variasi penambahan serat *fiberglass* 0,25% sebesar 11,6 cm dengan penambahan *superplasticizer* 0,8% dari berat semen. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi persentase penambahan serat *fiberglass* dalam campuran beton, maka nilai slump (*workabilitas*) akan semakin menurun.

Berat Volume Beton Basah

Tabel 4. Berat Volume Beton Basah

Benda Uji	Berat Rata – Rata Silinder Beton (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)
BN	16,78	2398,17
BF 1 (0,25 %)	16,85	2408,17
BF 2 (0,5%)	17,04	2435,33
BF 3 (0,75%)	17,23	2462,28

Tabel tersebut menunjukkan hasil pengujian berat rata – rata silinder beton dan berat volume pada berbagai sampel beton dengan variasi persentase serat *fiberglass*. dari data tersebut, terlihat bahwa semakin tinggi persentase serat *fiberglass*, baik rata – rata silinder beton maupun berat volume cenderung meningkat.



Gambar 4. Berat Volume Beton Basah

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, ditemukan bahwa berat volume beton dalam keadaan basah yang olaing tinggi adalah pada variasi campuran beton dengan penambahan serat *fiberglass* sebesar 0,75%, mencapai angka 2462,48kg/m³. Menurut ketentuan dalam standar SNI 03-3449-2002, sebuah beton dikategorikan sebagai beton normal jika berat volume berada dalam kisaran 2200 kg/m³ hingga 2500 kg/m³. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar penambahan serat *fiberglass*, maka berat volume beton yang dihasilkan juga

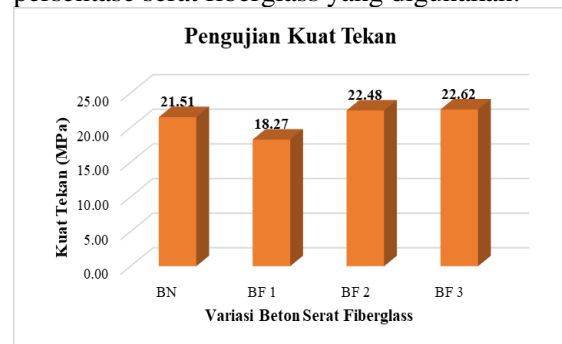
semakin tinggi. seluruh benda uji yang telah dibuat dapat dikelompokkan ke dalam kategori beton normal berdasarkan kriteria tersebut.

Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5 Pengujian Kuat Tekan

Benda Uji	Luas Permukaan (mm ²)	Beban Maks (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)	Peningkatan (%)	
BN	1	17678,57	363,00	20,53	21,51	0,81
	2	17678,57	399,00	22,57		
	3	17678,57	378,80	21,43		
BF 1	1	17678,57	327,00	18,50	18,27	-14,37
	2	17678,57	323,00	18,27		
	3	17678,57	319,00	18,04		
BF 2	1	17678,57	366,50	20,73	22,48	5,33
	2	17678,57	416,50	23,56		
	3	17678,57	409,00	23,14		
BF 3	1	17678,57	393,50	22,26	22,62	5,99
	2	17678,57	422,00	23,87		
	3	17678,57	384,00	21,72		

Tabel tersebut menunjukkan hasil pengujian kekuatan tekan pada berbagai sampel beton dengan variasi persentase serat *fiberglass*. Dari data tersebut, terlihat bahwa variasi persentase serat *fiberglass* mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Kuat tekan rata – rata dan persentase peningkatan kuat tekan menunjukkan variasi sesuai dengan persentase serat *fiberglass* yang digunakan.



Gambar 5. Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan data dalam grafik, titik acuan yang diambil adalah nilai kuat tekan pada beton normal. Hasil pengujian kekuatan tekan beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa nilai kekuatan tekan tertinggi terdapat pada campuran beton yang ditambahkan serat *fiberglass* sebanyak 0,75%, yakni mencapai 22,62 MPa. Pada variasi penambahan serat sebesar 0,25%, nilai kekuatan tekan adalah 18,27 MPa, mengalami penurunan sebesar 15,06% dibandingkan dengan beton normal. Sementara itu, pada variasi penambahan serat sebesar 0,5%, didapatkan nilai kekuatan tekan sebesar 22,48 MPa, mengalami peningkatan sekitar 4,51% jika dibandingkan dengana beton normal.

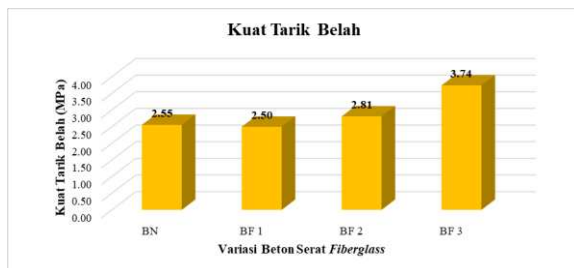
Dari hasil penelitian ini, dapat dinyatakan bahwa peningkatan persentase serat *fiberglass* mengakibatkan peningkatan dalam kekuatan tekan beton. Hal ini disebabkan oleh efek dari penambahan serat yang menghasilkan ketidakmerataan dalam campuran adukan, yang pada gilirannya mendorong kinerja yang kurang optimal dari bahan pengikat. Serat *fiberglass* digunakan sebagai pengisi untuk mengisi celah – celah serta sebagai penghubung material, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan tekan beton. Namun, perlu diperhatikan bahwa penambahan serat *fiberglass* dalam proses pencampuran adukan, yang dapat menyebabkan terbentuknya ruang – ruang kecil yang tidak terisi dengan baik dalam beton dan menghasilkan pori – pori yang tidak diinginkan.

Pengujian Kuat Tarik Belah

Tabel 6. Pengujian Kuat Tarik Belah

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maks (KN)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)	Peningkatan (%)
BN	1	150,75	300,05	215,00	3,02	2,55
	2	151,05	301,10	212,00	2,97	
	3	150,00	300,45	118,00	1,67	
BF 1	1	149,85	300,00	191,00	2,70	2,50
	2	151,10	299,95	156,44	2,20	
	3	150,05	299,90	183,00	2,59	
BF 2	1	149,75	299,80	202,00	2,86	2,81
	2	149,30	300,00	218,00	3,10	
	3	150,25	301,10	175,00	2,46	
BF 3	1	151,15	299,50	219,00	3,08	3,74
	2	150,55	299,95	189,20	2,67	
	3	149,25	299,20	384,00	5,47	

Tabel ini tersebut menunjukkan hasil pengujian kekuatan tarik pada berbagai sampel beton dengan variasi persentase serat *fiberglass*. Dari data tersebut, terlihat bahwa variasi persentase serat *fiberglass* mempengaruhi nilai kuat tarik beton. Kuat tarik rata – rata dan persentase peningkatan kuat tarik menunjukkan variasi sesuai dengan persentase serat *fiberglass* yang digunakan.



Gambar 6 Pengujian Kuat Tarik Belah

Dalam pengujian kekuatan tarik belah beton dengan penambahan serat *fiberglass*

pada umur 28 hari, hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh dari peningkatan konsentrasi serat *fiberglass* terhadap kuat tarik belah beton. Rata – rata nilai kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan peningkatan persentase serat *fiberglass* mulai dari 0% hingga 0,75%. Titik kadar optimum tercapai pada variasi dengan penambahan serat *fiberglass* sebesar 0,75%, yang mencapai kekuatan tarik belah tertinggi sebesar 3,74 MPa. Nilai ini mengalami kenaikan sebesar 46,49% bila dibandingkan dengan kekuatan tarik belah pada beton normal.

Disisi lain, kuat tarik belah terendah terjadi pada BF 1 dengan penambahan serat *fiberglass* 0,25%, yang mencapai nilai 2,55 MPa. Hal ini mengindikasikan adanya penurunan kuat tarik belah sebesar 2,21% jika dibandingkan dengan beton normal.

Dengan demikian, penambahan serat *fiberglass* pada beton memiliki potensi meningkatkan kuat tarik belah, dan kadar optimumnya adalah 0,75%. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa penambahan serat *fiberglass* yang terlalu tinggi dapat berdampak negative terhadap kuat tarik belah beton.

KESIMPULAN

Adanya peningkatan nilai kuat tekan dan nilai kuat belah seiring dengan meningkatnya persentase serat *fiberglass*. Campuran beton dengan penambahan serat *fiberglass* sebanyak 0,75% menghasilkan nilai tertinggi baik dalam kuat tekan maupun kuat tarik belah. Sebaliknya, campuran dengan penambahan serat *fiberglass* sebanyak 0,25% memiliki nilai terendah. Penambahan serat *fiberglass* dalam campuran beton mampu meningkatkan kuat tarik belah dan kuat tekan beton. Variasi kadar serat mempengaruhi hasil pengujian, dan efek ini dijelaskan oleh peran serat dalam menghambat retakan dan meningkatkan kinerja mekanis beton.

DAFTAR PUSTAKA

Widodo, D. K., (2017). *Effect of Glass Fiber on Compressive, Flexural and Splitting Strength of Reactive Powder Concrete*, 138, 1–6, doi: 10.1051/mateconf/201713803010.

Mareno,R., (2022) *Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Serat*, 6(2). Retrieved from <http://journal.umuslim.ac.id/index.php/rkt/article/view/1377>

Subandi, S. Yatnikasari, M. Damaiyanti, R. Azzahra, and Vebrian, (2019) *Effect of additional fiberglass fiber on concrete performance*, 43(5), 287–292. doi: 10.18280/acsm.430502.

Mat Serudin,A., Othuman Mydin, M. A., Mohd Nawawi, M. N., Deraman, R., Sari, M. W., and Abu Hashim, M. F., (2022) *The Utilization of a Fiberglass Mesh–Reinforced Foamcrete Jacketing System to Enhance Mechanical Properties*, 15(17), 1–17. doi: 10.3390/ma15175825.

Dzikri, M. and Firmansyah, M., (2018) *Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya*, 1–9. Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/ruksia-tekni/article/view/24382>

Riwayati, R. S. and Bolon, F. F. T.,(2018) *Pengaruh Penambahan Polypropilene Fibre dan superplasticizer terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Fc'25 Mpa*, 5(1), 56, doi: 10.35449/teknika.v5i1.85.

Armidion, R. and Rahayu, T., (2018) *Peningkatan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah botol plastik polyethylene terephthalate (pet 10(1), pp. 117–126. Retrieved from: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/3877>*