

Pengaruh Serat Polypropylene Terhadap Pola Retak dan Kuat Tekan Beton Berbasis Agregat Ringan Batu Apung

I.G.A. Neny Purnawirati^{1*}, Fajar Surya Herlambang²

¹Politeknik Negeri Bali, Kabupaten Badung, Bali

²Politeknik Negeri Semarang, Kota Semarang

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Serat polypropylene, kuat tekan, kuat tarik belah, pola retak

*Correspondence email:

nenypw26@gmail.com

Submitted: 07 Februari 2026

Revised: 27 Juli 2026

Accepted: 27 Juli 2026

Published: 01 Agustus 2026

ABSTRAK

Beton berbasis agregat ringan batu apung memiliki kuat tekan yang cukup tinggi, namun bersifat getas dan rentan mengalami retak akibat pembebanan, sehingga dapat menurunkan durabilitas dan umur layan struktur. Penambahan serat polypropylene diharapkan mampu meningkatkan ketahanan terhadap retak serta memperbaiki sifat mekanik beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat polypropylene terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan pola retak beton ringan struktural. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan variasi kadar serat polypropylene sebesar 0%, 0,02%, 0,04%, dan 0,06% dari volume beton. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan pola retak beton pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat polypropylene sebesar 0,02% menghasilkan peningkatan kuat tekan tertinggi sebesar 22,20 MPa dan kuat tarik belah tertinggi sebesar 2,56 MPa dibandingkan beton tanpa serat. Penambahan serat polypropylene juga mampu memperkecil dan mengendalikan pola retak beton sehingga perilaku keruntuhan menjadi lebih daktail. Namun, pada kadar serat yang lebih tinggi terjadi penurunan workability campuran beton serta penurunan kuat tekan akibat distribusi serat yang kurang merata. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, penggunaan serat polypropylene sebesar 0,02% direkomendasikan sebagai kadar optimum untuk meningkatkan performa mekanik dan ketahanan retak beton tanpa mengurangi workability secara signifikan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji kombinasi serat atau variasi mutu beton guna mengevaluasi durabilitas dan perilaku retak jangka panjang.

ABSTRACT

Keywords:

Polypropylene Fiber,
Compressive Strength, Splitting
Tensile Strength, Crack Pattern

Lightweight concrete based on pumice aggregate has relatively high compressive strength; however, it is brittle and prone to cracking under loading, which can reduce the durability and service life of structures. The addition of polypropylene fibers is expected to improve crack resistance and enhance the mechanical properties of concrete. This study aims to evaluate the effect of polypropylene fiber addition on the compressive strength, splitting tensile strength, and crack pattern of structural lightweight concrete. An experimental method was employed using polypropylene fiber contents of 0%, 0.02%, 0.04%, and 0.06% by concrete volume. Tests were conducted on compressive strength, splitting tensile strength, and crack patterns at the age of 28 days. The results indicate that the addition of 0.02% polypropylene fibers produced the highest compressive strength of 22.20 MPa and the highest splitting tensile strength of 2.56 MPa compared to concrete without fibers. The addition of polypropylene fibers was also able to reduce crack width and control crack propagation, resulting in a more ductile failure behavior. However, higher fiber contents reduced the workability of the concrete mixture and decreased compressive strength due to less uniform fiber distribution. Based on these findings, the use of 0.02% polypropylene fiber is recommended as the optimum content to improve the mechanical performance and crack resistance of structural lightweight concrete without significantly reducing workability. Further studies are recommended to investigate fiber combinations or variations in concrete strength in order to evaluate long-term durability and crack behavior.

PENDAHULUAN

Serat polypropylene merupakan bahan polimer yang ringan, tidak korosif, dan memiliki ketahanan terhadap retakan awal pada beton. Penggunaannya dalam beton telah terbukti dapat meningkatkan daktilitas, menahan retak plastis, dan memperbaiki kinerja pasca-retak. Akan tetapi, penambahan serat dalam campuran beton ringan struktural perlu dikaji dengan cermat karena berpotensi mempengaruhi *workability* dan kemampuan alir dari beton tersebut. Kajian ini difokuskan pada analisis pengaruh variasi kandungan serat *polypropylene* terhadap performa mekanis serta pola retak dari beton ringan struktural itu sendiri. Beberapa variasi kadar serat digunakan untuk menentukan

komposisi optimum yang mampu meningkatkan kekuatan beton tanpa mengurangi sifat dari beton ringan struktural. Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh kontribusi nyata dalam pengembangan beton struktural dengan karakteristik ringan, tahan terhadap beban, serta memiliki kemudahan dalam proses aplikasi pada proyek konstruksi. Gaayathri et al. (2022), dalam penelitiannya menyatakan bahwa serat *polypropylene* mampu meningkatkan daktilitas dan ketangguhan beton ringan dengan agregat lempung ringan. Penelitian ini menunjukkan bahwa serat *polypropylene* efektif memperbaiki sifat tarik beton. Penambahan serat *polypropylene* dapat menurunkan *workability* beton akibat terganggunya aliran campuran beton oleh interaksi antarserat. Hal ini mengindikasikan adanya batas optimum dalam penambahan serat. Ramalingam et al. (2023), penambahan serat sintetis, terutama serat *polypropylene*, meningkatkan kekuatan lentur dan stabilitas struktur mikro pada beton busa ringan tanpa menaikkan berat jenis secara signifikan. Meskipun penelitian mengenai beton berserat telah banyak dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada beton normal atau beton ringan non-struktural. Kajian eksperimental yang secara khusus meneliti beton ringan struktural dengan penambahan serat *polypropylene* sebagai pengendali retak masih terbatas. Penelitian Mishra (2024) menunjukkan bahwa penggunaan 0,5% serat *polypropylene* mampu menurunkan susut kering beton hingga 19,6% dibandingkan beton tanpa serat. Selain itu, serat *polypropylene* juga dapat meningkatkan daktilitas dan ketangguhan beton ringan (Ngo & Huynh, 2022). Dalam penelitiannya, Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat *polypropylene* pada beton, khususnya beton ringan dan SCC, memiliki potensi besar dalam meningkatkan performa mekanik dan pengendalian retak. Namun demikian, diperlukan penyesuaian kadar serat yang tepat agar tidak mengganggu kemampuan alir beton, terutama pada beton jenis SCC. Serat berperan sebagai jembatan mikro yang mampu menahan dan memperlambat perambatan retak. Keberadaan serat *polypropylene* memberikan kontribusi signifikan terhadap perilaku lentur dan pola retak. Liang et al. (2021) melaporkan bahwa penambahan serat *polypropylene* meningkatkan beban retak pertama hingga 33,98% serta menghasilkan retak awal yang lebih sempit dibandingkan beton tanpa serat. Sementara itu, Liu et al. (2022) menyebutkan bahwa serat *polypropylene* dapat memperbaiki mikrostruktur beton dan menurunkan porositas, sehingga meningkatkan ketahanan beton terhadap penetrasi air dan ion klorida. Kondisi ini berkontribusi pada peningkatan umur layan struktur beton dan pengurangan risiko korosi pada tulangan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan beton berbasis agregat ringan batu apung yang dimodifikasi dengan serat *polypropylene* mikro sebagai pengendali pola retak. Kombinasi tersebut diharapkan mampu menghasilkan ketahanan retak yang lebih baik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi penerapan beton berserat *polypropylene* pada elemen struktural di Indonesia.

Tinjauan Pustaka

Serat polypropylene

Serat *polypropylene* adalah serat sintetis yang terbuat dari polimer termoplastik *polypropylene* (PP) yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kinerja mekanik dan durabilitas beton, terutama dalam mengendalikan retak awal dan meningkatkan ketahanan terhadap benturan. Menurut SNI 03-4431-2011 disebutkan serat *polypropylene* adalah serat sintetis yang berasal dari bahan polimer *polypropylene* dengan sifat tahan alkali, digunakan sebagai bahan tambahan dalam beton untuk meningkatkan kinerja mekanik dan mencegah retak akibat susut plastis. Serat *polypropylene* adalah bahan tambahan yang ekonomis, praktis, dan efektif dalam meningkatkan durabilitas dan performa beton, terutama dalam pengendalian retak awal, daya tahan api, dan ketahanan benturan. Serat ini cocok untuk digunakan pada lantai industri, jalan beton, panel pracetak, serta struktur bangunan yang memerlukan ketahanan terhadap deformasi dan suhu tinggi.

Pengujian Workability (slump test)

Uji slump dilakukan untuk menentukan tingkat kelecakan beton ringan struktural. Pengujian mengacu pada SNI 1972:2008 – Cara uji slump beton. Kerucut slump diisi beton dalam tiga lapisan dengan pemadatan menggunakan tongkat pemadat sesuai standar. Setelah kerucut diangkat secara vertikal, penurunan tinggi beton diukur sebagai nilai slump. Nilai slump digunakan untuk memastikan beton memiliki *workability* yang memadai sebelum dilakukan pencetakan benda uji silinder dan balok.

Pengujian Kuat Tekan

Benda uji menggunakan silinder berukuran Ø150 mm × 300 mm. Pengujian mengacu pada SNI 1974:2011 – Cara uji kuat tekan beton. Setelah benda uji mencapai umur perawatan, permukaan dikeringkan sebelum diuji. Silinder diletakkan pada mesin uji tekan (CTM) secara sentris. Beban diberikan secara bertahap dengan kecepatan pembebanan konstan hingga benda uji mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan dihitung berdasarkan beban maksimum dibagi luas penampang silinder.

Pengujian Kuat Tarik Belah (*Splitting Tensile Strength*)

Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton menahan gaya tarik tidak langsung. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 2491:2014- Cara uji kuat tarik belah beton. Benda uji berukuran 15 cm x 30 cm. Benda uji diangkat dari bak *curing* pada umur 28 hari dan dikeringkan permukaannya. Benda uji diletakkan secara horizontal pada mesin uji tekan, nilai kuat tarik belah dihitung berdasarkan gaya maksimum yang menyebabkan keruntuhan.

Liu et al. (2022) menyebutkan bahwa serat *polypropylene* dapat memperbaiki mikrostruktur beton serta menurunkan porositas, sehingga penambahan serat pada beton terbukti meningkatkan ketahanannya terhadap penetrasi air dan ion klorida, sehingga memperpanjang umur pakai struktur beton dan mengurangi risiko korosi pada tulangan. Menurut Ramalingam et al. (2023), penambahan serat sintesis, terutama serat *polypropylene*, meningkatkan kekuatan lentur dan stabilitas struktur mikro pada beton busa ringan tanpa menaikkan berat jenis secara signifikan.

METODE

Proses pencampuran dilakukan menggunakan mixer mekanis untuk memastikan homogenitas campuran dan distribusi serat *polypropylene* yang merata. Tahapan pencampuran adalah sebagai berikut : Pencampuran awal agregat, dimana agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) dicampur selama ± 1 menit untuk memperoleh distribusi awal yang merata. Semen ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk selama ± 2 menit hingga terbentuk campuran kering yang homogen. Air diberikan secara bertahap sambil proses pengadukan berlangsung. *Superplasticizer* yang telah dilarutkan sebagian ke dalam air ditambahkan bersamaan dengan sisa air untuk meningkatkan kelecakan beton. Serat *polypropylene* ditambahkan secara bertahap sambil diaduk selama $\pm 2-3$ menit. Penambahan secara perlahan dilakukan untuk mencegah penggumpalan serat (*balling effect*). Setelah proses pencampuran selesai, dilakukan pengecekan visual untuk memastikan campuran tidak menggumpal dan memiliki konsistensi merata. Pencampuran bahan penyusun beton terdiri dari beton kontrol (0% serat) dan beton normal dengan tambahan serat *polypropylene* sebesar 0,02%, 0,04% dan 0,06% dari volume beton. Serat *polypropylene* sendiri merupakan serat mikro fiber dengan merk SIKA.

Penentuan komposisi campuran beton dilakukan berdasarkan metode perancangan campuran beton normal mengacu pada SNI 03-2834-2000 serta penyesuaian karakteristik bahan penyusun. Proses penentuan diawali dengan penetapan kuat tekan rencana dan slump flow yang diinginkan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian sifat dasar material meliputi berat jenis, gradasi, kadar air, serta penyerapan agregat. Hasil pengujian sifat fisik agregat dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat fisik Agregat Halus

No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar lumpur	3,91%
2	Berat volume kondisi lepas	1,42 gr/cm ³
3	Berat volume kondisi padat	1,57 gr/cm ³
4	Penyerapan	2,33%
5	BJ Kering oven	2,26
6	BJ Kering permukaan jenuh	2,21
7	BJ Semu	2,40
8	Modulus kehalusan	2,56

Sumber : Data olahan (2025)

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar lumpur	1,27%
2	Berat volume kondisi lepas	1,37 gr/cm ³
3	Berat volume kondisi padat	1,41 gr/cm ³
4	Penyerapan	2,28%
5	BJ Kering oven	2,33
6	BJ Kering permukaan jenuh	2,64
7	BJ Semu	2,78
8	Modulus kehalusan	6,14
9	Keausan	28,31%

Sumber : Data olahan (2025)

Perancangan campuran beton pada penelitian ini menggunakan variasi penambahan serat *polypropylene* sebesar 0%, 0,02%, 0,04%, dan 0,06% terhadap volume total beton. Untuk mempermudah proses pencampuran dan penentuan

kebutuhan material, kadar serat yang dinyatakan dalam persentase volume dikonversi ke dalam satuan massa (kg/m^3) menggunakan berat jenis (densitas) serat polypropylene. Konversi dilakukan menggunakan Persamaan (1):

$$mf = Vf \times Vc \times pf$$

dengan:

mf = massa serat (kg),

Vf = fraksi volume serat,

Vc = volume beton (1 m^3), dan

pf = berat jenis serat polypropylene (910 kg/m^3).

Berdasarkan perhitungan tersebut, kadar serat 0,02% setara dengan $0,18 \text{ kg/m}^3$, kadar serat 0,04% setara dengan $0,36 \text{ kg/m}^3$, dan kadar serat 0,06% setara dengan $0,54 \text{ kg/m}^3$. Nilai hasil konversi tersebut kemudian digunakan sebagai jumlah penambahan serat pada campuran beton sebagaimana disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton Ringan Struktural (*Mix Design*) per m^3

No	Material	0% Serat (kg/m^3)	0,02% Serat (kg/m^3)	0,04% Serat (kg/m^3)	0,06% Serat (kg/m^3)
1	Semen Portland	450	450	450	450
2	Pasir halus lokal Karangasem	680	680	680	680
3	Batu apung Gianyar	520	520	520	520
4	Air	180	180	180	180
5	Superplasticizer	1% berat semen	1% berat semen	1% berat semen	1% berat semen
6	Serat <i>Polypropylene</i>	0	0,18	0,36	0,54

Sumber : Data olahan (2025)



Gambar 1. Serat polypropylene

Sumber : Data olahan (2025)

Proses pencampuran beton dilakukan menggunakan *mixer* mekanis untuk memperoleh campuran yang homogen dan memastikan serat *polypropylene* terdistribusi secara merata. Seluruh bahan penyusun terdiri dari semen Portland, pasir alami sebagai agregat halus, dan agregat kasar ringan berupa batu apung lokal Bali, air, serat *polypropylene*, serta bahan tambahan kimia berupa *superplasticizer*, disiapkan sesuai proporsi campuran per meter kubik beton. Tahapan pencampuran diawali dengan mencampur agregat ringan dan pasir selama kurang lebih satu menit untuk mencapai distribusi awal yang merata. Setelah itu, semen ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk kembali selama dua menit hingga terbentuk campuran kering yang homogen. Air pencampur diberikan secara bertahap sambil proses pengadukan dilanjutkan. *Superplasticizer* yang sebelumnya telah dilarutkan sebagian ke dalam air pencampur ditambahkan bersamaan dengan sisa air untuk memperoleh campuran yang plastis dan mudah mengalir. Setelah campuran mulai homogen, serat *polypropylene* dimasukkan secara bertahap sambil terus diaduk selama dua hingga tiga menit. Penambahan serat dilakukan sedikit demi sedikit untuk mencegah terjadinya penggumpalan (*balling effect*) dan memastikan penyebaran serat merata di seluruh volume beton. Keberadaan *superplasticizer* sangat membantu meningkatkan *workability* campuran serta menjaga homogenitas meskipun serat telah tercampur. Setelah proses pencampuran selesai, dilakukan pemeriksaan visual untuk memastikan campuran tidak menggumpal dan memiliki tampilan yang seragam. Uji slump dilakukan sesuai SNI 1972 : 2008. Campuran beton kemudian dicetak ke dalam cetakan silinder berdimensi $\text{Ø}150 \times 300 \text{ mm}$ diperuntukkan bagi pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Pemadatan dilakukan secara hati-hati dengan getaran vibrator untuk menghindari segregasi. Benda uji dikeluarkan dari cetakan setelah 24 jam, kemudian direndam dalam air selama 28 hari untuk proses perawatan (*curing*). Pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur perawatan yang telah ditentukan, yaitu 28 hari.

HASIL

Berdasarkan hasil analisis saringan, pasir halus lokal Karangasem yang digunakan dalam penelitian ini memiliki gradasi yang berada dalam rentang Zona II sesuai dengan ketentuan standar gradasi agregat halus. Grafik menunjukkan bahwa kurva gradasi pasir berada di antara batas atas dan batas bawah untuk seluruh ukuran saringan yang digunakan, mulai dari saringan 0,15 mm hingga 10 mm. Pada saringan berukuran halus (0,15–0,60 mm), persentase lolos kumulatif pasir meningkat secara bertahap dan masih berada dalam batas yang diizinkan. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi butiran halus cukup proporsional dan tidak berlebihan, sehingga dapat membantu meningkatkan kohesi campuran beton. Pada ukuran saringan menengah hingga kasar (1,2–4,8 mm), kurva gradasi menunjukkan kenaikan yang stabil dan konsisten, menandakan distribusi ukuran butir yang baik.

Secara keseluruhan, gradasi pasir yang berada pada Zona II menunjukkan bahwa agregat halus memiliki distribusi ukuran butir yang seimbang, tidak terlalu halus maupun terlalu kasar. Kondisi ini sangat mendukung penggunaan pasir sebagai agregat halus dalam campuran beton, karena dapat meningkatkan *workability*, mengurangi risiko segregasi, serta mendukung pencapaian sifat mekanik beton yang optimal, khususnya pada beton ringan dengan penambahan serat *polypropylene*. Berdasarkan hasil analisis saringan, agregat kasar digunakan dalam penelitian ini memiliki gradasi yang berada dalam Zona I dengan ukuran butir maksimum 40 mm. Kurva gradasi agregat menunjukkan bahwa persentase lolos kumulatif berada di antara batas atas dan batas bawah yang disyaratkan pada seluruh ukuran saringan yang diuji, yaitu 4,8 mm hingga 40 mm. Pada ukuran saringan kecil (4,8–10 mm), persentase lolos kumulatif relatif rendah, yang menunjukkan dominasi butiran berukuran lebih besar. Hal ini merupakan karakteristik khas agregat kasar Zona I. Selanjutnya, pada saringan menengah (20 mm), terjadi peningkatan persentase lolos kumulatif yang signifikan dan masih berada dalam batas standar, menandakan distribusi ukuran butir yang baik dan berkesinambungan. Pada saringan maksimum 40 mm, persentase lolos kumulatif mendekati 100%, yang menunjukkan bahwa agregat memenuhi persyaratan ukuran maksimum yang ditetapkan. Secara keseluruhan, gradasi batu apung yang termasuk dalam Zona I menunjukkan bahwa agregat kasar memiliki struktur gradasi yang baik dan tidak timpang, sehingga mendukung terbentuknya rangka agregat yang stabil. Kondisi ini sangat sesuai untuk penggunaan pada beton ringan struktural, karena dapat meningkatkan efisiensi pengisian pasta semen, menurunkan berat jenis beton, serta mendukung kinerja mekanik beton, khususnya pada campuran dengan penambahan serat *polypropylene*.

Tabel 4. Berat Isi Beton pada Setiap Variasi Serat Polypropylene

Material	Sampel 1 (kg/m ³)	Sampel 2 (kg/m ³)	Sampel 3 (kg/m ³)	Sampel 4 (kg/m ³)	Rata-rata (kg/m ³)
0% Serat	1852	1862	1848	1856	1854
0,02% Serat	1875	1882	1887	1881	1882
0,04% Serat	1868	1871	1876	1873	1872
0,06% Serat	1845	1852	1848	1847	1848

Sumber : Data olahan (2025)

Tabel 5. Kuat tekan rata rata beton berserat

Material	Sampel 1 (MPa)	Sampel 2 (MPa)	Sampel 3 (MPa)	Sampel 4 (MPa)	Rata-rata (MPa)
0% Serat	20,20	20,60	20,90	20,98	20,67
0,02% Serat	21,35	22,18	22,87	22,39	22,20
0,04% Serat	20,98	20,77	21,13	22,41	21,32
0,06% Serat	20,81	19,16	20,08	20,21	20,06

Sumber : Data olahan (2025)

Tabel 6. Kuat tarik belah beton berserat

Material	Sampel 1 (MPa)	Sampel 2 (MPa)	Sampel 3 (MPa)	Sampel 4 (MPa)	Rata-rata (MPa)
0% Serat	2,14	2,31	2,54	2,20	2,30
0,02% Serat	2,23	2,41	2,78	2,80	2,56
0,04% Serat	2,39	2,17	2,79	2,50	2,46
0,06% Serat	2,51	2,76	2,21	2,41	2,47

Sumber : Data olahan (2025)



Gambar 2 (a). Beton tanpa serat
Sumber : Data olahan (2025)



Gambar 2 (b). Beton dengan serat 0,02%
Sumber : Data olahan (2025)



Gambar 2 (c). Beton dengan serat 0,04%
Sumber : Data olahan (2025)



Gambar 2 (d). Beton dengan 0,06%
Sumber : Data olahan (2025)

Pembahasan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari menggunakan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton ringan kontrol (tanpa serat *polypropylene*) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 20,67 MPa. Kuat tekan meningkat optimum pada 0,02%, kemudian menurun pada 0,04% dan 0,06%, tetapi nilai 0,04% masih lebih tinggi daripada beton kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar serat yang rendah, keberadaan serat *polypropylene* belum memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas tekan beton, baik dalam peningkatan maupun penurunan kekuatan. Serat pada kadar ini lebih berperan sebagai pengendali retak mikro awal dibandingkan sebagai elemen penahan beban tekan. Penggunaan serat *polypropylene* dalam beton dapat membatasi perkembangan retak dengan membentuk jembatan ikat dan memodifikasi jaringan pori-pori, sehingga meningkatkan daya tahan beton terhadap permeabilitas air dan gas, Abdulkareem et al., (2022)

Pada kadar serat yang lebih tinggi, yaitu 0,06% dari volume beton, kuat tekan rata-rata menurun menjadi 20,06 MPa, atau mengalami penurunan sebesar 0,61 MPa dibandingkan beton tanpa serat. Penurunan kuat tekan ini dapat dijelaskan oleh sifat serat *polypropylene* yang relatif tidak kaku dan tidak berkontribusi secara langsung dalam menahan beban tekan. Selain itu, distribusi serat yang bersifat acak dalam campuran beton berpotensi menimbulkan rongga mikro serta menurunkan tingkat kepadatan beton, sehingga daya ikat antara pasta semen dan agregat menjadi sedikit berkurang. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Sultan et al. (2024) yang melaporkan bahwa penambahan serat *polypropylene* pada beton dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah secara signifikan pada kadar serat optimum, yaitu sekitar 0,02%. Namun, pada kadar serat yang lebih tinggi, kekuatan beton cenderung menurun akibat distribusi serat yang tidak merata dan penurunan kepadatan beton. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengaruh serat *polypropylene* terhadap kuat tekan beton ringan sangat dipengaruhi oleh kadar serat yang digunakan, di mana kadar rendah hingga sedang cenderung mempertahankan kuat tekan, sedangkan kadar yang lebih tinggi berpotensi menyebabkan penurunan kekuatan tekan. Dalam penelitian yang dilakukan Putri et al., (2025) dikatakan bahwa untuk menjaga workability adukan mortar yang menggunakan bahan tambah high performance superplasticizer, perlu dilakukan pengurangan air. Pada umur 28 hari, mortar normal memiliki kuat tekan yang lebih unggul dibandingkan dengan mortar yang menggunakan bahan tambah high performance superplasticizer

Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan beton dalam menahan gaya tarik tidak langsung yang timbul akibat beban tekan pada arah diametral silinder. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm diuji pada umur 28 hari menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) sesuai dengan SNI 2491:2014. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* memberikan pengaruh

positif terhadap perilaku tarik beton berbasis agregat ringan batu apung. Beton tanpa serat memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,30 MPa. Pada beton dengan penambahan serat polypropylene sebesar 0,02%, 0,04% dan 0,06% dari volume beton, kuat tarik belah mengalami peningkatan bertahap dibandingkan beton kontrol. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pada kadar serat rendah hingga sedang, serat polypropylene mulai berperan efektif dalam menahan dan menjembatani retak mikro yang terbentuk pada daerah tarik beton.

Pada kadar serat yang lebih rendah, yaitu 0,02% dari volume beton, kuat tarik belah mencapai nilai rata-rata sebesar 2,56 MPa, atau meningkat sekitar 11,30% dibandingkan beton tanpa serat. Peningkatan kuat tarik belah ini disebabkan oleh kemampuan serat polypropylene dalam menjembatani celah retak (*crack bridging*), sehingga dapat menunda perambatan retak dan meningkatkan energi serap (*toughness*) beton saat menerima beban tarik tidak langsung. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa penambahan serat polypropylene hingga kadar 0,06% efektif dalam meningkatkan kapasitas tarik beton ringan, meskipun tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kuat tekan. Dengan demikian, peran utama serat polypropylene dalam beton ringan lebih dominan sebagai pengendali retak dan peningkat daktilitas, bukan sebagai elemen penahan beban tekan.

Berdasarkan hasil pengamatan visual terhadap benda uji setelah pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, terlihat perbedaan pola retak yang cukup jelas antara beton tanpa serat dan beton dengan penambahan serat polypropylene pada berbagai kadar.

Pada beton tanpa serat Gambar 2a, pola retak yang terbentuk cenderung lebih lebar, tajam, dan terlokalisasi. Retak utama berkembang dengan cepat sepanjang bidang tegangan maksimum dan menyebabkan terjadinya keruntuhan getas (*brittle failure*). Hal ini menunjukkan bahwa beton normal memiliki kemampuan terbatas dalam menahan perambatan retak mikro menjadi retak makro ketika menerima beban tarik tidak langsung maupun beban tekan. Setelah retak awal terbentuk, tidak terdapat mekanisme penahan lanjutan yang mampu memperlambat pertumbuhan retak, sehingga kegagalan terjadi secara tiba-tiba. Pada beton dengan penambahan serat polypropylene sebesar 0,02% (Gambar 2b), pola retak mulai menunjukkan perubahan. Retak yang terbentuk terlihat lebih banyak tetapi lebih halus, dengan lebar retak yang lebih kecil dibandingkan beton tanpa serat. Hal ini mengindikasikan bahwa serat polypropylene mulai berperan sebagai jembatan retak (*crack bridging*), yaitu menahan dan mendistribusikan tegangan tarik di sekitar ujung retak sehingga perambatan retak dapat diperlambat. Pada kadar ini, beton juga menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar $\pm 7,4\%$ dibanding beton kontrol (22,20 MPa dengan 20,67 MPa), yang menunjukkan bahwa pada kadar rendah, serat masih mampu berkontribusi terhadap peningkatan kepadatan mikrostruktur beton. Selanjutnya, pada kadar serat 0,04% terjadi sedikit fluktuasi kuat tekan, sedangkan pada kadar 0,06% terjadi penurunan kuat tekan akibat sifat serat yang lebih lunak dan potensi terbentuknya rongga mikro.

Pada beton dengan kadar serat 0,04% (Gambar 2c), pola retak semakin menyebar dan relatif lebih homogen. Retak-retak mikro tersebar di beberapa lokasi, namun tidak berkembang menjadi retak dominan yang lebar. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kadar serat ini, distribusi serat dalam campuran cukup merata sehingga mampu menahan pembukaan retak secara efektif. Beton menunjukkan perilaku yang lebih daktil, di mana energi akibat pembebanan dapat diserap lebih baik sebelum terjadi keruntuhan. Sementara itu, pada beton dengan kadar serat 0,06% (Gambar 2d), pola retak masih tergolong halus dan menyebar, namun pada beberapa spesimen terlihat indikasi retak yang tidak seragam. Hal ini diduga berkaitan dengan mulai menurunnya *workability* campuran beton pada kadar serat yang lebih tinggi, sehingga distribusi serat tidak sepenuhnya homogen. Meskipun demikian, secara umum lebar retak yang terbentuk masih lebih kecil dibandingkan beton tanpa serat, yang menunjukkan bahwa serat polypropylene tetap berkontribusi dalam menahan perambatan retak. Secara keseluruhan, penambahan serat polypropylene terbukti mampu mengubah mekanisme keruntuhan beton dari getas menjadi lebih daktil, dengan pola retak yang lebih halus, tersebar, dan terkendali. Serat polypropylene bekerja sebagai tulangan mikro yang menjembatani retak-retak awal dan menghambat propagasi retak makro. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa serat polypropylene efektif dalam mengendalikan retak mikro dan meningkatkan ketahanan pasca-retak beton, khususnya pada beton ringan dan beton struktural.

Berdasarkan hasil pengujian, penambahan serat pada beton menunjukkan peningkatan pada kuat tekan dan kuat tarik belah dibandingkan beton tanpa serat. Kuat tekan rata-rata beton tanpa serat adalah 20,67 MPa, sedangkan dengan penambahan serat sebesar 0,02%, 0,04%, dan 0,06% masing-masing meningkat menjadi 22,20 MPa, 21,32 MPa, dan 20,06 MPa, menunjukkan peningkatan tertinggi pada fraksi 0,02% sebesar 1,53 MPa atau sekitar 7,4%. Demikian pula, kuat tarik belah beton tanpa serat rata-rata 2,30 MPa meningkat menjadi 2,56 MPa, 2,46 MPa, dan 2,47 MPa pada fraksi serat 0,02%, 0,04%, dan 0,06%, dengan peningkatan maksimum sebesar 0,26 MPa atau 11,3% pada fraksi 0,02%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat, terutama pada fraksi 0,02%, efektif meningkatkan kedua sifat mekanik beton. Sejalan dengan penelitian Chia et al (2025) yang melaporkan bahwa beton dengan campuran optimal 0,3% basalt dan 0,7% polypropylene daur ulang mengalami peningkatan kuat lentur hingga 64% dan kuat tekan hingga 13,2% dibandingkan beton biasa.

Hasil pengamatan visual terhadap pola retak setelah pengujian, penambahan serat polypropylene menunjukkan adanya perbedaan karakteristik retak dibandingkan beton tanpa serat. Spesimen dengan penambahan serat cenderung

memperlihatkan retakan yang tampak lebih tersebar dan tidak terlokalisasi pada satu bidang retak dominan. Hal ini diduga terjadi karena serat polypropylene berperan dalam menahan propagasi retak dan membantu distribusi tegangan di dalam matriks beton. Namun demikian, pengamatan pada penelitian ini masih bersifat kualitatif karena belum dilakukan pengukuran kuantitatif terhadap parameter pola retak seperti lebar retak maksimum, jumlah retak, maupun panjang retak dominan. Oleh karena itu, interpretasi terhadap pola retak dibatasi sebagai pengamatan visual awal dan diperlukan penelitian lanjutan dengan metode pengukuran retak yang lebih terukur untuk memperoleh evaluasi yang lebih komprehensif.

SIMPULAN

Penambahan serat polypropylene pada beton berbasis agregat ringan batu apung memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Pada variasi kadar serat 0,02%, 0,04%, dan 0,06%, kuat tekan beton cenderung tidak mengalami perubahan yang signifikan dan masih mendekati nilai kuat tekan beton tanpa serat. Namun, pada kadar serat 0,06% terjadi penurunan kuat tekan yang diduga disebabkan oleh rendahnya kekakuan serat serta potensi terbentuknya rongga mikro yang dapat menurunkan kerapatan struktur beton. Sementara itu, kuat tarik belah menunjukkan peningkatan dibandingkan beton tanpa serat. Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada penambahan serat sebesar 0,02%, kemudian mengalami kecenderungan menurun pada kadar serat 0,04% dan 0,06%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan serat polypropylene dalam jumlah terbatas lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan beton untuk menahan gaya tarik dibandingkan penggunaan serat dengan kadar yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, O. M., Alshahwany, R. B., & Mousa, A. A. (2022). Durability of polypropylene fiber reinforced concrete: Literature review. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 22(1), 14–28.
- Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1972:2008: Cara uji slump beton. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2011). SNI 03-4431-2011: Serat polypropylene untuk beton—Spesifikasi. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 1974:2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2014). SNI 2491:2014: Cara uji kuat tarik belah beton dengan benda uji silinder. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chia, E., Nguyen, H. B. K., Le, K. N., Bi, K., & Pham, T. M. (2025). *Performance of hybrid basalt-recycled polypropylene fibre reinforced concrete*. *Structures*, 75, 108711.
- Gaayathri, P., Suguna, K., & Raghunath, P. N. (2022). Structural performance of lightweight concrete beams incorporating polypropylene fibers. *Materials Today: Proceedings*, 62(2), 830–836.
- Liang, J., Wang, L., & Li, Z. (2021). Experimental study on flexural behavior of lightweight concrete reinforced with polypropylene fibers. *Journal of Building Engineering*, 44, 102613.
- Liu, W., Wang, Y., Cao, Y., & Sun, Z. (2022). Influence of polypropylene fibers on pore structure and mechanical properties of lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 315, 125761.
- Mishra, R. (2024). Drying shrinkage and mechanical performance of polypropylene fiber reinforced lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 360, 130181.
- Ngo, T. D., & Huynh, N. N. (2022). Effect of polypropylene fibers on lightweight concrete ductility and fracture behavior. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01234.
- Putri, D. D., Suhendra, S., Zulfiati, R., & Fadlan, F. (2025). Pengaruh penambahan high performance superplasticizer terhadap kuat tekan mortar. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 1006–1011.
- Ramalingam, V., Praveen Kumar, R., & Tamilarasan, S. (2023). Performance of sustainable lightweight foam concrete with synthetic micro and macro fibres as reinforcement. *Journal of Materials and Engineering Structures*, 10(4).
- Sultan, M. A., Gaus, A., Yudasaputra, M. T., & Lambado, Z. (2024). The effect of polypropylene fibers on compressive and split tensile strength of lightweight concrete. *International Journal of Research – Granthaalayah*, 12(7), Article 5725.