JURNAL TEKNIK
Volume Volume 23, No. 2, Desember 2025
P-ISSN : 1693-6191 E-ISSN : 2715-7660 DOI : https://doi.org/10.37031/jt.v23i2.683

Eksperimental Beton Ringan Struktural dengan Inovasi Serat *Polypropylene* sebagai Pengendali Retak

[1] I.G.A. Neny Purnawirati, [2] Fajar Surya Herlambang
[1]Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali
[2]Politeknik Negeri Semarang, Semarang
e-mail: nenypw26@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap sifat mekanik dan perilaku retak pada beton ringan struktural yang menggunakan agregat lokal Bali. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membuat benda uji silinder berukuran Ø150 × 300 mm dan balok berukuran 200 × 200 × 2000 mm. Variasi serat *polypropylene* yang digunakan adalah 0% dan 0,6% dari volume beton, dengan campuran yang mengandung *superplasticize*r SIKA ViscoCrete-3115 N, untuk menjaga kelecakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* tidak mempengaruhi berat isi beton secara signifikan, di mana nilai rata-rata berat isi tetap di bawah 1900 kg/m³ sesuai kriteria beton ringan struktural ACI 213R-14. Kuat tekan beton dengan serat *polypropylene* sedikit menurun sekitar 11,4% dibandingkan beton kontrol, namun kuat tarik belah meningkat 7,5% dan kuat lentur meningkat 9,9%. Lebar retak maksimum menurun dari 0,85 mm menjadi 0,55 mm, menunjukkan peningkatan kemampuan serat dalam mengendalikan retak dan memperbaiki daktilitas beton. Secara keseluruhan, penambahan serat *polypropylene* terbukti efektif dalam memperbaiki perilaku retak tanpa mengorbankan karakteristik beton ringan, sehingga berpotensi diterapkan pada elemen struktural ringan di bangunan bertingkat dan prategang.

Kata kunci: beton ringan struktural, serat *polypropylene*, kuat tekan, kuat tarik belah, lebar retak

Abstract

This study aims to evaluate the effect of polypropylene fiber addition on the mechanical properties and crack behavior of structural lightweight concrete using local aggregates from Bali. The research was conducted experimentally by preparing cylindrical specimens (Ø150 × 300 mm) and beam specimens (200 × 200 × 2000 mm). Polypropylene fiber was added at 0% and 0.6% by volume of concrete, with superplasticizer SIKA ViscoCrete-3115 N included to maintain workability. The results show that the addition of polypropylene fibers had no significant effect on the concrete density, which remained below 1900 kg/m³, meeting the structural lightweight concrete criteria of ACI 213R-14. The compressive strength of the fiber-reinforced concrete decreased slightly by about 11.4% compared to the control mix, while the splitting tensile strength increased by 7.5% and the flexural strength increased by 9.9%. The maximum crack width decreased from 0.85 mm to 0.55 mm, indicating that the fibers effectively controlled crack propagation and improved ductility. Overall, the incorporation of 0.6% polypropylene fibers enhanced the crack resistance and toughness of structural lightweight concrete without compromising its low density, making it a promising material for lightweight structural elements in multi-story and prestressed concrete applications.

Keywords: *structural lightweight concrete, polypropylene fiber, compressive strength, splitting tensile strength, crack width*

Diterima: Oktober 2025
Disetujui: November 2025
Dipublikasi: Desember 2025

©2025 I.G.A. Neny Purnawirati, Fajar Surya Herlambang
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Beton ringan struktural terus dikembangkan karena kemampuannya menurunkan berat sendiri struktur tanpa mengurangi kekuatan yang diperlukan. Penggunaan agregat ringan terbukti dapat menurunkan berat jenis beton hingga 25–30% dibandingkan beton normal, sehingga menjadi pilihan efisien untuk bangunan bertingkat maupun elemen prategang (Gaayathri et al.,2022). Namun, sifat beton yang getas dan memiliki kuat tarik rendah menjadikannya rentan terhadap retak. Retakan tersebut dapat mempercepat penetrasi air dan ion klorida ke dalam tulangan baja yang pada akhirnya menurunkan durabilitas struktur (ACI 224R-01, 2001). Untuk mengatasi kekurangan tersebut, beton dapat diperkuat dengan menambahkan serat ke dalam campurannya.

Serat berfungsi sebagai jembatan mikro yang mampu menahan perambatan retak (Liang et al., 2021). Di antara berbagai jenis serat yang digunakan, serat *polypropylene* (PP) merupakan pilihan yang menarik karena memiliki berat jenis rendah, tidak mudah korosi, stabil secara kimia, dan mudah tersebar merata dalam adukan beton (Liu et al., 2022). 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). Pada beton ringan, kehadiran serat *polypropylene* memberikan kontribusi besar terhadap perilaku lentur dan pola retak. Liang et al. (2021) menemukan bahwa penambahan serat *polypropylene* meningkatkan beban retak pertama hingga 33,98% dan menimbulkan retak awal yang lebih sempit dibandingkan dengan campuran yang tidak mengandung serat. Hasil serupa dilaporkan oleh Gaayathri et al. (2022), yang menyatakan bahwa serat *polypropylene* mampu meningkatkan daktilitas dan ketangguhan beton ringan dengan agregat lempung ringan. Sementara itu, 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 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. Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis

pengaruh variasi kadar serat *polypropylene* terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan karakteristik retak pada beton ringan struktural. Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi beton ringan struktural dengan serat *polypropylene* sebagai pengendali retak. Kombinasi tersebut diharapkan dapat menghasilkan material ringan dengan kekuatan mekanis tinggi serta ketahanan retak yang lebih baik. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar ilmiah bagi penerapan beton ringan berserat *polypropylene* pada elemen struktural di Indonesia.

Metode

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental di laboratorium dengan fokus pada evaluasi efek penambahan serat *polypropylene* terhadap performa mekanik beton ringan struktural sebagai pengendali retak. Material penelitian mencakup semen *PCC (Portland Composite Cement)*, agregat halus berupa pasir lokal dari Karangasem Bali, agregat kasar batu apung *(pumice)* dari Gianyar Bali, air, *superplasticizer SIKA ViscoCrete-3115 N* serta serat *polypropylene* merk SIKA dengan panjang ±12 mm dan berat isi 0,91 g/cm³, modulus elastisitas 300 – 440 MPa. Variasi serat *polypropylene* yang digunakan dalam campuran adalah 0% (kontrol) dan 0,6% dari volume beton.

Penelitian ini diawali dengan persiapan material yang meliputi semen, pasir sebagai agregat halus, batu apung sebagai agregat kasar ringan, air, *superplasticizer*, serta serat *polypropylene* dengan panjang ±12 mm. Sebelum digunakan, material diuji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat properties material dasar seperti gradasi agregat, berat jenis, berat isi, kadar lumpur dan kadar air agregat. Pengujian sifat material dilakukan untuk memastikan kualitas dan kesesuaian bahan penyusun beton ringan struktural. Agregat ringan lokal berasal dari Gianyar Bali. Pengujian yang dilakukan meliputi berat jenis, penyerapan air, dan gradasinya sesuai SNI 2834 2002. Hasil pengujian material digunakan sebagai dasar dalam perancangan campuran beton ringan struktural dengan penambahan serat *polypropilene.*

A. Metode Pencampuran Beton

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 ringan (batu apung) 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 ±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.

B. Pengujian *Workability (slump tes*t)

Uji *slump test* dilakukan untuk menentukan tingkat kelecakan beton ringan struktural, terutama karena campuran mengandung agregat ringan dan superplasticizer. Adapun pengujian mengacu pada SNI 4431:2011 – *Self Compacting Concrete.* Kerucut slump diisi tanpa pemadatan getar, setelah kerucut diangkat secara vertikal, diameter sebaran beton diukur pada dua arah yang saling tegak lurus. Nilai *slump test* digunakan untuk memastikan beton memiliki kemampuan mengalir yang baik sebelum dicetak ke dalam cetakan silinder dan balok.

C. 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.

D. 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 *curring* 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.

E. Pengujian Kuat Lentur *(Flexural Strength Test)*

Pengujian kuat lentur dilakukan untuk menilai ketahanan beton ringan struktural terhadap beban lentur dan melihat perilaku retaknya. Benda uji berbentuk balok berukuran 200 mm × 200 mm × 2000 mm. Pengujian mengacu pada ASTM C78/C78M – Three-Point Loading. Balok ditempatkan di atas dua tumpuan sederhana dengan bentang bersih ±1800 mm. Dua titik beban diletakkan pada jarak 600 mm dari tiap tumpuan, menghasilkan zona momen murni 600 mm di tengah bentang. Beban diberikan secara bertahap menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Lendutan diukur pada bagian tengah balok menggunakan dial gauge. Retak pertama diobservasi visual,

kemudian pembebanan dilanjutkan hingga beban maksimum tercapai. Kuat lentur dihitung dari beban maksimum dan konfigurasi pembebanan.

F. Pengamatan Pola dan Lebar Retak

Pengamatan pola retak dilakukan setelah pengujian lentur untuk mengevaluasi kemampuan serat *polypropylene* dalam menghambat perambatan retak. Lebar retak diukur menggunakan crack width gauge dengan ketelitian 0,01 mm. Lebar retak maksimum pada zona momen murni dicatat sebagai parameter utama. Hasil pengamatan retak pada beton kontrol dan beton berserat dibandingkan untuk melihat perbedaan perilaku struktur.

Pencampuran bahan penyusun beton terdiri dari beton kontrol (0% serat) dan beton ringan dengan tambahan serat polypropylene sebesar 0,6% dari volume beton. Serat *polypropylene* sendiri merupakan serat mikro fiber dengan merk SIKA. Gambar batu apung dan serat ditampilkan seperti di bawah.

Gambar 1. Batu apung lokal Gianyar

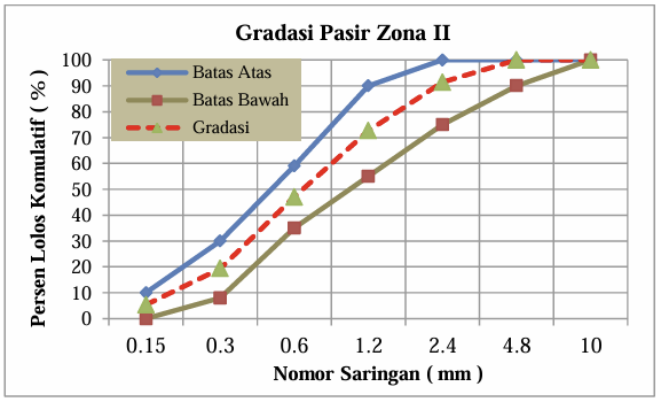
Gambar 2. Serat *polypropilene*

Penentuan komposisi campuran beton dilakukan berdasarkan metode perancangan campuran beton ringan mengacu pada SNI 03-2834 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 properties mekanik beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Karangasem

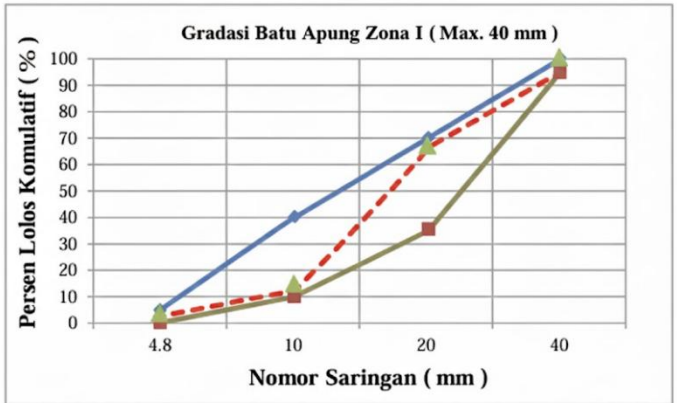
No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar lumpur	3,8%
2	Berat volume kondisi lepas	1,37 gr/m^3
3	Berat volume kondisi padat	1,41 gr/m^3
4	Penyerapan	2,4%
5	BJ Kering oven	2,17
6	BJ Kering permukaan jenuh	2,25
7	BJ Semu	2,29
8	Modulus kehalusan	2,44%



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Halus

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar Batu Apung

No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar lumpur	0,46%
2	Berat volume kondisi lepas	1,39 gr/m^3
3	Berat volume kondisi padat	1,43 gr/m^3
4	Penyerapan	2,38%
5	BJ Kering oven	2,63
6	BJ Kering permukaan jenuh	2,71
7	BJ Semu	2,86
8	Modulus kehalusan	6,84%
9	Keausan	29,30%



Gambar 4. Grafik Gradasi Agregat Kasar

Nilai berat jenis agregat ringan digunakan untuk menentukan proporsi agregat dalam campuran sehingga memenuhi persyaratan densitas beton ringan struktural.

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

No.	Material	0% Serat (kontrol) (kg/m^3)	0,6 % Serat *Polypropilene*
1	Semen Portland	450	450
2	Pasir halus lokal Karangasem	680	680
3	Batu apung *(pumice)* Gianyar	520	520
4	Air	180	180
5	*Superplasticizer*	1% dari berat semen	1% dari berat semen
6	Serat *Polypropilene*	0	5,4

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 flow* dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan beton sesuai standar SNI 4431:2011. Campuran beton kemudian dicetak ke dalam cetakan silinder berdimensi Ø150 × 300 mm diperuntukkan bagi pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, menggunakan cetakan balok berukuran 200 × 200 × 2000 mm untuk uji lentur. 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.

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kadar serat polypropylene terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan perilaku retak pada beton ringan struktural. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dilakukan pada benda uji silinder berukuran Ø150 mm × 300 mm sesuai dengan ketentuan SNI 1974:2011. Setelah selesai direndam, permukaan benda uji dikeringkan dan kemudian ditempatkan pada mesin uji tekan. Pembebanan dilakukan secara bertahap dengan kecepatan konstan hingga benda uji mengalami keruntuhan seperti gambar di bawah.

Gambar 5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton ditentukan dengan membagi beban maksimum yang diterima benda uji dengan luas penampang silindernya. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi pengaruh kandungan serat *polypropylene* terhadap kekuatan dan homogenitas beton ringan. Secara umum, penambahan serat diharapkan mampu

meningkatkan ketahanan beton terhadap retak awal tanpa menurunkan kekuatan tekan secara signifikan.

Pengujian kuat lentur dilakukan menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 200 mm × 200 mm × 2000 mm. Untuk mengetahui kemampuan beton ringan struktural dalam menahan beban lentur serta perilaku retaknya. Pengujian ini mengacu pada SNI 4431:2011 dengan menggunakan sistem empat titik pembebanan *(three-point loading).* Benda uji dikeluarkan dari proses perendaman sebelum pengujian dilakukan dan dikeringkan permukaannya. Setiap balok ditempatkan secara horizontal di atas dua tumpuan sederhana dengan jarak bentang bersih (L = 1800 mm). Dua titik pembebanan ditempatkan pada jarak 600 mm dari kedua tumpuan, sehingga terbentuk zona momen murni sepanjang 600 mm di tengah bentang. Beban diberikan secara bertahap menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* atau *loading frame* hidrolik dengan kecepatan pembebanan konstan hingga benda uji mengalami retak dan mencapai beban maksimum ($\boldsymbol{P_{max}}$). Selama pengujian, *deflection gauge* ditempatkan di tengah bentang untuk mencatat lendutan vertikal, sementara *crack width gauge* digunakan untuk memantau perkembangan lebar retak. Setelah pengujian selesai, pola dan arah retak diamati secara visual. Beton tanpa serat umumnya mengalami retak tunggal pada zona tarik tengah, sedangkan beton berserat *polypropylene* menunjukkan retak yang lebih banyak namun berukuran lebih halus dan menyebar di area momen murni. Pengamatan ini memberikan gambaran mengenai efektivitas serat *polypropylene* dalam mengontrol dan memperhalus retak pada beton ringan struktural.

Gambar 6. Pengujian Lentur Balok

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Pengujian berat isi beton ringan dilakukan untuk mengetahui densitas beton setelah proses pengerasan penuh pada umur 28 hari. Pengujian ini mengacu pada SNI

1973:2016, di mana benda uji silinder ditimbang dalam kondisi jenuh permukaan kering (*SSD condition*) untuk menentukan berat isi beton keras. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton ringan dengan agregat batu apung Bali memiliki berat isi di bawah 1900 kg/m³, yang memenuhi kriteria beton ringan struktural berdasarkan ACI 213R-14, yaitu dalam rentang 1440–2000 kg/m³. Penambahan serat *polypropylene* sebanyak 0,6% tidak menurunkan berat isi beton secara signifikan, karena serat PP memiliki berat jenis yang sangat rendah (±0,91 g/cm³). Namun, keberadaan serat memberikan efek pemadatan internal dan meningkatkan homogenitas campuran.

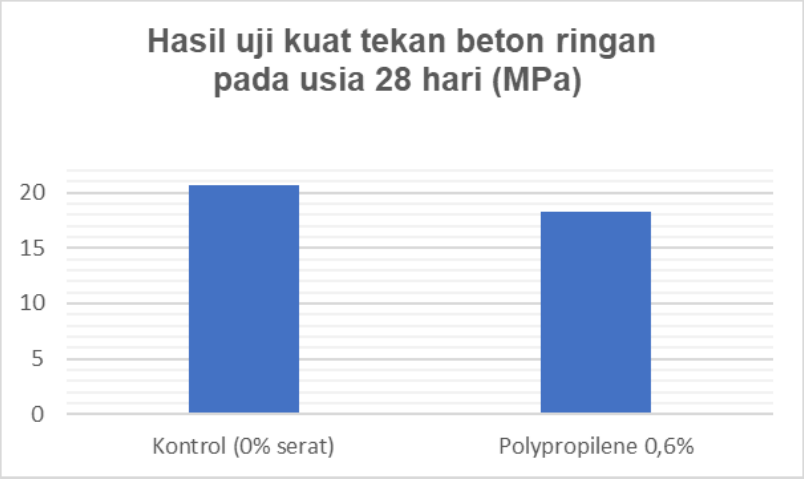
Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Isi Beton Ringan (umur 28 hari)

No.	Variasi	Total specimen	berat rata-rata per satuan volume (kg/m^3)
1.	Kontrol (0% serat)	3	1850
2.	PP 0,6%	3	1835

Hasil pengujian berat isi beton ringan pada umur 28 hari ditunjukkan pada Tabel 1. Beton ringan kontrol (0% serat) memiliki berat isi rata-rata sebesar 1850 kg/m³ Setiap pengujian menggunakan tiga benda uji. Untuk variasi beton dengan penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,6% dari volume beton, berat isi rata-rata sedikit menurun menjadi 1835 kg/m³ dari tiga benda uji yang diuji. Penurunan berat isi ini relatif kecil, hanya sekitar 0,8% dibandingkan beton kontrol. Perbedaan berat isi tersebut dipengaruhi oleh sifat dasar serat *polypropylene* yang memiliki densitas sangat rendah, sekitar 0,91 g/cm³, sehingga ketika ditambahkan ke dalam campuran beton tidak meningkatkan massa jenis, bahkan cenderung menurunkan sedikit nilai berat isi beton. Namun demikian, nilai berat isi yang diperoleh baik pada beton kontrol maupun pada beton dengan serat *polypropylene* masih berada pada kisaran <2000 kg/m³, sehingga keduanya dapat dikategorikan sebagai beton ringan struktural sesuai kriteria ACI 213R-14. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,6% tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap berat isi beton ringan, tetapi tetap mempertahankan karakteristiknya sebagai beton ringan yang berpotensi digunakan pada konstruksi struktural.

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan beton ringan pada usia 28 hari

No.	Variasi	Total specimen	Kuat tekan rata rata (MPa)
1.	Kontrol (0% serat)	3	20,67
2.	PP 0,6%	3	18,32

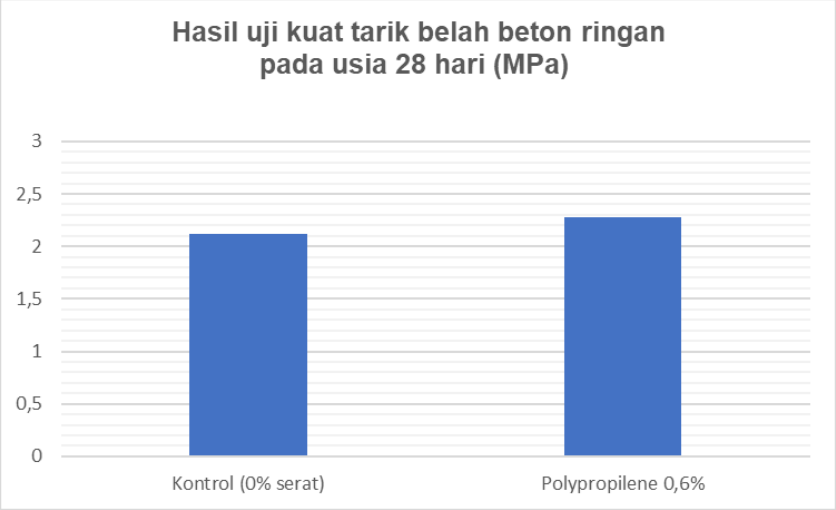


Gambar 7. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada beton ringan dilakukan pada umur 28 hari menggunakan benda uji silinder berukuran 150 mm × 300 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton ringan kontrol (tanpa serat *polypropylene*) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 20,67 MPa, sedangkan beton ringan dengan penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,6% dari volume beton menunjukkan kuat tekan rata-rata sebesar 18,32 MPa. Terjadi penurunan kuat tekan sebesar 2,35 MPa atau sekitar 11,4% dari beton ringan berserat dibandingkan beton tanpa serat. Penurunan ini dapat dijelaskan karena serat *polypropylene* memiliki sifat yang kurang kaku dan tidak berkontribusi signifikan dalam menahan beban tekan. Selain itu, distribusi serat yang acak dalam adukan beton berpotensi menimbulkan rongga mikro yang menyebabkan sedikit penurunan densitas dan daya ikat pasta semen terhadap agregat. Meskipun demikian, nilai kuat tekan yang diperoleh pada beton dengan serat *polypropylene* masih berada dalam kategori beton ringan struktural, karena lebih besar dari 17,24 MPa dalam standar beton ringan structural sebagaimana kriteria minimum yang ditetapkan oleh ACI 213R-14. Artinya, penambahan serat *polypropylene* memang tidak meningkatkan kuat tekan, namun tidak menurunkan performa beton hingga keluar dari klasifikasi beton struktural. Sultan et al. (2024) menyatakan Dapat disimpulkan bahwa penambahan serat *polypropylene* pada beton ringan meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah secara signifikan, dengan performa terbaik pada konsentrasi 0,5 kg/m³. Pada kadar tersebut, kuat tekan meningkat sekitar 56,7% dan kuat tarik belah meningkat 42,9% dibandingkan beton tanpa serat. Namun, pada kadar serat yang lebih tinggi, kekuatan cenderung menurun karena distribusi serat yang tidak merata dan penurunan kepadatan beton.

Tabel 6. Hasil uji kuat tarik belah beton ringan pada usia 28 hari

No.	Variasi	Total specimen	Kuat tarik belah rata rata (MPa)
1.	Kontrol (0% serat)	3	2,12
2.	PP 0,6%	3	2,28



Gambar 8. Grafik Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton

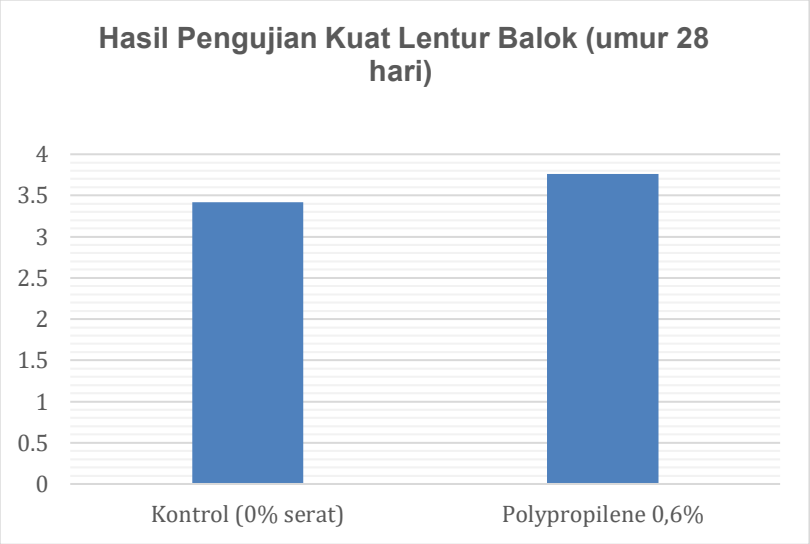
Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan beton dalam menahan gaya tarik tidak langsung yang timbul akibat beban tekan pada arah diametral silinder. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm diuji pada umur 28 hari menggunakan *Compression Testing Machine (CTM)* sesuai SNI 2491:2014. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat polypropylene memengaruhi perilaku tarik beton ringan. Beton tanpa serat memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,12 MPa, sedangkan beton dengan penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,6% menunjukkan kuat tarik belah rata-rata 2,28 MPa. Peningkatan kuat tarik belah sebesar 7,5% ini disebabkan oleh kemampuan serat *polypropylene* dalam menahan dan menjembatani retak mikro yang terbentuk pada daerah tarik beton. Serat membantu menunda perambatan retak dan meningkatkan energi serap *(toughness)* material saat menerima beban tarik tidak langsung.

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan metode empat titik pembebanan (four-point loading test) menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM)* sesuai ketentuan ASTM C78/C78M-18. Benda uji berbentuk balok berukuran 200 mm × 200 mm × 2000 mm dengan jarak tumpuan dan beban diatur sedemikian rupa sehingga zona momen konstan berada di tengah bentang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan lentur dan perubahan pola retak pada beton ringan. Beton tanpa serat memiliki

kuat lentur rata-rata 3,42 MPa, sedangkan campuran dengan 0,6% serat *polypropylene* menunjukkan peningkatan menjadi 3,76 MPa.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok (umur 28 hari)

No.	Variasi	Total spesimen	Nilai rata-rata kuat lentur (MPa)
1.	Kontrol (0% serat)	3	3,42
2.	PP 0,6%	3	3,76

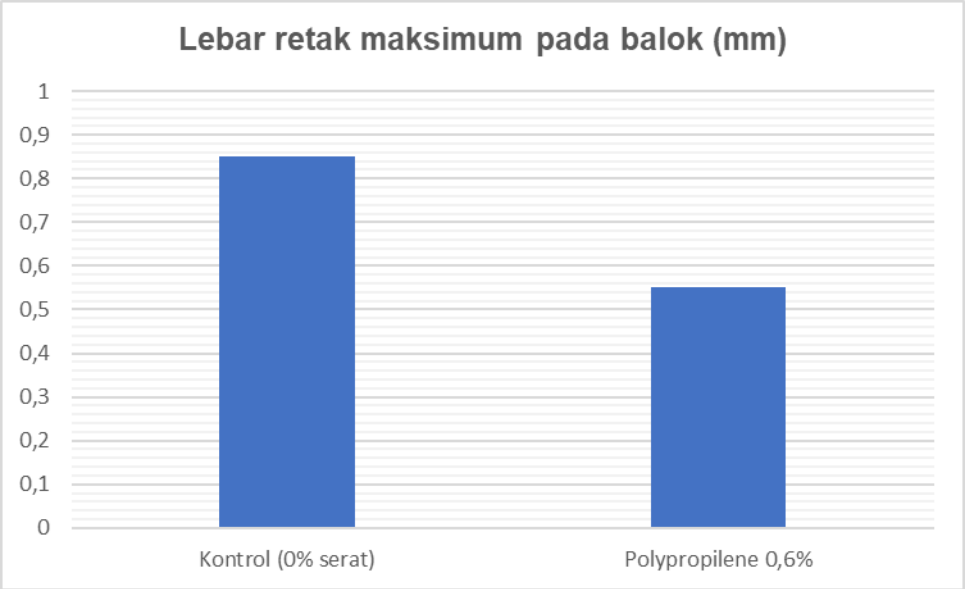


Gambar 9. Grafik Perbandingan Kuat Lentur Balok

Peningkatan kuat lentur sekitar 9,9% disebabkan oleh kemampuan serat *polypropylene* untuk menjembatani retak mikro pada daerah tarik balok, sehingga beban dapat disalurkan lebih merata dan keruntuhan tidak terjadi secara tiba-tiba. Balok tanpa serat menunjukkan satu retakan utama yang tegas pada tengah bentang saat beban puncak tercapai. Sementara itu, balok dengan serat *polypropylene* memperlihatkan pola retak yang lebih halus dan menyebar, dengan lebar retak maksimum yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa serat *polypropylene* tidak hanya meningkatkan kuat lentur, tetapi juga berperan dalam meningkatkan daktilitas dan energi serap *(toughness)* beton ringan struktural.

Tabel 8. Lebar retak maksimum pada balok

No.	Variasi	Jumlah benda uji	Lebar retak maksimum (mm)
1.	Kontrol (0% serat)	2	0,85
2.	PP 0,6%	2	0,55



Gambar 10. Grafik Perbandingan Lebar Retak Balok

Pengujian pola retak dilakukan pada benda uji balok beton ringan berukuran 200 mm × 200 mm × 2000 mm yang dibebani dengan uji lentur dua titik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada balok beton ringan kontrol (tanpa serat *polypropylene*), retak pertama muncul pada beban sekitar 65% dari beban ultimit, dengan lebar retak maksimum yang tercatat sebesar 0,85 mm. Retak berkembang cukup cepat seiring bertambahnya beban hingga mendekati keruntuhan. Menurut Mortagi et al. (2023), penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,2% mampu meningkatkan beban ultimit dan kapasitas deformasi balok hingga masing-masing sekitar 16% dan 24%. Selain itu, penambahan serat baja sebanyak 0,5% dan 1,0% juga meningkatkan kuat tekan beton ringan masing-masing sebesar 11,7% dan 17,6%. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi serat baja dan *polypropylene* dapat meningkatkan perilaku struktural beton ringan, terutama dalam menunda dan mengendalikan perambatan retak serta meningkatkan daktilitas elemen lentur. 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)

Kesimpulan

Penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,6% pada beton ringan tidak memberikan peningkatan kuat tekan, bahkan menunjukkan kecenderungan penurunan nilai dibandingkan beton tanpa serat. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar serat

tersebut belum mampu berkontribusi pada peningkatan kapasitas tekan beton ringan. Beton dengan penambahan serat 0,6% hanya menunjukkan peningkatan yang relatif kecil terhadap nilai kuat tarik belah. Peningkatan ini belum signifikan untuk menyimpulkan adanya pengaruh mekanik yang substansial dari penggunaan serat *polypropylene* pada kadar tersebut. Pada pengujian lentur, serat mampu mengurangi lebar retak dan menahan perambatan retak pada tahap pasca-retak, namun peningkatannya masih terbatas. Pola retak pada beton berserat cenderung lebih banyak namun berukuran lebih kecil, menunjukkan adanya efek bridging, meskipun kontribusinya belum dominan pada kadar serat 0,6%.

Kontribusi penelitian ini adalah menawarkan pendekatan praktis dalam pengembangan beton ringan yang lebih andal untuk aplikasi struktural. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar variasi kadar serat *polypropylene* dan kombinasi dengan bahan aditif lain dieksplorasi lebih jauh guna menemukan komposisi optimum yang dapat meningkatkan kinerja beton ringan tanpa mengorbankan aspek kelecakan maupun ekonomis. Prospek aplikasi hasil penelitian ini dapat diarahkan pada pengembangan elemen struktural ringan dengan daya tahan retak tinggi, misalnya pada balok lantai, dinding pracetak, serta elemen bangunan ramah gempa.

Berdasarkan hasil yang terbatas, kadar serat 0,6% dinilai belum memadai untuk memberikan peningkatan performa mekanik yang signifikan pada beton ringan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan menggunakan kadar serat yang lebih tinggi, seperti 0,8%–1,2%, untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai efektivitas serat *polypropylene* dalam memperbaiki sifat mekanik dan perilaku lentur beton ringan struktural.

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.

American Concrete Institute (ACI). (2014). *ACI 213R-14: Guide for structural lightweight-aggregate concrete*. American Concrete Institute.

ASTM International. (2018). *ASTM C78/C78M-18 – Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)*.

American Concrete Institute (ACI). (2001). *Control of cracking in concrete structures (ACI 224R-01)*. American Concrete Institute.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 1974:2011 *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 4431:2011 *Self Compacting Concrete* (SCC) – Metode uji slump flow. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2016). *SNI 1973:2016 – Cara uji berat isi beton*. Badan Standardisasi Nasional

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.

Mortagi, M., Youssf, O., Abd Elrahman, M., & El Madawy, M. E. (2023). Influence of steel and polypropylene fibers on the structural behavior of sustainable reinforced lightweight concrete beams made from crushed clay bricks. *Sustainability, 15*(19), 14570

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.

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