

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERAT *SIKA FIBER* DAN PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT KASAR DENGAN LIMBAH BONGKARAN BETON TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON

Saddam Zaki Kamaluddin; Mochamad Solikin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Pemanfaatan agregat kasar daur ulang yang berasal dari limbah bongkaran beton merupakan salah satu upaya untuk mengurangi eksploitasi agregat alam sekaligus mendukung penerapan konstruksi berkelanjutan. Meskipun demikian, penggunaan agregat daur ulang umumnya berpotensi menurunkan sifat mekanis beton, sehingga diperlukan material tambahan yang mampu meningkatkan kembali kinerja beton. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat *polypropylene* (*SikaFiber PPM-12*) terhadap karakteristik mekanis beton yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran beton sebagai material substitusi. Perancangan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 7656:2012 dengan kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Variasi penambahan *SikaFiber PPM-12* ditetapkan sebesar 0,5 kg/m³ dan 0,7 kg/m³ serta dikombinasikan dengan *superplasticizer Sika ViscoCrete-3115 N*. Seluruh benda uji menjalani proses curing menggunakan metode perendaman selama 28 hari, kemudian diuji untuk mengetahui kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, serta potensi reaktivitas alkali silika menggunakan metode ASTM C1260. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agregat kasar limbah bongkaran beton sebesar 30% tanpa bahan tambah menyebabkan penurunan sifat mekanis beton dibandingkan beton normal. Penambahan *SikaFiber PPM-12* yang dipadukan dengan *Sika ViscoCrete-3115 N* mampu meningkatkan nilai *workability* maupun sifat mekanis beton. Peningkatan tersebut telah terlihat pada variasi serat sebesar 0,5 kg/m³ dan menjadi lebih optimal pada variasi 0,7 kg/m³, yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa serat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi serat *polypropylene* dan *superplasticizer* efektif dalam memperbaiki penurunan kinerja beton akibat penggunaan agregat daur ulang.

Kata Kunci: Limbah Bongkaran beton, Serat sika *Polypropylene*, Sifat Mekanis Beton, *Sika ViscoCrete 3115 N*.

Abstract

Utilizing recycled coarse aggregate derived from concrete demolition waste is a strategy to reduce the exploitation of natural aggregates while supporting sustainable construction practices. However, the use of recycled aggregate generally tends to compromise the mechanical properties of concrete, necessitating the use of supplementary materials to restore its performance. This study aims to evaluate the effect of adding polypropylene fibers (*SikaFiber PPM-12*) on the mechanical characteristics of concrete incorporating recycled coarse aggregate from demolition waste as a substitute material. Concrete mix design was conducted in accordance with SNI 7656:2012, targeting a design compressive strength of 25 MPa. *SikaFiber PPM-12* dosages were set at 0.5 kg/m³ and 0.7 kg/m³, combined with the *superplasticizer Sika ViscoCrete-3115 N*. All specimens underwent a 28-day water-curing process before being tested for compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength, and alkali-silica reactivity potential (using the ASTM C1260 method). The results indicate that using 30% recycled coarse aggregate without additives led to a reduction in mechanical properties compared to conventional concrete. The addition of *SikaFiber PPM-12* combined with *Sika ViscoCrete-3115 N* improved both workability and mechanical properties. These improvements were evident at a fiber dosage of 0.5 kg/m³ and were further optimized at 0.7 kg/m³, yielding higher compressive, splitting tensile, and flexural strengths compared to the fiber-free mix. These findings demonstrate that the combination of polypropylene fibers and *superplasticizer* is effective in mitigating the performance loss associated with recycled aggregate usage.

Keywords: Concrete demolition waste, Sika polypropylene fibers, Mechanical properties of concrete, *Sika ViscoCrete 3115 N*.

1. PENDAHULUAN

Beton konvensional yaitu jenis beton yang sering digunakan dalam konstruksi, yang dicetak langsung di lokasi proyek. Beton ini memiliki kekuatan yang baik dalam menahan beban tekan, daya tahan yang tinggi, dan biaya produksinya yang cukup rendah. Campuran beton konvensional terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar (Indah Rahmanisa dkk., 2023). Selain beton konvensional terdapat juga beton jenis lain seperti beton SCC,

beton HVFA-SCC (*Beton Self-Compacting dengan Volume Fly Ash Tinggi*) yang mana *fly ash* mempunyai sifat kimia berupa *silica* dan *alumina* mencapai 80%, sebagai material pengganti guna mengurangi jumlah semen sehingga memiliki bahan campuran yang ramah lingkungan. (Arya Yudhanto dkk., 2019), beton SCC ini memiliki kelemahan dari segi biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan beton konvensional serta memiliki potensi segregasi yang lebih besar jika tidak dirancang dengan komposisi yang tepat (Asrullah, 2021).

Meskipun beton sangat diandalkan kekuatannya dalam menahan beban tekan, material ini memiliki kelemahan yang cukup signifikan, yaitu rendahnya daya tahan terhadap gaya tarik. Kuat tarik beton adalah kemampuan beton untuk menahan tegangan atau gaya tarik hingga terjadi retak atau keruntuhan. Dibandingkan dengan kuat tekannya, kuat tarik beton jauh lebih rendah, yaitu hanya sekitar 8–15% dari kuat tekan beton. Oleh karena itu, pada struktur beton bertulang, gaya tarik umumnya dipikul oleh tulangan baja, sedangkan beton berfungsi terutama menahan gaya tekan. (Eveline Untu J Kumaat & Windah, 2015)

Menurut penelitian (Syarif dkk., 2020) material beton konvensional ini memiliki kelemahan yang cukup signifikan, yaitu rendahnya daya tahan terhadap tarik. Kekuatan tarik beton hanya sekitar 9% hingga 15% dari kekuatan tekannya, yang dapat memicu munculnya retakan yang berlanjut hingga menyebabkan kerusakan total pada struktur. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan upaya perkuatan guna mencegah kegagalan akibat gaya tarik. Salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan kemampuan tarik beton adalah dengan menambahkan serat ke dalam campuran. Ada berbagai jenis serat yang bisa digunakan untuk campuran dalam sebuah beton, terdiri dari Serat Baja (*Steel Fiber*), Serat Polipropilena (*Polypropylene Fiber*), Serat Kaca (*Glass Fiber*), Serat Karbon (*Carbon Fiber*), Serat Alami (*Natural Fiber*), Serat Basalt (*Basalt Fiber*), Serat Akrilik (*Acrylic Fiber*), Serat Asbes (*Asbestos Fiber*).

Penggunaan serat sintetis seperti *polypropylene* (*Sika Fiber*) dikenal efektif meningkatkan ketahanan beton terhadap retak dan memperbaiki sifat mekanik secara keseluruhan. Serat ini bekerja dengan menghambat penyebaran retak mikro di dalam matriks beton, sehingga secara signifikan meningkatkan ketahanan tarik dan lenturnya (Ilham dkk., 2023).

Di sisi lain, tuntutan terhadap pembangunan berkelanjutan mendorong upaya untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam. Limbah konstruksi yang sering ditemukan yaitu limbah beton, limbah bata merah, limbah keramik, limbah genteng. Salah satu pendekatan ekologis yang semakin banyak diterapkan adalah pemanfaatan agregat kasar daur ulang yang berasal dari limbah bongkaran beton maupun pecahan bata (Zulfitriah, 2024). Menurut penelitian (Bachtiar dan Rachim., 2020) penggunaan agregat kasar dari limbah bongkaran beton dapat menurunkan kuat tekan beton dibandingkan dengan agregat alami, hubungan antara komposisi limbah beton 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kuat tekan. Semakin banyak limbah beton yang digunakan, semakin rendah pula nilai kuat tekan yang dihasilkan. Untuk mengkompensasi penurunan kuat tekan akibat penggunaan agregat daur ulang tersebut, diperlukan penggabungan inovasi material. Penggunaan bahan tambah kimia seperti *Sika Viscocrete* dapat meningkatkan nilai kelecakan campuran beton dan juga dapat memperkuat kuat tekan dan kuat lentur sebuah beton, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Sejati dkk, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara lebih mendalam pengaruh kombinasi serat *Sika* dan agregat kasar dari limbah bongkaran beton terhadap kuat tekan dan sifat mekanis lainnya pada beton konvensional. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Jepriani dkk., 2021), penggunaan *Sika Viscocrete* sebesar 0,85% serta kapur gamping sebanyak 5% dari total berat semen mampu memberikan hasil kuat tekan optimal, yakni 17,66 MPa pada usia beton 7 hari dan 26,28 MPa pada 28 hari.

Hingga saat ini, penelitian yang mengkaji integrasi antara penambahan serat *Sika Fiber* dan pemanfaatan limbah bongkahan beton sebagai substitusi agregat kasar masih sangat terbatas. Padahal, kombinasi kedua bahan tersebut berpotensi besar mengoptimalkan performa mekanis beton, khususnya pada nilai kuat tekan dan parameter struktural lainnya. Oleh sebab itu, studi ini diarahkan untuk menganalisis efek sinergis dari kedua material tersebut terhadap karakteristik mekanik beton konvensional.

2. METODE

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai studi eksperimental laboratorium yang bertempat di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Eksperimen ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi agregat kasar menggunakan limbah bongkaran beton, serta penambahan serat *polypropylene* dan *superplasticizer* terhadap karakteristik mekanis beton konvensional.

2.2. Perancangan Campuran (*Mix Design*) dan Variasi Benda Uji

Perancangan proporsi campuran beton (*mix design*) diorientasikan untuk mencapai mutu beton rencana dengan kuat tekan target sebesar 25 MPa pada fase umur 28 hari, mengacu pada pedoman standar SNI 7656:2012. Berdasarkan parameter tersebut, formulasi karakteristik beton dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) variasi campuran, meliputi:

Tabel 1. Tabel kebutuhan material per 1 M³ untuk beton variasi

Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Agregat pengganti (kg)	sika fiber polypropylene (kg)	Air (liter)	Admixture (Sika Viscocrete 3115N) (liter)
Normal	382.61	723.38	1050.15	-	-	211.84	-
0%	382.61	723.38	735.10	220.53	-	211.84	-
0.5	382.61	723.38	735.10	220.53	0.5	211.84	1.91
0.7	382.61	723.38	735.10	220.53	0.7	211.84	2.68

2.2.1 Beton Normal: Sebagai beton kontrol tanpa penambahan limbah maupun bahan tambah.

2.2.2 Variasi 0%: Beton dengan substitusi agregat kasar menggunakan limbah bongkaran beton sebesar 30% (tanpa serat dan *superplasticizer*).

2.2.3 Variasi 0,5: Beton dengan substitusi agregat limbah bongkaran beton 30% ditambah *SikaFiber PPM-12* sebesar 0,5 kg/m³ dan *Sika ViscoCrete 3115 N* 0,5%.

2.2.4 Variasi 0,7: Beton dengan substitusi agregat limbah bongkaran beton 30% ditambah *SikaFiber PPM-12* sebesar 0,7 kg/m³ dan *Sika ViscoCrete 3115 N* 0,7%.

Benda uji yang digunakan berjumlah total 30 sampel, yang terdiri dari bentuk silinder (diameter 15 cm × tinggi 30 cm) untuk pengujian kuat tekan dan kuat Tarik belah, serta bentuk balok (15 cm × 15 cm × 60 cm) untuk pengujian kuat lentur.

2.3. Tahapan Pelaksanaan dan Pengujian

Tahapan pengujian dibagi menjadi tiga fase utama, yakni pengujian beton segar, perawatan (*curing*), dan pengujian beton keras:

2.3.1 Pengujian Material dan Beton Segar: Sebelum pencampuran, material diuji karakteristik fisiknya, Pada saat pengecoran, tingkat kelecakan beton segar diukur melalui pengujian *Slump Test* menggunakan kerucut Abrams sesuai dengan SNI 1972:2008.

- 2.3.2 Perawatan (*Curing*): Benda uji didiamkan di dalam cetakan selama 24 jam. Setelah cetakan dibuka, benda uji dirawat dengan metode perendaman di dalam air tawar selama 28 hari untuk memastikan proses hidrasi semen berlangsung optimal.
- 2.3.3 Pengujian Sifat Mekanis (Beton Keras): Pengujian sifat mekanis dilakukan pada umur 28 hari menggunakan mesin uji universal (*Universal Testing Machine / UTM*). Pengujian yang dilakukan meliputi:
- Uji Kuat Tekan: Dilakukan pada spesimen silinder untuk mengukur kemampuan menahan beban tekan (SNI 2487-2019).
 - Uji Kuat Lentur: Dilakukan pada spesimen balok menggunakan metode pembebanan satu titik di tengah bentang (SNI 4154:2014).
 - Uji kuat tarik belah: Menggunakan spesimen silinder yang diberi beban garis pada diameter horizontal hingga terbelah (SNI 2491:2014).
 - Uji alkali silika : Dilakukan pada spesimen mortar bar yang dicetak berbentuk batang berukuran kecil (batang mortar). Setelah dirawat selama 24 jam, batang mortar dimasukkan ke dalam wadah berisi larutan kimia agresif natrium hidroksida (NaOH 1N) dan dipanaskan di dalam oven pada suhu ekstrem 80° selama 14 hari. (ASTM C 1260)
- 2.3.4 Spesifikasi bahan tambah
- Serat *sika fiber* : Serat *polypropylene* yang digunakan merupakan produk *SikaFiber* PPM-12 dari Sika Group, berbentuk monofilamen dengan panjang 12 mm dan diameter 18 mm.



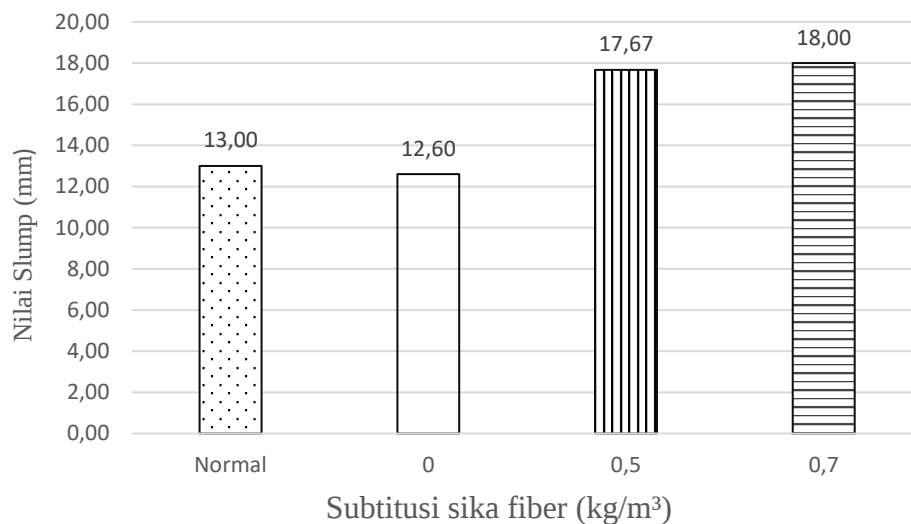
Gambar 1. Sikafiber PPM-12

- superplasticizer Sika ViscoCrete 3115 N* : *Admixture* ini berfungsi meningkatkan kelecakan (*workability*) beton segar tanpa meningkatkan kadar air dalam campuran, sehingga memungkinkan pencapaian mutu beton yang ditargetkan tanpa mengorbankan kekuatan maupun durabilitas beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian *slump test*

Pengujian *slump test* bertujuan untuk mengetahui mengevaluasi tingkat *workability* pada campuran beton berserat sebelum dimasukkan pada bekisting. Beton berserat yang diteliti ini memiliki rencana *slump* sebesar 16 ± 2 . Berikut hasil dari pengujian *slump test* beton berserat pada grafik gambar 2 dibawah ini:



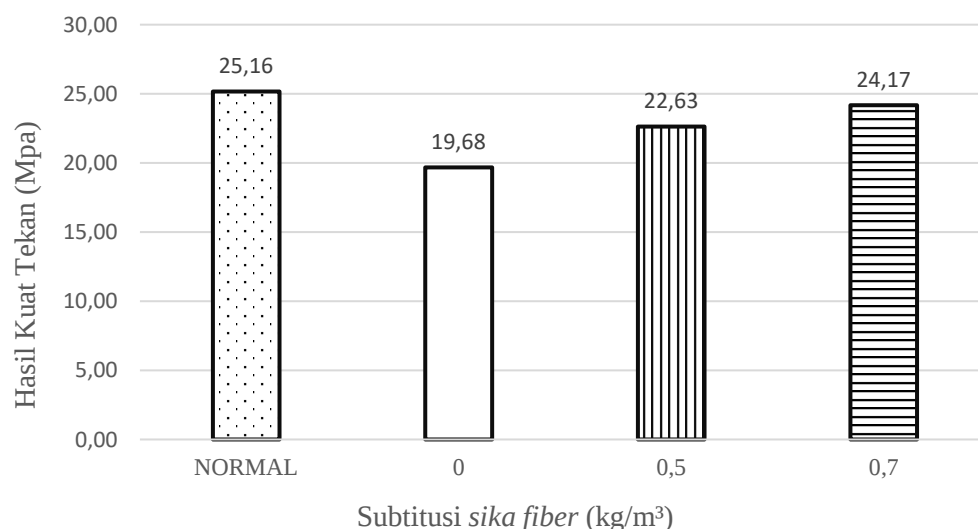
Gambar 2. Hasil *slump test* Beton Dengan 30% Agregat Pengganti Bongkaran Beton

Berdasarkan hasil pengujian *slump test*, terdapat tren peningkatan nilai kelecakan (*workability*) adukan beton seiring dengan peningkatan dosis *Sika ViscoCrete*. Beton normal menunjukkan nilai *slump* awal sebesar 13,00 cm, yang kemudian meningkat menjadi 12,60 cm pada variasi substitusi 30% agregat kasar dengan bongkaran beton tanpa bahan tambah. Ketika campuran beton bongkaran tersebut diintegrasikan dengan *Sika Fiber* dan *Sika ViscoCrete* dosis 0,5%, nilai *slump* meningkat signifikan menjadi 17,67 cm. Konsistensi keenceran tertinggi dicapai pada variasi dosis 0,7% dengan nilai *slump* sebesar 18,00 cm. Kenaikan ini dipicu oleh peran *Sika ViscoCrete* yang secara efektif meningkatkan kemudahan pengerjaan beton segar. Fenomena ini sejalan dengan temuan (Puspitasari dkk., 2023), yang menyatakan bahwa penambahan *admixture Sika ViscoCrete-3115N* meningkatkan nilai *slump* dari ± 14 cm pada beton normal menjadi 16 cm pada beton dengan *admixture*. Sebaliknya, keberadaan *Sika Fiber* memberikan karakteristik kaku pada adukan beton. Hal ini terkonfirmasi oleh penelitian (Khairizal dkk., 2015), yang menunjukkan penurunan *workability* akibat penambahan serat *polypropylene*, di mana nilai *slump* tereduksi dari 8 cm (tanpa serat) menjadi 5,5 cm pada variasi serat terbesar (1,0 kg/m³). Interaksi antara *Sika Fiber* dan *Sika ViscoCrete* dalam

matriks beton menghasilkan efek kompensasi yang dinamis terhadap nilai *slump*. Secara mekanis, serat *polypropylene* (*Sika Fiber*) membentuk jaringan mikro yang menyerap sebagian air bebas dan meningkatkan gaya gesek internal antar-material, sehingga mengikat pasta semen dan memicu penurunan nilai *slump* (*slump loss*). Namun, risiko kekakuan ekstrem dan penggumpalan serat (*balling effect*) berhasil dimitigasi oleh *Sika ViscoCrete*. Melalui mekanisme dispersi *elektrostatik*, bahan tambah ini memecah gumpalan semen, melepaskan air yang terperangkap, dan memberikan efek pelumasan untuk mengencerkan kembali adukan tanpa penambahan air baru. Kombinasi kedua bahan tambah yang berkarakteristik kontradiktif ini menghasilkan titik kesetimbangan optimal. Hasilnya, nilai *slump* beton serat tetap terjaga tinggi sesuai rencana, serta menjamin distribusi serat yang homogen tanpa memicu terjadinya pemisahan butiran (*segregasi*) maupun naiknya air ke permukaan (*bleeding*).

3.2 Hasil Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta. Benda uji yang digunakan berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Seluruh benda uji telah melalui proses perendaman (*curing*) selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian. Jumlah benda uji yang diuji sebanyak 10 sampel, yang terdiri dari 4 variasi campuran beton, termasuk beton normal sebagai pembanding. Hasil pengujian kuat tekan beton selengkapnya dapat dilihat pada grafik gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Hasil Kuat Tekan Beton Dengan 30% Agregat Pengganti Bongkaran Beton

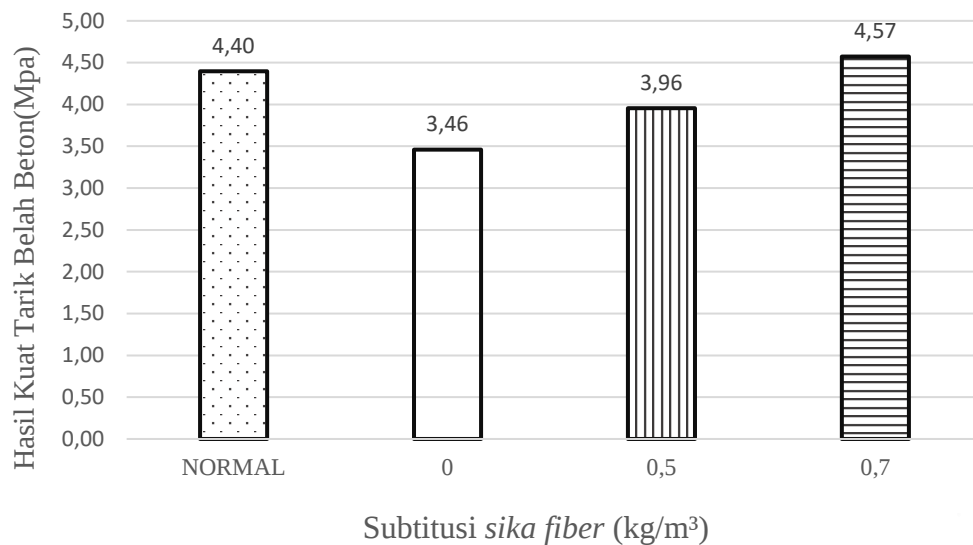
Berdasarkan Gambar 3, beton normal memiliki kuat tekan sebesar 25,16 MPa. Sementara itu, Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton dengan substitusi 30% agregat daur ulang tanpa bahan tambah mengalami penurunan kuat tekan yang signifikan sebesar 21,78%, dengan nilai

hanya mencapai 19,68 MPa. Penurunan ini disebabkan oleh karakteristik bongkaran beton yang masih mengikat mortar lama, sehingga memiliki porositas dan daya serap air yang lebih tinggi daripada agregat alami. Kondisi tersebut melemahkan ikatan antarmuka antara agregat dan pasta semen. Temuan ini sejalan dengan (McNeil & Kang, 2013) yang menyatakan bahwa tingginya kapasitas penyerapan air pada agregat daur ulang merupakan faktor utama reduksi kuat tekan beton. Namun, integrasi serat *polypropylene* (*Sika Fiber*) dan *Sika ViscoCrete* terbukti memberikan stimulan positif terhadap pemulihan kuat tekan beton variasi. Pada dosis 0,5%, kuat tekan beton meningkat menjadi 22,63 MPa, atau naik sebesar 13,03% dibandingkan beton agregat daur ulang tanpa bahan tambah. Peningkatan ini berlanjut pada variasi dosis 0,7% yang menghasilkan kuat tekan 24,17 MPa (naik 18,57%). Meskipun menunjukkan tren positif, secara keseluruhan nilai kuat tekan beton variasi ini masih cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan beton normal. Peningkatan nilai mekanis ini utamanya dipengaruhi oleh keberadaan serat *polypropylene*. (Khairizal dkk., 2015) mengonfirmasi bahwa penggunaan serat *polypropylene* pada dosis 0,5 kg/m³ mampu meningkatkan kuat tekan beton normal sebesar 10% (dari 30 MPa menjadi 33 MPa), meskipun penambahan di atas 0,7 kg/m³ justru menurunkan kinerjanya. Selain itu, *Sika ViscoCrete* sebagai bahan pengurang air tingkat tinggi (*high range water reducer*) turut berkontribusi positif. Hal ini selaras dengan studi Puspitasari dkk. (2023) yang mencatat kenaikan kuat tekan beton dari 13,07 MPa menjadi 16,13 MPa melalui pemanfaatan *admixture* sebesar 1,5%. Berdasarkan fenomena tersebut, dapat disimpulkan bahwa kombinasi *Sika Fiber* dan *Sika ViscoCrete* dengan dosis yang terukur efektif memitigasi penurunan kuat tekan akibat penggunaan agregat daur ulang. Penggunaan dosis 0,5 kg/m³ dan 0,7 kg/m³ dalam penelitian ini dikategorikan berada pada rentang batas optimal karena konsisten menunjukkan tren kenaikan kuat tekan tanpa memicu degradasi mutu akibat dosis berlebih (*over-dosage*).

3.3 Hasil Pengujian kuat lentur beton

Pengujian kuat lentur beton dilaksanakan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta menggunakan spesimen balok berdimensi 15 x 15 x 60 cm. Seluruh benda uji telah melewati fasa perawatan (*curing*) melalui metode perendaman selama 28 hari. Pengujian ini melibatkan total 10 sampel yang terdistribusi ke dalam 4 variasi campuran, termasuk beton

normal. Hasil pengukuran kuat lentur dari seluruh variasi tersebut secara komprehensif disajikan pada grafik gambar 4 dibawah.



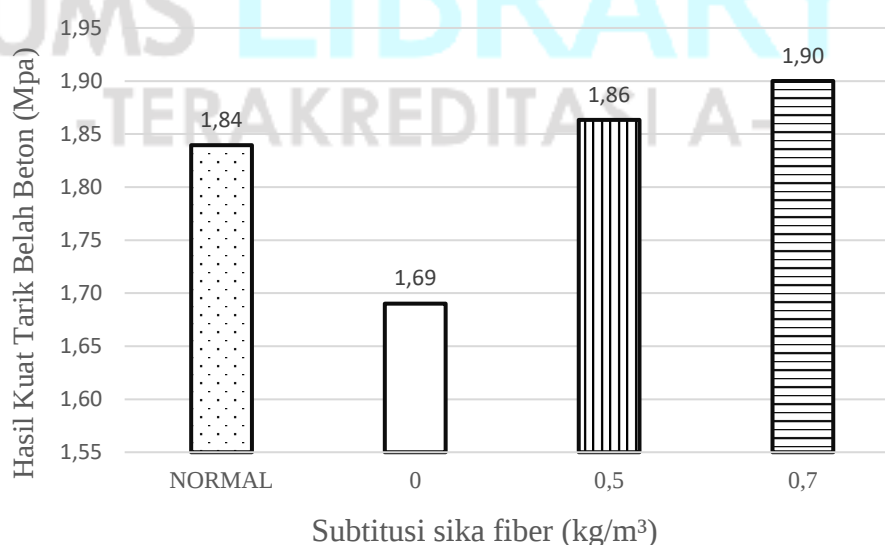
Gambar 4. Hasil Kuat Lentur Beton Dengan 30% Agregat Pengganti Bongkaran Beton

Berdasarkan hasil pengujian, karakteristik kuat lentur beton menunjukkan fluktuasi yang signifikan antarvariasi campuran. Beton normal memiliki nilai kuat lentur awal sebesar 4,40 MPa. Ketika dilakukan substitusi 30% agregat kasar menggunakan limbah bongkaran dinding bata, nilai kuat lentur tereduksi secara drastis sebesar 21,36% menjadi 3,46 MPa akibat sifat agregat bongkaran yang berpori. Namun, integrasi *Sika Fiber* dan *Sika ViscoCrete* dengan dosis 0,5% mampu menaikkan kembali kuat lentur menjadi 3,96 MPa, atau meningkat 12,6% dibandingkan variasi beton bongkaran tanpa bahan tambah. Peningkatan awal ini terjadi karena jaringan serat *polypropylene* mulai bekerja menahan tegangan tarik, meskipun belum mencapai performa maksimal akibat kondisi adukan yang masih agak kaku dan berongga. Puncak capaian mekanis terjadi pada variasi dosis 0,7% dengan nilai kuat lentur mencapai 4,57 MPa. Nilai ini merepresentasikan kenaikan sebesar 0,61 MPa atau sekitar 13,34% dibandingkan dengan beton substitusi tanpa bahan tambah, serta berhasil melampaui kuat lentur beton normal. Fenomena ini membuktikan bahwa penggunaan *Sika ViscoCrete* sebesar 0,7% merupakan dosis paling optimal untuk meningkatkan keenceran dan mobilitas adukan, sehingga efektif mengeliminasi rongga udara yang terjebak di dalam beton. Secara struktural, *Sika Fiber* berfungsi sebagai penahan retak (*crack arrester*) melalui efek jembatan mikro (*micro-bridging*), sedangkan *Sika ViscoCrete* bertindak sebagai katalis krusial yang mengoptimalkan kinerja serat. Sinergi kedua bahan tambah pada dosis 0,7% ini menghasilkan matriks beton yang padat dan rapat, sehingga meningkatkan kuat lekat (*bonding*) serat di dalam

beton secara sempurna untuk menghasilkan kuat lentur tertinggi. Tren positif ini sejalan dengan penelitian (Fatimah, 2025) yang menyimpulkan bahwa penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,5% memberikan peningkatan signifikan pada kuat lentur dan daktilitas beton melalui pengendalian retakan mikro, yang didukung oleh peran *superplasticizer* dalam meningkatkan kualitas mekanis adukan. Selain itu, (Hamdan dkk., 2024) dalam studinya mengenai *Self Compacting Concrete* (SCC) mengonfirmasi bahwa *Sika ViscoCrete* berperan vital dalam menjaga homogenitas campuran dan memastikan dispersi serat secara merata berkat tingginya tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Meskipun kedua penelitian sama-sama mencapai titik optimum pada kadar 0,7 kg/m³, terdapat perbedaan pada persentase peningkatan yang diperoleh. Penelitian (Hamdan dkk., 2024). mencatat kenaikan optimum sebesar 17,91%, sedangkan penelitian ini menghasilkan peningkatan sebesar 8,18%. Perbedaan margin peningkatan tersebut dipengaruhi oleh faktor penggunaan substitusi 30% limbah dinding bata yang memiliki nilai keausan (*abrasion value*) jauh lebih tinggi daripada agregat alami baku.

3.4 Pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan menggunakan spesimen silinder berdimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum dilakukan pengujian, seluruh badan uji telah melewati fase perawatan (*curing*) melalui metode perendaman selama 28 hari. Evaluasi, ekamis ini melibatkan total 10 sampel yang terdistribusi kedalam 4 variasi campuran, termasuk beton normal yang bertindak sebagai kontrol (pembanding). Data hasil pengujian kuat tarik belah secara komperehensif disajikan pada grafik gambar 5 dibawah.



Gambar 5F. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Dengan 30% Agregat Pengganti Bongkaran Beton

Berdasarkan data pada Gambar 5, beton normal menunjukkan nilai kuat tarik belah sebesar 1,84 MPa. Substitusi 30% agregat kasar dengan agregat daur ulang tanpa bahan tambah memicu penurunan kuat tarik belah yang cukup signifikan, yaitu sebesar 8,2% menjadi 1,69 MPa. Namun, integrasi serat *polypropylene* (*Sika Fiber*) dan *Sika ViscoCrete* memberikan kontribusi positif terhadap pemulihan kekuatan beton. Pada variasi campuran dengan dosis 0,5%, nilai kuat tarik belah meningkat menjadi 1,87 MPa, atau naik 9,14% dibandingkan dengan beton substitusi tanpa bahan tambah. Kenaikan ini terus berlanjut hingga mencapai puncaknya pada variasi dosis 0,7% dengan nilai kuat tarik belah sebesar 1,90 MPa. Nilai tersebut merepresentasikan kenaikan sebesar 11,1% dari beton substitusi tanpa bahan tambah, sekaligus berhasil melampaui kuat tarik belah beton normal sebesar 3,15% (0,06 MPa). Korelasi positif ini sejalan dengan hasil pengujian kuat tekan, di mana seluruh variasi beton yang menggunakan bahan tambah menunjukkan peningkatan performa mekanis. Akselerasi kuat tarik belah ini utamanya dipengaruhi oleh keberadaan *SikaFiber PPM-12* (serat *polypropylene*). Serat yang terdispersi secara merata di dalam matriks beton berfungsi sebagai penahan mekanis yang memperlambat perambatan retak akibat karakteristik tarik dan elastisitasnya yang baik. Selain itu, pemanfaatan *Sika ViscoCrete 3115 N* sebagai *superplasticizer* turut mengoptimalkan mutu beton melalui reduksi volume air bebas. Penurunan ini berimplikasi pada mengecilnya nilai faktor air-semen (fas) sehingga struktur beton menjadi lebih padat. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, kadar penambahan serat sebesar 0,7 kg/m³ dinilai sebagai dosis paling efektif untuk meningkatkan kuat tarik belah beton. Temuan dalam penelitian ini juga selaras dengan studi yang dilakukan oleh (Sun *et al.* 2024) peningkatan tersebut terjadi karena *polypropylene fiber* mampu menjembatani retak-retak mikro (*crack bridging*), menghambat propagasi retak, serta meningkatkan daktilitas beton sehingga kapasitas beton dalam menahan beban tarik menjadi lebih baik. Namun demikian, pada penelitian ini didapat nilai kuat tarik belah pada variasi 0,7 kg/m³ dengan hasil sebesar 1,91 Mpa belum mengalami penurunan, Maka variasi campuran 0,7kg/m³ masih dikategorikan aman karena belum

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

- 4.1.1 Penggantian 30% agregat kasar dengan limbah bongkaran beton menurunkan kuat tekan beton normal secara signifikan dari 25,16 MPa menjadi 19,68 MPa (turun 21,78%). Namun, penambahan *Sika ViscoCrete* dan *Sika Fiber* berhasil

mengompensasi penurunan tersebut, di mana nilai kuat tekan meningkat bertahap menjadi 22,63 MPa (variasi 0,5 kg/m³) dan mencapai nilai tertinggi sebesar 24,17 MPa pada variasi *Sika Fiber* 0,7 kg/m³ (naik 18,57% dibanding bongkaran beton tanpa aditif).

- 4.1.2 Substitusi 30% bongkaran beton tanpa aditif menyebabkan penurunan kuat tarik belah (dari 1,84 MPa menjadi 1,69 MPa) dan kuat lentur (dari 4,40 MPa menjadi 3,46 MPa). Penambahan *Sika Fiber* memberikan *bridging effect* yang sangat efektif menahan retak, hingga pada variasi 0,7 kg/m³ kinerjanya berhasil melampaui beton normal, yaitu mencapai kuat tarik belah sebesar 1,90 MPa (meningkat 3,2% dari beton normal) dan kuat lentur sebesar 4,57 MPa (meningkat 3,71% dari beton normal).
- 4.1.3 Nilai modulus elastisitas beton mengalami penurunan pada campuran dengan substitusi 30% bongkaran beton akibat kekakuan (*stiffness*) agregat pengganti yang lebih rendah dibandingkan agregat alami. Namun, seiring peningkatan kuat tekan dan adanya penambahan *Sika Fiber* hingga 0,7 kg/m³, integritas deformasi dan kekakuan beton keras berangsur membaik linier dengan peningkatan nilai kuat tekannya.
- 4.1.4 Penggantian 30% agregat kasar dengan bongkaran beton menurunkan nilai *slump* beton normal dari 13,00 cm menjadi 12,6 cm akibat sifat bongkaran beton yang menyerap air. Kelemahan ini berhasil dikompensasi secara signifikan oleh *Sika ViscoCrete*, yang meningkatkan keenceran adonan hingga mencapai nilai *slump* 17,67 cm pada variasi serat 0,5 kg/m³ dan 18,00 cm pada variasi serat 0,7 kg/m³, sehingga beton segar sangat mudah dikerjakan (*workable*) tanpa mengalami segregasi.
- 4.1.5 Penggunaan limbah bongkaran beton (*Recycled Concrete Aggregate / RCA*) sebagai pengganti agregat menunjukkan pola peningkatan ekspansi *Alkali-Silica Reaction* (ASR) yang bertahap seiring bertambahnya durasi perendaman pada suhu tinggi. Meskipun terdapat variasi tingkat ekspansi antar-sampel, secara keseluruhan rata-rata pemuaian yang terjadi masih berada di bawah batas kritis standar yang dipersyaratkan. Dengan demikian, penggunaan agregat bongkaran beton tersebut dikategorikan memiliki potensi reaktivitas ASR yang rendah (non-reaktif) dan aman digunakan.

4.2 Saran

Untuk memperdalam kajian dalam penelitian Adapun saran-saran sebagai berikut:

- 4.2.1 Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengamati kondisi *Interfacial Transition Zone* (ITZ), distribusi serat *polypropylene*, porositas, serta keberadaan retak mikro pada beton yang menggunakan agregat daur ulang. Analisis tersebut

diharapkan dapat memberikan penjelasan yang lebih komprehensif terhadap mekanisme perubahan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas yang diperoleh pada penelitian ini.

- 4.2.2 Disarankan untuk melakukan perlakuan awal pada agregat pengganti, seperti mengondisikannya dalam keadaan Jenuh Kering Permukaan (*Saturated Surface Dry/ SSD*) sebelum pencampuran.
- 4.2.3 Untuk penelitian yang melibatkan limbah daur ulang untuk lebih memperhatikan kembali terkait ukuran dan kebersihan agregat sebelum dilakukan pencampuran, karena hal ini mempengaruhi adukan tidak tercampur rata (*homogen*).
- 4.2.4 Mengingat penggantian 30% agregat kasar dengan limbah bongkaran dinding bata memberikan penurunan kekuatan yang terlalu tajam dan gagal dipulihkan sepenuhnya oleh dosis bahan tambah maksimal (0,7%), terutama pada pengujian kuat tekan beton. disarankan untuk menurunkan persentase substitusi agregat pengganti pada rentang 10% hingga 20% agar target kuat tekan rencana (beton normal) dapat lebih mudah tercapai dan terlampaui.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya Yudhanto, F., Setiya Budi, A., & Alfisa Saifullah, H. (2019). Kajian Uji Tarik Beton Hvf Memadat Sendiri Terhadap Beton Normal.
- Bachtiar, E., & Rachim, F. (2020). Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Curing Air Laut. Dalam *Indonesian Journal of Fundamental Sciences* (Vol. 6, Nomor 2).
- Eveline Untu J Kumaat, G. E., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(10), 703–708.
- Fatimah, S. (2025). Evaluasi Kinerja Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan Serat *Polypropylene* Pada Gedung Bertingkat (Vol. 1, Nomor 1).
- Hamdan, Adnan Adnan, & Abd. Muis B. (2024). Analisis Kuat Lentur Beton SCC Menggunakan *Fiberglass* Dengan Variasi *Additive Sika Viscocrete*. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(1), 290–298. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i1.206>
- Ilham Ramadhan Sabara, A., Ryan Rifqi, M., Febriant, M., & Fadiah, D. (2023). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang *Polypropylene Fibre* terhadap Performa Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 09, 125–135.
- Indah Rahmanisa, L., Isneini, M., Agustriana Noorhidana, V., & Widyawati, R. (2023). Analisis Kombinasi Campuran Serat Baja Dan Kawat Bendrat Pada Beton Konvensional (Vol. 11, Nomor 3).
- Jepriani, S., Alwi, S., & Sari, W. N. (2021). Kuat Tekan Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) Dengan Penambahan Kapur Gamping dan *Viscocrete*.

- Khairizal, Y., Kurniawandy, A., & Kamaldi, A. (2015). Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal. Dalam *Jom FTEKNIK* (Vol. 2, Nomor 2).
- Kuat Tekan Beton, A., & Asrullah. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton $f_c'25$ Mpa Dengan Penambahan Abu Batu Dan Semen Mortar Utama Type 400. *Jurnal Teknik Sipil Unpal*, 11(2).
- McNeil, K., & Kang, T. H. K. (2013). Recycled Concrete Aggregates: A Review. Dalam *International Journal of Concrete Structures and Materials* (Vol. 7, Nomor 1, hlm. 61–69). Korea Concrete Institute.
- Puspitasari, I., Uisharmandani, L., & Bangunan, K. (2023). Kajian Eksperimental Beton Menggunakan *Admixture Sika Viscocrete 3115n* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan (Vol. 17, Nomor 1).
- Sejati, A. W., & Magfirona, A. (2025). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2025 Analisis Performa Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Superplastisizer, Retarder, Dan Naptha 676 Pada Proyek Preservasi Jalan Weleri-Kendal-Semarang.
- Syarif, M., Huseiny, A., & Nursani, R. (2020). *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Pengaruh Bahan Tambah Serat Fiber Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Beton.
- Zulfitriah. (2024). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Penambahan Aditive Beton *Mix* Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton .

