

PENGARUH VARIASI SERAT SIKAFIBER TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON DENGAN PEMAKAIAN LIMBAH BONGKARAN DINDING BATA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR

Edwin Helvian Hartono; Mochamad Solikin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Penggunaan agregat kasar daur ulang, seperti limbah bongkaran dinding bata, kini semakin banyak diterapkan untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Namun, substitusi material limbah ini seringkali berdampak pada penurunan kuat tekan beton, sehingga diperlukan perkuatan material. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi serat polypropylene (SikaFiber PPM-12) terhadap beton dengan agregat pengganti limbah bongkaran dinding bata. Perencanaan campuran (mix design) menggunakan panduan SNI 7656:2012 dengan target kuat tekan sebesar 25 MPa. Variasi penambahan SikaFiber ditetapkan sebesar 0,5 kg/m³ dan 0,7 kg/m³, yang dipadukan dengan superplasticizer Sika ViscoCrete 3115 N. Benda uji dirawat dengan metode perendaman selama 28 hari sebelum dievaluasi melalui pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan limbah beton 30% tanpa bahan tambah relatif menurunkan kekuatan beton. Pada saat ada penambahan sika fiber dan dipadukan dengan superplastizer dengan substitusi 0,5 kekuatan beton dan nilai workability mulai meningkat naik, dan pada saat substitusi ditingkatkan lagi ke 0,7 nilai kekuatan beton dan workability semakin meningkat menjadi lebih tinggi lagi, maka dapat disimpulkan bahwa peran sika fiber dalam beton variasi 30% agregat pengganti bongkaran dinding bata dapat meningkatkan kekuatan beton dan dapat memperbaiki penurunan akibat agregat limbah daur ulang. Namun, pada saat uji alkali silika yang meneliti mengenai nilai kereaktifan agregat bongkaran dinding bata merah terhadap alkali silika, dari ketiga benda uji yang dilakukan 2 diantaranya reaktif terhadap alkali dikarenakan nilai nya pada hari ke 14 melewati batas reaktif yang seharusnya. Maka pada agregat pengganti yang menggunakan agregat kasar bongkaran dinding bata cenderung bersifat reaktif dan kurang direkomendasikan

Kata kunci: Limbah, Dinding Bata, Serat Polypropylene, ViscoCrete 3115 N

Abstract

The use of recycled coarse aggregates, such as waste from demolished brick walls, has increasingly been applied to reduce the exploitation of natural resources and support sustainable construction. However, the substitution of conventional materials with waste materials often results in a reduction in the compressive strength of concrete, requiring material reinforcement. This study aims to analyze the effect of polypropylene fiber (SikaFiber PPM-12) substitution on concrete containing coarse aggregate partially replaced with waste from demolished brick walls. The mix design was prepared based on SNI 7656:2012 with a target compressive strength of 25 MPa. SikaFiber was added at dosages of 0.5 kg/m³ and 0.7 kg/m³, combined with the superplasticizer Sika ViscoCrete 3115 N. The specimens were cured by water immersion for 28 days and subsequently evaluated through compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength tests. The test results showed that the use of 30% brick demolition waste without additives relatively reduced the strength of the concrete. With the addition of SikaFiber combined with superplasticizer at a dosage of 0.5 kg/m³, the concrete strength and workability began to increase. Increasing the SikaFiber dosage to 0.7 kg/m³ resulted in further improvements in both concrete strength and workability. Therefore, SikaFiber can improve the strength of concrete containing 30% coarse aggregate replacement with brick demolition waste and compensate for the strength reduction caused by the use of recycled waste aggregate. However, the alkali-silica reactivity test, which evaluated the reactivity of the brick demolition waste aggregate to alkali-silica reaction, showed that two of the

three specimens were classified as reactive because their expansion values exceeded the reactive limit at 14 days. Therefore, coarse aggregate derived from brick demolition waste tends to be reactive and is not recommended for use without further treatment or consideration.

Keywords: Waste, Brick Wall, Polypropylene Fiber, ViscoCrete 3115 N.

1. PENDAHULUAN

Beton konvensional merupakan material yang paling sering digunakan dalam proyek konstruksi karena dicetak langsung di lokasi proyek, memiliki kuat tekan yang baik, ketahanan tinggi, serta biaya produksi yang relatif rendah. Campuran material ini pada dasarnya terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar (Indah Rahmanisa dkk., 2023). Selain beton konvensional terdapat juga jenis lain seperti Self-Compacting Concrete (SCC).

Beton SCC merupakan jenis beton yang mampu memadat secara mandiri tanpa bantuan alat penggetar mekanis. Karakteristik utamanya terletak pada daya alir yang memanfaatkan berat sendirinya untuk memenuhi seluruh rongga cetakan secara sempurna, sekalipun harus melewati sela-sela besi tulangan yang sangat rapat (Ismaya dkk., 2022), pengaplikasian teknologi ini menuntut anggaran pembuatan yang cenderung lebih mahal daripada beton standar. Selain itu, terdapat risiko pemisahan butiran material (segregasi) yang cukup tinggi apabila formulasi campuran adonannya tidak dirancang secara presisi.

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)

Untuk mencegah kegagalan akibat gaya tarik tersebut, diperlukan upaya perkuatan, salah satunya dengan menambahkan material serat ke dalam campuran beton (Syarif dkk., 2020) Sebenarnya ada berbagai jenis serat yang bisa digunakan untuk campuran dalam sebuah beton, terdiri dari Serat Polipropilena (Polypropylene Fiber), Serat Kaca (Glass Fiber), Serat Baja (Steel Fiber), Serat Karbon (Carbon Fiber), Serat Basalt (Basalt Fiber), Serat Akrilik (Acrylic Fiber), Serat Asbes (Asbestos Fiber), Serat Alami (Natural 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 (Mustakim, F. Imam Ansar Zulfithrah, 2024). Selain dapat digunakan sebagai agregat kasar, limbah pecahan dinding bata juga dapat digunakan pengganti pasir dalam pembuatan paving block seperti penelitian yang dilakukan oleh (Sudjatkiko Aliem, 2020). 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). Adapun pengujian untuk mengetahui kereaktifan dari limbah agregat daur ulang bongkaran dinding bata melalui uji alkali silika. Reaksi alkali-silika (ASR) didefinisikan sebagai interaksi kimia internal di dalam beton atau mortar yang melibatkan ion hidroksil (OH^-) dari unsur alkali semen (Na^+ dan K^+) dengan kandungan silika reaktif pada agregat tertentu. Proses ini menghasilkan substansi berbentuk gel yang, dalam kondisi lingkungan spesifik, dapat memicu pemuaian volume secara tidak wajar (ekspansi abnormal) dan mengakibatkan kerusakan berupa keretakan struktur. (U.S. Federal Highway Administration Dept of Transportation, 2013)

Sejauh ini, masih terbatas penelitian yang mengkaji kombinasi antara penambahan serat Sika Fiber dan pemanfaatan limbah bongkaran dinding bata sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton. Kombinasi tersebut berpotensi meningkatkan sifat mekanik beton, khususnya kuat tekan dan parameter mekanis lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh sinergis kedua bahan tersebut terhadap karakteristik mekanik beton konvensional.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah bongkaran dinding bata sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan penambahan serat *polypropylene* beserta *superplasticizer* terhadap sifat mekanis beton konvensional.

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

Perencanaan komposisi campuran beton (*mix design*) dihitung berdasarkan standar SNI 7656:2012 (Metode *Department of Environment* / DOE) untuk mendapatkan mutu beton dengan target kuat tekan rencana sebesar 25 MPa pada umur 28 hari. Terdapat 4 (empat) variasi campuran yang dibuat dalam penelitian ini, yaitu:

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 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 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).

- d. 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

- a. 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.



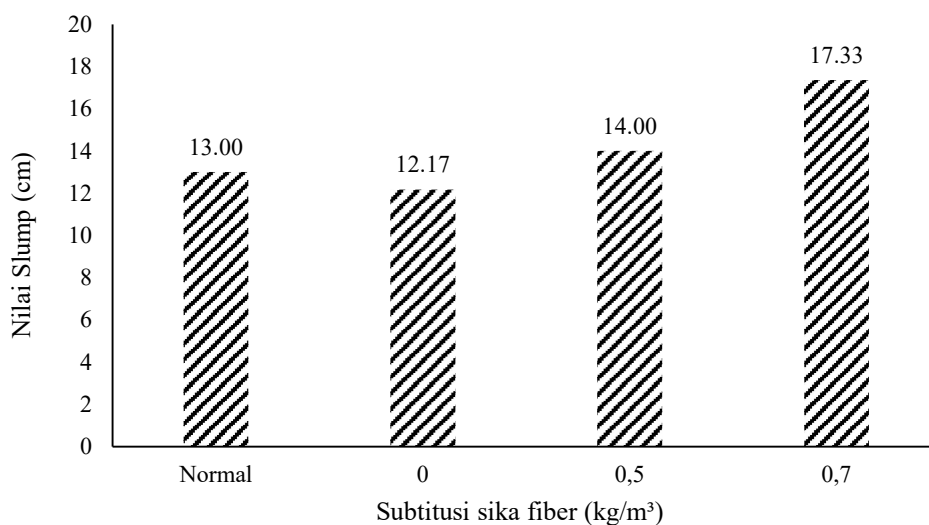
Gambar 1. Sikafiber PPM-12

- b. 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 UJI DAN PEMBAHASAN

3.1. 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 8-18 cm. Berikut hasil dari pengujian *slump test* beton berserat pada Gambar 2 dibawah ini:



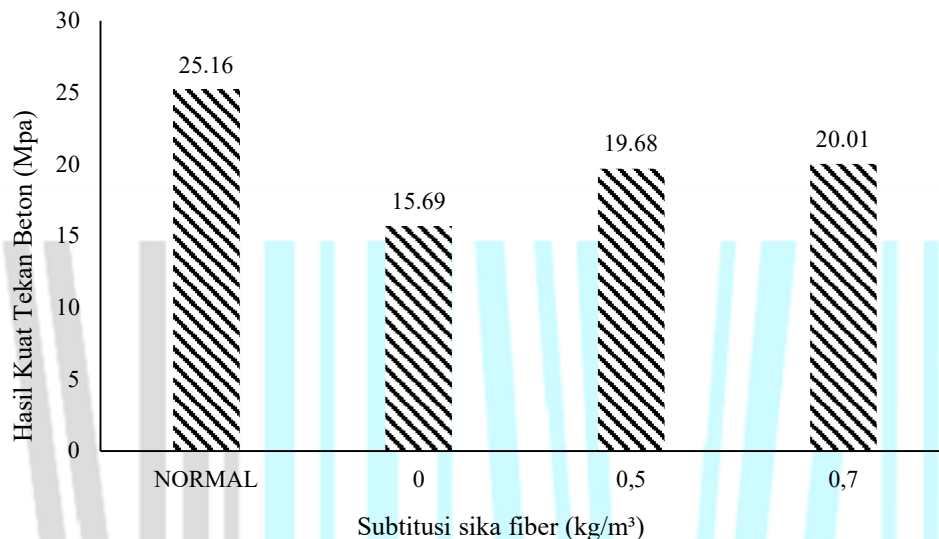
Gambar 2. Grafik *Slump test* sampel beton dengan 30% agregat pengganti bongkaran dinding bata merah

Berdasarkan data hasil pengujian slump test, terlihat adanya tren kenaikan nilai kelecakan (tingkat keenceran) adukan beton seiring dengan meningkatnya dosis Sika *ViscoCrete* yang digunakan. Beton normal memiliki nilai slump awal sebesar 13,00 cm, yang kemudian mengalami sedikit penurunan menjadi 12,17 cm saat dilakukan penggantian 30% agregat kasar dengan bata merah tanpa bahan tambah. Ketika campuran beton bata merah tersebut mulai dikombinasikan dengan Sika *Fiber* dan Sika *ViscoCrete* dosis 0,5%, nilai slump merangkak naik menjadi 14,00 cm. Lonjakan nilai keenceran paling tinggi terjadi pada variasi dosis 0,7%, di mana nilai slump mencapai angka tertinggi yaitu 17,33 cm. Kenaikan ini paling dipengaruhi oleh seiringnya ada penambahan substitusi sika viscocrete dalam meningkatkan kemudahan pengerjaan (*workability*) beton segar. Hal ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ira Puspitasari dkk., 2023) yang menunjukkan bahwa integrasi *admixture Sika Viscocrete-3115N* memberikan dampak nyata terhadap nilai *slump* beton. Campuran beton normal menghasilkan nilai *slump* sebesar ± 14 cm, sedangkan variasi beton yang menggunakan bahan tambah tersebut mengalami peningkatan kekuatan alir dengan capaian nilai *slump* sebesar 16 cm. Namun di sisi lain penambahan sika fiber memiliki sifat kaku terhadap adukan beton. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan (Khairizal dkk., 2015), data tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* ke dalam adonan beton berbanding terbalik dengan tingkat kemudahan pengerjaannya (*workability*).

Beton kontrol tanpa campuran serat memiliki nilai *slump* sebesar 8 cm, namun angka tersebut merosot hingga mencapai 5,5 cm ketika konsentrasi serat ditingkatkan ke variasi maksimum yaitu sebesar 1,0 kg/m³. Interaksi antara penggunaan Sika *Fiber* dan Sika *ViscoCrete* di dalam campuran beton menciptakan efek kompensasi yang sangat dinamis dan krusial terhadap nilai *slump* serta tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Di satu sisi, kehadiran serat *polypropylene* (Sika *Fiber*) yang bersifat kaku bertindak sebagai jaring-jaring mikro di dalam adukan; serat ini menyerap sebagian air bebas dan meningkatkan gaya gesek internal antar-material, sehingga secara mekanis mengikat matriks pasta semen dan menyebabkan penurunan nilai *slump* yang cukup drastis (*slump loss*). Di sisi lain, potensi kekakuan ekstrem dan risiko penggumpalan (*balling effect*) akibat serat tersebut berhasil dimitigasi secara sempurna oleh Sika *ViscoCrete*. Melalui mekanisme dispersi elektrostatik, Sika *ViscoCrete* memecah gumpalan semen, melepaskan air yang terperangkap, dan memberikan efek pelumasan ekstrem yang mengencerkan kembali adukan beton secara masif tanpa memerlukan penambahan air baru. Alhasil, perpaduan kedua bahan tambah yang bertolak belakang ini menghasilkan titik keseimbangan yang ideal, di mana nilai *slump* beton serat tetap terjaga tinggi dan memenuhi standar kemudahan pengerjaan yang direncanakan, sekaligus memastikan serat tersebar secara homogen tanpa memicu terjadinya pemisahan butiran (*segregasi*) maupun naiknya air ke permukaan (*bleeding*).

3.2. 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 gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Grafik hasil kuat tekan beton dengan 30% agregat pengganti dinding bata merah

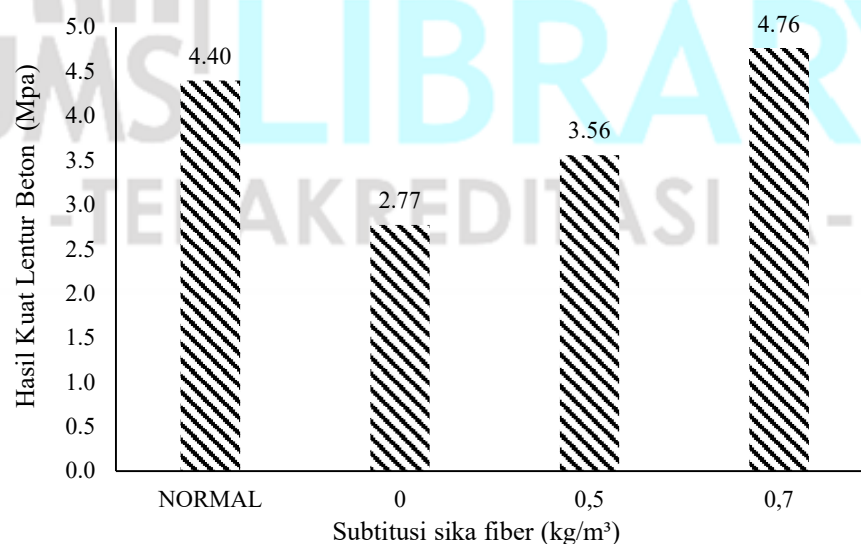
Berdasarkan Gambar 3, beton normal memiliki kuat tekan sebesar 25,16 MPa. Sementara itu, beton dengan agregat pengganti 30% tanpa bahan tambah serat sika fiber dan viscocreate mengalami penurunan kuat tekan yang cukup besar, yakni sekitar 35,78% dengan nilai kuat tekan sebesar 15.69 MPa. Selanjutnya Pada beton dengan variasi penambahan serat *sika fiber polypropylene & sika viscocreate* substitusi 0,5, kuat tekan meningkat menjadi 19,68 Mpa atau berkisar naik 25,43% dibandingkan beton dengan agregat pengganti tanpa bahan tambah sebelumnya, kemudian dilanjutkan pada variasi substitusi bahan tambah 0,7 semakin naik nilai kuat tekannya menjadi 20.01 MPa atau berkisar naik 27,03% dari beton dengan agregat pengganti tanpa bahan tambah. dari keseluruhan hasil pengujian beton variasi, nilai kuat tekan cenderung masih lebih rendah dibandingkan beton normal, bahkan pada beton dengan agregat pengganti 30% tanpa bahan tambah yang memiliki hasil kuat tekan jauh dari kuat tekan beton normal. Hal ini diakibatkan karena pada pengujian nilai keausan agregat pengganti dinding bata merah memiliki nilai keausan yang cukup jauh dari batas keausan agregat kasar pada umumnya, yaitu senilai 63,8%, nilai tersebut sudah melampaui dari batas keausan agregat kasar yang telah ditentukan yaitu 40%. Namun pada saat mulai ditambah sika fiber polypropylene & sika viscocreate nilai kuat tekan mula merangkak naik.

Penambahan bahan tambah sika fiber dan sika *viscocreate* pada beton variasi memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kuat tekan dibandingkan variasi tanpa penambahan. Namun, pengaruh terbesar dalam meningkatkan nilai kuat tekan yaitu *sika fiber polypropylene*, hal ini sejalan dengan

penelitian yang dilakukan oleh (Khairizal dkk., 2015), penggunaan serat polypropylene pada beton normal terbukti mampu menaikkan kuat tekan pada penelitian tersebut pada dosis sika fiber 0% atau beton normal mendapat nilai kuat tekan 30 mpa, sedangkan pada beton dengan substitusi sika fiber polypropylene 0,5 kg/m³ mendapat nilai kuat tekan sebesar 33 mpa atau meningkat sekitar 10%, namun pada saat substitusi diatas 0,7 justru nilai kuat tekan semakin menurun. Dan pengaruh bahan tambah lainnya seperti sika viscocreate juga memberikan pengaruh positif terhadap hasil kuat tekan. hal ini juga sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Ira Puspitasari dkk., 2023) pada penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil kuat tekan 13.07 mpa untuk beton normal dan pada saat penambahan sika viscocreate 3115 N sebesar 1,5% dari kebutuhan semen mengalami kenaikan di angka 16,13 mpa. jika dibandingkan dengan beton normal, nilai kuat tekan beton variasi masih cenderung lebih rendah. maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penambahan sika fiber polypropylene & sika viscocreate dengan dosis yang tidak berlebihan dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton namun jika substitusi ditambah semakin banyak justru menurunkan nilai kuat tekan, pada penelitian kali ini masih tergolong dibatas normal dibuktikan nilai kuat tekan masih mengalami tren kenaikan di nilai 0.5 kg/m³ dan 0.7 kg/m³.

3.3. Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta. Pengujian benda uji balok dengan ukuran 15 x 15 x60 cm yang telah dilakukan perendaman selama 28 hari. Benda uji berjumlah 10 buah sampel dengan 4 variasi termasuk beton normal. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Gambar 4 berikut:



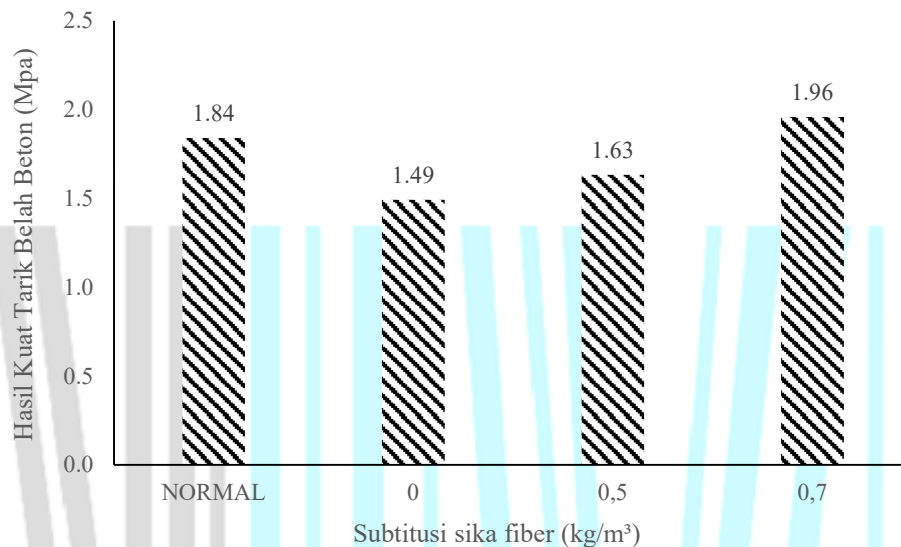
Gambar 4. Grafik Hasil Kuat Lentur Beton dengan 30% agregat pengganti bongkaran dinding bata merah

Berdasarkan data hasil pengujian, nilai kuat lentur beton mengalami perubahan signifikan di mana beton normal awalnya memiliki kuat lentur sebesar 4,40 MPa, pada saat mulai ada penggantian agregat kasar sebesar 30% dengan dinding bata merah nilai kuat lenturnya menurun secara drastis menjadi 2,77

MPa atau sekitar 37,05% akibat bata merah yang sifat dasarnya memang rapuh dan berpori. Hal ini didukung oleh data keausan agregat bata merah yang sangat jauh dari standar ketentuan yang telah ditentukan, yaitu sebesar 63,8%, nilai tersebut sudah melampaui dari batas keausan agregat kasar yang telah ditentukan yaitu 40%. Namun, saat mulai ditambahkan Sika Fiber dan Sika ViscoCrete dosis 0,5%, kuat lenturnya merangkak naik menjadi 3,56 MPa, Pada variasi ini, jika dibandingkan dengan beton dengan agregat pengganti tanpa bahan tambah memiliki kenaikan sebesar 28,52% . karena jalinan serat polipropilen tersebut mulai bekerja menahan gaya tarik atau patahan meskipun belum maksimal akibat adukan yang masih agak kaku dan berongga. Nilai kuat lentur kemudian melonjak tajam hingga mencapai puncaknya sebesar 4,76 MPa pada variasi dosis 0,7% atau mengalami kenaikan sebesar 1,22 mpa atau naik sekitar 71,84% dibandingkan dengan beton yang dengan agregat pengganti tanpa ditambahkan bahan tambah sika fiber dan viscocrete, hal ini membuktikan bahwa penambahan Sika ViscoCrete sebesar 0,7% merupakan dosis paling optimal karena cairan pengencer ini sukses membuat adukan menjadi encer, mudah mengalir, dan membuang rongga udara yang sempat terjebak. Kesimpulannya, Sika Fiber sangat efektif berfungsi sebagai penahan retak (crack arrester) melalui efek jembatan mikro, sementara Sika ViscoCrete bertindak sebagai kunci krusial yang mengoptimalkan kinerja serat tersebut; perpaduan keduanya pada dosis sika fiber & ViscoCrete 0,7% berhasil menciptakan struktur beton yang padat dan rapat, sehingga membuat serat Sika Fiber tercengkeram dengan sangat sempurna di dalam matriks beton untuk menghasilkan kuat lentur tertinggi yang bahkan sukses melampaui beton normal. Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sejalan dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Fatimah (2025), integrasi serat *polypropylene* dengan kadar 0,5% terbukti mampu mendongkrak kuat lentur serta daktilitas (keuletan) beton secara signifikan, sementara nilai kuat tekannya tidak mengalami penurunan yang drastis. Di samping itu, karakteristik retakan yang muncul cenderung lebih mikro dan terdistribusi merata, yang menandakan bahwa fraksi serat tersebut bekerja efektif dalam mengendalikan perambatan retak dini pada beton. dan peran superplasticizer juga mampu meningkatkan kuat lentur beton dibandingkan beton normal. Hal ini sejalan Pada penelitian terdahulu, Penelitian oleh (Hamdan dkk., 2024) Dalam jurnal ilmiah bertajuk "*Analisis Kuat Lentur Beton SCC Menggunakan Fiberglass Dengan Variasi Additive Sika Viscocrete*", peneliti membuktikan bahwa variasi penambahan aditif Sika ViscoCrete berperan vital dalam menjaga homogenitas campuran beton memadat mandiri (*Self Compacting Concrete / SCC*). Kombinasi Sika ViscoCrete menghasilkan peningkatan kapasitas lentur perkerasan beton yang signifikan karena penguraian serat di dalam matriks beton menjadi sangat merata berkat tingginya tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). peningkatan kuat lentur optimum terjadi pada kadar serat 0,7 kg/m³ dengan kenaikan 17,91%, pada penelitian ini peningkatan optimum juga diperoleh pada kadar 0,7 kg/m³ sebesar 8.18%. Perbedaan kadar optimum tersebut dipengaruhi oleh adanya penggantian sebagian agregat 30% dengan dinding bata yang jelas memiliki nilai keausan jauh diatas agregat kasar asli.

3.4. Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah 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 gambar 5 berikut:

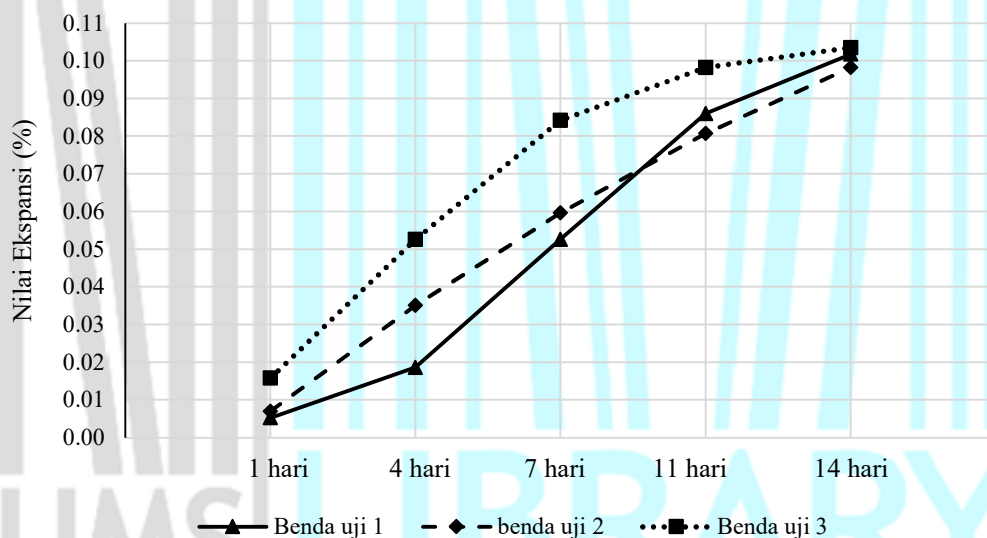


Gambar 5. Grafik Hasil Kuat Tarik Belah Beton dengan 30% agregat pengganti bongkaran dinding bata merah

Berdasarkan Gambar 5, beton normal memiliki kuat tarik belah sebesar 1,84 MPa. Sementara itu, beton dengan agregat pengganti 30% tanpa bahan tambah serat sika fiber dan viscocrete mengalami penurunan kuat tarik belah yang cukup besar, yakni sekitar 19.02% dengan nilai kuat tarik belah sebesar 1,49 MPa. Selanjutnya Pada beton dengan variasi penambahan serat sika fiber polypropylene & sika viscocrete substitusi 0,5, kuat tarik belah meningkat menjadi 1,63 Mpa atau berkisar naik 9.40% dibandingkan beton dengan agregat pengganti tanpa bahan tambah sebelumnya, kemudian dilanjutkan pada variasi substitusi bahan tambah 0,7 semakin naik nilai kuat tarik belah nya menjadi 1,96 MPa atau berkisar naik 31.54% dari beton dengan agregat pengganti tanpa bahan tambah. Nilai pada substitusi 0,7 tersebut bahkan mampu melampaui nilai kuat tarik belah beton normal sendiri. Penelitian ini sejalan dengan hasil pengujian kuat tekan, seluruh variasi beton dengan penambahan bahan tambah menunjukkan peningkatan nilai kuat tarik belah. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada variasi 0,7, yaitu sebesar 1.96 MPa. Nilai ini mengalami kenaikan sebesar 0,12 MPa atau sekitar 6.52% dibandingkan beton normal. Peningkatan kuat tarik belah ini terutama dipengaruhi oleh penambahan SikaFiber PPM-12 (serat polypropylene). Serat yang tersebar di dalam beton berperan dalam menahan dan memperlambat munculnya retak, karena memiliki kemampuan tarik dan sifat elastis yang cukup baik. Selain itu, penambahan Sika ViscoCrete 3115 N sebagai superplasticizer juga ikut berkontribusi melalui penurunan

kadar air, sehingga nilai faktor air-semen menjadi lebih kecil dan mutu beton meningkat. Berdasarkan hasil pengujian, kadar penambahan serat polypropylene yang paling efektif untuk meningkatkan kuat tarik belah beton berada pada variasi 0,7 kg/m³. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian (insani, 2023), di mana pada penelitian tersebut dianalisis penggunaan beberapa variasi Sika Fiber dan Sika ViscoCrete. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar Sika Fiber dan Sika ViscoCrete yang digunakan, nilai kuat tarik belah beton cenderung mengalami penurunan, Tetapi peningkatan terjadi di titik puncak yaitu divariasi 0,7 kg/m³ dan setelah variasi percampuran tersebut justru mengalami penurunan. Namun demikian, pada penelitian ini didapat nilai kuat tarik belah pada variasi 0,7 kg/m³ dengan hasil sebesar 1,96 Mpa belum mengalami penurunan, Maka variasi campuran 0,7kg/m³ masih dikategorikan aman karena belum mengalami penurunan.

3.5. Pengujian Alkali Silika



Gambar 6. Grafik pengujian alkali silika dengan agregat pengganti bongkaran dinding bata merah

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui nilai rata-rata pertambahan panjang masing-masing benda uji setelah dilakukan perendaman selama 14 hari pada suhu 80°C. Prosedur perendaman dilakukan dengan menggunakan air biasa pada hari pertama, kemudian dilanjutkan dengan perendaman menggunakan aquades hingga hari ke-14. Berdasarkan data hasil pengujian alkali-silika (ASR) yang diperoleh dari ketiga sampel benda uji beton dengan agregat pengganti pecahan bata merah, terlihat adanya tren peningkatan nilai ekspansi yang konstan seiring bertambahnya umur rendaman dari hari ke-1 hingga hari ke-14, di mana karakteristik teoretis bata merah yang kaya akan kandungan silika amorf akibat proses pembakaran tanah liat sangat memengaruhi tingkat reaktivitasnya terhadap mortar alkali. Pada pengujian Benda Uji 1, nilai ekspansi merangkak naik secara bertahap mulai dari 0,005% pada hari pertama, melewati angka 0,053% pada hari ke-7, hingga akhirnya menyentuh angka 0,102% pada hari ke-14 yang dikategorikan sebagai kondisi "berpotensi reaktif" karena telah melampaui batas kritis standar sebesar 0,10%. Pola serupa juga ditunjukkan oleh Benda Uji 3, di mana laju peningkatan ekspansinya

cenderung lebih agresif sejak awal rendaman dengan nilai 0,016% pada hari ke-1, meningkat menjadi 0,084% pada hari ke-7, dan berakhir di angka tertinggi sebesar 0,104% pada hari ke-14 yang secara teoretis juga masuk dalam kategori "berpotensi reaktif". Sebaliknya, Benda Uji 2 menunjukkan kinerja yang relatif lebih stabil dan paling aman dengan nilai ekspansi hari ke-1 sebesar 0,007%, hari ke-7 sebesar 0,049%, dan tertahan di bawah batas kritis pada hari ke-14 yaitu sebesar 0,098% sehingga masuk dalam kategori "tidak reaktif". Kesimpulan yang dapat ditarik dari keseluruhan data komparatif ini adalah bahwa penggunaan pecahan bata merah sebagai pengganti agregat memiliki risiko kerentanan jangka panjang terhadap fenomena reaksi alkali-silika. fluktuasi data pada umur 14 hari yang menembus batas 0,10% pada mayoritas benda uji mengindikasikan bahwa keberadaan silika aktif dari bata merah berpotensi memicu ekspansi internal pembentukan gel ASR yang memerlukan mitigasi lebih lanjut jika diaplikasikan pada lingkungan basah atau lembap. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Dwi Rusgiana & Musalamah, 2022), penggunaan tumbukan batu bata dengan kadar yang berlebihan dapat memicu reaksi alkali silika karena tingginya kandungan silika pada bata merah. Reaksi tersebut menghasilkan gel alkali-silika yang menyebabkan pemuaihan dan retak pada mortar. Secara umum, penggunaan agregat yang berpotensi mengandung silika reaktif dapat memberikan dampak terhadap kinerja beton dalam jangka panjang apabila tidak disertai upaya mitigasi. Reaksi alkali-silika yang terjadi secara perlahan akan menyebabkan ekspansi internal dan pembentukan retak mikro, sehingga durabilitas beton menurun. Penurunan durabilitas tersebut dapat mengurangi kemampuan beton dalam menahan pengaruh lingkungan, mempercepat proses kerusakan struktur, dan mengurangi umur rencana konstruksi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

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

- 4.1.1. Penambahan *Sika Fiber* mampu meningkatkan sifat mekanis beton khususnya kuat tarik belah dan kuat lentur melalui mekanisme penahanan retak (*crack-arrest mechanism*), sementara penggunaan *Sika Viscocrete* sebagai *superplasticizer* efektif meningkatkan kemudahan pengerjaan (*workability*) serta memadatkan matriks beton sehingga meningkatkan kuat tekan secara signifikan dibandingkan beton konvensional tanpa bahan tambah.
- 4.1.2. Penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah bongkaran dinding bata merah berpengaruh terhadap performa mekanis beton, penyerapan air yang tinggi dari limbah bata cenderung menurunkan kuat tekan dan modulus elastisitas umur muda, namun kombinasi penambahan *Sika Fiber* dan *Sika Viscocrete* mampu menutupi kelemahan tersebut dengan mempertahankan nilai kuat lentur dan kuat tarik belah tetap optimal.
- 4.1.3. Penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah bongkaran dinding bata cenderung menurunkan *workability* dan nilai *slump* beton akibat sifat porositas bata yang menyerap air, namun kelemahan

tersebut berhasil dikompensasi secara efektif oleh *Sika ViscoCrete* yang meningkatkan keenceran adonan tanpa menambah air. Sementara itu, penambahan *Sika Fiber* memberikan kohesivitas ekstra yang sedikit menahan alir adonan tetapi sangat efektif mencegah terjadinya segregasi dan *bleeding*, sehingga kombinasi ketiga bahan tersebut menghasilkan beton segar yang tetap mudah dikerjakan (*workable*) dan homogen.

- 4.1.4. Pemanfaatan limbah bongkaran bata merah menunjukkan dampak signifikan terhadap potensi ASR, di mana mayoritas sampel pengujian (2 dari 3 benda uji dinyatakan reaktif). Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan silika amorf pada limbah bata merah meningkatkan kerentanan beton/mortar terhadap ekspansi gel ASR.

4.2. Saran

Untuk memperdalam kajian dalam penelitian, adapun saran-saran sebagai berikut:

- 4.2.1. Mengingat penggantian 30% agregat memberikan penurunan kekuatan yang terlalu tajam dan gagal dipulihkan sepenuhnya oleh dosis bahan tambah maksimal (0,7%), 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.
- 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)

DAFTAR PUSTAKA

- Asrullah, D. R. A. K. A. (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).
- 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. 1(1).
- Hamdan, H., Adnan, A., & Muis B., A. (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>
- Insani, F. I. (2023). *Pengaruh penambahan Sika Fiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N terhadap kekuatan beton (The impact of adding Sika Fiber PPM-12 and Viscocrete 3115 N on the concrete strength)*.
- Ismaya, A., Riza, F. V., & Hadipramana, J. (2022). Sifat beton segar dan kuat tekan beton padat sendiri (Self-Compacting Concrete/SCC) dengan ban vulkanisir dan serat polypropylene. *Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 1(3).
- Khairizal, Y., Kurniawandy, A., & Kamaldi, A. (2015). Pengaruh penambahan serat polypropylene terhadap sifat mekanis beton normal. *JOM FTEKNIK*, 2(2).

- Puspitasari, I., & Uisharmandani, L. (2023). Kajian eksperimental beton menggunakan admixture Sika Viscocrete 3115N untuk meningkatkan kuat tekan. *17*(1).
- Sabara, A. R., Rifqi, M. R., Febriant, M., & Fadiah, D. (2023). Studi eksperimental pengaruh variasi panjang polypropylene fibre terhadap performa beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 9, 125–135. <https://doi.org/10.26760/rekaracana>
- Sejati, A. W., & Magfirona, A. (2025). Analisis performa beton mutu tinggi dengan bahan tambah superplastisizer, retarder, dan Naptha 676 pada proyek preservasi jalan Weleri–Kendal–Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2025*.
- Sudjatmiko Aliem, I. A. R. (2020). Pemanfaatan limbah bongkaran dinding pasangan batu bata dalam pembuatan paving blok sebagai pengganti pasir, 66–71.
- Syarif, M., Huseiny, A., & Nursani, R. (2020). Pengaruh bahan tambah serat fiber terhadap kuat tekan dan lentur beton. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.
- Zulfitriah, A., Mustakim, & Imam, F. (2024). Pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dengan penambahan additive beton mix terhadap nilai kuat tekan beton, 5.

