



Perbandingan Penambahan Serat Baja *Dramix 3D* dan *Polymer Kratos Microfiber* Terhadap Sifat Mekanik Beton

Ahmad Utanaka

Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

Mohamad Galuh Khomari

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

Wahyu Satyaning Budhi

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

Jimmy Chandra

Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

Mohammad Fadli

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

Alamat: Jl. Jenderal Sudirman RT 02 RW 04 No. 51, Karet Semanggi, Jakarta 12930

Jalan Raya Jember KM 13 Banyuwangi, Jawa Timur 68461

Korespondensi penulis: ahmad.utanaka@poliwangi.ac.id

Abstract. *Conventional concrete suffers from low tensile strength. This study experimentally investigates the effect of adding two fiber types Dramix 3D steel and Kratos Microfiber polymer on the compressive and split tensile strength of 20 MPa concrete. Cylindrical specimens were prepared, including plain concrete and mixes with each fiber at dosages of 0.45% and 1.25%. Tests at 28 days showed that Dramix 3D fibers enhanced both properties, with optimal improvements of 6.10% in compressive strength and 5.12% in split tensile strength at the 1.25% dosage. Conversely, Kratos Microfiber reduced both strengths, with maximum decreases of 15.05% (compressive) and 17.89% (split tensile) at 1.25%. It is concluded that Dramix 3D steel fiber is effective as supplementary reinforcement, while the use of Kratos Microfiber requires further investigation to determine its optimal proportion. These findings are crucial for material selection in improving concrete's structural performance.*

Keywords: *Fiber Concrete, Dramix 3D, Kratos Microfiber, Compressive Strength, Split Tensile Strength.*

Abstrak. Beton konvensional memiliki kelemahan mendasar pada kuat tariknya yang rendah. Penambahan serat menjadi solusi untuk meningkatkan kinerja mekanis beton. Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh penambahan dua jenis serat, yaitu baja *Dramix 3D* dan polimer *Kratos Microfiber*, terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Metode penelitian eksperimental dilakukan dengan membuat benda uji silinder beton dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Variabel penelitian terdiri atas beton normal, beton dengan serat *Dramix 3D* (0,45% dan 1,25%), dan beton dengan serat *Kratos*

Received Desember 02, 2025; Revised Desember 04, 2025; Accepted Desember 05, 2025

*Corresponding author, ahmad.utanaka@poliwangi.ac.id

Microfiber (0,45% dan 1,25%). Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat *Dramix 3D* meningkatkan kedua sifat mekanis beton, dengan peningkatan optimal pada kadar 1,25% sebesar 6,10% untuk kuat tekan dan 5,12% untuk kuat tarik belah. Sebaliknya, serat *Kratos Microfiber* justru menurunkan kedua sifat tersebut, dengan penurunan terbesar hingga 15,05% (kuat tekan) dan 17,89% (kuat tarik belah) pada kadar 1,25%. Disimpulkan bahwa serat baja *Dramix 3D* lebih efektif digunakan sebagai tulangan tambahan, sementara penggunaan serat polimer *Kratos Microfiber* memerlukan kajian lebih lanjut mengenai proporsi optimalnya. Temuan ini penting sebagai pertimbangan dalam pemilihan material untuk meningkatkan kinerja struktural beton.

Kata kunci: Beton Serat, Dramix 3D, Kratos Microfiber, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah.

LATAR BELAKANG

Beton telah menjadi material fundamental dalam infrastruktur modern seiring dengan pesatnya perkembangan sektor konstruksi, baik di Indonesia maupun secara global. Material ini memiliki sejumlah keunggulan, seperti kuat tekan yang tinggi, daya tahan terhadap berbagai kondisi iklim, kemudahan dalam aplikasi dan perawatan, serta nilai ekonomis yang baik. Sifat-sifat ini menjadikannya pilihan ideal untuk struktur yang memerlukan umur panjang dengan pemeliharaan minimal. Namun, di balik keunggulannya tersebut, beton memiliki kelemahan mendasar, yaitu kuat tariknya yang rendah.

Untuk meningkatkan kuat tarik beton dapat dilakukan dengan menambahkan serat (*fiber*) pada campuran beton sehingga beton menjadi *Fiber Reinforced Concrete*. *Fiber Reinforced Concrete* menjadi salah satu inovasi dalam meningkatkan sifat mekanis, ketahanan retak, dan daya tahan, menjadikan *Fiber Reinforced Concrete* sebagai material yang dapat digunakan dalam konstruksi yang berkelanjutan. Pada beberapa penelitian sebelumnya, *Fiber Reinforced Concrete* dapat meningkatkan kekuatan baik dari segi mekanikal (kuat tarik dan kuat lentur) maupun durabilitas (Aslani et al., 2020; El-Abbasy, 2023; Khaleel et al., 2025; Wang et al., 2025). Jenis serat (*fiber*) yang ditambahkan pada beton dalam penelitian ini adalah serat baja *Dramix 3D* dan serat *Polymer Kratos Microfiber*.

Serat baja *Dramix 3D* banyak digunakan untuk meningkatkan sifat mekanis dan daya tahan beton dengan meningkatkan kekuatan tarik, daktilitas, dan ketahanan retak baik pada beton normal maupun pada beton mutu tinggi (Shen et al., 2019; Simangunsong

et al., 2024). Ujung serat baja *Dramix 3D* yang berbentuk kait membantu dalam mengikat bahan-bahan campuran dalam beton yang dibutuhkan untuk meningkatkan kekuatan dan daktilitas pascaretak, serta mengurangi lendutan jangka panjang (Simões et al., 2017; Sryh & Forth, 2023). *Polymer Kratos Microfibers* dipilih karena serat ini memiliki ukuran yang halus memungkinkan penyebaran yang merata saat pencampuran, tahan terhadap korosi karena berbahan sintetis dan ringan. Sehingga dengan menambahkan dalam jumlah dapat menghasilkan peningkatan pemforma beton (Ashad et al., 2020). Kadar serat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0,45% dan 1,25%, kadar serat ini dipilih untuk mengamati pengaruh serat dalam kadar sedang dan kadar tinggi terhadap nilai kuat tekan dan tarik belah beton.

KAJIAN TEORITIS

Beton Serat

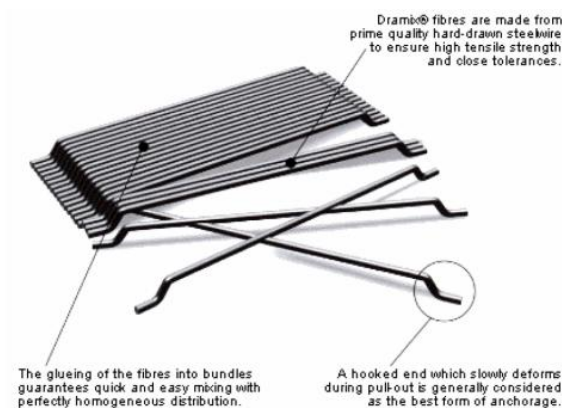
Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

Beton serat (*fiber concrete*) adalah suatu struktur komposit yang terdiri dari beton biasa dan material lain yang berupa serat, serat yang digunakan umumnya berbentuk batang dengan diameter 5-500 μm (mikro meter) dan panjang sekitar 25 mm hingga 100 mm (Pratiwi et al., 2016). Bahan serat dapat berupa: serat asbest, serat tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat polymer dan plastik (*polypropylene*), atau serat baja yang dengan penambahan serat dapat membantu sifat mekanik beton terutama pada kuat tekan dan tarik (Pujiyanto et al., 2021). Dengan menambahkan serat maka sifat-sifat beton dapat meningkat, seperti meningkatnya daktilitas, ketahanan benturan, kuat tarik dan lentur, ketahanan terhadap lelah, ketahanan terhadap pengaruh penyusutan, ketahanan terhadap abrasi, ketahanan terhadap pecah atau fragmentasi, ketahanan terhadap pengelupasan (Al Huseiny & Nursani, 2020; Setiati, 2016).

Serat Baja *Dramix 3D*

Serat baja *Dramix 3D*, yang banyak diaplikasikan dalam industri konstruksi, memiliki konfigurasi tiga dimensi dengan ujung berkait (*hooked-end*) pada kedua sisinya. Konfigurasi ini berfungsi untuk meningkatkan mekanisme penjangkaran (*anchorage*) di dalam matriks beton, sehingga meningkatkan daya ikat antar-muka (*interfacial bond*)

(Isneini et al., 2024). Dalam konteks performa komposit beton berserat, panjang serat merupakan salah satu parameter geometri kritis yang signifikan mempengaruhi perilaku mekanik material (Isneini et al., 2024). Serat baja *Dramix 3D* memiliki ukuran panjang (l) 35 mm, diameter (d) 0,55 mm, dan aspek rasio (l/d) 65 (Sampurno et al., 2019).



Gambar 1. Serat Baja Dramix 3D (Aghniaey, 2013)

Polymer Kratos Microfiber

Polymer Kratos Microfiber adalah jenis serat sintetis yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan mengurangi retak pada beton. Serat ini biasanya memiliki panjang 12 mm dan diameter 17-21 mikron, serta kekuatan tarik antara 800-1100 Mpa² (Kratos Solutions, 2022). Serat ini sangat efektif dalam mengurangi retak permukaan dan rambut beton (Kratos Solutions, 2022). *Polymer Kratos Microfiber* yang diproduksi dari polyamide 6.6 sesuai dengan standar EN 14889-2 class 1, memberikan hasil lebih baik untuk mencegah retak susut plastis dan susut beton jangka panjang bila dibandingkan dengan serat polypropylene dan basalt (Kratos Solutions, 2022).



Gambar 2. *Polymer Kratos Microfiber*

Kuat Tekan Beton

Salah satu indikator kualitas beton adalah kuat tekan dan menjadi parameter kunci dalam perencanaan struktur beton bertulang (Liu & Sun, 2023). Kuat tekan beton dihitung

dengan membagi hasil pengujian beban maksimum yang diterima dengan luas penampang melintang benda uji menggunakan persamaan berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

Satuan kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau N/mm²

P = gaya tekan aksial (Newton, N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm²)

Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton diperlukan sebagai salah satu parameter rancangan elemen struktur beton yang bertujuan untuk melakukan evaluasi ketahanan geser beton, kuat tarik belah beton dihitung menggunakan persamaan berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2014):

$$T = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d} \quad (2)$$

T = kuat tarik belah (MPa)

P = beban maksimum yang ditunjukkan mesin uji (N)

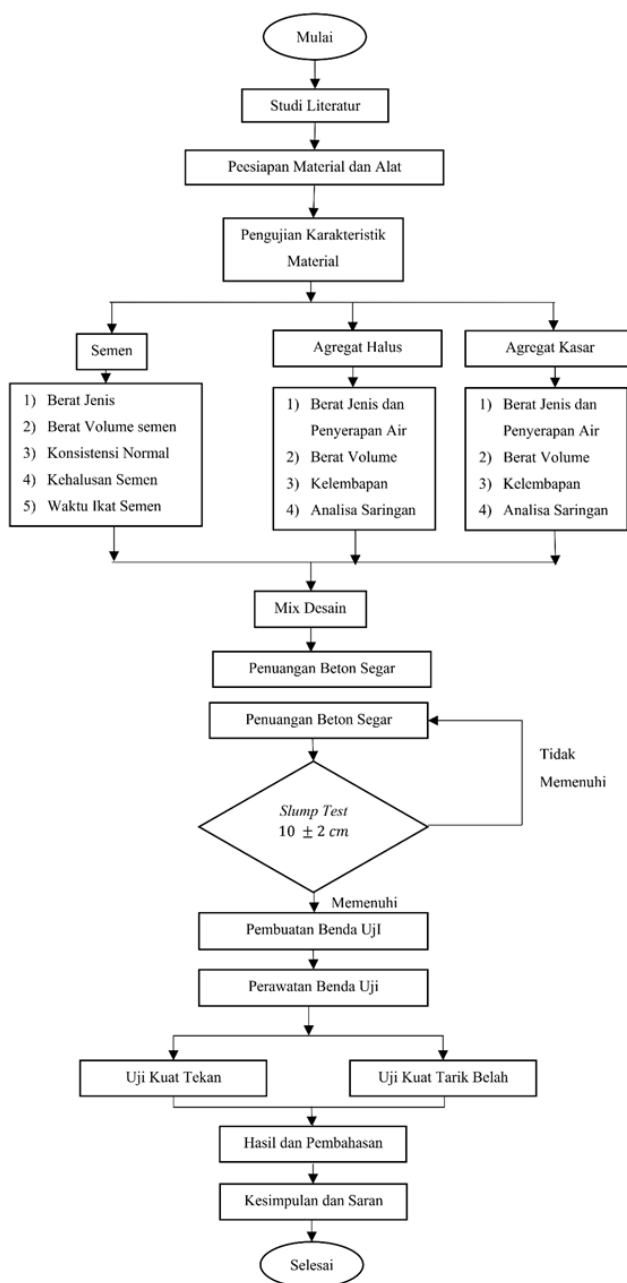
l = panjang benda uji (mm)

d = diameter benda uji (mm)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan persiapan material serta alat, dilanjutkan dengan tahap pengujian karakteristik material yang mencakup semen (berat jenis, berat volume, konsistensi normal, kehalusan, dan waktu ikat), agregat halus dan kasar (masing-masing meliputi berat jenis, penyerapan air, berat volume, kelembapan, dan analisa saringan). Setelah itu, dilakukan *mix design* sebagai dasar untuk penuangan beton segar yang kemudian diuji menggunakan *slump test* dengan toleransi 10 ± 2 cm; jika hasilnya tidak memenuhi, proses penuangan diulang, namun jika memenuhi, maka

dilanjutkan dengan pembuatan benda uji. Benda uji tersebut kemudian dirawat (*curing*) sebelum akhirnya diuji kuat tekan dan kuat tarik belah, yang hasilnya dianalisis lebih lanjut. Kuat tekan beton dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 dan kuat tarik belah beton dihitung menggunakan Persamaan 2. Secara rinci, bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Benda uji campuran beton yang dibuat adalah benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi benda uji 30 cm dengan kuat tekan rencana 20 MPa yang diuji pada umur 28 hari. Klasifikasi benda uji dibedakan menjadi 3 yaitu beton normal, beton dengan tambahan serat 0,45%, dan beton dengan tambahan serat 1,25%. Secara rinci, jumlah benda uji beton berdasarkan masing-masing kategori dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Sampel Benda Uji Silinder Beton Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Klasifikasi	Jenis Pengujian	Umur Beton	Jumlah Sampel	Total Sampel
Beton normal	Kuat tekan	28 hari	2	5
	Kuat tarik belah	28 hari	3	
Beton + 0,45% baja <i>Dramix 3D</i>	Kuat tekan	28 hari	2	5
	Kuat tarik belah	28 hari	3	
Beton + 0,45% <i>Polymer Kratos Microfiber</i>	Kuat tekan	28 hari	3	6
	Kuat tarik belah	28 hari	3	
Beton + 1,25% baja <i>Dramix 3D</i>	Kuat tekan	28 hari	3	6
	Kuat tarik belah	28 hari	3	
Beton + 1,25% <i>Polymer Kratos Microfiber</i>	Kuat tekan	28 hari	3	6
	Kuat tarik belah	28 hari	3	

Hasil Uji Kuat Tekan Beton

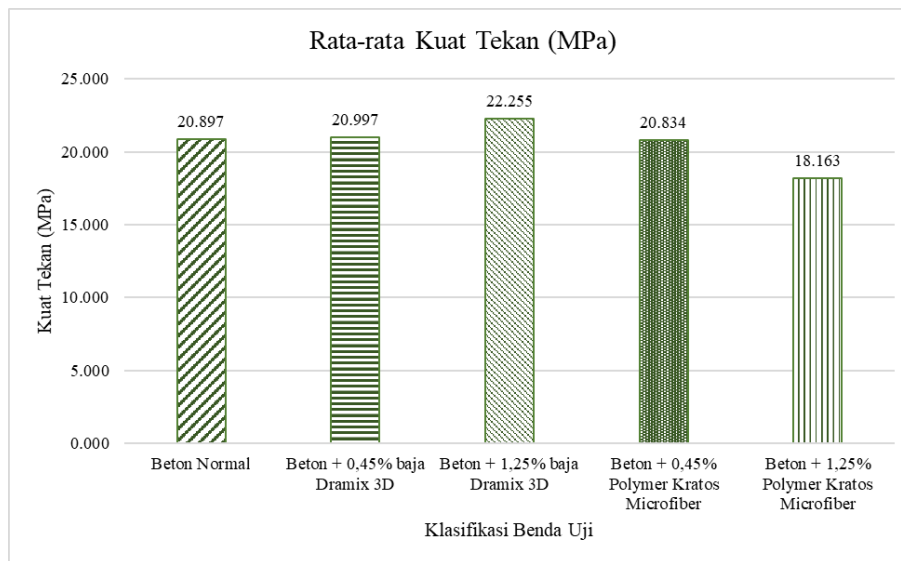
Uji kuat tekan dilakukan menggunakan compressing testing machine pada umur 28 hari pada beton silinder yang telah di *capping*. Mesin tekan akan menampilkan beban maksimum yang diterima oleh benda uji, data beban tersebut diperlukan dalam perhitungan kuat tekan dengan ditambah data dari luas permukaan beton silinder. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Klasifikasi	Berat (kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
Beton Normal	11,424	368,474	20,851	20,897
	11,456	370,098	20,943	
Beton + 0,45% baja <i>Dramix 3D</i>	11,884	370,059	20,941	20,997
	11,726	372,035	21,053	
Beton + 1,25% baja <i>Dramix 3D</i>	11,608	412,350	23,350	22,255
	11,648	382,642	21,653	
	11,684	384,540	21,761	
Beton + 0,45% Polymer <i>Kratos Microfiber</i>	11,600	393,112	22,046	20,834
	11,556	372,062	21,062	
	11,396	342,701	19,393	
Beton + 1,25% Polymer <i>Kratos Microfiber</i>	11,572	320,959	18,163	18,163
	11,532	307,025	17,374	
	11,402	334,912	18,952	

Contoh perhitungan luas, volume, dan kuat tekan benda uji beton adalah sebagai berikut:

- a. Beban maksimum (P) = 368,474 kN = 368474 N
- b. Tinggi benda uji = 30 cm
- c. Diameter benda uji = 15 cm
- d. Volume benda uji = $\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times t$
 = $\frac{1}{4} \pi \times 15^2 \times 30$
 = 5.303,57 cm³
- e. Luas permukaan benda uji (A) = $\frac{1}{4} \pi \times D^2$
 = $\frac{1}{4} \pi \times 15^2$
 = 176,71 cm² = 17671 mm²
- f. Nilai kuat tekan (MPa) = P / A
 = 368474 N / 17671 mm²
 = 20,85 MPa



Gambar 4. Grafik Rata-rata Kuat Tekan Beton

Gambar 3 menunjukkan perbandingan kuat tekan rata-rata untuk masing-masing klasifikasi jenis beton yaitu beton normal, beton dengan penambahan serat baja *Dramix 3D*, dan beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber*. Berdasarkan nilai rata-rata kuat tekan, menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat tekan pada beton dengan penambahan serat baja *Dramix 3D* sebesar 0,45% dan 1,25%. Beton dengan penambahan serat baja *Dramix 3D* 0,45% menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 0,48%, sedangkan beton dengan penambahan serat baja *Dramix 3D* 1,25% menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 6,10%, sehingga semakin besar proporsi penambahan serat baja *Dramix 3D* maka semakin meningkatkan kuat tekan. Beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* menunjukkan penurunan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal, beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* 0,45% menunjukkan penurunan kuat tekan sebesar 0,48%, sedangkan beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* 1,25% menunjukkan penurunan kuat tekan sebesar 15,05%. Hal tersebut menunjukkan semakin besar proporsi penambahan *Polymer Kratos Microfiber* maka akan menurunkan kuat tekan beton.

Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Uji kuat tekan dilakukan menggunakan compressing testing machine pada umur 28 hari pada beton silinder yang telah di *capping*. Mesin tekan akan menampilkan beban

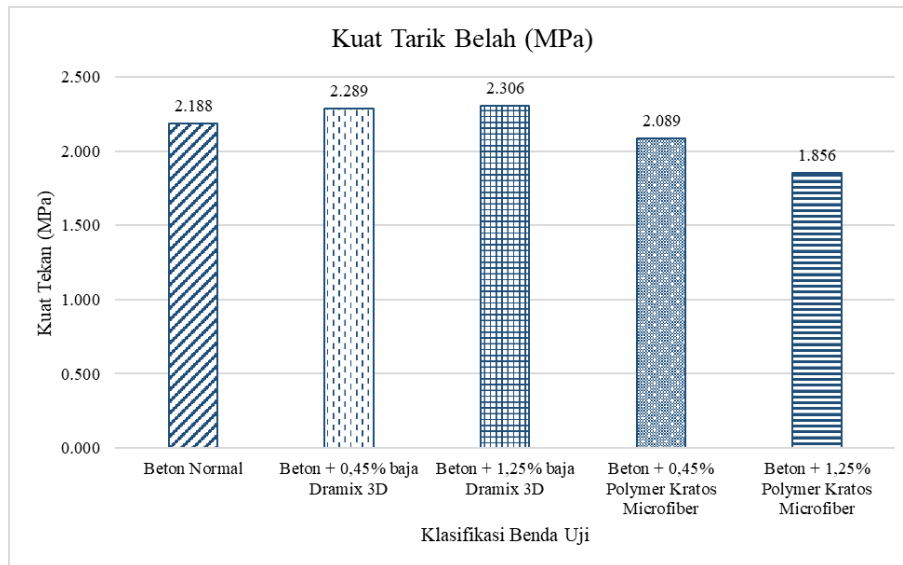
maksimum yang diterima oleh benda uji, data beban tersebut diperlukan dalam perhitungan kuat tekan dengan ditambah data dari luas permukaan beton silinder. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 5.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Klasifikasi	Berat (kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
Beton Normal	11,648	168,400	2,382	2,188
	11,524	163,648	2,315	
	11,662	131,867	1,867	
Beton + 0,45% baja <i>Dramix 3D</i>	11,684	159,508	2,257	2,289
	11,758	157,294	2,225	
	11,522	168,495	2,384	
Beton + 1,25% baja <i>Dramix 3D</i>	11,626	173,667	2,457	2,306
	11,624	160,786	2,275	
	11,734	154,623	2,187	
Beton + 0,45% Polymer <i>Kratos Microfiber</i>	11,626	139,376	1,972	2,089
	11,596	139,452	1,973	
	11,490	164,068	2,321	
Beton + 1,25% Polymer <i>Kratos Microfiber</i>	11,378	124,931	1,767	1,856
	11,560	141,857	2,007	
	11,442	126,839	1,794	

Contoh perhitungan kuat tarik belah benda uji beton adalah sebagai berikut:

- g. Beban maksimum (P) = 168,400 kN = 168400 N
- h. Tinggi benda uji = 30 cm
- i. Diameter benda uji = 15 cm
- j. Nilai kuat tarik belah (T) = $2P / (\pi \times l \times d)$
 $= 2 \times 168400 / (\pi \times 150 \times 300)$
 $= 2,382 \text{ MPa}$



Gambar 5. Grafik Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian tarik belah beton pada Gambar 5 menunjukkan hasil yang berbanding lurus dengan hasil kuat tekan beton. Dimana kuat tarik belah beton dengan serat baja *Dramix 3D* terus meningkat sedangkan beton dengan penurunan muat tarik belah beton. Berdasarkan nilai rata-rata kuat tarik belah beton dengan penambahan serat baja *Dramix 3D* sebesar 0,45% meningkatkan kuat tarik belah beton sebesar 4,41% dibandingkan dengan beton normal dan beton dengan penambahan serat baja *Dramix 3D* sebesar 1,25% meningkatkan kuat tarik belah beton sebesar 5,12% dibandingkan dengan beton normal. Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan penambahan serat baja *Dramix 3D* meningkatkan kuat tarik belah beton, semakin besar proporsi yang digunakan maka semakin besar nilai kuat tarik belah beton. Sedangkan, beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* menunjukkan hal yang berbanding terbalik, beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* 0,45% menunjukkan penurunan kuat tarik belah sebesar 4,74% dan beton dengan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* 1,25% menunjukkan penurunan kuat tarik belah sebesar 17,89%. Hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan penurunan kuat tarik belah jika beton ditambahkan *Polymer Kratos Microfiber*, semakin besar proporsi penambahan *Polymer Kratos Microfiber* maka akan menurunkan nilai kuat tarik belah beton.

Penambahan serat pada beton dapat mempengaruhi kuat tekan maupun kuat tarik belah beton. Lekukan pada serat baja *Dramix 3D* berfungsi sebagai pengikat antar material pada campuran beton, sehingga proporsi jumlah penggunaan serat baja *Dramix 3D* berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. *Polymer Kratos Microfiber* yang ditambahkan pada campuran beton dapat menjadi alternatif yang efektif dalam meningkatkan kuat tekan maupun kuat tarik belah beton jika digunakan pada proporsi yang lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan penambahan *Polymer Kratos Microfiber* yang dilakukan pada penelitian ini berbanding terbalik dalam peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah beton, beberapa faktor diantaranya adalah distribusi serat, ikatan antar material, atau *workability* campuran.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat baja *Dramix 3D* terbukti efektif dalam meningkatkan sifat mekanis beton, di mana kadar 1,25% menghasilkan peningkatan kuat tekan sebesar 6,10% dan kuat tarik belah sebesar 5,12% dibandingkan beton normal. Sebaliknya, penambahan serat *Polymer Kratos Microfiber* justru menurunkan performa beton secara signifikan, dengan penurunan kuat tekan hingga 15,05% dan kuat tarik belah hingga 17,89% pada kadar 1,25%. Dengan demikian, serat baja *Dramix 3D* direkomendasikan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatan beton, sementara penggunaan *Polymer Kratos Microfiber* perlu kajian lebih lanjut terkait proporsi optimal dan faktor lain seperti distribusi serat dan *workability* campuran. Disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut mengenai durabilitas, perilaku pasca-retak, dan sifat-sifat lain seperti modulus elastisitas dan ketahanan aus, untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa beton bertulang serat dalam aplikasi struktural.

DAFTAR REFERENSI

- Aghniaey, N. (2013). *BEHAVIOUR OF SELF CONSOLIDATING STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE BEAMS UNDER REVERSED CYCLIC LOADING* (Issue March). University of Ottawa.
- Al Huseiny, M. S., & Nursani, R. (2020). PENGARUH BAHAN TAMBAH SERAT

FIBER TERHADAP KUAT TEKAN DAN LENTUR BETON. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(2), 63–69.

- Ashad, H., Fadhil, A., Maruddin, M., Iqbal, M., Irianto, H., & Sugita, A. (2020). Kontribusi Serat Fiber dan Polimer Terhadap Sifat-Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(3), 290–298.
- Aslani, F., Hamidi, F., Valizadeh, A., & Dang, A. T.-N. (2020). High-performance fibre-reinforced heavyweight self-compacting concrete: Analysis of fresh and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 232, 117230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117230>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 (Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 2491:2014 (Metode uji keekuatan tarik belah spesimen beton silinder)*. Badan Standardisasi Nasional.
- El-Abbasy, A. A. (2023). Tensile, flexural, impact strength, and fracture properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete – A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 408, 133621. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133621>
- Isneini, M., Widyawati, R., Naufal, M., & Napatino, V. (2024). Pengaruh variasi panjang serat baja dramix 3D terhadap beton konvensional dan self compacting concrete. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 4(1), 243–251.
- Khaleel, H. H. Z., Khan, M., Starr, A., Sadawi, N., Mohamed, O. A., Khalil, A., & Esaker, M. (2025). Parametric study for optimizing fiber-reinforced concrete properties. *Structural Concrete*, 26(1), 88–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/suco.202300509>
- Kratos Solutions. (2022). *Kratos Micro 12 mm – Technical Data Sheet*. Çimsa.
- Liu, G., & Sun, B. (2023). Case Studies in Construction Materials Concrete compressive strength prediction using an explainable boosting machine model. *Case Studies in Construction Materials*, 18(October 2022), e01845. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e01845>
- Pratiwi, S., Prayuda, H., & Saleh, F. (2016). Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi Fibre Optic dan Pecahan Kaca. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 19(1), 55–67.

- Pujianto, A., Faizah, R., Wijaya, D. A., Abdurajak, J., Prayuda, H., & Wijaya, H. (2021). Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Serat Menggunakan Agregat Ringan. *Semesta Teknika*, 24(1), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/st.v24i1.12084>
- Sampurno, A. D., Satyarno, I., & Mulyono, A. T. (2019). PENGARUH SERAT BAJA (DRAMIX) TERHADAP KUAT LENTUR PADA ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC). *INERSIA*, 15(1), 43–53.
- Setiati, N. R. (2016). KAJIAN PENAMBAHAN SERAT SINTETIK PADA CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON. *Jurnal Permukiman*, 11(1), 1–16.
- Shen, D., Liu, X., Li, Q., Sun, L., & Wang, W. (2019). Early-age behavior and cracking resistance of high-strength concrete reinforced with Dramix 3D steel fiber. *Construction and Building Materials*, 196, 307–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.125>
- Simangunsong, A., Tarigan, J., Nursyamsi, & Bakara, R. (2024). Effect of Addition of Dramix 3D Steel Fiber on Compressive Strength and Tensile Strength in Hpc (High-Performance Concrete) Concrete. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 5(11), 5291–5305. <https://doi.org/https://doi.org/10.59141/jist.v5i11.8761>
- Simões, T., Octávio, C., Valença, J., Costa, H., Dias-da-Costa, D., & Júlio, E. (2017). Influence of concrete strength and steel fibre geometry on the fibre/matrix interface. *Composites Part B: Engineering*, 122, 156–164. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.04.010>
- Sryh, L., & Forth, J. (2023). Long-term loss of tension stiffening of concrete containing recycled aggregate and steel fibres. *Structures*, 54, 1312–1319. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.05.145>
- Wang, G., Zhuang, Y., Song, L., He, Z., Zhang, J., & Zhou, H. (2025). Mechanical properties and failure mechanism of fiber-reinforced concrete materials: Effects of fiber type and content. *Construction and Building Materials*, 465, 140190. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140190>