

Analisis Kombinasi Campuran Serat Baja dan Kawat Bendrat pada Beton Konvensional

Laila Indah Rahmanisa¹⁾

Mohd. Isneini²⁾

Vera Agustriana Noorhidana³⁾

Ratna Widyawati⁴⁾

Abstract

Conventional concrete is concrete with mixed ingredients consisting of cement, water, coarse aggregate and fine aggregate. Conventional concrete has weaknesses, namely that it is weak in tensile strength and is brittle. To overcome low tensile strength, conventional concrete can be mixed with fiber. In this research, a combination of 3D Dramix steel fiber and bentrat wire fiber was added. The aim of this research is to find the optimal mixture ratio of 3D Dramix steel fibers and bentrat wire, because by knowing the optimal mixture ratio, the best formulation for concrete work can be found and can reduce expenditure on material requirements (low effort, high impact). This research was carried out by adding volume fractions of 0%, 1% and 1.5% of the concrete mix volume. The test specimens used were cylinders with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm for compressive strength, and blocks with dimensions of (100 x 100 x 400) mm for flexural tensile strength. From the results of the research, conclusions have been drawn: (1) From the combination of 3D Dramix and bentrat wire, a comparison was obtained that gave the most optimum results for increasing the compressive strength value, namely at a variation level of 0.5% 3D Dramix and 0.5% bentrat wire in the volume fraction. 1%. (2) From the combination of 3D Dramix and bentrat wire, a ratio was obtained that gave the most optimum results for increasing the flexural tensile strength value, namely at a variation level of 0.5% 3D Dramix and 1% bentrat wire at a volume fraction of 1.5%.

Keywords: Dramix 3D steel fiber, bend wire, compressive strength, flexural tensile strength.

Abstrak

Beton konvensional adalah beton dengan bahan campuran yang terdiri dari semen, air, agregat kasar, dan agregat halus. Beton konvensional memiliki kelemahan, yaitu lemah terhadap tarik dan bersifat getas. Untuk mengatasi kuat tarik yang rendah, beton konvensional dapat dicampurkan dengan serat. Pada penelitian ini, dilakukan penambahan kombinasi campuran serat baja 3D Dramix dan serat kawat bendrat. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari perbandingan campuran serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat yang optimal, karena dengan mengetahui perbandingan campuran yang optimal maka dapat ditemukan formulasi terbaik dari kerja beton serta dapat menekan pengeluaran untuk kebutuhan material (*low effort, high impact*). Penelitian ini dilakukan dengan penambahan volume fraksi 0%, 1%, dan 1,5% dari volume adukan beton. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk kuat tekan, dan balok dengan ukuran (100 x 100 x 400) mm untuk kuat tarik lentur. Dari hasil penelitian telah didapat kesimpulan : (1) Dari campuran kombinasi 3D Dramix dan kawat bendrat didapat perbandingan yang memberikan hasil paling optimum untuk menaikkan nilai kuat tekan yaitu pada kadar variasi 3D Dramix 0,5% dan kawat bendrat 0,5% di volume fraksi 1%. (2) Dari campuran kombinasi 3D Dramix dan kawat bendrat didapat perbandingan yang memberikan hasil paling optimum untuk menaikkan nilai kuat tarik lentur yaitu pada kadar variasi 3D Dramix 0,5% dan kawat bendrat 1% di volume fraksi 1,5%.

Kata kunci : Serat baja 3D Dramix, kawat bendrat, kuat tekan, kuat tarik lentur.

¹⁾Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: lailaindahrahmanisa1@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

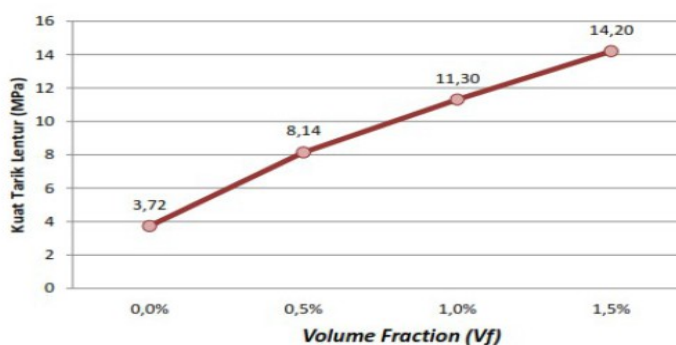
I. PENDAHULUAN

Beton konvensional memiliki kelemahan terhadap tarik dan sifat yang getas. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut, seringkali perlu dilakukan perbaikan atau perkuatan pada beton konvensional dengan menambahkan bahan tambahan seperti serat baja atau kawat bendrat. Maksud utama dari penambahan serat kedalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah. Dengan menambahkan serat baja dalam beton polos, maka akan terjadi peningkatan kapasitas kekuatan beton secara signifikan Thomas (2007). Dari penelitian terdahulu banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serat baja karbon dan serat kawat bendrat pada beton mutu normal serta membandingkan serat baja karbon dengan kawat bendrat secara bersamaan, namun belum ada yang membuat penelitian dengan mengkombinasikan kedua serat, yaitu serat baja dan kawat bendrat pada beton konvensional.

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari efektifitas campuran serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat yang optimal, karena dengan mengetahui efektifitas campuran yang optimal maka dapat ditemukan formulasi terbaik dari kerja beton serta dapat menekan pengeluaran untuk kebutuhan material (*low effort, high impact*). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan para perencana struktur maupun para praktisi beton di lapangan yang ingin memperoleh efektifitas kerja beton yang baik, namun dapat menekan kebutuhan material yang dikeluarkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

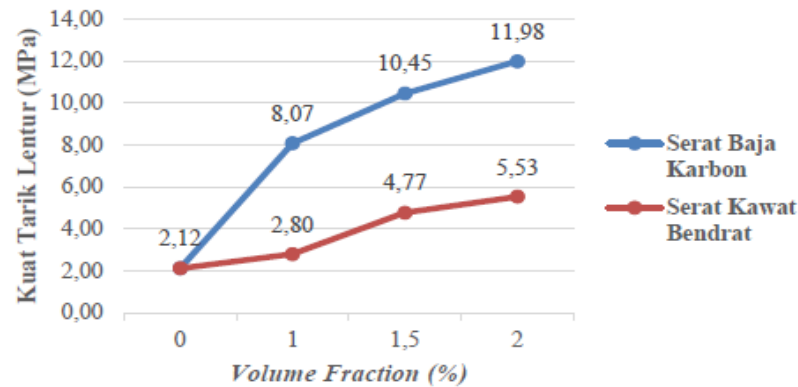
Putra dkk., (2020), didapatkan penelitian dari hasil uji kuat tekan tidak mengalami perbedaan yang signifikan dengan adanya penambahan serat baja. kuat tarik lentur balok beton tertinggi terdapat pada *volume fraction* 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 281,42% dari *volume fraction* 0%, dan kuat lentur balok beton bertulang dengan beban maksimum terdapat pada *volume fraction* 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 56,64% dari *volume fraction* 0%. Menurut Putra dkk., (2020), penambahan serat baja pada balok beton bertulang menyebabkan balok tersebut menjadi lebih kaku sesuai grafik kuat lentur dengan *volume fraction*, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan antara kuat lentur dan *volume fraction* (Putra dkk., 2020).

Riana dkk., (2022), meneliti tentang penambahan serat baja karbon 3D Dramix dan serat kawat bendrat dengan volume fraksi sebesar 0%, 1%, 1,5% dan 2% dari volume adukan beton normal dan diuji kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur. Hasil penelitian kuat tarik lentur maksimum terjadi pada penambahan serat baja karbon 3D Dramix pada *volume fraction* 2% mengalami peningkatan sebesar 465,63% dari kuat tarik lentur beton

volume fraction 0%. Menurut Riana dkk., (2022), penambahan serat baja karbon 3D Dramix lebih signifikan dibandingkan serat kawat bendrat sesuai grafik kuat lentur dengan *volume fraction*, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara *volume fraction* dan kuat tarik lentur (Riana, 2022).

Aziz dkk., (2016) meneliti tentang kuat tarik belah beton dengan penambahan *dramix steel fiber*. Adapun hasil dari penelitian ini diperoleh kuat tarik belah beton meningkat dengan penambahan *dramix steel fiber*, dengan besar peningkatan rata-rata 2,23% untuk mutu beton 20 Mpa dan 11,2% untuk mutu beton 40 Mpa pada setiap penambahan 2,5% *dramix steel fiber*.

Rasjidi dkk., (2001) meneliti tentang optimalisasi penggunaan bendrat melalui pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton serat. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan optimal umur 28 hari pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 5 cm, yaitu $f_c' = 368,599 \text{ kg/m}^2$ terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 83% terhadap beton tanpa serat dan kuat tarik optimal umur beton 28 hari yaitu pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 6 cm yaitu $f_t' = 45,772 \text{ kg/cm}^2$ terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 40,275%.

2.1 Beton Serat

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) menurut ACI Committee adalah konstruksi beton dengan bahan susun semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat (*fiber*). Menurut ACI Committee 544 (1982) mengklasifikasikan tipe serat secara umum sebagai perkuatan beton, yaitu antara lain: SRFC (*Steel Fiber Reinforced Concrete*), GFRF (*Glass Fiber Reinforced Concrete*), SNFRC (*Synthetic Fiber Reinforced Concrete*), NFRC (*Natural Fiber Reinforced Concrete*).

2.2 Bahan Campuran Beton Serat

1. Semen Portland

Semen portland memiliki 5 jenis tipe yaitu Tipe 1 (*Ordinary Portland Cement*), Tipe 2 (*Moderate Sulfat Resistance*), Tipe 3 (*High Early Strength*), Tipe 4 (*Low Heat of Hydration*), dan Tipe 5 (*Sulfat Resistance Cement*).

2. Agregat kasar

Penggunaan agregat bertujuan untuk memberi bentuk pada beton, memberi kekerasan yang dapat menahan beban, goresan dan cuaca, mengontrol *workability* serta agar lebih ekonomis karena menghemat pemakaian semen.

3. Agregat halus

Agregat halus umumnya terdiri dari pasir alam atau pasir buatan manusia yang telah diayak dan memiliki ukuran partikel yang seragam.

4. Air

Air yang digunakan untuk campuran beton yaitu air yang bersih serta bebas dari bahan bahan tercemar, tidak mengandung bahan organik yang dapat menyebabkan korosi.

5. *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah jenis zat aditif yang digunakan dalam campuran beton dan mortar untuk meningkatkan *workability* (kemampuan alir) dari campuran tersebut tanpa mengurangi kekuatan beton.

6. Serat

Serat tersebut dicampur ke dalam adukan beton dengan persentase penambahan serat bervariasi sesuai dengan jenis serat yang digunakan. Kawat yang digunakan sebagai *fiber* antara lain kawat biasa, kawat bendrat, dan kawat baja. Diameter yang dipilih adalah $\pm 0,8$ s/d $1,0$ mm, lalu dipotong dengan panjang ± 6 cm. Serat juga berguna untuk mencegah terjadinya retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktil dari beton biasa.

2.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton per satuan luas. Berdasarkan SNI 2847:2019, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang silinder (mm^2)

2.4 Kuat Tarik Lentur

Kuat lentur dilakukan dengan membebani balok pada tengah-tengah bentang atau pada setiap sepertiga bentang Sesuai dengan SNI 4431:2011, nilai kuat lentur beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_t = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (2)$$

Keterangan :

σ_t = Kuat tarik lentur benda uji (Mpa)

P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (N)

L = Jarak antara 2 (dua) garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kombinasi kawat bendrat dengan serat baja 3D Dramix pada kuat tekan dan kuat tarik lentur. Metode yang dilakukan adalah metode eksperimental laboratorium pada Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan menambahkan kombinasi kadar serat baja 3D Dramix dan kawat bendrat pada volume fraksi 0%, 1%, 1,5%. Pada penelitian ini benda uji berjumlah 48 buah. Dengan masing-masing dari pencampuran tersebut dibuat 3 buah sampel dari setiap kadar variasi kombinasi serat kawat bendrat dan serat baja 3D Dramix. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik lentur menggunakan sampel silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk kuat tarik lentur ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm. Pengujian ini dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Penambahan kombinasi kawat bendrat dan 3D Dramix menggunakan aspek rasio kawat bendrat yaitu (l/d) 75 dengan diameter 0,8 mm dan panjang 60 mm dan aspek rasio serat baja 3D Dramix dengan tipe ujung berkait (*hooked*) yaitu (l/d) 80 dengan diameter 0,75 mm dan panjang 60 mm. Dengan variasi penggunaan serat 3D Dramix dan serat kawat bendrat yaitu 0%, 1%, dan 1,5% dari volume adukan beton, dengan variasi penambahan kawat bendrat dan serat baja 3D Dramix 0%, kawat bendrat 0,5% serat baja 3D Dramix 0,5%, kawat bendrat 0,75% serat baja 3D Dramix 0,25%, kawat bendrat 1%, serat baja 3D Dramix 1%, kawat bendrat 1,25% serat baja 3D Dramix 0,25%, kawat bendrat 1,0% serat baja 3D Dramix 0,5%, kawat bendrat 1,5%.

3.1 Bahan

1. Semen Portland

Jenis semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merek dagang Semen Padang, yang didapat dari toko dalam keadaan baik dan tertutup dalam kemasan (zak) 50 kg.

2. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari Tanjung, Lampung Selatan dengan ukuran maksimum sebesar 20 mm.

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.

4. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

5. *Superplasticizer*

Kadar kandungan *superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah MBI-261, dengan *admixture* tipe F (HRWR) *High Range Water Reducer*.

6. Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian kali ini ada dua, yaitu aspek rasio kawat bendrat yaitu (l/d) 75 dengan diameter 0,8 mm dan panjang 60 mm. Aspek rasio serat baja 3D Dramix dengan tipe ujung berkait (*hooked*) yaitu (l/d) 80 dengan diameter 0,75 mm dan panjang 60 mm.

3.2 Pemeriksaan Pengujian Material

Pemeriksaan pengujian material yaitu proses uji bahan agar layak dan memenuhi standar ASTM. Dalam penelitian kali ini pemeriksaan bahan pembuatan meliputi pemeriksaan agregat kasar, agregat halus. Setelah didapatkan data hasil pengujian bahan maka dapat mengetahui sifat bahan serta bahan tersebut memenuhi persyaratan atau tidak, selain itu data yang didapat digunakan untuk perhitungan perencanaan *mix design*. Berdasarkan

hasil uji laboratorium yang telah dilakukan dari material, maka diperoleh data sesuai tabel berikut ini :

Tabel 1. Hasil pemeriksaan pengujian material

Jenis Pengujian	Material yang Dipakai	Nilai Hasil Pengujian	Standar ASTM
Kadar air	Agregat Halus	0,98%	0-3%
	Agregat Kasar	2,19%	0-1%
Berat jenis	Agregat Halus	2,6	2,5-2,9
	Agregat Kasar	2,8	2,0-2,9
Penyerapan	Agregat Halus	1%	1-3%
	Agregat Kasar	1,3%	1-3%
Berat volume	Agregat Halus	2,4	-
	Agregat Kasar	6,9	-
Kadar lumpur	Agregat Halus	2,2%	<5%
Kandungan zat organis	Agregat Halus	Nomor 2	Tidak lebih gelap dari warna standar

3.3 Perencanaan Mix Design

Perencanaan *mix design* ini diterapkan pada seluruh sampel yang akan dibuat untuk menjaga keseragaman pada keseluruhan sampel agar dapat diketahui dengan pasti bagaimana hasil kombinasi campuran variasi kawat bendrat dan serat baja terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur. Dalam perencanaan *mix design* pada penelitian ini digunakan metode ACI dan kekuatan yang direncanakan (f'_c) beton normal. Dengan mengikuti prosedur pada metode tersebut maka akan diperoleh kebutuhan bahan-bahan susun beton serat untuk 1 m^3 . Kebutuhan material per m^3 beton normal & beton serat, V_f 0%, 1%, & 1,5% dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Kebutuhan material per m^3 beton normal & beton serat, V_f 0%, 1%, & 1,5%

VF	Spesimen	Kombinasi Material (kg)								
		Campuran (%)								
		Dramix	Bendrat	Semen	Pasir	Split	Air	Dramix	Bendrat	SP 1%
0%	BN	-	-	429,86	754,94	982,17	203	-	-	4,29
	B.1	-	1	448,36	787,43	1024,44	211,73	-	66,8	4,48
1%	D.1	1	-	448,36	787,43	1024,44	211,73	78,5	0	4,48
	B.0,5-D.0,5	0,5	0,5	448,36	787,43	1024,44	211,73	39,25	33,4	4,48
	B.0,75-D.0,25	0,25	0,75	448,36	787,43	1024,44	211,73	19,63	50,1	4,48
	B.1,5	-	1,5	446,20	783,63	1019,49	210,71	-	100,2	4,46
1,5%	B.1,25-D.0,25	0,25	1,25	446,20	783,63	1019,49	210,71	19,63	83,5	4,46
	B.1-D.0,5	0,5	1	446,20	783,63	1019,49	210,71	39,25	66,8	4,46

3.4 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dihasilkan sebanyak total 48 sampel, dengan benda uji silinder dan balok. Ukuran benda uji silinder yaitu diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, untuk pengujian kuat tekan berjumlah 24 sampel dan kuat tarik lentur berjumlah 24 sampel dengan benda uji balok ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm. Semua sampel dilakukan pada pengujian di hari ke 28. Data jumlah benda uji kuat tekan dan kuat tarik lentur, seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Benda uji kuat tekan dan kuat tarik lentur

VF Serat Kawat Bendrat & Serat Baja	Spesimen	Jenis Serat	Kadar Serat	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan	Jumlah Benda Uji Kuat Tarik
0%	BN	Tanpa Serat	0%	3	3
1,0%	B.0,5-D.0,5	Kawat Bendrat	0,5%	3	3
		3D Dramix	0,5%		
	B.0,75-D.0,25	Kawat Bendrat	0,75%	3	3
		3D Dramix	0,25%		
	B.1	Kawat Bendrat	1,0%	3	3
	D.1	3D Dramix	1,0%	3	3
1,5%	B.1,25-D.0,25	Kawat Bendrat	1,25%	3	3
		3D Dramix	0,25%		
	B.1-D.0,5	Kawat Bendrat	1,0%	3	3
		3D Dramix	0,5%		
	B.1,5	Kawat Bendrat	1,5%	3	3
	Total Sampel			24	24

3.5 Pelaksanaan *Workability*

Uji *slump* dilakukan setelah semua material tercampur dalam molen. Nilai *slump* adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji *slump* dengan cara beton segar diisikan ke dalam kerucut terpancung sebanyak 1/3, 2/3, 3/3 dari tinggi kerucut, lalu ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah kerucut terpancung penuh oleh beton segar, bejana lalu ditarik ke atas sehingga beton segar meleleh kebawah.

3.5 Pemeliharaan terhadap Benda Uji (*Curing*)

Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji silinder dan balok dalam bak air. Setelah proses *mix design* campuran beton dimasukkan kedalam cetakan selama 24 jam, kemudian cetakan dilepas dan benda uji dimasukkan ke dalam bak penampungan yang berisi air selama 26 hari. Setelah benda uji direndam selama 26 hari kemudian benda uji diangkat dari bak penampungan berisi air, dan benda uji didiamkan selama 24 jam. Pada saat hari ke 28 benda uji lalu dilakukan pengujian kekuatan.

3.6 Pelaksanaan Pengujian

Pada penelitian kali ini sampel dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik lentur. Tujuan pengujian kuat tekan beton dengan CTM adalah untuk menentukan kekuatan atau mutu beton yang disesuaikan dengan kuat beton rencana. Sedangkan pada pengujian kuat tarik lentur beton pengujian kuat tarik lentur diuji menggunakan alat *Hydraulic Jack* dan *Proving Ring* dalam *Loading Frame*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelecatan (*Workability*)

Karim dkk., (2020) *Workability* didefinisikan sebagai kompaktibilitas, atau kemudahan di mana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara dihilangkan, mobilitas atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali, dan stabilitas atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi pemisahan butiran dari

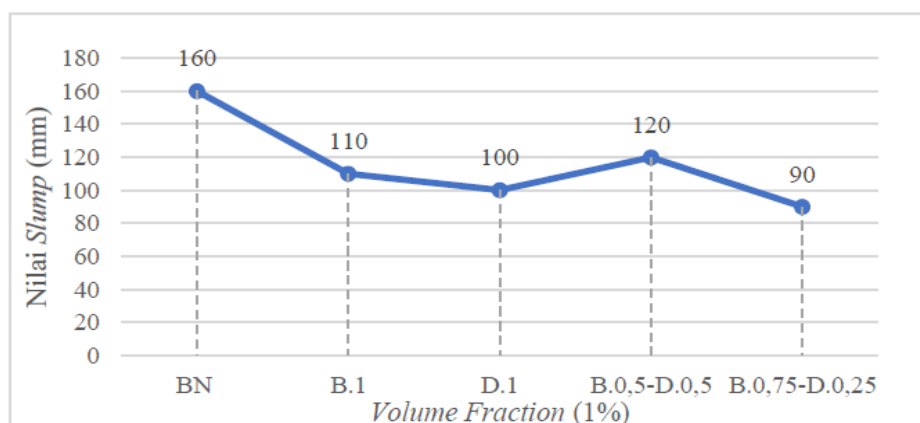
bahan-bahannya. Dalam penelitian ini pada penambahan *superplasticizer* di adukan beton serat memungkinkan untuk adukan beton mencapai perencanaan nilai *slump* atau kelecakan meningkat. Dari penelitian ini kemudian, didapat data *workability* sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai *slump* adukan beton

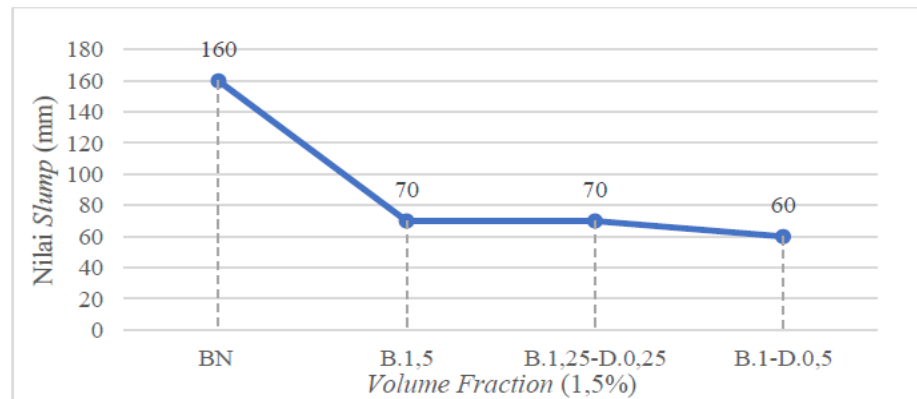
Sampel	Volume Fraction (%)	Kadar Serat	Nilai Slump (mm)	Superplasticizer (%)
BN	0 %	Tanpa Serat	160	1
B.0,5-D.0,5	1 %	Bendrat 0,5% Dramix 0,5%	120	1
B.0,75-D.0,25	1 %	Bendrat 0,75% Dramix 0,25%	90	1
B.1	1 %	Bendrat 1%	110	1
D.1	1 %	Dramix 1%	100	1
B.1,25-D.0,25	1,5 %	Bendrat 1,25% Dramix 0,25%	70	1
B.1-D.0,5	1,5 %	Bendrat 1% Dramix 0,5%	60	1
B.1,5	1,5 %	Bendrat 1,5%	70	1

Pada hasil uji *slump* di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai *volume fraction* maka nilai *slump* semakin rendah dan berpengaruh pada tingkat *workability* yaitu semakin sulit dalam pengerjaannya, karena nilai *volume fraction* berkorelasi dengan banyaknya serat yang ditambahkan. Menurut Riana dkk., (2022) dengan penambahan serat maka luas permukaan material yang dilumasi oleh air akan bertambah sehingga, kandungan air bebas yang sangat berpengaruh pada kelecakan adukan beton akan berkurang.

Hubungan antara nilai *slump* berdasarkan masing-masing sampel dan nilai *volume fraction* 1% dan 1,5% disajikan pada gambar berikut:



Gambar 3. Grafik hubungan antara nilai *slump* dan *volume fraction* 1%.



Gambar 4. Grafik hubungan antara nilai slump dan volume fraction 1,5%.

Dari kedua grafik hubungan antara nilai slump dengan volume fraction 1,5% serta volume fraction 1% tersebut dapat diambil kesimpulan penambahan beton serat pada volume fraction 1%, dan 1,5% menunjukkan bahwa nilai slump semakin rendah seiring dengan kenaikan volume fraction, dan berpengaruh pada workability beton yaitu semakin sulit dalam pengerjaannya. Selain pengaruh pada volume fraction, penambahan jenis serat berupa Dramix dan kawat bendrat juga berpengaruh pada workability beton. Hal ini dibuktikan dengan penurunan nilai slump yang signifikan pada penambahan serat Dramix, kawat bendrat, serta campuran keduanya. Hal ini dapat terjadi karena pada jenis serat memiliki bentuk, nilai aspect ratio, serta sifat kekakuan yang berbeda-beda.

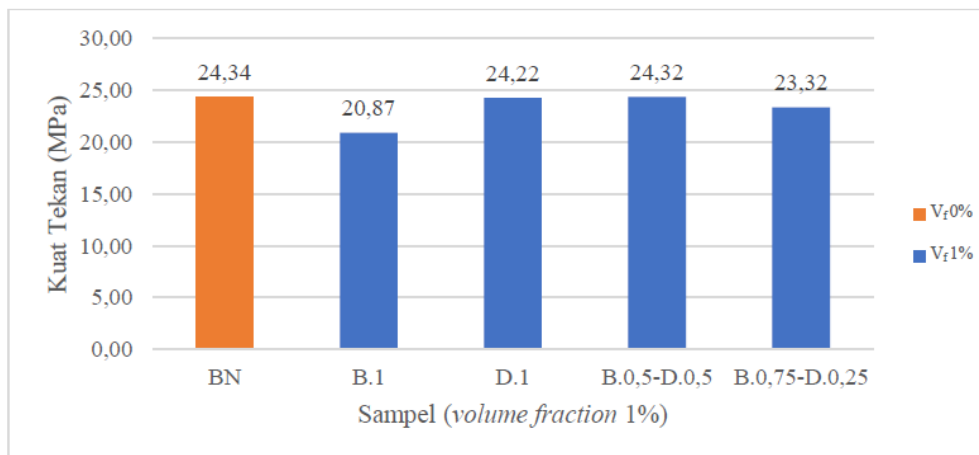
4.2 Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton per satuan luas. Tujuan pengujian kuat tekan beton dengan CTM adalah untuk menentukan kekuatan atau mutu beton yang disesuaikan dengan kuat beton rencana. Dari penelitian kuat tekan kemudian, didapat data hasil persentase kuat tekan sebagai berikut:

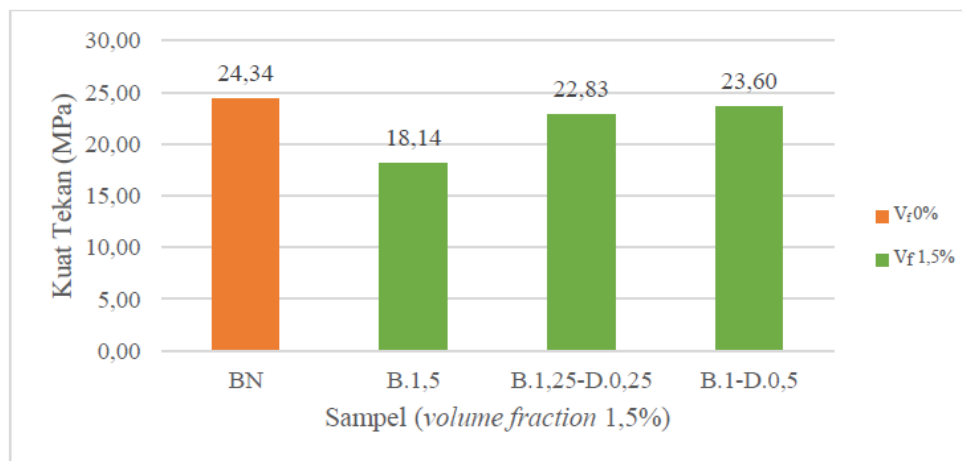
Tabel 5. Hasil pengujian kuat tekan beton

VF %	Sampel	Berat Rata-Rata (Kg)	Beban Rata-Rata (KN)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kenaikan Kuat Tekan (%)
0%	BN	12,665	430,000	24,34	0,00
1%	B.1	13,066	368,667	20,87	-14,24
1%	D.1	12,642	428,400	24,22	-0,49
1%	B.0,5-D.0,5	12,539	429,800	24,32	-0,07
1%	B.0,75-D.0,25	12,685	412,000	23,32	-4,19
1,5%	B.1,5	12,456	320,433	18,14	-25,45
1,5%	B.1,25-D.0,25	13,053	403,400	22,83	-6,20
1,5%	B.1-D.0,5	13,000	417,100	23,60	-3,03

Dari hasil uji kuat tekan didapatkan penurunan terbesar pada campuran kawat bendrat B.1,5 yaitu -25,45% dari beton normal pada volume fraction 1,5% dengan nilai kuat tekan rata-rata 18,142 MPa. Sedangkan pada volume fraction 1% penurunan terbesar terjadi pada B.1 yaitu -14,24% dari beton normal dengan nilai kuat tekan rata-rata 20,870 MPa.



Gambar 5. Grafik hubungan antara sampel (*volume fraction* 1%) dan nilai kuat tekan.



Gambar 6. Grafik hubungan antara sampel (*volume fraction* 1,5%) dan nilai kuat tekan.

Dari hasil penelitian kuat tekan tersebut didapatkan kesimpulan beton serat mengalami penurunan dari beton normal, dibuktikan pada persentase penurunan masing-masing campuran beton serat. Hal ini terjadi karena pada beton serat terdapat rongga dan keadaan dalam beton tidak padat sehingga menimbulkan penurunan kekuatan tekan beton. *Volume fraction* mempengaruhi kuat tekan beton. Diketahui bahwa kuat tekan terbesar rata-rata berada pada *volume fraction* 1%, dan mengalami penurunan kuat tekan pada *volume fraction* 1,5%. Hal ini sejalan dengan Riana dkk., (2022) penambahan serat kawat bendrat dengan volume fraction 1% dalam adukan beton menghasilkan kuat tekan beton lebih tinggi dibandingkan penambahan serat kawat bendrat dengan *volume fraction* 0%, 1,5%, dan 2%. Dari campuran kombinasi Dramix dan kawat bendrat didapat formulasi efektif untuk menaikkan nilai kuat tekan pada kawat bendrat yaitu sampel B.0,5-D.0,5 pada *volume fraction* 1% dengan kadar variasi kawat bendrat 0,5% dan Dramix 0,5%. Sedangkan pada *volume fraction* 1,5% formulasi terbaik untuk meningkatkan efektifitas kuat tekan beton terdapat pada sampel B.1-D.0,5 dengan kadar variasi kawat bendrat 1% dan Dramix 0,5%.

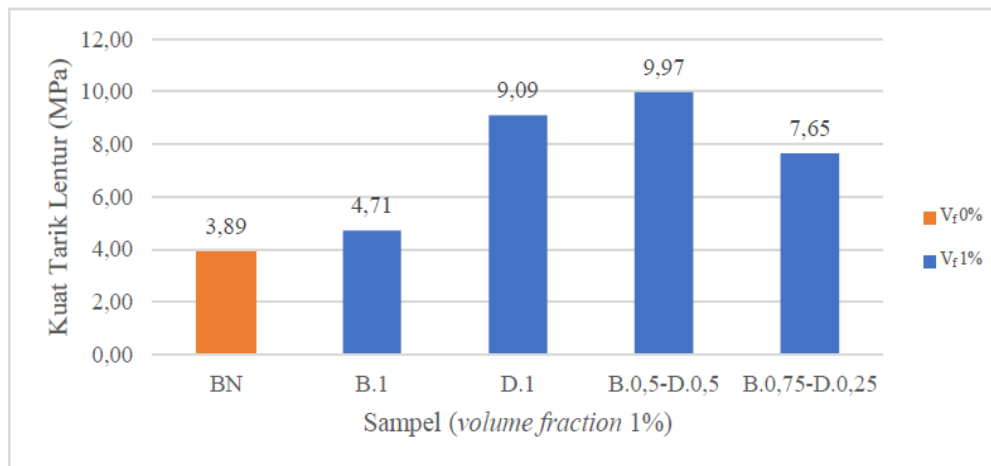
4.3 Kuat Tarik Lentur

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban secara menerus hingga balok mengalami keruntuhan. Kuat lentur diteliti dengan membebani balok tiap 1/3 dari tumpuannya. Pembebanan pada beton tanpa serat dilakukan sampai balok runtuh atau patah dan pada *proving ring* tidak menunjukkan kenaikan yang menunjukkan bahwa beban maksimum telah tercapai. Dari penelitian kuat tarik lentur kemudian, didapat data hasil persentase kuat tarik lentur sebagai berikut:

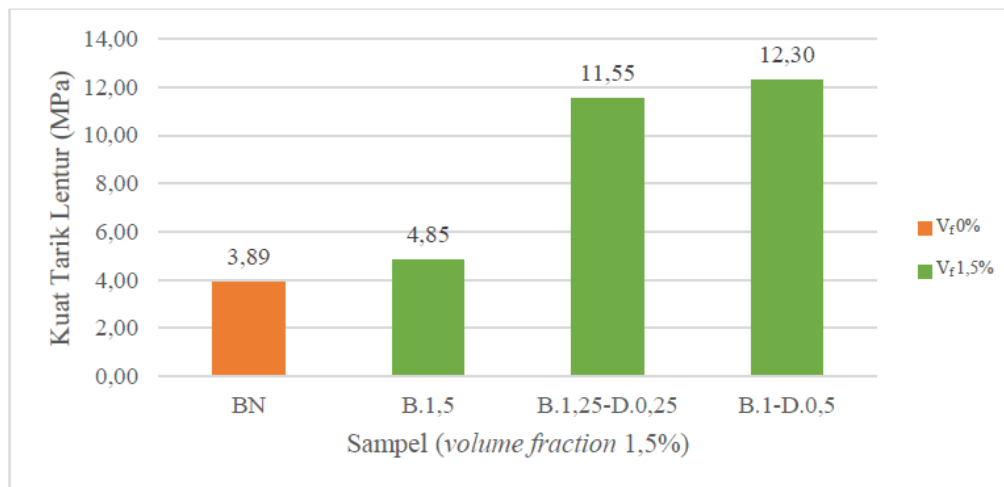
Tabel 6. Hasil pengujian kuat tarik lentur beton

VF %	Sampel	Berat Rata-Rata (Kg)	Beban Rata-Rata (KN)	Kuat Tarik Lentur Rata-Rata (MPa)	Kenaikan Kuat Tarik Lentur (%)
0%	BN	9,893	12170,97	3,89	0
1%	B.1	9,893	14732,77	4,71	21,05
1%	D.1	9,513	28395,69	9,09	133,31
1%	B.0,5-D.0,5	9,714	31170,97	9,97	156,11
1%	B.0,75-D.0,25	9,690	23912,54	7,65	96,47
1,5%	B.1,5	10,775	15159,73	4,85	24,56
1,5%	B.1,25-D.0,25	10,194	36081,08	11,55	196,45
1,5%	B.1-D.0,5	9,578	38429,40	12,30	215,75

Dari hasil uji kuat tarik lentur didapatkan peningkatan tertinggi terdapat pada campuran kombinasi kawat bendrat dan Dramix B.1-D.0,5 yaitu 215,74% dari beton normal pada *volume fraction* 1,5% dengan nilai kuat tarik lentur rata-rata 12,29 MPa.



Gambar 7. Grafik hubungan antara sampel (*volume fraction* 1%) dan nilai kuat tarik lentur.



Gambar 8. Grafik hubungan antara sampel (*volume fraction* 1%) dan nilai kuat tarik lentur.

Beton serat mengalami kenaikan dari beton normal pada kuat tarik lentur, dibuktikan pada persentase kenaikan masing-masing campuran beton serat, hal ini dikarenakan sifat baja yang memiliki kelebihan dalam menahan tarik. Selain itu juga gaya yg diberikan kepada beton serat baja 3D Dramix dan serat kawat bendrat ditahan secara bersama-sama oleh beton serat 3D Dramix dan serat kawat bendrat. *Volume fraction* mempengaruhi kuat tarik lentur beton. Diketahui bahwa kuat tarik lentur terbesar rata-rata berada pada *volume fraction* 1,5%, dibandingkan kuat tarik lentur rata rata pada *volume fraction* 1,5%. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya serat yang dicampurkan dalam beton, semakin tinggi kemampuan beton tersebut menahan kuat tarik lentur. Dari campuran kombinasi Dramix dan kawat bendrat didapat formulasi efektif untuk menaikkan nilai kuat tarik lentur yaitu sampel B.0,5-D.0,5 pada *volume fraction* 1% dengan kadar variasi kawat bendrat 0,5% dan Dramix 0,5%. Sedangkan pada *volume fraction* 1,5% formulasi terbaik untuk meningkatkan efektifitas kuat tarik lentur beton terdapat pada sampel B.1-D.0,5 dengan kadar variasi kawat bendrat 1% dan Dramix 0,5%.

V. KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari campuran kombinasi Dramix dan kawat bendrat didapat formulasi efektif yang memberikan hasil paling optimum untuk menaikkan nilai kuat tekan yaitu sampel B.0,5-D.0,5 di *volume fraction* 1% dengan kadar variasi kawat bendrat 0,5% dan Dramix 0,5%. Dari campuran kombinasi Dramix dan kawat bendrat didapat formulasi efektif yang memberikan hasil paling optimum untuk menaikkan nilai kuat tarik lentur yaitu sampel B.1-D.0,5 di *volume fraction* 1,5% dengan kadar variasi kawat bendrat 1% dan Dramix 0,5%.

5.2 Saran

Dalam penelitian campuran kombinasi Dramix dan kawat bendrat, tidak disarankan untuk menambahkan campuran kawat bendrat dengan *volume fraction* diatas 1% karena menurunkan nilai kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. (1982). *State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete International*. May 1982, pp 9-25.
- Azis, A. (2016). *Studi Tarik Belah Beton Dengan Penambahan Dramix Steel Fiber*, Repository Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Karim, A., Meidiani, S., & Ramadhani, R. (2020). *Studi Eksperimen Kombinasi Nilai Slump Tes dengan Fas Tetap Pada Pembuatan Beton Normal f_c' 25 MPa*. TEKNIKA: Jurnal Teknik, 7(2),234.
- Putra, A., Noorhidana, V. A., Isneini, M. (2020). *Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Normal*, JRSDD, Edisi Juni 2020 Vol. 8, No. 2, Hal:367 – 384, Universitas Lampung.
- Rasjidi. (2001). *Optimalisasi Penggunaan Bendrat Melalui Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Serat*, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Riana, N., Noorhidana, V. A., Irianti, L. (2022). *Analisis Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Baja Karbon 3D Dramix dan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Tarik Lentur Pada Beton Mutu Normal*, JRSDD, Edisi Juni 2022 Vol. 10, No. 2, Hal: 1-12, Universitas Lampung.
- SNI 1974:2011. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 4431. (2011). *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Thomas, J., Ramaswamy, A. (2007) *Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete*. Journal of Materials in Civil Engineering. Vol. 19, No. 5, May. pp. 385-392.

