

PERILAKU MEKANIS BETON SERAT DENGAN KOMBINASI KAWAT BENDRAT DAN DRAMIX 3D

Johanes P. E. Prijantoro

Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: johanesprayudi@gmail.com

ABSTRAK

Dewasa ini pemakaian beton sangat berkembang pesat pada kegiatan konstruksi. Tetapi beton memiliki kelemahan pada sifat yang getas dan kuat tarik yang rendah. Salah satu alternatif bahan tambah yang digunakan yang bersifat fisik adalah serat baja (*steel fiber*). Serat baja memiliki sifat yang baik dalam hal kuat tariknya. Dalam penelitian ini digunakan kawat bendrat dan dramix 3D.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan kombinasi kawat bendrat dan dramix 3D terhadap perilaku mekanis beton yaitu, kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Variasi penambahan serat 0% bendrat 1% dramix 3D, 1% bendrat 0% dramix 3D, 0.25% bendrat 0.75% dramix 3D, 0.75% bendrat 0.25% dramix 3D, 0.5% bendrat 0.5% dramix 3D dari berat agregat kasar.

Dari hasil penelitian diperoleh Presentase tertinggi kuat tarik beton serat terhadap beton non serat terdapat pada kombinasi campuran 0.75% bendrat dan 0.25% dramix 3D (BSIV) dengan presentase peningkatan sebesar 10.17% dengan nilai kuat tarik belah $F_{sp} = 3.15$ MPa. Presentase tertinggi kuat tekan beton serat terhadap beton non serat terdapat pada kombinasi campuran 0.5% bendrat dan 0.5% dramix 3D (BSV) dengan presentase peningkatan sebesar 14.59% dengan nilai kuat tekan $f_c = 28.52$ MPa.

Kata Kunci: Beton Serat, Kawat Bendrat, Dramix 3D, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dewasa ini pemakaian beton sangat berkembang pesat pada kegiatan konstruksi, dikarenakan beton memiliki kelebihan, mudah dibentuk sesuai keinginan, memiliki kuat tekan yang baik dan lain-lain. Tetapi beton memiliki kelemahan pada sifat yang getas dan kuat tarik yang rendah, sehingga konstruksi beton diberi tulangan untuk mengatasi pada bagian tarik.

Salah satu usaha pengembangannya ialah dengan cara memperbaiki sifat dari kelemahan beton yaitu tidak mampu menahan gaya tarik, dimana nilai kuat tarik beton berkisar 9%-15 % dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994).

Sejalan dengan perkembangan dunia konstruksi bangunan di Indonesia, berbagai penelitian dilakukan untuk mengatasi kelemahan beton tersebut. Berkembang pesatnya teknologi pada saat ini, semakin dituntut adanya alternatif yang terlahir dari beberapa penelitian yang intinya adalah dapat menciptakan suatu temuan baru atau paling tidak dapat mengembangkan penelitian terdahulu, sehingga diharapkan dapat menghasilkan produk teknologi beton yang semakin bermutu dan efisien. Salah satu alternatif

bahan tambah yang digunakan yang bersifat fisik adalah serat baja (*steel fibers*). Serat baja memiliki sifat yang baik dalam hal kuat tariknya. Di Indonesia konsep pemakaian serat pada adukan beton untuk struktur bangunan belum banyak dikenal dan belum dipakai dalam praktek. Hal ini juga dimaksudkan agar serat-serat tersebut dapat berfungsi sebagai tulangan mikro yang tersebar secara acak dalam beton. Sehingga beton tidak mengalami retakan-retakan yang terlalu dini akibat pembebanan maupun panas hidrasi (Sorousihan dan Bayasi, 1987). Dengan demikian diharapkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan-tegangan internal (aksial, lentur, dan geser) akan meningkat.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar kuat tarik belah dan kuat tekan yang dihasilkan oleh beton dengan penambahan kawat bendrat dan *dramix 3D* dibandingkan beton normal?
2. Bagaimana menganalisis kuat tarik belah dan kuat tekan beton dengan penambahan kawat bendrat dan *dramix 3D*?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan kawat bendrat dan *dramix 3D* pada campuran beton terhadap perilaku mekanis beton dalam penelitian ini kuat tarik belah dan kuat tekan beton.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu ilmu pengetahuan dan menambah wawasan khususnya pada bahan campuran beton.
2. Mengetahui besarnya kuat tarik belah beton yang dihasilkan oleh beton dengan penambahan kawat bendrat dan *dramix 3D* dibandingkan beton normal.
3. Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya, terutama pengaruh penambahan kawat bendrat dan *dramix 3D* terhadap perilaku mekanis beton.

LANDASAN TEORI

Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan

Denny (2015) meneliti tentang penggunaan *consol fiber steel* sebagai campuran pada balok beton bertulang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk kuat tekan, beton dengan jumlah kadar serat 0,75% merupakan campuran yang paling efisien dengan hasil 18,90 MPa. Sedangkan untuk momen nominal, beton dengan jumlah kadar serat 0,5% merupakan campuran yang paling efisien dengan hasil 1,47 kNm.

Rasjidi (2001) meneliti tentang optimalisasi penggunaan bendrat melauli 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 $f_c = 368,599 \text{ kg/cm}^2$, terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 83% terhadap beton tanpa serat dan kuat tarik optimal umu beton 28 hari yaitu pada penggunaan konsentrasi serat 4%, panjang serat 6 cm yaitu $f_c = 45,772 \text{ kg/cm}^2$ terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 40.275%.

Aziz (2016) meneliti tentang studi 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*. Kuat tarik belah beton meningkat seiring dengan

pertambahan umur dari umur 7 hari ke 28 hari dengan peningkatan rata-rata 41.4% untuk mutu beton 20 Mpa dan peningkatan rata-rata 24.48% untuk mutu beton 40 Mpa.

Sasmita (2017) meneliti tentang pengaruh *steel fiber* pada kekuatan tekan pipa beton. Hasil penelitian menunjukkan, penambahan *steel fiber* dapat meningkatkan kuat tekan pipa beton. Semakin tinggi kadar *steel fiber* semakin besar kuat tekan pipa beton tersebut. Penambahan *steel fiber* sebanyak 0.3% meningkatkan kuat tekan pipa beton hingga 27%.

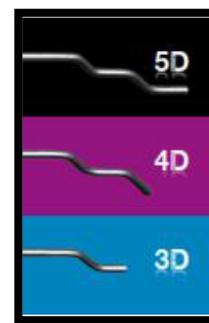
Beton dan Beton Serat

Beton merupakan suatu bahan komposit yang dihasilkan dari pencampuran bahan-bahan agregat halus, agregat kasar, air, semen atau bahan lain yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan.

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) menurut ACI *Commite* adalah konstruksi beton dengan bahan susun semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat (*fiber*). Beton pada dasarnya adalah suatu bahan yang dibuat dengan menambah potongan-potongan serat kedalam campuran adukan beton dengan jumlah tertentu.

Kawat bendrat yang biasa dipergunakan untuk mengikat antar tulangan besi struktur bangunan, berdiameter $\pm 1 \text{ mm}$ berwarna hitam, dalam penelitian ini akan digunakan panjang serat 60 mm.

Dramix® steel fiber adalah fiber baja yang diproduksi melalui proses penarikan dingin (*cold drawn*) dengan lekukan di ujung yang akan memberikan pengikatan yang optimal.



Gambar 1. Perbandingan *Dramix Steel Fiber* Tiap Jenis

Sumber: Azis A. (2016)

Beton yang memiliki penulangan dengan *steel fiber* (*steel fiber reinforcement concrete*) akan memberikan kelenturan (*ductility*) dan

kemampuan menerima beban yang tinggi (*high load bearing capacity*).

Pada penelitian ini digunakan bahan serat berupa *fiber steel* produksi PT. BEKAERT berasal dari negara Belgia, yang merupakan perusahaan terkemuka di dunia dalam bidang teknologi di kawat baja transformasi dan coating teknologi.

Karakteristik Mekanis Beton

Berat Volume

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton bergantung pada berat volume agregat yang membentuk beton tersebut. Nilai berat volume dapat dihitung dengan rumus :

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

dimana :

- γ_c = Berat volume beton (kg/ m³)
- W = Berat (kg)
- V = Volume (m³)

Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton per satuan luas. Berdasarkan SNI 1974:2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

dimana :

- f'_c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm²)

Kuat Tarik Belah

Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*. Menurut SNI 2491-2014 besarnya tegangan tarik beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_{sp} = \frac{2P}{\pi LD}$$

dimana:

- f'_{sp} = Kuat Tarik Belah (N/mm²)
- P = Beban maksimum pada Waktu Belah (N)
- L = Panjang Benda Uji Silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

Hubungan antara Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton

Kuat tekan dan kuat tarik berkaitan erat tetapi tidak ada proporsionalitas langsung. Hal ini didasari dengan peningkatan kuat tekan, kuat tarik juga ikut meningkat tapi dalam rasio yang lebih rendah.

Korelasi terbaik telah ditemukan antara variasi ukuran dari kuat tarik belah dan akar kuadrat dari kuat tekan. Rumus hubungan f_c dan f_{sp} yang banyak diusulkan :

$$f_{sp} = k\sqrt{f'_c}$$

dimana :

- k = Koefisien hubungan Kuat Tarik Belah dan akar kuadrat Kuat Tekan
- f'_{sp} = Kuat Tarik Belah (N/mm²)
- f'_c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)

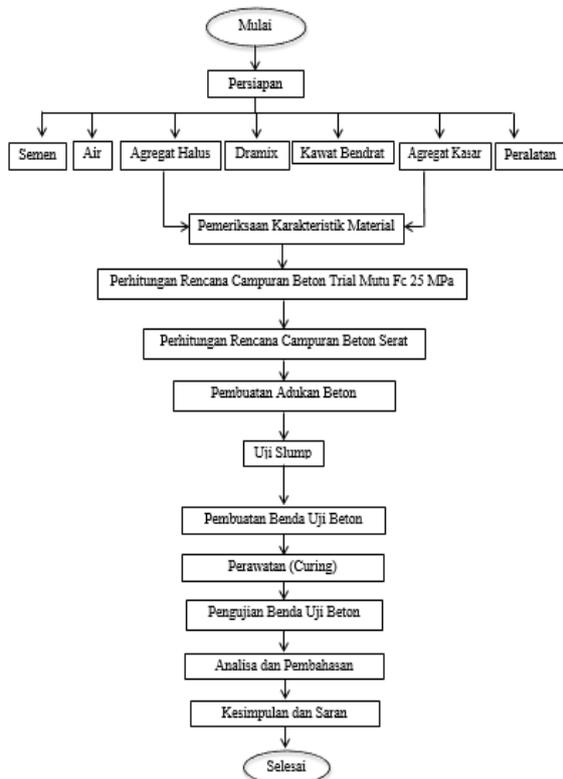
METODOLOGI PENELITIAN

Tahap dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh penambahan kombinasi kawat bendrat dan *dramix 3D* pada kuat tekan dan kuat tarik beton. Semua benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm, dan tinggi 20 cm. Pada penelitian ini percobaan dilakukan dengan 36 benda uji dan dilakukan penamaan pada benda uji.

Dalam penelitian ini jumlah keseluruhan benda uji yang dibuat sebanyak 36 buah, di mana terdapat 6 kali pencampuran dan masing-masing dari pencampuran tersebut dibuat 6 buah benda uji dengan kadar kawat bendrat 0% *dramix 3D* 1%, kawat bendrat 1% *dramix 3D* 0%, kawat bendrat 0.25% *dramix 3D* 0.75%, kawat bendrat 0.75% *dramix 3D* 0.25%, kawat bendrat 0.5% *dramix 3D* 0.5% dari berat agregat kasar dengan menggunakan perhitungan substitusi parsial.

Material yang telah disiapkan sesuai dengan perencanaan campuran beton metode modifikasi ACI 211.1 – 91 untuk mutu beton $f'_c=25$ MPa adalah agregat halus/pasir dari Girian, semen adalah semen tonasa, agregat kasar/batu pecah yang digunakan berasal dari Lansot, air yang digunakan berasal dari sumur bor Lab. Rekayasa Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Tahapan penelitian yang pertama dilakukan yaitu persiapan material agregat kasar, agregat halus, semen, bendrat dan *dramix 3D*. Selanjutnya pada tahap kedua agregat kasar dan agregat halus dilakukan pemeriksaan sesuai dengan aturan ASTM dan SNI.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Tahap selanjutnya yaitu perhitungan perencanaan campuran beton *trial* dengan metode modifikasi ACI 211.1 – 91. Setelah didapatkan komposisi campuran beton normal selanjutnya dilakukan perhitungan substitusi parsial antara presentase serat terhadap berat agregat kasar. Selanjutnya dilakukan pencampuran beton dengan mencampurkan semen batu pecah, dan pasir ke dalam molen.

Berikutnya serat lalu dicampurkan secara bertahap ke dalam molen, yang terakhir air dimasukkan ke dalam molen dan biarkan molen terus mencampur tunggu sampai 5 menit dan lakukan *slump test*. Setelah memenuhi syarat slump yang ditentukan, campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

Cetakan silinder dilapisi minyak cetakan terlebih dahulu agar tidak ada sisa dari beton segar yang menempel pada cetakan silinder sehingga ketika dilakukan *demolding* tidak terjadi kerusakan pada benda uji. Beton segar lalu dituangkan ke dalam cetakan silinder lalu dirojak dengan menggunakan batangan besi hingga penuh. Cetakan dibiarkan selama sehari, lalu keesokan harinya cetakan dilepas dan benda uji dilakukan pengujian berat volume, selanjutnya

benda uji di *curing* selama 28 hari di kolam *curing*.

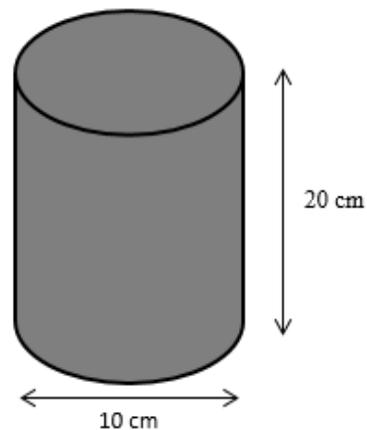
Setelah 28 hari benda uji diangkat, dikeringkan dan dilakukan *capping* benda uji untuk selanjutnya dilakukan uji kuat tekan dan kuat tarik. Setelah dilakukan pengujian selanjutnya masuk dalam proses analisa dan yang terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan dan saran. Bagan alir penelitian diperlihatkan pada gambar 2.

Mix Design

Pada tahap ini digunakan *mix design* dengan metode modifikasi ACI 211.1 – 91 dengan mutu $f_c = 25$ MPa. *Mix design* ini diterapkan pada seluruh sampel yang akan dibuat untuk menjaga keseragaman pada keseluruhan sampel agar dapat diketahui dengan pasti seberapa besar pengaruh kawat bendrat dan *Dramix 3D* terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Penambahan serat baja ke dalam adukan beton dengan mutu K-175 dapat menurunkan kuat tekan beton, kecuali untuk kadar serat baja 0%-1% (Irawan: 1994). Oleh karena itu, peneliti menggunakan campuran serat dengan kadar kawat bendrat 0% *dramix 3D* 1%, kawat bendrat 1% *dramix 3D* 0%, kawat bendrat 0.25% *dramix 3D* 0.75%, kawat bendrat 0.75% *dramix 3D* 0.25%, kawat bendrat 0.5% *dramix 3D* 0.5% dari volume agregat kasar.

Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Total benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 36 sampel untuk uji tekan dan tarik umur 28 hari.



Gambar 3. Sketsa Benda uji

Tabel 1. Variasi Penambahan Serat

Spesimen	Jenis Serat	Kadar Serat	Jumlah Benda Uji	
			Kuat Tekan	Kuat Tarik
BN	TANPA SERAT	0%	3	3
BSI	Kawat bendrat	0.00%	3	3
	Dramix 3D	1.00%		
BSII	Kawat bendrat	1.00%	3	3
	Dramix 3D	0.00%		
BSIII	Kawat bendrat	0.25%	3	3
	Dramix 3D	0.75%		
BSIV	Kawat bendrat	0.75%	3	3
	Dramix 3D	0.25%		
BSV	Kawat bendrat	0.50%	3	3
	Dramix 3D	0.50%		

Tabel 3. Berat Volume Beton

Spesimen	Rata-rata Berat Volume (kg/m ³)
BN	2244.16
BSI	2242.04
BSII	2252.65
BSIII	2220.81
BSIV	2259.02
BSV	2242.04

Berdasarkan tabel 3 rata-rata berat volume beton pada penelitian ini berkisar 2220.81 kg/m³ sampai 2259.02 kg/m³. Sesuai Klasifikasi ACI, maka semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk beton dengan jenis beton berbobot normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui workability campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan. Nilai slump merupakan nilai perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Nilai slump diukur pada setiap pengecoran untuk masing-masing campuran beton. Nilai slump rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Slump dan Nilai FAS

Spesimen	Nilai Slump (mm)	Nilai FAS
BN	85	0.54
BSI	85	0.54
BSII	90	0.54
BSIII	95	0.54
BSIV	90	0.54
BSV	90	0.54

Berdasarkan tabel 2 nilai slump rata-rata antara 85–95 mm. Jadi semua campuran sesuai dengan slump rencana 75–100 mm.

Pemeriksaan Berat Volume Beton

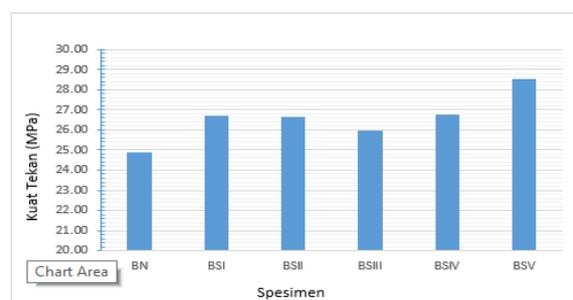
Berat volume beton dihitung dengan persamaan. Berat yang digunakan perhitungan yaitu berat rata-rata setiap jenis campuran. Hasil perhitungan berat volume rata-rata tiap jenis campuran pada umur 1 hari dapat dilihat pada tabel 3.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton serat untuk masing-masing benda uji dengan kombinasi variasi bendrat dan *dramix 3D* dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Rata-Rata dari Variasi Bendrat dan *Dramix 3D*

Spesimen	Kuat Tekan Beton Rata-rata (Mpa) Umur 28 hari
BN	24.89
BSI	26.69
BSII	26.68
BSIII	25.94
BSIV	26.74
BSV	28.52



Gambar 4. Diagram Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Hubungan Kuat Tekan Beton Non Serat dengan Beton Serat

Dari tabel 4 dapat dibuat tabel 5 analisa presentase peningkatan nilai kuat tekan beton serat terhadap beton non serat.

Tabel 5. Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton Serat terhadap Beton Non Serat

Spesimen	Peningkatan Kuat Tekan (%)
BSI	7.23
BSII	7.18
BSIII	4.25
BSIV	7.44
BSV	14.59

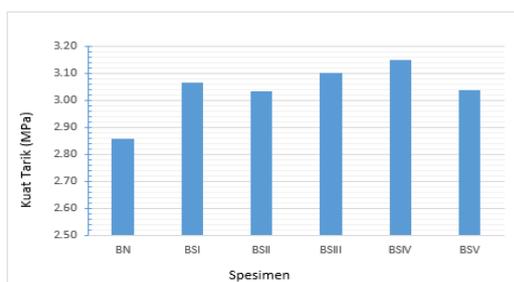
Berdasarkan tabel 5 presentase tertinggi kuat tekan beton serat pada kombinasi campuran 0.5% Bendrat dan 0.5% *Dramix 3D* (BSV) dengan presentase peningkatan sebesar 14.59%.

Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton untuk masing-masing benda uji dengan variasi kombinasi bendrat dan *dramix 3D* dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata dari Variasi Bendrat dan *Dramix 3D*

Spesimen	Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata (Mpa) Umur 28 hari
BN	2.86
BSI	3.07
BSII	3.03
BSIII	3.10
BSIV	3.15
BSV	3.04



Gambar 5. Diagram Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

Hubungan Kuat Tarik Belah Beton Non Serat dengan Beton Serat

Dari tabel 6 dapat dibuat tabel presentase peningkatan nilai kuat tarik belah beton serat terhadap beton non serat. Dapat dilihat pada tabel 7.

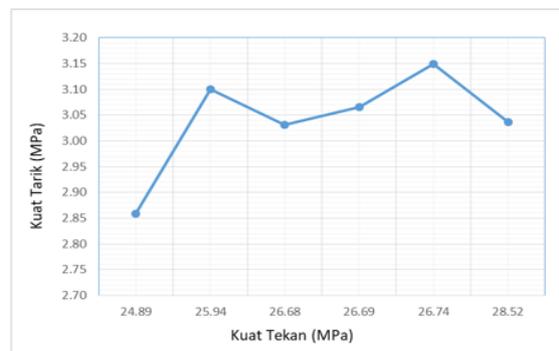
Tabel 7. Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton Serat terhadap Beton Non Serat

Spesimen	Peningkatan Kuat Tarik (%)
BSI	7.24
BSII	6.05
BSIII	8.44
BSIV	10.17
BSV	6.24

Berdasarkan tabel 7 presentase tertinggi kuat tarik belah beton serat pada kombinasi campuran 0.75% Bendrat dan 0.25% *Dramix 3D* (BSV) dengan presentase peningkatan sebesar 10.17%

Hubungan antara Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton

Dari tabel 4 dan tabel 6 dibuat grafik hubungan antara kuat tarik belah dengan kuat tekan beton seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Kuat Tarik Belah Beton dengan Kuat Tekan Beton

Dengan melihat gambar 6 dapat diketahui bahwa terjadi nilai yang fluktuatif untuk nilai kuat tarik belah terhadap peningkatan kuat tekan beton serat. Untuk lebih mengetahui hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai kuat tarik belah dibuat perbandingan antara nilai kuat tarik belah terhadap nilai kuat tekan seperti terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah terhadap Akar Kuadrat Kuat Tekan Beton Serat

Spesimen	Perbandingan f_{sp} terhadap $\sqrt{f_c}$
BN	0.574
BSI	0.595
BSII	0.587
BSIII	0.609
BSIV	0.609
BSV	0.569

Dari tabel 8 dapat diketahui perbandingan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) terhadap akar kuadrat nilai kuat tekan beton serat $\sqrt{f_c}$ memiliki nilai antara $0.569 \sqrt{f_c}$ - $0.609 \sqrt{f_c}$.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dianalisa, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Rata-rata berat volume beton didapatkan pada kisaran 2220.81 kg/m^3 sampai 2259.02 kg/m^3 dan termasuk beton dengan jenis beton berbobot normal.
2. Presentase tertinggi penambahan kuat tarik belah beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 10.17% terdapat pada

kombinasi campuran 0.75% bendrat dan 0.25% *dramix 3D* (BSIV) dengan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) = 3.15 Mpa.

3. Presentase tertinggi penambahan kuat tekan beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 14.59% terdapat pada kombinasi campuran 0.5% bendrat dan 0.5% *dramix 3D* (BSV) dengan nilai kuat tekan (f_c) = 28.52 Mpa.
4. Perbandingan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) terhadap akar kuadrat nilai kuat tekan beton serat ($\sqrt{f_c}$) memiliki nilai antara $0.569 \sqrt{f_c}$ - $0.609 \sqrt{f_c}$.
5. Penambahan *dramix 3D* dengan dikombinasikan kawat bendrat pada beton non serat dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Saran

Dari hasil dan pembahasan yang telah dianalisa, dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Ruang lingkup penelitian ini masih bisa dikembangkan yaitu dengan menambah presentase kadar dari pemakaian serat baja.
2. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan kombinasi dari serat yang berbeda.
3. Dalam penambahan serat hasil fabrikasi harus memperhatikan dosis minimum pemakaian yang direkomendasikan oleh perusahaan penyedia bahan, sehingga serat yang digunakan mampu mengoptimalkan nilai kuat tarik belah dan kuat tekan beton serat.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1-91, 1993. *Standard Practice For Selecting Proportions For Normal, Heavyweight, And Mass Concrete*, ACI, Detroit.
- Annual Book Of ASTM Standards, 1993. *Concrete and Aggregates*, Construction Volume 04.02, Philadelphia, USA.
- Azis, A., 2016, *Studi Tarik Belah Beton Dengan Penambahan Dramix Steel Fiber*, Repository Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Denny, 2015. *Penelitian Awal Tentang Penggunaan Consol Fiber Steel Sebagai Campuran Pada Balok Beton Bertulang*, Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Dipohusodo, Istimawan., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta .
- Irawan, I., 1994. *Studi Tentang Pengaruh Penambahan Serat Baja terhadap Kekuatan Beton Normal K 175*. Tesis Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Rasjidi, 2001. *Optimalisasi Penggunaan Bendrat Melalui Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Serat*, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sasmita, Y., 2017. *Pengaruh Steel Fiber Pada Kekuatan Tekan Pipa Beton*, Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Soroushian, P., dan Bayasi, Z.,1987. *Concept of Fiber Reinforced Concrete, Proceeding of the International Seminar on Fiber Reinforced Concrete*, Michigan State University, Michigan, USA.
- Standar Nasional Indonesia, 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, SNI 1974-2011 Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2014. *Metode Uji Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*, SNI 2491-2014, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sumajouw, M. D. J., Dapas, S. O., Windah, R. S., 2014. *Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol. 4. No. 4. Unsrat Manado