

Analisis Pengaruh Penggunaan Serat Baja 3D Dramix Dan Baja Tulangan Ditinjau Terhadap Kuat Lentur Dan Pola Retak Permukaan Pada Beton

(Analysis of the Effect of Using Steel Fiber and Reinforcing Steel on Flexural Strength and Surface Crack Pattern in Concrete)

Sandy Bunawan¹, Candra Yogi Pratama², Gabriel J.P. Ghewa³, Widija Suseno⁴
email: ¹18b10011@student.unika.ac.id, ²18b10031@student.unika.ac.id

^{1,2,3}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

Abstrak

Beton merupakan salah satu material yang mempunyai kelebihan pada kuat tekannya namun lemah pada kuat tariknya, hal ini menjadikan beton termasuk material yang getas. Penambahan baja tulangan pada beton sering digunakan untuk mengatasi kelemahan tersebut. Seiring dengan berkembangnya teknologi beton, bahan lain yang dapat mengatasi kelemahan beton dari segi kuat tariknya yaitu serat baja. Hal ini dikarenakan serat baja bekerja secara komposit dengan campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat lentur dan pola retak beton serat baja dengan beton bertulang. Penelitian ini terdiri dari dua jenis sampel uji balok beton yaitu balok beton bertulang dan balok beton serat baja dengan mutu beton $f_c' 25$ MPa dengan masing-masing sampel sebanyak 3 sampel. Sampel uji balok beton bertulang ditambah baja tulangan polos diameter 8 mm, sedangkan balok serat baja ditambah serat baja tipe ujung kait 3D Dramix 80/60 BG. Benda uji balok beton mempunyai ukuran 15 cm × 15 cm × 60 cm. Uji kuat lentur dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari. Berdasarkan uji kuat lentur diperoleh rata-rata hasil kuat lentur balok beton bertulang sebesar 14,64 MPa pada umur 14 hari dan 16,25 MPa pada umur 28 hari, sedangkan untuk balok beton serat baja nilai kuat lentur rata-rata sebesar 7,38 MPa pada umur 14 hari dan 8,14 MPa pada umur 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kuat lentur balok beton bertulang 50% lebih besar dibandingkan beton serat baja.

Kata kunci : beton, tulangan baja, serat baja, kuat lentur, retak.

Abstract

Concrete is a material that has advantages in compressive strength but is weak in tensile strength, this makes concrete a brittle material. The addition of reinforcing steel to concrete is often used to overcome these weaknesses. Along with the development of concrete technology, other materials can overcome the weakness of concrete in terms of tensile strength, namely steel fiber. This is because the steel fibers work compositely with the concrete mixture. This study aims to determine the ratio of flexural strength and crack pattern of steel fiber concrete with reinforced concrete. This study consisted of two types of concrete beam test samples, namely reinforced concrete beams and steel fiber concrete beams with concrete quality $f_c' 25$ MPa with 3 samples for each sample. The reinforced concrete beam test sample was added with plain reinforcing steel with a diameter of 8 mm, while the steel fiber beam was added with 3D Dramix 80/60 BG steel fiber hooked-end type. The concrete block test sample has a size of 15 cm × 15 cm × 60 cm. The flexural strength test was carried out when the concrete was 14 and 28 days old. Based on the flexural strength test, the average flexural strength

results for reinforced concrete beams were 14,64 MPa at 14 days old and 16,25 MPa at 28 days old, while for steel fiber concrete beams, the average flexural strength value was 7,38 MPa at 14 days old and 8,14 MPa at 28 days old. Based on the research results, it was obtained that the flexural strength of reinforced concrete beams was 50% greater than that of steel fiber concrete.

Keywords: concrete, steel reinforcement, steel fiber, flexural strength, crack.

PENDAHULUAN

Penggunaan material beton sudah sangat sering digunakan pada bidang struktural. Hal ini dikarenakan, beton merupakan material yang mudah didapatkan, biaya pemeliharaan yang lebih terjangkau, mampu menahan tekanan yang tinggi, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan disekitarnya. Beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen serta air dan membentuk suatu massa mirip batuan (McCormac, 2001). Pada masa kini, teknologi beton sudah sangat berkembang untuk memenuhi kebutuhan beton yang efektif dan efisien. Pada masa kini, teknologi beton sudah sangat berkembang untuk memenuhi kebutuhan beton yang efektif dan efisien. Perkembangan teknologi beton membuat semakin banyak inovasi serta ide-ide untuk meningkatkan kualitas beton. Dengan perkembangan yang semakin pesat, beton diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain, *Self Compacting Concrete* (SCC), *High Performance Concrete* (HPC), *Fiber Reinforced Concrete* (FRC), serta gabungan dari ketiganya yaitu *Ultra High Performance Concrete* (UHPC) (Akeed, dkk 2022).

Beton merupakan material yang mempunyai keunggulan dalam kuat tekan namun lemah terhadap kuat tarik, hal tersebut membuat beton termasuk material yang getas (*brittle*). Semakin padat beton maka akan meningkatkan kuat tekan beton, namun akan membuat beton menjadi semakin getas (Sulthan, 2019). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, penambahan baja tulangan sering digunakan untuk meningkatkan kekuatan tarik dari suatu struktur beton. Selain penggunaan baja tulangan untuk mengatasi masalah getas pada beton, penggunaan material lain seperti

serat baja dapat meningkatkan kekuatan tarik pada beton. Saat ini beton serat baja merupakan salah satu material beton yang banyak dikembangkan.

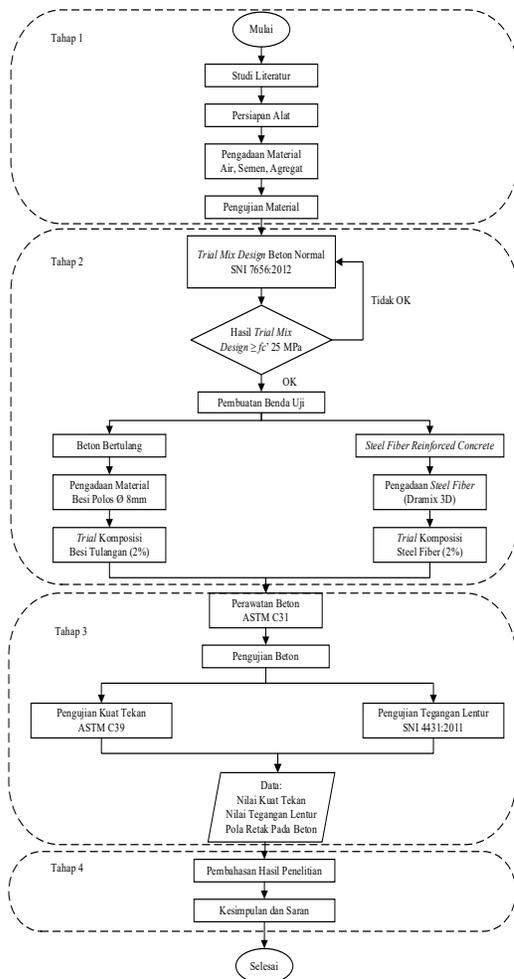
Beton serat baja atau dikenal dengan *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC) merupakan beton yang menggunakan serat dengan material baja untuk meningkatkan kemampuan beton terhadap tegangan lentur serta mengurangi sifat getas (*brittle*) pada beton. Serat baja dalam campuran beton ini bekerja untuk meningkatkan kerapatan pada beton, mengurangi retakan, serta mengurangi permeabilitas pada beton (Sulthan, 2019). Serat baja merupakan jenis serat yang berfungsi sebagai perkuatan pada beton yang terbuat dari material baja bermutu tinggi. Penggunaan serat baja pada awalnya digunakan pada campuran beton untuk mengurangi sifat susut pada beton. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi beton, pemanfaatan serat baja ini ternyata meningkatkan kekuatan lentur secara cukup signifikan. Hal ini dikarenakan, serat baja bekerja secara komposit dengan campuran beton (Sulthan, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat lentur dari beton yang diberikan serat baja dan beton yang diberikan baja tulangan, mengetahui pola retak permukaan yang dihasilkan pada beton serat baja dan beton bertulang. Selain itu, untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat lentur dan pola retak permukaan dari beton yang diberikan serat baja dan beton yang diberikan baja tulangan.

METODE

Metode penelitian merupakan gambaran rancangan penelitian yang meliputi, prosedur dan langkah-langkah yang harus dilakukan, waktu penelitian, sumber data serta dengan

langkah seperti apa data tersebut diperoleh dan selanjutnya diolah serta dianalisis. Tahapan tersebut dimulai dari persiapan hingga pada proses akhir yaitu pengambilan kesimpulan serta saran. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini berupa pengujian material, uji kuat tekan, uji kuat lentur serta analisis terhadap pola retak yang terjadi pada sampel uji. Berikut ini merupakan analisis hasil uji dalam penelitian ini.

Tabel 1: Hasil Pengujian Material

Jenis Pengujian	Nilai Hasil Pengujian	Spesifikasi
Kelembaban (Pasir)	1,42 %	Maks. 6% (ASTM C556-89)
Kelembaban (Kerikil)	1,01 %	Maks. 3% (ASTM C556-89)
Berat Jenis (Pasir)	2,729	1,66 – 3,3 (ASTM C128-93)
Berat Jenis (Kerikil)	2,360	2,3 – 2,75 (ASTM C127-88)
Penyerapan Air (Pasir)	1,21 %	Maks. 3,5% (ASTM C128-93)
Penyerapan Air (Kerikil)	0,49 %	Maks 3% (ASTM C127-88)
Berat Isi (Pasir)	1627,86 kg/m ³	-
Berat Isi (Kerikil)	1463,75 kg/m ³	-
Kadar Lumpur (Pasir)	6,60 %	Maksimal 5% (SNI ASTM C117:2012)
Kadar Lumpur (Pasir)	0,581 %	Maksimal 5% (SNI ASTM C117:2012)
Kadar Lumpur (Kerikil)	0,125 %	Maks. 1 % (SNI ASTM C117:2012)
Analisis Saringan (Pasir)	Dareah gradasi no.3	(SNI 03-2834-2000)

Jenis Pengujian	Nilai Hasil Pengujian	Spesifikasi
	(Pasir agak halus)	
Analisis Saringan (Kerikil)	Daerah gradasi 19 mm	(ASTM C33 – 03)
Kandungan Organik (Pasir)	Coklat muda	Coklat tua

Berdasarkan **Tabel 1**, material yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan. Pengujian material ini dilakukan untuk mengetahui kualitas material yang digunakan sebagai bahan campuran beton dalam penelitian ini.

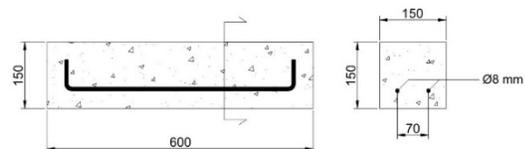
Kuat tekan rencana beton yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 25 MPa (umur 28 hari). Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton mencapai umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui mutu sampel beton dalam penelitian ini. Tabel 2 merupakan hasil uji kuat tekan beton pada masing-masing umur beton.

Tabel 2: Hasil Pengujian Material

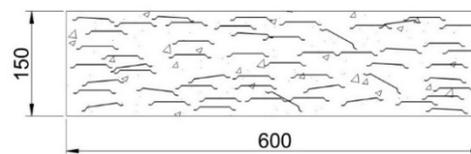
Benda Uji	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
SL01	7	6,79	13,02
SL02		15,85	
SL03		16,41	
SL04	14	23,77	22,64
SL05		22,64	
SL06		21,50	
SL07		35,08	
SL08		32,26	
SL09	28	30,56	32,63

Sampel uji silinder memiliki ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan Tabel 2, kuat tekan rata-rata benda uji beton silinder pada umur 28 hari adalah 32,63 MPa. Nilai ini telah melampaui kuat tekan rencana sehingga *mix design* dapat digunakan dalam pembuatan benda uji balok beton.

Pengujian kuat lentur beton terdiri dari 2 sampel uji, yaitu balok beton yang diberikan serat baja dan balok beton yang diberikan baja tulangan. Sampel uji balok beton yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran 150 mm × 150 mm × 600 mm. Gambar 2 merupakan sketsa penampang sampel uji balok beton dengan tambahan tulangan di dalamnya, sedangkan Gambar 3 merupakan sketsa penampang balok beton dengan tambahan serat baja sebanyak 2% dari berat volume balok.



Gambar 2: Sketsa Penampang Balok Beton Bertulang



Gambar 3: Sketsa Penampang Balok Beton Serat Baja

Hasil uji kuat lentur beton pada sampel balok beton ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Lentur

Benda uji	Umur beton (hari)	Beban lentur (P) (kN)	Kuat lentur (MPa)	Kuat lentur rata-rata (MPa)
BS01	28	62,41	8,32	8,14
BS02		57,91	7,72	
BS03		62,91	8,39	
BS04	14	59,41	7,92	7,38
BS05		53,67	7,16	
BS06		52,92	7,06	
BT01	28	119,82	15,98	16,25
BT02		122,32	16,31	
BT03		123,56	16,48	
BT04	14	104,84	13,98	14,64
BT05		119,82	15,98	
BT06		104,84	13,98	

DISKUSI

Menurut Wibisono dkk., (2018), serat baja berpengaruh terhadap *cracking control*, sehingga beton serat baja mampu meningkatkan daya tahan terhadap retak serta beban lentur. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan serat baja mempengaruhi kuat lentur pada beton, hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wibisono dkk., (2018). Dalam penelitian tersebut, serat baja mampu menahan terjadinya pelebaran retak pada beton serta meningkatkan daya tahan akibat beban lentur. Serat baja yang berkait serta tersebar secara acak bekerja dalam menahan penyebaran retak pada beton. Penambahan serat baja dalam beton meningkatkan kemampuan beton dalam menyerap energi serta mengubah beton yang awalnya bersifat getas menjadi lebih daktail. Berikut ini fase-fase keruntuhan balok beton serat baja.

1. *Uncracked phase*

Dalam fase ini, regangan tarik yang terjadi pada balok beton belum maksimal. Gambar 4.10 merupakan *uncracked phase* pada sampel balok beton serat baja BS02 dalam penelitian ini.

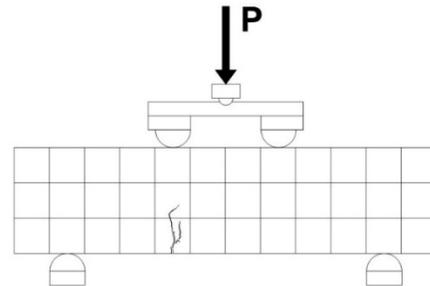


Gambar 4: *Uncracked Phase* pada Balok Beton BS02

Berdasarkan Gambar 4, terlihat balok beton serat baja BS02 belum mengalami keretakan saat menerima beban awal.

2. *Linear elastic phase*

Seiring dengan penambahan beban pada balok beton, keretakan mulai terjadi pada balok beton. Gambar 5 merupakan *linear elastic phase* pada balok beton serat baja BS02.



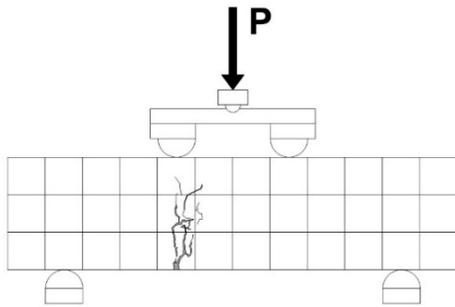
Gambar 5: *Linear Elastic Phase* pada Balok Beton BS02

Pada Gambar 5, pada fase ini beton mulai mengalami retak seiring dengan penambahan beban. Pola retak yang terjadi pada sampel beton merupakan retak lentur. Retak yang terjadi berada pada daerah tarik balok dan mulai menyebar ke arah atas menuju sumbu netral balok beton. Pada fase ini, serat baja dalam beton mulai bekerja untuk menahan retakan. Sebelum retakan semakin melebar, beban energi yang diterima oleh beton disalurkan menuju serat baja, (Wibisono, 2018).

3. *Non linear cracked phase*

Pada fase ketiga, terjadi pelebaran daerah retakan pada benda uji balok beton serat

baja. Gambar 6 merupakan *non linear cracked phase* pada balok beton BS02.

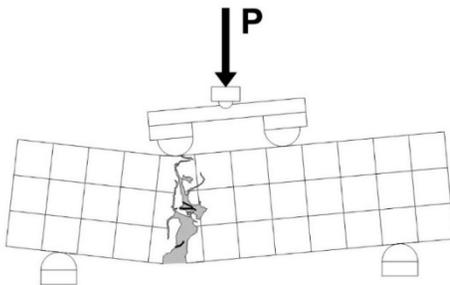


Gambar 6: Non Linear Cracked Phase pada Balok Beton BS02

Berdasarkan Gambar 4.13, mulai terlihat terjadi pelebaran retak pada balok beton dan serat baja mulai bekerja dalam menahan pelebaran retak pada celah terbuka balok beton.

4. *Fiber pullout/fracturing phase*

Pada fase keempat, serat baja yang terdapat pada balok beton mulai terpisah dan tercabut keluar dari dalam beton. Gambar 7 merupakan *fiber pullout/ fracturing phase* pada balok beton BS02.



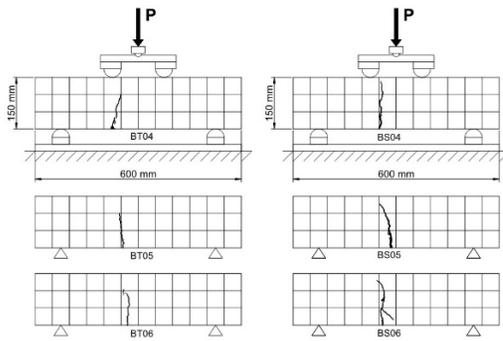
Gambar 7: Fiber Pullout/Fracturing Phase pada Balok Beton BS02

Berdasarkan Gambar 7, balok beton serat baja telah mencapai beban lentur maksimum yang dapat ditahan. Serat baja yang terdapat di dalam balok beton sebagian mulai tercabut keluar dari dalam beton dan sebagian serat mengalami putus akibat beban yang diterima. Pada fase ini

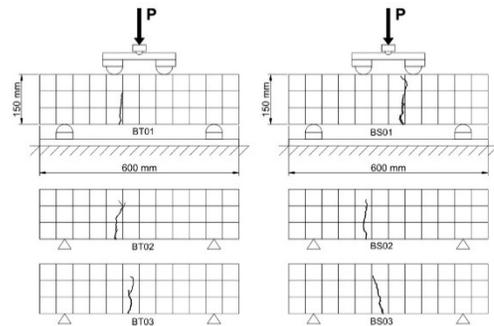
balok beton sudah tidak dapat menerima beban di atasnya. Gambar 4.16 merupakan ilustrasi *fracturing phase* pada benda uji balok beton serat baja BS02.

Dalam penelitian ini digunakan 2 buah benda uji yaitu balok beton bertulang serta balok beton serat baja. Sebelum terjadi patah, balok beton mengalami retak lentur. Retak lentur terjadi akibat balok beton menerima kelebihan beban dari beban maksimal. Arah retak lentur terjadi dari sisi tarik balok menuju ke atas hingga pada daerah sumbu netralnya. Terlihat pola retak yang dihasilkan tegak lurus dengan sumbu balok. Sama halnya dengan balok beton serat baja, pola retak yang dihasilkan dari balok beton bertulang adalah retak lentur, dengan retak yang terjadi berawal dari sisi tarik balok hingga pada daerah sumbu netralnya.

Berdasarkan Gambar 8, pola retak yang dihasilkan pada sampel balok beton serat baja terletak pada 1/3 bagian tengah bentang balok beton. Retak yang dihasilkan pada balok beton serat baja rata-rata berada pada tengah bentang dan mengarah ke atas. Pada Gambar 9 pola retak yang dihasilkan oleh balok beton bertulang sama dengan balok beton serat baja. Rata-rata retak yang terjadi pada balok beton bertulang berada pada tengah bentang dan mengarah ke atas menuju sumbu netralnya. Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan pola retak permukaan yang terjadi pada sampel uji balok beton ketika menerima beban.



Gambar 8: Perbandingan Pola Retak Beton Bertulang dan Beton Serat Baja pada Umur 14 Hari



Gambar 9: Perbandingan Pola Retak Balok Beton Bertulang dengan Balok Beton Serat Baja pada Umur 28 Hari

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian kuat lentur balok beton serat baja pada umur 14 hari, nilai kuat lentur beton rata-rata yang dihasilkan yaitu sebesar 7,38 MPa, sedangkan nilai kuat lentur rata-rata balok beton serat baja pada umur 28 hari sebesar 8,14 MPa.
2. Pengujian kuat lentur balok beton bertulang pada umur 14 hari, nilai kuat lentur beton rata-rata yang dihasilkan yaitu sebesar 14,64 MPa, sedangkan nilai kuat

lentur rata-rata balok beton bertulang pada umur 28 hari sebesar 16,25 MPa.

3. Pola retak permukaan balok beton serat baja dan beton bertulang terjadi pada 1/3 dari jarak titik pada perletakan bagian tengah. Pola retak yang dihasilkan berupa retak lentur yang terjadi pada sisi tarik balok menuju ke atas hingga daerah sumbu netralnya. Retak lentur ini terjadi akibat balok beton menerima kelebihan beban dari yang mampu ditahan.
4. Berdasarkan hasil uji kuat lentur, balok beton bertulang memiliki nilai kuat lentur 50% lebih tinggi dibandingkan dengan balok beton yang diberikan serat baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Akeed, M.H., Qaidi, S., Ahmed, H.U., Faraj, R.H., Mohammed, A.S., Emad, W., Tayeh, B.A., dan Azevedo, A.R.G. (2022): Ultra-high-performance fiber-concrete. Part I: Developments, principles, raw materials, *Case Studies in Construction Materials*, 17, 1-2, ISSN 2214-5095.
- McCormac, J.C. (2001): Desain beton bertulang edisi kelima, Erlangga, 1-4, 23-24, 175-180
- Sulthan, F. (2019): Pengaruh tipe bentuk serat baja terhadap sifat fisik dan mekanik beton berserat baja memadat sendiri, *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 8(1), 33-39, ISSN 2477-4863.
- American Standard Test Method. (2018): ASTM C33/C33M-18. Standard specification for concrete aggregates, Amerika Serikat, 2.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014): SNI 2816:2014. Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton, Jakarta, 2-4.

- Badan Standarisasi Nasional. (2011): SNI 1974:2011. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, Jakarta, 1-14.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011): SNI 4431:2011. Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan, Jakarta, 1-11.
- Wibisono, E.K., Evangelica, C.M., Sugiharto, H., dan Wijaya, G.B., (2018): Pengaruh penambahan serat baja terhadap peningkatan kuat kokoh tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur murni pada beberapa mutu steel fiber reinforced concrete, *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 7(1), 93-100, ISSN 2598-2397.