

# Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer

Indrayani<sup>1,\*</sup>, Ika Sulianti<sup>1</sup>, Lina Flaviana Tilik<sup>1</sup>, Djaka Suhirkam<sup>1</sup>, Suhadi<sup>1</sup>, Muhammad Prawira Wardana<sup>1</sup>, Iros Milawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Sriwijaya; Jalan. Srijaya Negara 30139, Kota Palembang, fax. 0711-355918; telp. 0711-353414 e-mail: [info@mail.polsriwijaya.ac.id](mailto:info@mail.polsriwijaya.ac.id)

\* Korespondensi: [iin\\_indrayani@polsri.ac.id](mailto:iin_indrayani@polsri.ac.id)

## ABSTRAK

Saat ini inovasi dikembangkan dalam menggantikan semen dengan material lain sehingga penggunaan semen sebagai bahan bangunan dapat dikurangi. Pemanfaatan limbah batu bara (*fly ash*) menjadi alternatif untuk menggantikan semen. Dari penelitian sebelumnya, *fly ash* yang dicampur dengan bahan alkali NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dengan perbandingan 1:5 dapat menghasilkan beton geopolimer. Penelitian beton geopolimer ini dilanjutkan dengan menambahkan serat kawat bendrat ke dalam campuran beton geopolimer. Metode yang digunakan dalam pengujian agregat, pengujian kuat tekan beton normal K225, pengujian kuat lentur beton normal dan beton geopolimer mengacu pada SNI. Bahan tambahan lainnya yang dicampurkan adalah serat kawat bendrat. Penelitian yang dilakukan berupa pembuatan balok lentur 10 cm x 10 cm x 50 cm dengan variasi serat 0%, 0,5%, dan 1,0% pada umur 14 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat lentur balok BN pada umur 28 hari memiliki kemampuan menahan beban dari pada BG. Kuat lentur rata-rata didapat dengan variasi BN, BN+SB 0,5% dan BN+SB 1,0% secara berurutan adalah 2,796 MPa, 3,113 MPa, dan 3,879 MPa. Hasil pengujian kuat lentur rata-rata balok beton geopolimer pada 28 hari, didapatkan variasi BG, BG+SB 0,5%, dan BG+SB 1,0% secara berurutan adalah 0 MPa, 0,055 MPa, dan 0,104 MPa. Selain itu beton geopolimer tidak dapat dijadikan balok dan penambahan serat kawat bendrat pada beton geopolimer tidak bisa menahan beban tarik pada beton.

**Kata kunci:** beton geopolimer; *fly ash*; kuat lentur; serat bendrat

## ABSTRACT

Currently, innovation continues to be developed to replace cement with other materials so that the use of cement as a building material can be reduced. Utilization of coal waste (*fly ash*) is an alternative to substitute cement. From previous studies, *fly ash* mixed with alkaline materials in the form of NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> in a ratio of 1:5 can produce geopolymer concrete. This geopolymer concrete research was continued by adding bendrat wire fibers into the geopolymer concrete mixture. The method used in testing the aggregate, testing the compressive strength of normal concrete K225, testing the flexural strength of normal concrete and geopolymer concrete refers to SNI. Another additional material that is mixed is bendrat wire fiber. The research was carried out in the form of making flexible beams of 10 cm x 10 cm x 50 cm with fiber variations of 0%, 0.5%, and 1.0% at the age of 14 and 28 days. The results of the flexural strength test of the BN beam at the age of 28 days can withstand loads than BG. The average flexural strength obtained with variations of BN, BN+SB 0.5% and BN+SB 1.0% respectively were 2.796 MPa, 3.113 MPa, and 3.879 MPa. The results of testing the average flexural strength of geopolymer concrete beams at 28 days, obtained variations of BG, BG+SB 0.5%, and BG+SB 1.0% respectively were 0 MPa, 0.055 MPa and 0.104 MPa. In addition, geopolymer concrete cannot be used as a beam and the addition of bendrat wire fiber to geopolymer concrete cannot withstand the tensile load on the concrete.

**Keywords:** bendrat fiber; flexural strength; *fly ash*; geopolymer concrete

## 1. PENDAHULUAN

Beton banyak dipakai secara global pada konstruksi dikarenakan memiliki beberapa kelebihan diantaranya mempunyai kekuatan tekan beton yang tinggi, tetapi beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu sifatnya getas sehingga mudah retak diakibatkan beban tarik. Beton dibuat dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Bahan tambah (*additive*) yang bersifat kimiawi ataupun fisik pada perbandingan tertentu sering ditambahkan untuk mendapatkan kualitas atau mutu beton yang lebih baik. Semen dalam proses produksinya mengeluarkan gas  $CO_2$  yang menimbulkan efek rumah kaca dan pada saat terjadi proses pengerasan terhadap beton juga akan menimbulkan reaksi kimia antara semen dengan air. Pada saat ini terus dikembangkan inovasi untuk menggantikan semen dengan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash*, untuk mengurangi penggunaan semen dan pemanfaatan limbah batu bara menjadi bahan baku pengganti semen. Beberapa penelitian menggunakan *fly ash* sebagai pengganti semen pada beton Geopolimer dengan penambahan NaOH dan  $Na_2SiO_3$  pada perbandingan 1:3 dilakukan oleh Indrayani et al (2019) dan penelitian lain juga telah dilakukan beberapa peneliti (Indrayani et al., 2021; Sulianti et al., 2021; Rumajar et al., 2019; Setiati & Irawan, 2018; Hardjasaputra & Esteriana, 2018) dari hasil penelitian didapat terjadi peningkatan kuat tekan pada beton geopolymer dengan menggunakan *fly ash* dengan penambahan NaOH dan  $Na_2SiO_3$  pada perbandingan 1:5 (Indrayani et al., 2019).

Sifat getas membuat beton sering dianggap tidak mempunyai kuat tarik atau tidak sanggup menahan gaya tarik. Beton biasanya dipasang besi atau baja tulangan pada struktur yang memikul beban tarik, sebagai beton dapat memikul beban tarik yg bekerja padanya. Keretakan halus dalam beton dan sifat getas beton yang dapat mengakibatkan keruntuhan beton tiba-tiba, dapat diatasi dengan menambahkan ditambahkan serat pada adukan beton. Beberapa penelitian telah dilakukan terhadap penambahan serat pada beton untuk meningkatkan kekuatan lentur beton tersebut, diantaranya dengan menambahkan serat dari kawat, bambu, serabut kelapa, dan serabut nanas yang juga dapat digunakan dalam campuran beton (Suhirkam, et al., 2019; Ratri et al., 2018; Firdaus & Ishak, 2017; Hakim et al., 2017; Junnaidy et al., 2017; Rulhendri & Sayiful, 2013).

Berdasarkan penjelasan ini, maka peneliti melakukan penelitian beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* dan menambahkan serat kawat bendrat untuk mendapatkan kekuatan tekan lentur pada beton geopolimer.

### Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah adukan beton terdiri dari bahan pengganti semen Portland seperti *fly ash* yang mengandung aluminium dan silika (Davidovits, 1997). Penggunaan beton geopolimer dianggap lebih ramah lingkungan dikarenakan memanfaatkan bahan sisa limbah sebagai pengganti semen.

### *Fly ash*

*Fly ash* merupakan limbah batu bara yang merupakan hasil akhir dari proses pembakaran yang terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran batubara (Gambar 1).



Sumber: <https://solusikonstruksi.com/products/abu-batu/>

Gambar 1. *Fly Ash*

### Serat Kawat Bendrat

Penggunaan serat kawat bendrat atau *steel fibre reinforced concrete* (SFRC) dalam beton dapat mengurangi keretakan beton. Serat kawat bendrat digunakan sebagai perkuatan pada beton meliputi sifat mekanis material, kuat tarik, modulus elastisitas, dan perbandingan antara panjang dengan diameter (Munaf & Suharwanto, 2003).

### Kuat Lentur

Uji lentur balok beton dilakukan dengan meletakkan benda uji pada dua perletakan agar dapat menahan gaya vertikal yang diberikan hingga benda uji patah. Satuan kuat lentur menggunakan Mpa gaya per satuan luas. Uji kuat lentur menggunakan beban terpusat dihitung dengan persamaan 1.

$$f_{lt} = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \quad (1)$$

dimana:

$f_{lt}$  = kuat lentur benda uji (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

L = jarak antara dua garis perletakan (mm)

b = lebar balok penampang runtuh (mm)

h = tinggi balok penampang runtuh (mm)

## 2. METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Pelaksanaan penelitian terdiri dari pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan di Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Material yang digunakan terdiri dari: split, pasir, semen, *fly ash*, bahan kimia (*NaOH* dan *Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>*), dan serat kawat bendrat.

Alat terdiri dari: alat pengujian agregat (satu set saringan 2,36 mm sampai 90 mm, density spoon, timbangan, kuas, satu set kerucut); peralatan untuk sumber semen (satu set alat pepaduk, spatula, satu set alat vicat); peralatan untuk sumber pengecoran (kotak aduk, alat pengaduk, bejana silinder, kotak spesi, density spoon, satu set kerucut abrams).

### Prosedur Penelitian

Pengujian material, pada tahap awal untuk mendapatkan indeks properties dari material dimana datanya akan digunakan untuk membuat rancangan adukan beton. Tahap pengujian terdiri dari: analisa saringan (split dan pasir), bobot isi (split dan pasir), kadar air dan kadar lumpur (split dan pasir), kekerasan spllit dengan bejana rudolf, uji konsistensi semen, waktu ikat semen, berat jenis semen dan berat jenis *fly ash*. Keseluruhan pengujian menggunakan standar SNI dan ASTM.

Pengujian Slump dan Pembuatan Benda Uji, pada tahap pembuatan benda uji dan pengujian slump dilakukan pencampuran split, pasir, dan semen yang telah dilakukan pengujian sebelumnya untuk beton normal. Untuk pembuatan beton geopolimer pencampuran agregat kasar (split), agregat halus (pasir), *fly ash* (pengganti semen) dan larutan alkali dengan perbandingan  $NaOH = 1$  dan  $Na_2SiO_3 = 5$ . Variasi serat 0%, 0,5%, dan 1%. Pada setiap variasi terdiri dari 3 benda uji dengan waktu pengujian 14 hari dan 28 hari dan slump beton antara 60-180 mm.

Pengujian kuat tekan, pengujian ini untuk mendapatkan karakteristik beton sesuai dengan beton rencana pada umur 28 hari yaitu K225.

Pengujian kuat lentur, tes kuat lentur dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat lentur beton normal dan beton geopolimer yang telah ditambahkan serat bendrat pada umur 14 dan 28 hari.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemeriksaan Material

Pelaksanaan pemeriksaan material dilakukan di Politeknik Negeri Sriwijaya. Hasil pemeriksaan pada material meliputi analisa agregat (split dan pasir), semen dan *fly ash* diuraikan pada Tabel 1a dan 1b.

Tabel 1a. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus dan Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		Satuan
	Agregat Halus	Agregat Kasar	
	Pasir	Split	
Analisa Saringan Modulus Halus Butir	3,53	8,23	-
Zona Gradasi	Zona 2	-	-
BJ Kering	2,50	2,40	-
BJ jenuh permukaan	2,56	2,50	-
Persentase penyerapan air	2,67	3,20	%
Kadar air	6,6	5,9	%
Kadar lumpur	3,75	5,09	%
Bobot Isi Gembur	1,339	1,277	gr/cm <sup>3</sup>
Bobot Isi Padat	1,494	1,431	gr/cm <sup>3</sup>
Kekerasan Agregat	-	1,93	%
BJ Semen	-	-	-
Konsistensi Semen	-	-	%
Waktu Ikat Semen	-	-	menit
BJ Abu Terbang	-	-	-

Tabel 1b. Hasil Pengujian Sifat Fisik Semen dan Abu Terbang

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		Satuan
	Semen	Abu Terbang	
Analisa Saringan Modulus Halus Butir	-	-	-
Zona Gradasi	-	-	-
BJ Kering	-	-	-
BJ jenuh permukaan	-	-	-
Persentase penyerapan air	-	-	%
Kadar air	-	-	%
Kadar lumpur	-	-	%
Bobot Isi Gembur	-	-	gr/cm <sup>3</sup>
Bobot Isi Padat	-	-	gr/cm <sup>3</sup>
Kekerasan Agregat	-	-	%
BJ Semen	3,00	-	-
Konsistensi Semen	24	-	%
Waktu Ikat Semen	122	-	menit
BJ Abu Terbang	-	2,35	-

### Perhitungan Mix Design

Perencanaan adukan beton pada penelitian ini berpedoman pada SNI 03 – 2834 - 2000. Kuat tekan beton rencana adalah K-225, menggunakan Cement Portland Batu Raja Tipe 1, slump rencana 60-180 mm, agregat maksimum 30 mm, FAS maksimum 0,505, dan kadar semen minimum 405,94 kg/m<sup>3</sup>. Hasil perhitungan desain campuran beton yang akan digunakan untuk penelitian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Mix Desain

Uraian	Perhitungan	Hasil
Ukuran balok	10 x 10 x 50 cm	
Volume balok	0,1 x 0,1 x 0,5 m	0,005 m <sup>3</sup>
Semen	0,005 x 405,94	2,03 kg
Pasir	0,005 x 622,60	3,11 kg
Split	0,005 x 1093,76	5,47 kg
Air	0,005 x 152,70	0,76 kg

### Perbandingan Adukan Beton

Perbandingan kebutuhan beton normal serta beton geopolimer ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kebutuhan Material Beton Normal dan Geopolimer

Variasi	Semen	Pasir	Split	Fly ash	Air	NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Serat
Beton Normal	7,104	10,896	19,141	-	2,672	-	-	-
Beton Normal + Serat 0,5%	7,104	10,896	19,141	-	2,672	-	-	0,035
Beton Normal + Serat 1%	7,104	10,896	19,141	-	2,672	-	-	0,071
Beton Geopolimer	-	10,896	19,141	5,5648	-	0,4454	2,2266	-
Beton Geopolimer + Serat 0,5%	-	10,896	19,141	5,5648	-	0,4454	2,2266	0,028
Beton Geopolimer + Serat 1%	-	10,896	19,141	5,5648	-	0,4454	2,2266	0,056

### Pengujian Kuat Lentur Beton

Benda uji beton diuji pada umur 14 hari dan 28 hari. Hasil uji kuat lentur beton diuraikan pada Tabel 4a dan 4b.

Tabel 4a. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton 14 hari

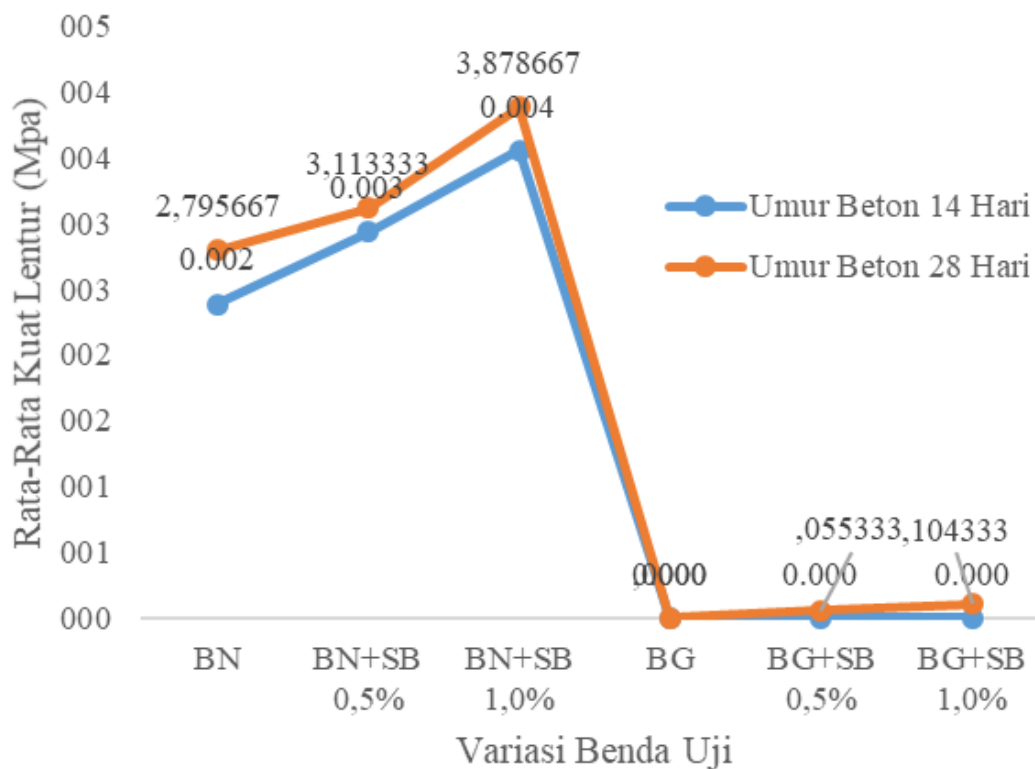
Variasi Benda Uji	Rata-Rata Kuat Lentur Benda Pada Uji Umur	
	14 Hari	
Beton Normal	2,387	
Beton Normal + Serat 0,5%	2,936	
Beton Normal + Serat 1,0%	3,552	
Beton Geopolimer	0,000	
Beton Geopolimer + Serat 0,5%	0,000	
Beton Geopolimer + Serat 1,0%	0,000	

Tabel 4b. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton 28 hari

Variasi Benda Uji	Rata-Rata Kuat Lentur Benda Pada Uji Umur	
	28 Hari	
Beton Normal	2,796	
Beton Normal + Serat 0,5%	3,113	
Beton Normal + Serat 1,0%	3,879	
Beton Geopolimer	0,000	
Beton Geopolimer + Serat 0,5%	0,055	
Beton Geopolimer + Serat 1,0%	0,104	

Uji lentur dilakukan pada balok beton dengan memberikan beban terpusat, dimana nilai yang dihasilkan merupakan nilai tegangan tarik dari momen lentur dengan momen penahan penampang balok. Perbandingan kuat lentur beton normal, beton normal menggunakan serat, beton geopolimer dan beton geopolimer menggunakan serat dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa dari hasil pengujian kuat lentur beton normal (BN) untuk umur 28 hari tanpa serat lebih kecil dibandingkan dengan nilai kuat lentur beton normal menggunakan serat yaitu sebesar 2,796 MPa. Selanjutnya nilai kuat lentur beton normal menggunakan serat 0,5% (BN+SB 0,5%) yaitu 3,113 MPa, nilai tersebut meningkat dari kuat lentur beton normal tanpa serat. Selanjutnya nilai kuat lentur beton normal menggunakan serat 1,0% (BN+SB 1,0%) juga mengalami kenaikan yaitu 3,879 MPa dari nilai kuat lentur beton normal menggunakan serat 0,5% (BN+SB 0,5%). Kuat lentur beton geopolimer tanpa serat pada umur 28 hari sebesar 0,000 MPa, sedangkan kuat lentur beton geopolimer menggunakan serat 0,5% pada umur 28 hari sebesar 0,055 MPa. Untuk kuat lentur beton geopolimer menggunakan serat 1,0% pada umur 28 hari sebesar 0,104 MPa. Dapat disimpulkan bahwa beton normal memiliki kuat lentur lebih baik dibandingkan dengan beton geopolimer baik tanpa menggunakan serat maupun menggunakan serat.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Lentur

Ketika beban pada balok beton bertambah, maka akan terjadi perubahan bentuk pada balok beton tersebut sehingga mengakibatkan retak disepanjang balok. Hal ini terjadi bersamaan dengan semakin bertambahnya beban, maka semakin besar dan panjang retak yang timbul pada balok dan balok tersebut akan mengalami lendutan yang terjadi di tengah bentang. (Sukrawa dan Widyarini, 2006).

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pengujian kuat lentur balok BN pada umur 28 hari memiliki kemampuan menahan beban dari pada BG. Kuat lentur rata-rata didapat dengan variasi BN, BN+SB 0,5% dan BN+SB 1,0% secara berurutan adalah 2,796 MPa, 3,113 MPa, dan 3,879 MPa. Hasil pengujian kuat lentur rata-rata balok beton geopolimer pada 28 hari, didapatkan variasi BG, BG+SB 0,5%, dan BG+SB 1,0% secara berurutan adalah 0 MPa, 0,055 MPa, dan 0,104 MPa. Selain itu beton geopolimer tidak dapat dijadikan balok dan penambahan serat kawat bendrat pada beton geopolimer tidak bisa menahan beban tarik pada beton.

#### REFERENSI

- ASTM C-33. (2008). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 150. (1985). *Standards Specification for Portland Cement*. Annual Book of ASTM Standards.
- Firdaus, Y., Ishak. (2017). Kontribusi Serat Sintetis Pada Peningkatan Kuat Tarik Lentur Beton Geopolimer. Konferensi Nasional Teknik Sipil. MTR-83.

- Hakim, Y., Kusumastuti, E., Jumaeri. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Geopolimer dengan Penambahan Serat Eceng Gondok dan Serbuk Aluminium *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol. 6, No. 3.
- Hardjasaputra, H., dan Ekawati, E. (2018). Penelitian Rancangan Campuran Beton Geopolimer Berbasis *Fly ash* PLTU Suralaya-Banten Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. A Scientific Journal Of Civil Engineering*. Vol. 22, No. 1.
- Indrayani, Delvianty, Selmina, M., Herius, A., Noerdin, R. (2019). *Fly ash Sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Litbangyasa Industri 2, Vol. 2, No. 2, 56-62.
- Indrayani, Herius, A., Mirza, A., Ravsyah, A.R. (2021). Comparison of the Use of *Fly ash* dan Rice Husk Ash in the Making of Geopolymer Concrete. Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020). Atlantis Highlights in Engineering, Vol. 7.
- Junnaidy, R., Masdar, A.D., Marta, R. dan Masdar A. (2017). Penggunaan Serat Bambu Pada Campuran Beton Untuk Meningkatkan Daktilitas Pada Keruntuhan Beton. Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur ke-3 (SPI-3). SPI3.1017.131-135.
- Munaf, R.D., Suharwanto, F. (2003). *Material Semen dan Beton*. Penerbit ITB, Bandung.
- Ratri, I.R.N., Kusumastuti, E., Mahatmanti, F. W. (2018). Immobilisasi Ion Logam Ni<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> pada Geopolimer Berbasis Abu Layang dan Serat Daun Nanas. *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol. 7, No. 2.
- Rulhendri, C.N., Syaiful. (2013). Kajian Tentang Penambahan Serat Terhadap Kuat Tekan Beton. *Astonjadro: Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 2, No., 2, 45-48.
- Rumajar, Rendy James., Sumajouw, Marthin., dan Pandaleke, Ronny. (2019). Kuat Tarik Lentur Beton Geopolimer Dengan Temperatur Ruangan. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 1, 67-72.
- Setiati, N. R., dan Irawan, R. R.. (2018). Perbandingan Sifat dan Karakteristik Beton Geopolimer Terhadap Beton Semen Portland Untuk Kekuatan Struktur Balok (*Comparison of The Properties and Characteristics of Geopolymer Concrete and Portland Cement Concrete for Structural Beam Strength*). *Jurnal Jalan-Jembatan*. Vol. 35, No. 2, 125-138
- Sulianti, A., Indrayani, Subrianto, A., Rahmadona, E., Yanti, O., Iryani, W.I. (2021). Analisis Kuat Beton Geopolimer Menggunakan *Fly ash* dan Abu Sekam Padi. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, Vol. 9, No. 2, pp 63-70.
- SNI 03-2834:2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 4431-2011. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. Badan Standarisasi Nasional.

Suhirkam, D., Hidayat, B, F., Flaviana, L.T., Suhadi. (2019). The Copper Fiber On Compressive Strength And Elastic Modulus On Concrete Fc'25. First 2019, Journal Of Physics: Conference Series.