

Studi Eksperimental Karakteristik Kuat Tekan Beton Geopolimer Serat Bubut Besi

Rafif ikhsan fahermal, Dr. Zainuri, Shanti Wahyuni Megasari*

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: rafifikhsanfahermal@gmail.com, zainuri@unilak.ac.id, shanti@unilak.ac.id

ABSTRAK

Limbah bubut besi merupakan limbah yang berpotensi sebagai penyerap gas H_2S yang merupakan gas pengotor dari biogas. Beton geopolimer merupakan satu inovasi memanfaatkan limbah *fly ash* sebagai material pengganti semen dan limbah bubut besi, yang berfungsi untuk menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis kuat tekan beton geopolimer serat dengan menggunakan variasi limbah serat bubut besi. Metode penelitian merupakan studi eksperimental di laboratorium berdasarkan SNI 1974:2011 pada kuat tekan. Penelitian menggunakan perbandingan 65% agregat : 35% binder%, 60% agregat kasar :40% agregat halus, 38% alkali : 62% *fly ash*. Molaritas aktivator 12 M, dengan menggunakan KOH dan Na_2SiO_3 dengan perbandingan SH/SS sebesar 1:2. Variasi limbah serat bubut besi yang digunakan 0%, 0,3%, 0,5% terhadap *fly ash*. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 10 dan tinggi 20 cm untuk kuat tekan. Pengujian kuat tekan digunakan pada umur 28 hari dengan perawatan suhu ruang. Hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan tertinggi berada pada variasi 0,5% sebesar 3,312 MPa dan kuat tekan terendah pada variasi 0% sebesar 3,142 MPa. Kesimpulan penelitian bahwa nilai kuat tekan beton geopolimer mengalami kenaikan pada setiap penambahan serat. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk penambahan variasi persentase limbah serat bubuk besi yang lebih tinggi dan melakukan pengujian lainnya seperti pengujian kuat lentur, kuat tekan, dan penyerapan untuk memperoleh kualitas beton geopolimer yang lebih baik

Kata Kunci: Beton geopolimer, *fly ash*, kuat tekan, serat bubut besi

ABSTRACT

Iron lathe waste is waste that has the potential to absorb H_2S gas which is a polluting gas from biogas. Geopolymer concrete is an innovation that uses fly ash waste as a substitute material for cement and iron lathe waste, which functions to increase resistance to cracking, increase ductility and concrete resistance to shock loads. The aim of the research is to analyze the compressive strength of fiber geopolymer concrete using variations in iron lathe fiber waste. The research method is an experimental study in the laboratory based on SNI 1974:2011 on compressive strength. The research used a comparison of 65% aggregate: 35% binder%, 60% coarse aggregate: 40% fine aggregate, 38% alkali: 62% fly ash. The molarity of the activator is 12 M, using KOH and Na_2SiO_3 with a SH/SS ratio of 1:2. Variations in iron lathe fiber waste used are 0%, 0.3%, 0.5% of fly ash. The concrete test specimen is cylindrical with a diameter of 10 and a height of 20 cm for compressive strength. Compressive strength testing was used at the age of 28 days with room temperature treatment. The research results showed that the highest compressive strength value was at 0.5% variation of 3.312 MPa and the lowest compressive strength at 0% variation was 3.142 MPa. It can be concluded that the compressive strength value of geopolymer concrete with 28 days curing using room temperature increased with each addition of fiber. Further research is recommended to add higher variations in the percentage of iron powder fiber waste and carry out other tests such as flexural strength, compressive strength and absorption tests to obtain better quality geopolymer concrete.

Keywords: Geopolymer concrete, fly ash, compressive strength, iron fiber

1. PENDAHULUAN

Beton adalah gabungan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik, agregat kasar, agregat halus, dan air tanpa tambahan

apapun lainnya. kebutuhan beton dalam dunia konstruksi banyak digunakan seluruh dunia. Dari Pembangunan infrastruktur jalan raya Gedung, jembatan dan lainnya sebagainya. Di Indonesia Pembangunan infrastruktur semakin meningkat hal ini menyebabkan proses produksi semen terjadi emisi CO₂ ke udara yang jumlahnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi. Hal ini lah yang menyebabkan faktor pendorong untuk ditemukannya bahan alternatif lain sebagai pengganti semen dalam beton.

Beton serat adalah beton dengan campuran serat, yang berfungsi sebagai peningkatan kekuatan lentur dan kuat tarik beton, supaya beton yang tidak terpengaruh oleh gaya tarik yaitu serat alam dan buatan. Serat yang digunakan Serat organik seperti serat tanaman, serat plastik, kawat, baja, limbah bubut besi, dan serat lainnya dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk beton serat.

Beton geopolimer merupakan campuran beton dengan semen Portland sebagai bahan pengikat diganti dengan abu terbang (*fly ash*), *fly ash* dihasilkan dari pembakaran batu bata yang digunakan untuk membuat binder yang diperlukan untuk campuran beton. beton ini juga dibentuk oleh reaksi kimia berbeda dengan reaksi hidrasi pada beton biasa.

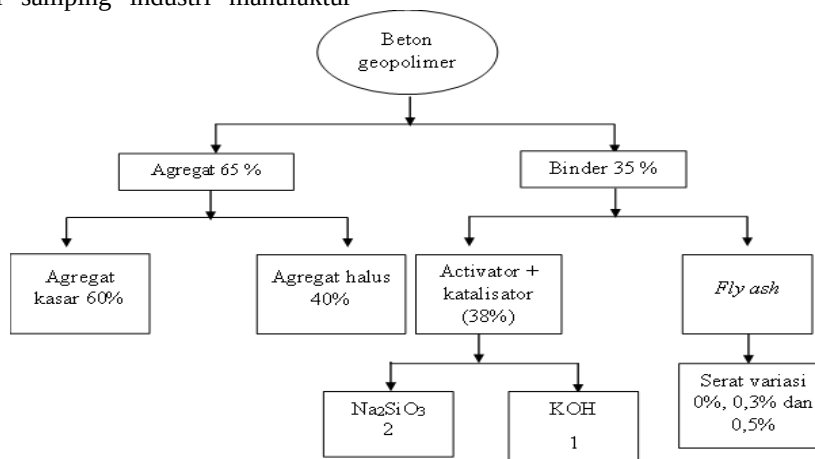
Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penambahan serat logam seperti kawat bendrat atau serat baja mampu meningkatkan sifat mekanik beton, khususnya pada beton geopolimer Pratama et al., 2020. Limbah bubut besi, yang merupakan hasil samping industri manufaktur

logam, memiliki potensi sebagai bahan tambahan karena kandungan logamnya yang tinggi serta bentuk seratnya yang dapat berfungsi sebagai penahan mikro-retak. Penelitian oleh Siregar et al. (2023) juga menunjukkan bahwa penggunaan serat bubut besi dalam beton geopolimer memberikan kontribusi positif terhadap nilai kuat tekan dan kuat lentur beton. Oleh karena itu, penggunaan limbah bubut besi tidak hanya bernilai teknis tetapi juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah industri."

2. METODE PENELITIAN

a. Rancangan benda uji

Penelitian ini dimulai dengan pengujian propertis. Pengujian ini mencakup kadar lumpur, organik, analisis saringan, keausan (Los Angeles), berat jenis SSD, dan penyerapan pada agregat. Pengujian propertis ini akan dipakai untuk membuat job mix formula. Dalam penelitian ini, Pengujian XRF dilakukan untuk mengetahui kandungan *fly ash*. Penelitian ini menggunakan *fly ash* sepenuhnya (Siregar, L. N. dan Herlina, L., 2022). Perbandingan agregat dan binder adalah 65% dan 35%; agregat kasar dan halus adalah 60% dan 40%; dan perbandingan alkali-fly ash adalah 38% dan 62%. Molekul aktivator 12M yang diaktifkan dengan KOH dan Na₂SiO₃ sebagai katalisator dengan perbandingan SH/SS sebesar 1:2 (Sinaga, S. K., 2020) .



Gambar 1. Rancangan Benda Uji

tekan yang sama (Wijaya, M., F., Olivia, M. dan Saputra, E., 2019).

B. Perawatan Benda Uji

Perawatan suhu ruang pada beton geopolimer akan meningkatkan nilai tekan secara bertahap. Perawatan beton geopolimer dilakukan pada temperatur ruangan selama 28 hari. Perawatan dengan menggunakan oven atau tidak akan meningkat dengan signifikan dalam nilai

Uraian	Syarat Kelas		Hasil XRF	Kelas
	F	C		
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	≥ 50%	≥ 50%	79,661%	F
SiO ₃	≤ 5%	≤ 5%	1,211%	
CaO	≤ 18%	≥ 18%	10,824%	

C. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton menggunakan peralatan uji tekan *compression testing mechine*. Menurut SNI 03-6825-2002, kekuatan tekan beton ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

F'c = Kekuatan tekan beton (N/mm²)

P = Gaya tekan maksimal (N)

A = Luas penampang benda yang diuji (mm²)

D. Analisis Data

Data hasil pengujian kuat tekan dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata dari tiap variasi persentase serat. Untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat bubut besi terhadap kuat tekan beton geopolimer, dilakukan analisis statistik menggunakan uji ANOVA satu arah (One Way ANOVA). Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok variasi serat. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5% ($\alpha = 0,05$). Seluruh analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik seperti Microsoft Excel atau SPSS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Propertis Material

Pengujian pendahuluan material dilaksanakan terhadap *fly ash*, agregat kasar dan agregat halus. Dapat dilihat pada tabel 1 untuk pengujian *fly ash*, tabel 2 hasil pengujian agregat kasar, dan tabel 3 untuk pengujian agregat halus.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Fly ash*

No.	Senyawa	Kandungan (%)
1	Aluminium Oksida atau Alumina (Al ₂ O ₃)	11,069
2	Silikon Oksida atau Silica (SiO ₂)	25,983
3	Sulfur Trioksida (SO ₃)	1,343
4	Kalsium Oksida (CaO)	7,426
5	Ferric Oksida atau Besi III Oksida (Fe ₂ O ₃)	29,795

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Standar		Keterangan
1.	Analisa Saringan	Max 20 mm	Max 10, Max 20, dan Max 40	SNI ASTM C136:2012	Memenuhi
2.	Berat Jenis SSD	2,80	2,58-2,83	SNI 1970 : 2016	Memenuhi
3.	Penyerapan	1,02%	≤ 2%	SNI 1968:2016	Memenuhi
4.	Kadar Lumpur	0,30%	1%	SNI 03-4142-1996	Memenuhi
5.	Keausan Agregat	29%	≤ 40%	SNI 2417:2008	Memenuhi

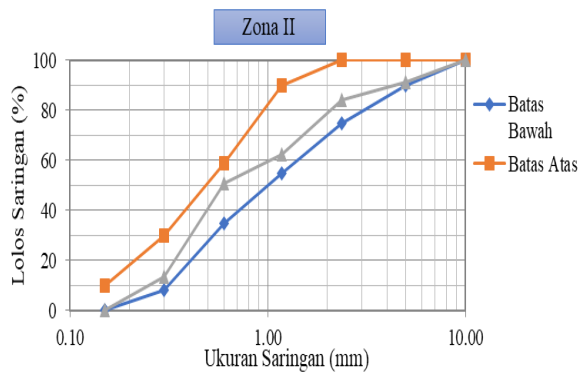
Tabel 3. Hasil pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Standar		Keterangan
1	Kadar lumpur	0,715%	≤ 5	SNI 03-4142-1996	Memenuhi
2	Kadar organik	No. 1	No. 1-3	SNI 2816-2014	Memenuhi
3	Penyerapan	0,28%	≤ 2%	SNI 1970-2016	Memenuhi
4	Berat Jenis SSD	2,77	2,58-2,83	SNI 1970-2016	Memenuhi
5	Analisa Saringan	Zona II	Zona I-IV	SNI ASTM C 136:2012	Memenuhi

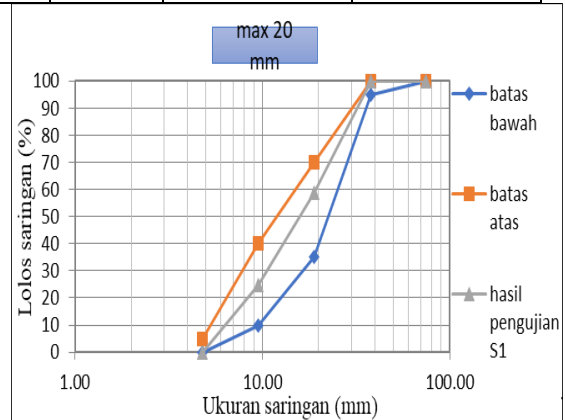
Berdasarkan setiap hasil dari pengujian, agregat halus memenuhi standar spesifikasi, sehingga

material ini bisa dipergunakan bahan dalam pencampuran beton.

Variasi Serat Besi (%)	Kode Benda Uji	Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (gram)	Beban (N)	Kuat Tekan F _c (MPa)	Kuat Tekan F _c Rata-rata (MPa)
0	1	7850	3465	25000	3,184	3,14
	2	7850	3467	26000	3,313	
	3	7850	3464	23000	2,929	
0,3	1	7850	3650	26000	3,313	3,27
	2	7850	3589	26000	3,313	
	3	7850	3590	25000	3,184	
0,5	1	7850	3521	27000	3,439	3,31
	2	7850	3572	26000	3,313	
	3	7850	3606	25000	3,184	

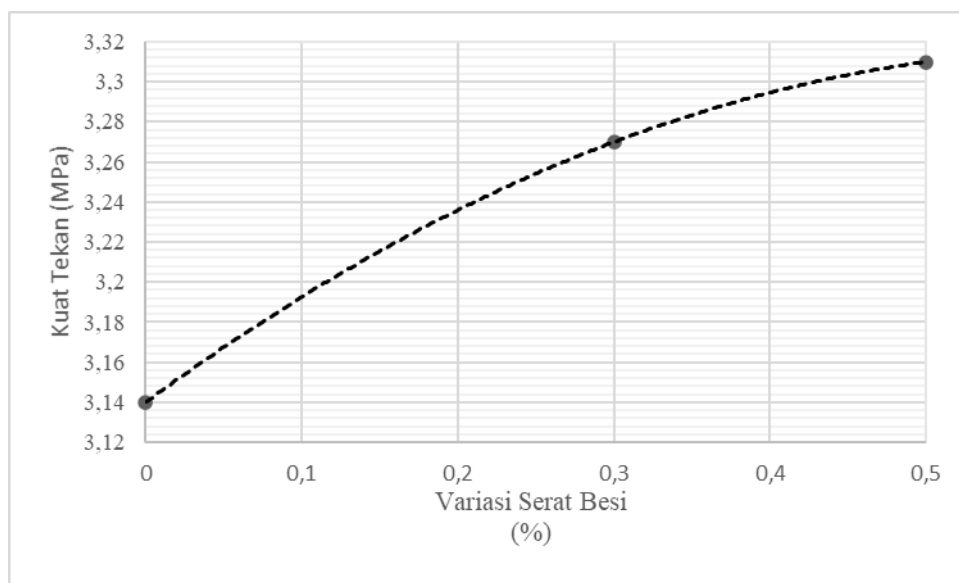


Gambar 2. Analisa Saringan Agregat Halus



Gambar 3. Grafik Saringan Agregat Kasar

b. Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar 4. Kuat Tekan Beton Geopolimer

Hasil yang diperoleh dari kekuatan tekan beton nilai rata-rata paling tinggi umur 28 hari didapat pada variasi serat 0,5% yaitu dengan nilai 3,313 MPa. Kekuatan tekan rata-rata minimum terdapat pada variasi serat bubuk besi 0% yaitu sebesar 3,142 MPa. Pada gambar 4.14 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton rata-rata mengalami kenaikan pada tiap-tiap tambahan limbah dari serat bubuk besi.

Analisis

Tahapan penelitian dimulai dengan melakukan pengujian pendahuluan material untuk agregat halus, agregat kasar dan *fly ash*. Pengujian agregat mencakup pengujian berat SSD, penyerapan, berat volume gembur, kadar air, kadar lumpur, gradasi, abrasi, untuk agregat kasar dan uji kadar organik untuk agregat halus. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh memenuhi spesifikasi SNI untuk agregat halus dan kasar supaya bisa menggunakan sebagai campuran beton sesuai pada tabel

Untuk *fly ash* yang digunakan dari limbah batu bara PLTU Tenayan Raya. Pengujian X-RF (*X-Ray Fluorescence*) yang dilaksanakan dilaboratorium kimia Universitas Negeri Padang. Berdasarkan hasil X-RF (*X-Ray Fluorescence*) didapat jumlah kandungan kandungan SiO_2 Al_2O_3 + Fe_2O_3 sebesar 79,66, % > 70%, kadar SO_3 sebesar $1,211\% \leq 5\%$ dan kadar CaO 10,824 % $\leq 18\%$. Sehingga kali ini merupakan *fly ash* tipe F.

Serat digunakan sebagai bahan tambah berupa serat bubuk besi dengan variasi 0% 0,3%, 0,5% dan 10% pada berat *fly ash* sesuai penelitian (Pratama, B., 2020). Besi memiliki lentur dan tarik yang baik, jadi memanfaatkannya limbah bubuk besi diharapkan dapat meningkatkan nilai tarik dan lentur sebelum dimasukkan dalam campuran beton geopolimer, serat bubuk besi terlebih dahulu dipotong sesuai dengan ukuran pedoman teknis pekerjaan beton serat baja, (2018) yaitu berkisar 12,7 mm sampai 63,5mm (dalam kondisi dipanjangkan dengan ketebalan $\pm 0,1$ mm. Namun, dikarenakan ketebalan serat yang tipis, maka serat bubuk besi menjadi menggeung dengan diameter $\pm 1,3$ cm. Sebelum dipergunakan, serat bubuk besi terlebih dahulu dicuci bersih dengan air dan kemudian dikeringkan dengan cara dijemur. Setelah itu serat bisa dicampurkan dalam campuran beton geopolimer.

4.KESIMPULAN

Hasil penelitian ini pada beton geopolimer serat bubuk besi dengan tambahan serat dari bubuk besi dengan variasi 0, 0,3 dan 0,5% dari berat *fly ash*, didapat nilai kuat tekan maksimum rata-

rata divariasi 0,5% adalah 3,312 Mpa, sedangkan kuat tekan terendah rata-rata divariasi 0% adalah 3,142 MPa. Dari hasil yang didapat Kesimpulan dengan menggunakan berbagai jenis limbah, beton geopolimer serat memiliki sifat tekan yang kuat. dari serat limbah bubuk besi dengan melakukan perawatan 28 hari pada suhu ruang mengalami kenaikan terhadap tiap variasi serat bubuk besi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhir, T., Tarik, K., Beton, B., Mahadika, M. P., & Priambodo, B. D. 2008. *Tugas Akhir Pengaruh Penambahan Fly Ash dan POLCON® Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton*. 1989, 1989–1991.
- [2] *American Standard Testing and Material*, 2012, ASTM C136-06 Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasa ASTM, USA.
- [3] *American Standard Testing and Material*, 2019, ASTM C618-19 *chemical and physical Analyses-Fly Ash / Pozzolans*, ASTM, USA.
- [4] Asof, M, Arita, S, Andalia, W, dan Naswir, M., 2022, Analisis Karakteristik , Potensi Dan Pemanfaatan Fly Ash Dan Bottom Ash PLTU Industri Pupuk Analysis Of Characteristics , Potential And Utilization Of Fly Ash And Bottom Ash PLTU Fertilizer Industry Received October 2021 , *jurnal teknik kimia*, Vol 28 No.1, PP 44–50, ISSN : 2721-4885.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, 2016, *SNI - 1970:2016, Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar*, BSN, Jakarta
- [6] Badan Standardisasi Nasional, 1996, *SNI 03-4142-1996, Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200*, BSN, Jakarta.
- [7] Badan Standardisasi Nasional., 2000, *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Norma*, BSN, Jakarta.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, 2013, *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, BSN, Jakarta.
- [9] Badan Standardisasi Nasional., 2008, *SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, BSN, Jakarta.
- [10] Badan Standardisasi Nasional., 2011, *SNI 4431-2011, Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan* ,

- BSN, Jakarta
- [11] Badan Standardisasi Nasional., 2014, *SNI 2816-2014 Metode Uji Bahan Organik Dalam Agregat Halus Untuk Beton*, BSN, Jakarta..
- [12] Badan Standardisasi Nasional., 2008, *SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, BSN, Jakarta.
- [13] Masherni., dan Amran, Y., 2020, Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Lapangan Dengan Campuran Adiktif Dan Tanpa Adiktif Pada Beton Mutu K. 300. *Jurnal Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi)*, Vol.10 No.1, PP 95–104, ISSN : 2548-6209
- [14] Mulyati., dan Arkis, Z., 2020, Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal, *Jurnal Teknik Sipil ITP*, Vol.7 No.2, PP 78–84. ISSN : 2614-414X
- [15] Pane, F. P., Tanudjaja, H., Windah, R. S., 2015, Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.3 No.5, PP 313-321, ISSN 2337-6732.
- [16] Pratam, L.A., Mundias, A, H, R., dan Riyadi, M., 2021, Kinerja Serat Kawat Bendrat Sebagai Bahan Tambah Beton Fas 0.4, *jurnal teknik sipil*.Vol 3 No.1, ISSN 2655-9625.
- [17] Purwanto, H., dan Wardani, U, C., 2020, Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225, *Jurnal Deformasi*, Vol.5 No.2, PP 103-112, ISSN 2621-7929.
- [18] Pratama, B., Suryadi, A., & Aponno, G. 2020. Penambahan Serat Limbah Bubut Besi Terhadap Kuat Tarik Dan Kuat Lentur Beton Normal. *Jurnal JOS-MRK*, 1, 16–23. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2020.01.01.16-23>
- [19] Siregar, U, M., Megasari, S. W., dan Anggraini, M., 2023, Karakteristik Kuat Tekan Dan Lentur Beton Geopolimer Serat Bubut Besi, *Senkim Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, Vol.3 No.1, PP 94–101, ISSN: 2807-7717
- [20] Takim, Naibaho, A., & Ningrum, D. 2016. Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Mortar. *Jurnal Reka Buana*, 1(2), 91–100.
- [21] Utami, R., Herbudiman, B., & Irawan, R. R. 2017. Efek Tipe Superplasticizer terhadap Sifat Beton Segar dan Beton Keras pada Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash | Utami | RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 59–70.
- [22] Yacub, M. R. F., & Suliestyah, S. 2020. Uji Karakterisasi Fly Ash sebagai Campuran Material Non-Acid Forming (NAF). *Indonesian Mining and Energy*, 3(2), 89–96. <https://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/imej/article/view/9191>