

Karakteristik Kuat Tekan Dan Lentur Beton Geopolimer Serat Bubut Besi

Ummy Mahrani Siregar*¹, Shanti Wahyuni Megasari², Muthia Anggraini³,

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

*e-mail: mahrani.ummy@gmail.com¹, shanti@unilak.ac.id², muthia@gmail.com³

Abstract

Iron lathe waste is a waste that has the potential to absorb H_2S which is a pollutant gas from biogas. Fiber geopolimer concrete is one of the innovations utilizing fly ash waste as a substitute material for cement and iron lathe waste, which serves to increase crack resistance, increase ductility and concrete resistance to shock loads. The aim of the study was to analyze the compressive strength and flexural strength of fiber geopolimer concrete using variations of iron lathe fiber waste. The research method is an experimental study in the laboratory based on SNI 1974:2011 and SNI 4431:2011 concerning compressive strength and flexural strength. The study used a ratio of 65% aggregate: 35% binder, 60% coarse aggregate: 40% fine aggregate, 38% alkali: 62% fly ash. Na_2SiO_3 catalyst: $It's$ and KOH activator with a ratio of 2:1, then KOH was made with a concentration of 12 M. Variations of iron lathe fiber waste used were 0%, 5% and 10% by weight of fly ash. The results showed that the highest compressive strength value was found in the 0% lathe fiber variation of 7,856 MPa and the lowest compressive strength was found in the 10% variation of 4,968 MPa while the highest flexural strength value was obtained in the 0% fiber variation of 1,356 MPa and the lowest flexural strength was obtained in variation of 10% iron fiber that is equal to 0,915 MPa. The compressive strength and flexural strength values of geopolimer concrete with 28 days of curing using room temperature decreased with each addition of fiber.

Keywords: Activator, geopolimer concrete, fly ash, catalyst, iron lathe fiber

Abstrak

Limbah bubut besi merupakan limbah yang berpotensi sebagai penyerap gas H_2S yang merupakan gas pengotor dari biogas. Beton geopolimer serat merupakan salah 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 dan kuat lentur beton geopolimer serat dengan menggunakan variasi limbah serat bubut besi. Metode penelitian merupakan studi eksperimental di laboratorium berdasarkan pada SNI 1974:2011 dan SNI 4431:2011 tentang kuat tekan dan kuat lentur. Penelitian menggunakan perbandingan 65% agregat : 35% binder, 60% agregat kasar : 40% agregat halus, 38% alkali : 62% fly ash. Katalisator Na_2SiO_3 dan aktivator KOH dengan perbandingan sebesar 2:1, selanjutnya KOH dibuat dengan konsentrasi 12 M. Variasi limbah serat bubut besi yang digunakan 0%, 5% dan 10% terhadap berat fly ash. Hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan tertinggi berada pada variasi serat bubut besi 0% sebesar 7,856 MPa dan kuat tekan terendah pada variasi 10% sebesar 4,968 MPa sedangkan nilai kuat lentur tertinggi diperoleh pada variasi serat 0% yaitu sebesar 1,356 MPa dan kuat lentur terendah didapatkan pada variasi serat besi 10% yaitu sebesar 0,915 MPa. Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer dengan perawatan 28 hari menggunakan suhu ruang mengalami penurunan pada setiap penambahan serat.

Kata kunci: Aktivator, beton geopolimer, fly ash, katalisator, serat bubut besi

1. PENDAHULUAN

Serat bubut besi banyak ditemukan pada sisa produksi yang dihasilkan pada tempat kerja bubut. Serat limbah besi dihasilkan berbentuk spiral dengan skala panjang berbeda. Serat bubut besi tersebut masuk dalam limbah karena tidak mempunyai fungsi (Qomariah, dkk., 2020). Limbah bubut besi mempunyai potensi sebagai penyerap gas H_2S yang merupakan gas pengotor dari biogas.

Beton serat berfungsi untuk menaikkan kuat tarik dan kuat lentur beton yang didukung dengan adanya serat di dalam beton. Hal ini mengakibatkan beton memiliki ketahanan yang tinggi terhadap cuaca serta temperature pada kekuatan tarik dan lentur. Jenis serat yang bisa dipakai dalam beton yaitu serat alam dan buatan (Pratama, B., dkk., 2020). Serat yang dapat digunakan

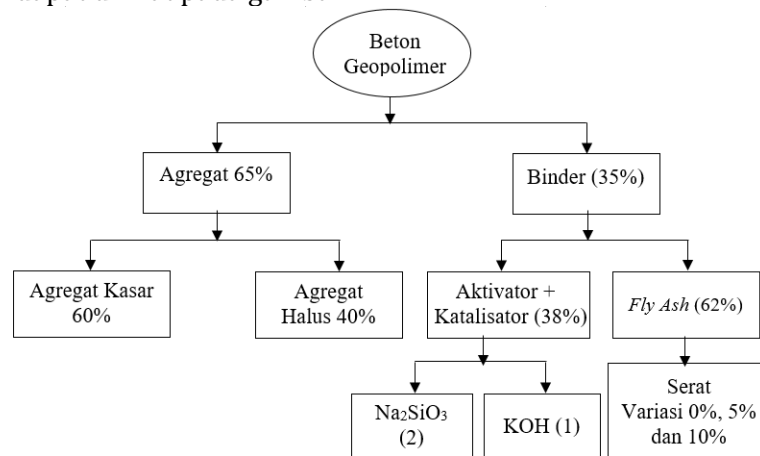
sebagai bahan tambahan dalam beton serat antara lain serat kawat, serat baja, serat limbah bubut besi, serat plastik, dan serat alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Tujuan penambahan serat ini untuk meningkatkan ketahanan retak, keawetan beton dan ketahanan beton terhadap beban kejut (*impact load*) sehingga dapat meningkatkan durabilitas beton, seperti perkerasan jalan raya atau lapangan udara untuk mencegah timbulnya keretakan (Sukmawati, R., dkk., 2021).

Beton geopolimer merupakan beton ramah lingkungan karena tidak menggunakan semen sama sekali (Sulianti, I., dkk., 2021). Dalam pembuatan beton geopolimer bahan yang paling diperlukan ialah bahan yang memiliki banyak kandungan silika (Si) dan aluminium (Al) seperti abu terbang (*fly ash*) atau *bottom ash*, dan lainnya (Gandina, N. L. dan Setiyarto, Y. D., 2020). Perkembangan dan pertumbuhan industri yang semakin pesat dan meningkatnya kebutuhan listrik yang dipasok oleh PLTU menyebabkan peningkatan *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) di Indonesia. Dalam penelitian Yunita, (2017) salah satu PLTU dari PT. Semen Tonasa menghasilkan *fly ash* ±96,07 ton per hari dan *bottom ash* ±41,62 ton per hari. Pemanfaatan *fly ash* dapat mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara digunakan, untuk mencegah penimbun *fly ash* dengan memanfaatkannya menjadi bahan pengganti semen. Dalam pembuatan beton geopolimer, KOH dan Na₂SiO₃ digunakan sebagai aktivator dan katalisator dengan perbandingan SS/SH sebesar 2:1 (Sinaga, S. K., 2020) yang menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi.

2. METODE

A. Rancangan Benda Uji

Penelitian ini di mulai dengan pengujian awal yaitu pengujian propertis terlebih dahulu, pengujian tersebut meliputi pengujian kadar lumpur, kadar organik, analisa saringan, keausan (*Los Angeles*), berat jenis SSD dan penyerapan pada agregat. Pengujian propertis tersebut akan digunakan dalam membuat *job mix formula*. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian XRF pada *fly ash* untuk mengetahui kandungan dalam *fly ash*. Penelitian ini menggunakan *fly ash* 100% (Siregar, L. N. dan Herlina, L., 2022). Perbandingan agregat dan binder 65% dan 35%, agregat kasar dan agregat halus sebesar 60%:40%, perbandingan alkali:*fly ash* sebesar 38%:62% (Pratama, B. A., 2022). Molaritas aktivator 12M, dengan menggunakan KOH sebagai aktivator dan Na₂SiO₃ sebagai katalisator dengan perbandingan SS/SH sebesar 2:1 (Sinaga, S. K., 2020). Rancangan benda uji dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Benda Uji

B. Perawatan Benda Uji

Menurut Nath, P. dan Sarker, P. K., (2014) pemeliharaan beton geopolimer dapat dilakukan menggunakan suhu ruang dan kuat tekan yang dihasilkan baik dirawat dengan oven ataupun tidak akan mengalami kenaikan kuat tekan secara bertahap.

C. Pengujian Kuat Tekan

Menurut SNI 1974:2011, untuk menghitung kuat tekan beton dapat dilihat pada rumus berikut :

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

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (N/ mm²)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

D. Pengujian Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 4431-2011 tahap pengujian kuat lentur beton yaitu letakkan sampel pada dua perletakan yang akan diberikan beban dengan arah tegak lurus pada sumbu sampel sampai sampel patah yang dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya per satuan luas. Dalam pengujian bidang yang patah terletak di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan bagian tengah). Gambar benda uji patah 1/3 bentang tengah dapat dilihat pada gambar 2. Persamaan kuat lentur beton dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2}$$

Keterangan :

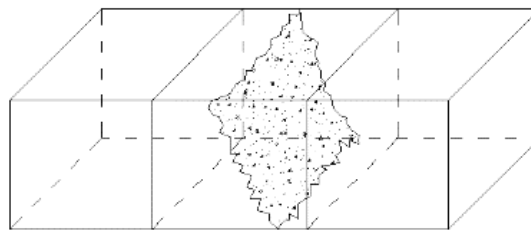
σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

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

L = Jarak antara dua perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

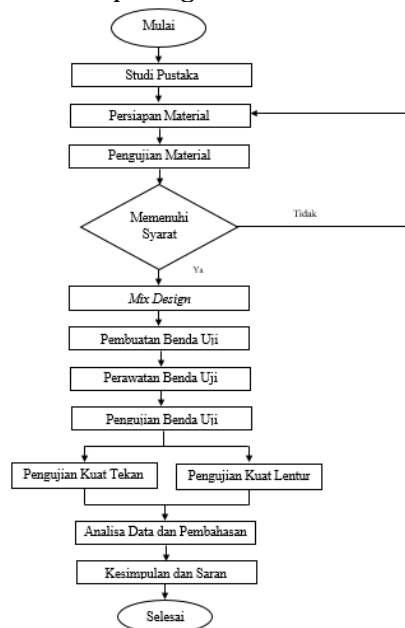
h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)



Gambar 2. Benda Uji Patah 1/3 Bentang Tengah
(Sumber : SNI 4431:2011)

E. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Metode Pembuatan dan Pengujian Beton Geopolimer dengan Kombinasi Limbah Bubut Besi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Propertis Material

Berdasarkan hasil pengujian XRF menunjukkan bahwa *fly ash* termasuk kategori *fly ash* tipe C (dapat dilihat pada tabel 1). *Fly ash* tipe C memiliki waktu ikat awal yang cepat dengan kekuatan yang baik di hari-hari pertama pengujian (Naibaho, A. dan Rahman, A., 2020).

Tabel 1. Hasil Pengujian XRF *Fly Ash*

Senyawa	Kelas Campuran Mineral			Hasil XRF (%)	Kelas
	F (%)	N (%)	C (%)		
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ , %	> 50	> 70	> 50	65,40	F dan C
SO ₃ , %	< 5	< 3	< 5	3,256	F dan C
CaO, %	≤ 18	-	>18	23,374	C

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	2,65	2,58-2,83	SNI 1970 : 2016 Memenuhi
3.	Penyerapan	0,78 %	≤ 2%	SNI 1969:2016 Memenuhi
4.	Kadar lumpur	0,08%	1%	SNI 03-4142-1996 Memenuhi
5.	Keausan agregat	28%	≤ 40%	SNI 2417:2008 Memenuhi

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian analisa saringan, berat jenis SSD, penyerapan, kadar lumpur dan keausan agregat kasar memenuhi standar spesifikasi SNI ASTM C136:2012, SNI 1970 : 2016, SNI 1969:2016, SNI 03-4142-1996 dan SNI 2417:2008 sehingga material dapat digunakan sebagai bahan campuran beton geopolimer.

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Standar	Keterangan
1.	Analisa Saringan	Zona II	Zona I-Zona IV	SNI ASTM C136: 2012 Memenuhi
2.	Berat jenis SSD	2,60	2,58-2,83	SNI 1970 : 2016 Memenuhi
3.	Penyerapan	1,77%	≤ 2%	SNI 1970 : 2016 Memenuhi
4.	Kadar lumpur	3,44%	5%	SNI 03-4142-1996 Memenuhi
5.	Kadar organik	No. 3	No. 1-3	SNI 2816:2014 Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu analisa saringan, berat jenis SSD, penyerapan, kadar lumpur dan kadar organik, agregat halus memenuhi standar spesifikasi SNI ASTM C136: 2012, SNI 1970 : 2016, SNI 03-4142-1996 dan SNI 2816:2014 (dapat dilihat pada tabel 3.), sehingga material dapat digunakan sebagai bahan campuran beton geopolimer.

B. Perencanaan *Mix Design* Beton Geopolimer Serat

Berikut perhitungan *mix design* beton geopolimer untuk 3 sampel silinder 10 × 20 cm pada setiap variasi.

Tabel 4. Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Beton Geopolimer 3 Sampel Silinder

Variasi serat		Agregat		Fly ash (kg)	Konsentrasi KOH (Molar)	KOH (kg)	Na ₂ SiO ₃ (kg)	Air (kg)
%	Kg	Kasar (kg)	Halus (kg)					
0	0	4,409	2,939	2,453	12	0,501	1,002	0,535
5	0,123	4,409	2,939	2,453	12	0,501	1,002	0,535
10	0,245	4,409	2,939	2,453	12	0,501	1,002	0,535

Kebutuhan campuran untuk 3 sampel balok 15 × 15 × 60 cm beton geopolimer serat pada setiap variasi:

Tabel 5. Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Beton Geopolimer 3 Sampel Balok

Variasi serat		Agregat		Fly ash (kg)	Konsentrasi KOH (Molar)	KOH (kg)	Na ₂ SiO ₃ (kg)	Air (kg)
%	Kg	Kasar (kg)	Halus (kg)					
0	0	37,908	25,272	21,092	12	4,309	8,618	4,604
5	1,055	37,908	25,272	21,092	12	4,309	8,618	6,354
10	2,109	37,908	25,272	21,092	12	4,309	8,618	6,354

C. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 6. dan gambar 4. :

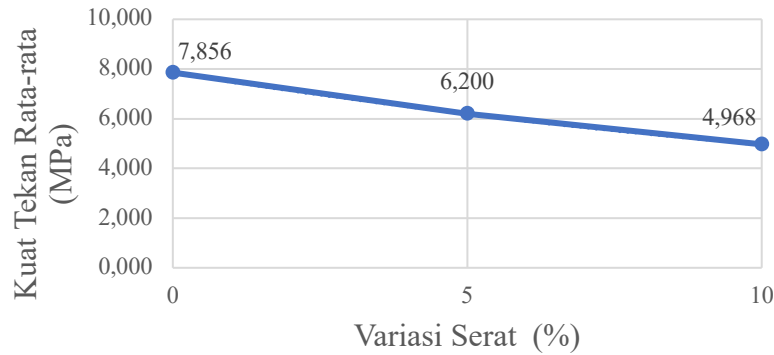
Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 Hari

Variasi Serat Besi (%)	Kode Benda Uji	Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (gram)	Beban (N)	Kuat Tekan fc' (MPa)	Kuat Tekan fc' Rata-rata (MPa)
0	1	7850	3400	45000	5,732	7,856
	2	7850	3376	61000	7,771	
	3	7850	3495	79000	10,064	
5	1	7850	3612	55000	7,006	6,200
	2	7850	3490	47000	5,987	
	3	7850	3559	44000	5,605	
10	1	7850	3585	43000	5,478	4,968
	2	7850	3459	37000	4,713	
	3	7850	3605	37000	4,713	

Hasil kuat tekan rata-rata tertinggi umur 28 hari diperoleh pada variasi serat 0% yaitu sebesar 7,856 MPa dan kuat tekan rata-rata terendah didapatkan pada variasi serat besi 10% yaitu sebesar 4,968 MPa. Serta pada gambar 4 dapat diamati bahwa nilai kuat tekan rata-rata mengalami penurunan pada setiap penambahan variasi serat.

Hal ini disebabkan karena kandungan limbah serat besi terlalu banyak serta mengalami penggumpalan di dalam campuran beton, hal ini sesuai dengan penelitian Qomariah, dkk., (2020) yaitu nilai kuat tekan mengalami penurunan dengan takaran limbah bubuk besi yang terlalu banyak. Fly ash yang digunakan merupakan tipe C yang memiliki waktu ikat yang cepat sehingga saat memasukkan beton kedalam cetakan, adukan beton sudah mulai mengeras karna terlebih dahulu dilakukan pengujian slump, sehingga benda uji berongga yang membuat kuat tekan mengalami penurunan. Fly ash tipe C memiliki kadar kalsium (CaO) yang tinggi, tidak baik untuk perkembangan kuat tekan dihari akhir pengujian dan membuat pembentukan rantai

geopolimerisasi berhenti yang berdampak pada material cepat mengeras (Naibaho, A. dan Rahman, A., dkk., 2020). Salah satu cara agar adukan tidak cepat mengeras yaitu dengan menambahkan bahan adiktif yang berfungsi memperlambat pengerasan. Sesuai dengan penelitian Senkey, S. L., dkk., (2020) menggunakan *fly ash* tipe C dalam mortar geopolimer dengan hasil kuat tekan tertinggi dicapai pada molaritas 10 M dan pada 12 M kuat tekan menurun, yang artinya semakin besar molaritas kuat tekan semakin berkurang, hal ini terjadi karena molaritas memberi efek negatif pada geopolimerisasi.



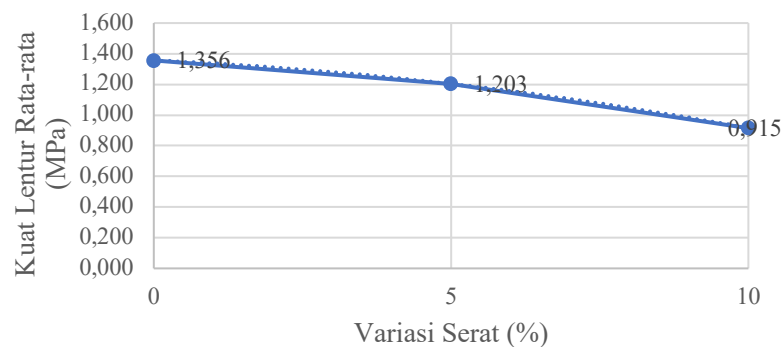
Gambar 4. Kuat Tekan Beton Geopolimer

D. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian kuat lentur beton geopolimer umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 7. dan gambar 5.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Lentur 28 Hari

Variasi Serat (%)	Kode Benda Uji	Dimensi Retak (mm)			Berat Benda Uji (gram)	Beban (N)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
		L	b	h				
0	1	450	150	155	30600	12600	1,573	1,356
	2	450	154	150	30000	10900	1,416	
	3	450	150	150	30300	8100	1,080	
5	1	450	155	140	26650	7500	1,111	1,203
	2	450	153	125	25050	9200	1,732	
	3	450	146	150	29500	5600	0,767	
10	1	450	148	150	29100	6600	0,892	0,915
	2	450	148	150	28400	7500	1,014	
	3	450	145	149	27450	6000	0,839	



Gambar 5. Kuat Lentur Rata-rata Beton Geopolimer

Dari pengujian kuat lentur diperoleh kuat lentur rata-rata tertinggi umur 28 hari variasi serat 0% yaitu sebesar 1,356 MPa. Kuat lentur rata-rata terendah didapatkan di variasi serat besi 10% yaitu sebesar 0,915 MPa. Serta pada gambar 5 dapat diamati bahwa nilai kuat lentur rata-rata mengalami penurunan pada setiap penambahan variasi serat.

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur, diperoleh kecenderungan yang sama dimana seiring dengan peningkatan persentase serat bubuk besi maka nilai kuat tekan dan kuat lentur akan semakin menurun. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Qomariah, dkk., (2020), dimana beton dengan kadar 10% mengalami penurunan beban dan tidak bisa menahan lentur maksimal karena proporsi serat yang terlalu banyak dan terjadi penggumpalan serat bubuk besi kedalam campuran beton. Kondisi limbah bubuk besi yang menggumpal setelah disebar merata ke dalam campuran menyebabkan proses pengadukan menjadi kurang maksimal, campuran menjadi berongga karena material susah masuk kedalam gumpalan serat serta kondisi campuran yang cepat mengeras juga menyebabkan tidak ada waktu lagi untuk mengeluarkan rongga atau memisahkan gumpalan-gumpalan serat di dalam campuran. Hal ini yang perlu untuk diantisipasi pada penelitian selanjutnya sehingga dapat diupayakan agar campuran beton geopolimer serat dapat memperoleh nilai kuat tekan dan kuat lentur sesuai dengan yang diharapkan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai beton geopolimer serat dengan variasi serat bubuk besi 0%, 5%, dan 10% dari fly ash, diperoleh bahwa kuat tekan tertinggi rata-rata beton geopolimer di variasi serat bubuk besi 0% adalah 7,856 MPa, sedangkan kuat tekan rata-rata terendah di variasi 10% adalah 4,968 MPa. Selain itu, kuat lentur rata-rata tertinggi di variasi serat 0% mencapai 1,356 MPa, sedangkan kuat lentur rata-rata terendah di variasi serat besi 10% sebesar 0,915 MPa. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa karakteristik kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer serat dengan menggunakan variasi limbah serat bubuk besi dengan perawatan 28 hari pada suhu ruang mengalami penurunan pada setiap variasi serat yang disebabkan karena benda uji masih memiliki rongga yang menyebabkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton geopolimer turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Indrayani, Sulianti, I., Tilik, L. F., Suhirkam, D., Suhadi, S., Wardana, M. P., & Milawati, I. (2022). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, Vol.10 No.1, pp.69–76, ISSN : 2302-5891.
- Gandina, N. L., & Setiyarto, Y. D. (2020). Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen dan Serat Mat Sebagai Aditif. *Crane: Civil Engineering Research Journal*, Vol.1 No.1, pp.26–36, ISSN : 2775-4588.
- Nath, P., & Sarker, P. K. (2014). *Effect Of GGBFS On Setting, Workability And Early Strength Properties Of Fly Ash Geopolymer Concrete Cured In Ambient Condition. Construction and Building Materials*, Vol.66 No.2, pp.163–171, ISSN : 1149-1156.
- Pratama, B., Suryadi, A., & Aponno, I. G. (2020). Penambahan Serat Limbah Bubut Besi Terhadap Kuat Tarik Dan Kuat Lentur Beton Normal. *Jurnal JOS-MRK*, Vol.1 No.1, pp.16–23, ISSN : 2112-7231.
- Qomariah, Nonianto, D., Hanggara, & Firmanto, D. (2020). Pemanfaatan Limbah Bubut Besi Pada Beton Serat Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Kuat Lentur. *Prokons Jurusan Teknik Sipil*, Vol.13 No.2, pp.93-101, ISSN : 2714-8815.
- Siregar, L. N., & Herlina, L. (2022). Pengaruh Penambahan Sukrosa Terhadap Keleccakan Beton Geopolimer. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, Vol.8, No.18, pp.198–201, ISSN : 2652-2763.
- Sukmawati, R., Achmad, K., & Kiptiah, M. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Bubut Besi Pada Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Serat. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, Vol.5 No.1, pp.1–6, ISSN : 2798-8469.

- Sulianti, I., Indrayani, Subrianto, A., Amiruddin, A., Ferdinan, A., & Rudini, J. (2021). Perbandingan Penambahan Serat Pada Mortar Normal dan Mortar Geopolimer. *Forum Mekanika*, Vol.10 No.2, pp.60–69, ISSN : 2356-1491.
- Yunita, E. (2017). Analisis Potensi Dan Karakteristik Limbah Padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Hasil Dari Pembakaran Batu Bara Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Semen Tonas, *Tugas Akhir*, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Alauddin, Makasar.