

Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* dari Limbah Karung Beras terhadap Sifat Mekanis Mortar Geopolimer Berbasis *Fly ash* PLTU Pangkalan Susu

Fajri^{1*}, Bakhtiar², Ruhana³, Erna Yusniyanti⁴, Ilyas Yusuf⁵, Yunita Dara⁶

¹Geopolymer and Green Technology Research Center, Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, 24301, Indonesia

^{2,3,6}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, 24301, Indonesia

⁴Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, 24301, Indonesia

^{1*} fajri@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

² bakhtiar@pnl.ac.id

⁵ ruhana@pnl.ac.id

³ ernayusnianti@pnl.ac.id

⁴ ilyas@pnl.ac.id

Abstrak—Mortar geopolimer berbasis *fly ash* memiliki kelemahan sebagaimana mortar pada umumnya, berupa kuat lentur yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat apakah penambahan serat plastik (*polypropylene*), dari limbah karung beras, akan mempengaruhi kuat lentur mortar geopolimer berbasis *fly ash* PLTU Pangkalan Susu. Serat *polypropylene* dilepaskan dari karung beras bekas dan dipotong menjadi 2cm dan 3cm. Serat tersebut berbentuk pipih dengan lebar sekitar 3mm. Kadar serat ditambahkan ke dalam adukan sebanyak 0%; 0,4% dan 0,8% dari berat *fly ash*. Digunakan larutan alkalin aktivator natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan perbandingan 1:2 dan molaritas NaOH sebesar 8Mol. Agregat yang digunakan berupa pasir berukuran <4,75mm. Pengujian meliputi pengujian *setting time* dan *workability* pada mortar basah serta pengujian kuat lentur dan kuat tekan pada mortar kering. Benda uji dibuat berbentuk kubus 5x5x5cm dan balok ukuran 3x3x13cm. Pengujian sifat mekanis dilakukan pada umur mortar 1, 3, 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak kadar serat dan semakin pendek serat di dalam adukan mortar akan membuat nilai *workability* semakin rendah. Pengujian *setting time* menunjukkan bahwa penambahan serat akan mempercepat proses pengerasan mortar. Dari pengujian sifat mekanis diperoleh hasil bahwa kuat lentur maksimum terjadi pada mortar geopolimer serat dengan panjang 3cm dan persentase 0,4%, yaitu sebesar 4,61MPa, meningkat 110,39% dari mortar tanpa serat. Kuat tekan maksimum terjadi pada mortar geopolimer dengan panjang serat 3cm dan persentase 0,4%, yaitu sebesar 45,00MPa, meningkat 21,84% dari mortar tanpa serat.

Kata kunci— *Polypropylene*, kuat lentur, geopolimer, PLTU Pangkalan Susu.

Abstract— Fly ash-based geopolymer mortar has a weakness as in general mortar, that is low of flexural strength. The purpose of this study was to investigated whether the addition of plastic fiber (*polypropylene*), from rice sack waste, would affect the flexural strength of fly ash-based geopolymer mortar from PLTU Pangkalan Susu. The *polypropylene* fibers were removed from the rice sacks and cut into 2cm and 3cm. The fiber is flat and have a width of about 3mm. The percentage of fiber is added to the mortar as much as 0%; 0.4% and 0.8% by weight of fly ash. An alkaline solution of sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) activator was used with a ratio of 1:2 and a NaOH molarity of 8Mol. The aggregate used in the form of sand measuring <4.75mm. The tests included testing of setting time and workability on wet mortar and testing of flexural strength and compressive strength on dry mortar. The test object is made in the form of a 5x5x5cm cube and a 3x3x13cm block. Mechanical properties testing was carried out at the age of 1, 3, 7 and 28 days of mortar. The test results show that the higher the fiber content and the shorter the fiber in the mortar, the lower the workability value. The setting time test shows that the addition of fiber will accelerate the mortar hardening process. From the mechanical properties test, it was found that the maximum compressive strength occurred in the geopolymer mortar with 3 cm long fiber and the percentage of 0.4%, which was 45.00 MPa, an increase of 21.85% from the mortar without fiber. The maximum flexural strength occurred in the fiber geopolymer mortar with a length of 3 cm and a percentage of 0.4%, which was 4.61 MPa, an increase of 110.50% from the mortar without fiber

Keywords— *Polypropylene*, flexural strength, geopolymer, PLTU Pangkalan Susu

I. PENDAHULUAN

Fly ash mengandung silika dan aluminium yang bisa dijadikan sebagai bahan pengikat yang kuat melalui proses polimerisasi, sehingga dapat digunakan sebagai material pengganti semen [1]. *Fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus limbah dari hasil pembakaran batu bara atau disebut juga sebagai abu terbang. ASTM C618 mendefinisikan abu terbang hasil pembakaran merupakan hasil penguraian mineral silikat, sulfat, sulfida, karbonat, dan oksida yang terdapat dalam kandungan batu bara [2]. *Fly ash* dapat digunakan dalam pembuatan beton atau mortar geopolimer, dimana beton

geopolimer merupakan beton tanpa menggunakan semen sama sekali.

Mortar geopolimer masih banyak kekurangan, seperti kuat lentur yang relatif rendah, berat sendiri yang besar dan belum dapat distandarkan metode mix desainya. Salah satu kekurangan yang telah dicoba perbaiki adalah kekuatan lentur mortar geopolimer dengan ditambahkan serat pada geopolimer tersebut. Terdapat beberapa macam serat yang dapat ditambahkan dalam campuran mortar geopolimer, antara lain serat baja (*steel fiber*), kaca (*glass*), plastik (*polypropylene*), dan karbon (*carbon*) [3]. *Polypropylene* memiliki ketahanan terhadap bahan kimia (asam dan basa) maupun fisika (panas,

dingin dan tekanan), kuat lentur serat polipropilena mencapai 764,4 kg/cm² [4]. Massa jenis *polypropylene* rendah yaitu sekitar 0,9007 gr/cm³. *Polypropylene* termasuk golongan polimer yang paling ringan. *Polypropylene* memiliki sifat bahan yang ulet dan tegangan maksimum bahan adalah 19,53 kg/mm² [5].

Serat *polypropylene* dari karung beras bekas sudah pernah diteliti sebelumnya oleh Fajri pada tahun 2020 sebagai bahan tambah dalam adukan mortar geopolimer [6]. Panjang serat *polypropylene* yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah 2cm dan mortar geopolimer menggunakan *fly ash* dari PLTU Nagan Raya. Hasil maksimum yang diperoleh adalah pada persentase penambahan serat 0,4%, kuat tekan meningkat menjadi 17,97MPa (naik sebesar 117,82% dari mortar tanpa serat) dan kuat lentur maksimum pada persentase 0,8% meningkat menjadi 7,87 MPa (naik sebesar 76,06% dari mortar tanpa serat). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya tersebut, maka pada penelitian ini akan digunakan kembali serat *polypropylene* dari limbah karung beras pada mortar geopolimer dengan *fly ash* PLTU Pangkalan Susu sebagai base material. Persentase serat *polypropylene* digunakan persentase optimum dari penelitian mortar geopolimer berbasis *fly ash* PLTU Nagan Raya. Variasi panjang serat ditambahkan menjadi dua variasi, 2cm dan 3cm. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah *fly ash* dari PLTU semaksimal mungkin dengan menggunakan bahan-bahan tambah yang mudah didapat dan murah untuk memperbaiki karakteristik mortar atau beton geopolimer.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Material dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* dari PLTU Pangkalan Susu, Medan, natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃) dipesan dari pabrik pembuatan zat kimia, serat *polypropylene* yang berasal dari bekas karung beras dengan lebar serat sebesar 3 ml dan dipotong menjadi 2cm dan 3cm. Agregat halus yang digunakan ialah tipe agregat pasir alami yang berukuran <4,75mm berasal dari Krueng Manee, Aceh Utara. Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu peralatan uji bahan dan beton yang tersedia di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, seperti *concrete mixer*, spatula, timbangan, gelas ukur, oven, cetakan beton, mesin uji tekan, dan lain-lain. Material yang digunakan diperlihatkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Material (a) Pasir, (b) *Fly ash*, (c) serat *polypropylene*, (d) Alkalin aktivator

Tahapan penelitian diawali dengan penelitian kandungan kimia *fly ash* PLTU Pangkalan Susu menggunakan peralatan *X-ray fluorescence* (XRF). Hasil dari pengujian XRF akan menjadi dasar dalam menentukan apakah *fly ash* PLTU Nagan Raya mengandung unsur silika dan aluminium yang cukup untuk membentuk senyawa pengikat seperti semen.

Komposisi kimia *fly ash* juga menentukan *fly ash* tersebut masuk kelas berapa. Kemudian juga dilakukan pengujian sifat fisis agregat halus sesuai standar (ASTM C33-01) yang terdiri dari pengujian kandungan air, berat jenis, penyerapan air, analisa saringan, kadar lumpur dan kadar organik agregat. Alkaline aktivator disiapkan dari campuran NaOH 8Mol dan Na₂SiO₃ dengan rasio 1:2. Serat ditimbang untuk mendapatkan persentase sebesar 0%; 0,4% dan 0,8%. Kemudian dilakukan pengadukan dengan menggunakan komposisi sesuai matrik pada tabel 1 dan tabel 2 berikut.

Tabel 1. Matrik benda uji kuat tekan

Kode	Persentase Serat (%)	Variasi Panjang Serat	Umur Pengujian (Hari)				Jumlah Benda Uji
			1	3	7	28	
GT1	0	2 cm	3	3	3	3	12
		3 cm	3	3	3	3	12
GT2	0,4	2 cm	3	3	3	3	12
		3 cm	3	3	3	3	12
GT3	0,8	2 cm	3	3	3	3	12
		3 cm	3	3	3	3	12
Jumlah						72	

Tabel 2. Matrik benda uji kuat lentur

Kode	Persentase Serat (%)	Variasi Panjang Serat	Umur Pengujian (Hari)				Jumlah Benda Uji
			1	3	7	28	
GL1	0	2 cm	3	3	3	3	12
		3 cm	3	3	3	3	12
GL2	0,4	2 cm	3	3	3	3	12
		3 cm	3	3	3	3	12
GL3	0,8	2 cm	3	3	3	3	12
		3 cm	3	3	3	3	12
Jumlah						72	

Total semua benda uji adalah 144 buah. Benda uji bentuk kubus 5x5x5cm untuk uji kuat tekan 72 buah dan benda uji balok ukuran 3x3x13cm sebanyak 72 buah untuk uji kuat lentur.

Kemudian dibuat adukan sesuai matrik pengujian. Saat pencampuran material di dalam concrete mixer, serat *polypropylene* dimasukkan setelah pasir dan *fly ash* tercampur rata untuk memastikan serat terbalur dengan adukan kering. Hal ini untuk mengurangi penggumpalan serat saat bahan cair ditambahkan. Pengujian mortar segar dilakukan terhadap *workability* dan *setting time*, segera setelah proses pengadukan sekesai. Pengujian sifat mekanis dilakukan pada umur mortar 1, 3, 7 dan 28 hari.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pada penelitian ini meliputi komposisi kimia material *fly ash* PLTU Pangkalan Susu, sifat fisis agregat halus, *workability* dan *setting time* mortar segar dan sifat mekanis mortar.

A. Komposisi Kimia Fly Ash PLTU Pangkalan Susu

Hasil pengujian dengan XRF menunjukkan bahwa *fly ash* dari PLTU Pangkalan Susu tergolong *fly ash* kelas C. Komposisi *fly ash* pada umumnya sebagian besar terdiri dari silika dioksida (SiO₂), aluminium (Al₂O₃), besi (Fe₂O₃) dan kalsium (CaO), serta magnesium, potassium, sodium, titanium, sulfur, dalam jumlah yang kecil. Komposisinya tergantung dari tipe batu bara [7]. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3), yaitu *Fly ash* kelas C, kelas F dan kelas N [8]. *Fly ash* kelas C

diindikasikan dengan kandungan CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). Senyawa lain yang terkandung didalamnya: SiO₂ (30-50%), Al₂O₃ (17-20%), Fe₂O₃, MgO, Na₂O, dan sedikit K₂O. Mempunyai *specific gravity* 2,31-2,86. Mempunyai sifat pozzolan, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH (CaO.SiO₂.2H₂O), kalsium hidroksida dan ettringite yang mengeras seperti semen.

Fly ash kelas F mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. Senyawa lain yang terkandung didalamnya: SiO₂ (30- 50%), Al₂O₃ (45-60%), MgO, K₂O dan sedikit Na₂O. mempunyai *specific gravity* 2,15-2,45. bersifat seperti pozzolan, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

Fly ash kelas N merupakan pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan ke kelas N, antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz* dan *shales*, *tuff*, dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. selain itu, juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Fly ash dari Pembakaran PLTU Pangkalan Susu masuk katagori kelas C karena mengandung CaO lebih dari 10%. Rincian komposisi kimia *fly ash* PLTU Pangkalan Susu dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Komposisi Kimia *Fly ash* PLTU Pangkalan Susu

No.	Senyawa Kandungan	Persentase Kandungan (%)
1	Si	34,81
2	Al	14,92
3	Fe	16,49
4	Ca	25,39
5	Na	0,468
6	K	0,788
7	Ti	0,747
8	Mg	4,92
9	P	0,139
10	S	1,96

Dari tabel tersebut terlihat bahwa kandungan Ca pada fly ash PLTU Pangkalan Susu sebesar 25,36%, sangat tinggi, jauh melampaui 10%. Hal ini akan mempengaruhi setting time mortar menjadi lebih cepat [9].

B. Sifat Fisis Agregat Halus

Pengujian sifat fisis agregat halus meliputi pengujian kadar air, berat jenis, pemeriksaan berat volume, analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur dan kadar organik. Tujuan pengujian sifat fisis ini adalah untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan agregat halus Krueng Manee sudah memenuhi standar ASTM untuk dipakai sebagai material beton, rincian ditampilkan pada tabel 4 berikut. Perhitungan sifat-sifat fisis agregat halus dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus berikut:

1) Pengujian kandungan air agregat (moisture content)

Kandungan air agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kandungan air agregat} = \frac{A1 - A2}{A2} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan:

A1 = Berat contoh semula (gram)

A2 = Berat contoh kering (gram)

2) Berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Rumus pengujian agregat halus adalah sebagai berikut:

$$\text{Apparent specific gravity} = \frac{E}{E + D - C} \tag{2}$$

$$\text{Bulk specific gravity over dry} = \frac{B}{B + D - C} \tag{3}$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD} = \frac{B}{B + D - C} \tag{4}$$

$$\text{Persentase penyerapan (absorpsi)} = \frac{E - E}{E} \times 100\% \tag{5}$$

Keterangan:

A = Berat Piknometer (gram)

B = Berat benda uji kondisi SSD (gram)

C = Berat piknometer + air + benda uji (gram)

D = Berat piknometer + air (gram)

E = Berat benda uji kondisi OD/ kering oven (gram)

3) Analisa saringan agregat halus

Modulus kehalusan (FM) dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase tertahan} = \frac{\text{Berat Tertahan} \times 100}{\text{Berat Benda Uji}} \tag{6}$$

$$\text{FM} = \frac{\text{Total Persentase tertahan kumulatif}}{100} \tag{7}$$

4) Kadar lumpur agregat

Pengujian kadar lumpur pada agregat dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100\% \tag{8}$$

Dimana:

A1 = Berat kering oven sebelum dicuci (gram)

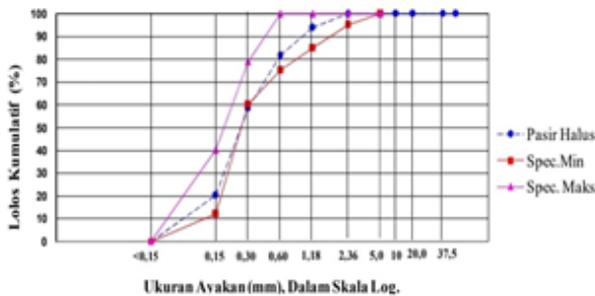
A2 = Berat kering oven setelah dicuci (gram)

Hasil perhitungan ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4. Sifat Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Analisa Rata-rata	Standar ASTM	Satuan	ASTM
1	Berat volume	1675	> 1445	Kg/m ³	ASTM 29-1991
2	Berat jenis (SSD)	2,612	1,6 – 3,2	Kg/m ³	ASTM 128-15
3	Fine modulus	2,460	2,3 – 3,1	-	ASTM 33-01
4	Absorpsi	3,503	Max 12%	%	ASTM 128-15
5	Kandungan air	2,490	Max 10%	%	ASTM 566-13
6	Kadar lumpur	2,020	5%	%	ASTM 117-13
7	Kadar organik	Kuning muda	Standar color chart organic impurities	-	ASTM C 4092

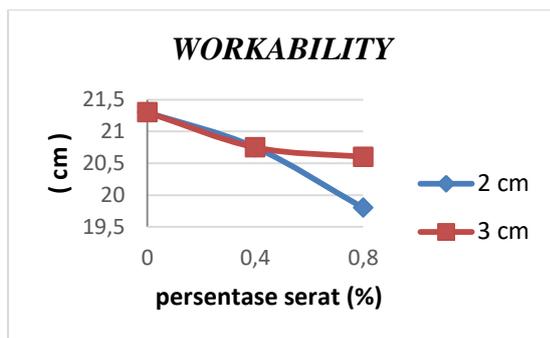
Hasil analisa saringan memperlihatkan agregat halus Krueng Manee masuk dalam zona 2, yang merupakan daerah gradasi pasir agak halus, dimana modulus kehalusan 2,46. Hasil analisa saringan seperti diperlihatkan pada grafik pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

C. Workability

Pengujian workability dengan metode flow table yang telah diuji diperoleh hasil sebagaimana grafik pada gambar 3 berikut.



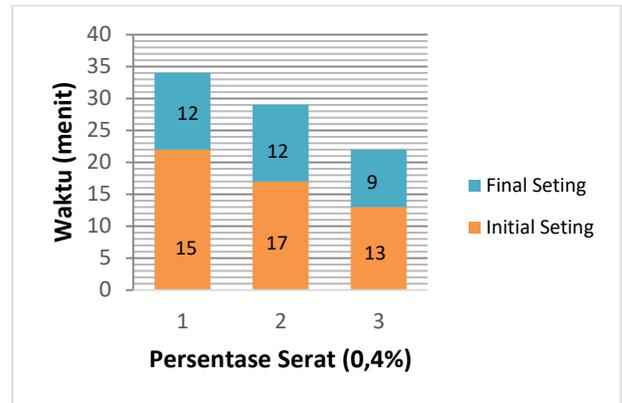
Gambar 3. Workability Mortar Geopolimer

Gambar 3 di atas menunjukkan penambahan serat polypropylene dalam mortar geopolimer dapat menurunkan workabilitas, sejalan dengan penambahan serat. Hal ini disebabkan penambahan kadar serat yang tinggi cenderung membuat adukan menggumpal dan serat sulit tersebar merata dalam proses pengadukan. Penambahan serat juga dapat mengurangi cairan alkalin aktivator akibat sifat adhesi serat dengan cairan alkali aktivator, menyebabkan adukan menjadi mengental. Serat dengan panjang 2cm lebih rendah workabilitasnya di bandingkan serat 3cm, karena jumlah serat 2cm menjadi lebih banyak dibandingkan serat 3cm pada persentase yang sama.

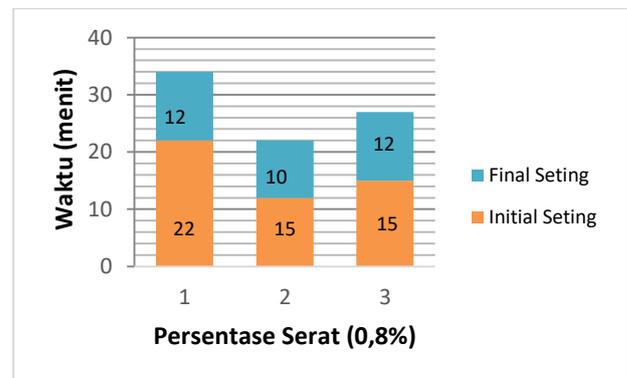
D. Setting Time

Pengujian setting time menunjukkan bahwa penambahan serat akan mempercepat proses pengerasan mortar, hal ini terlihat dari menurunnya nilai setting time mortar geopolimer dengan serat polypropylene dibanding mortar tanpa serat. Serat polypropylene saat dimasukkan dalam adukan mortar akan mengikat cairan alkali aktivator akibat sifat adhesinya, sehingga jumlah cairan berkurang. Karena kondisi ini, maka adukan menjadi lebih kental dan lebih cepat mengeras. Namun pembacaan hasil setting time pada mortar berserat terjadi ketidakteraturan, karena jarum pembacaan saat dijatuhkan ke dalam adukan terkadang tertahan oleh gumpalan

serat, baik pada tahap initial maupun tahap final setting time. Hasil pengujian setting time dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5 berikut.



Gambar 4. Setting Time Mortar Serat 3cm



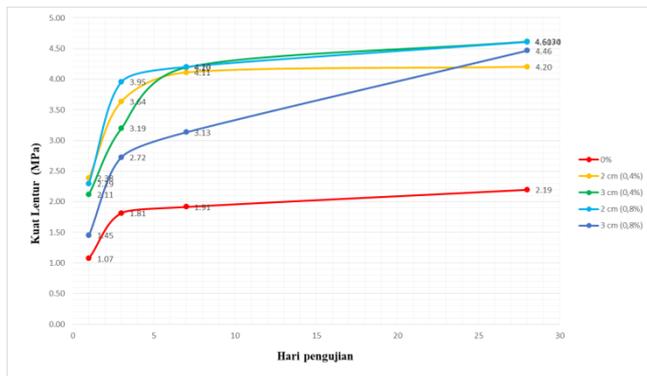
Gambar 5. Setting Time Mortar 2cm

Dari kedua grafik di atas, terlihat serat 2cm secara umum lebih menurunkan nilai setting time dibandingkan serat 3cm. Hal ini disebabkan luas permukaan serat 2cm lebih banyak dibanding serat 3cm pada kadar serat yang sama, sehingga cairan yang menempel pada permukaan serat menjadi lebih banyak

E. Sifat Mekanis Mortar

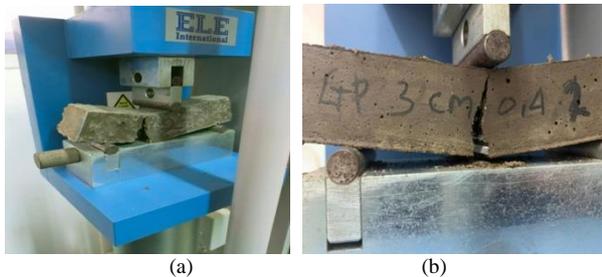
Sifat mekanis mortar yang diuji adalah kuat tekan dan kuat lentur mortar. Benda uji 0% serat merupakan benda uji kontrol mortar geopolimer tanpa serat. Pengujian dilakukan pada variasi umur 1, 3, 7 dan 28 hari.

1) Kuat lentur mortar: Nilai kuat lentur maksimum terjadi pada penambahan panjang serat 3cm dengan kadar serat 0,4% dari berat fly ash. Nilai kuat lentur maksimum pada umur mortar 28 hari sebesar 4,61MPa. Sedangkan kuat lentur mortar tanpa serat pada umur 28 hari sebesar 36,93MPa, 4,61MPa, meningkat 110,39% dari mortar tanpa serat. Kenaikan nilai kuat lentur sangat signifikan pada mortar dengan serat polypropylene, walaupun serat yang dicampurkan masih terjadi gumpalan. Artinya, apabila serat polypropylene bisa tercampur merata di dalam adukan mortar, maka kemungkinan kuat lentur dapat lebih meningkat. Semua variasi mortar geopolimer serat memiliki kuat lentur lebih tinggi dari mortar geopolimer tanpa serat. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik yang tertera pada gambar 6 dibawah ini.



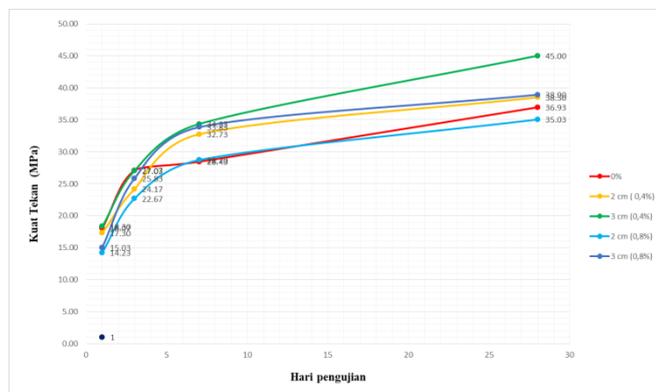
Gambar 6. Hasil Pengujian Kuat Lentur Mortar

Mortar geopolimer dengan penambahan serat dapat berkontribusi terhadap sifat daktilitasnya. Terlihat saat beban maksimum lentur tercapai saat pengujian, benda uji tidak langsung serta merta patah, tetapi terjadi secara perlahan. Di tempat retakan terjadi, sampel yang patah tidak putus seperti pada mortar tanpa serat, tetapi masih terjahit oleh serat yang ada di dalamnya, seperti ditunjukkan gambar berikut.



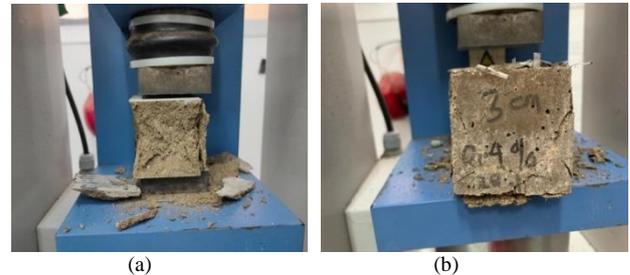
Gambar 7. Kondisi Benda Uji Setelah Beban Lentur Maksimum (a) Benda Uji Tanpa Serat, (b) Benda Uji dengan Serat polypropylene

2) *Kuat tekan mortar*: Kuat tekan maksimum terjadi pada mortar geopolimer dengan panjang serat 3cm dan persentase 0,4%, yaitu sebesar 45,00MPa, meningkat 21,84% dari mortar tanpa serat. Peningkatan kuat tekan pada mortar serat tidak naik secara signifikan, hal ini kemungkinan terjadi akibat penggumpalan serat dan sebaran serat yang tidak merata. Tetapi secara umum penambahan serat juga memberikan kontribusi positif terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan hasil pengamatan saat pengujian kuat tekan mencapai beban maksimum, terlihat perbedaan cara benda uji mengalami retak. Mortar geopolimer tanpa serat mengalami kehancuran seperti terlihat pada gambar 8(a), sementara mortar dengan penambahan serat polypropylene tidak mengalami kehancuran, hanya terjadi retak, gambar 8(b). Hal ini menguatkan asumsi bahwa serat polypropylene dapat meningkatkan daktilitas mortar geopolimer berbasis fly ash PLTU Pangkalan Susu.



Gambar 8. Kondisi Benda Uji Setelah Beban Lentur Maksimum (a) Benda Uji Tanpa Serat, (b) Benda Uji dengan Serat polypropylene

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah Fly ash dari limbah PLTU Pangkalan Susu, Medan, Sumatera Utara layak digunakan sebagai material pembuat mortar atau beton geopolimer. Penambahan serat polypropylene pada mortar geopolimer berbasis fly ash PLTU Pangkalan Susu meningkatkan kuat lentur dan kuat tekan mortar, kuat lentur dan kuat tekan maksimum terjadi pada variasi mortar geopolimer serat dengan panjang serat 3cm dan kadar serat 0,4% dari berat fly ash. Tetapi penambahan serat tersebut juga dapat menurunkan kemudahan pengerjaan mortar.

Hasil penelitian ini dapat diterapkan untuk pembuatan berbagai elemen non struktural pada bangunan gedung, seperti ornamen, paving blok, dll. Dengan memanfaatkan limbah dari pabrik PLTU dan memanfaatkan serat dari karung beras bekas, dapat berkontribusi untuk mengurangi limbah dan memanfaatkan untuk material yang lebih bernilai ekonomis. Penelitian ini perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut, terutama untuk meningkatkan nilai setting time dan workability mortar segar, serat metode penambahan serat polypropylene yang dapat memastikan serat tercampur secara merata dalam adukan.

REFERENSI

- [1] A. Fauzi, M. F. Nuruddin, A. B. Malkawi, and M. M. A. B. Abdullah, "Study of Fly Ash Characterization as a Cementitious Material," in *Procedia Engineering*, 2016, vol. 148, pp. 487–493.
- [2] P. Suraneni, L. Burris, C. R. Shearer, and R. D. Hooton, "ASTM C618 fly ash specification: Comparison with other specifications, shortcomings, and solutions," *ACI Mater. J.*, 2021.
- [3] M. Thohirin, "Kajian Sifat Mekanik Geopolimer dengan Penguat Serat Karbon untuk Aplikasi Pipa," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, 2020.
- [4] B. J. H. Jun and A. L. Juwono, "Studi Perbandingan Sifat Mekanik Polypropylene Murni Dan Daur Ulang," *Makara Sci. Ser.*, 2011.
- [5] N. S. Suharty, H. Ismail, K. Diharjo, D. S. Handayani, A. Sholihati, and A. I. Nisa, "Recycled Polypropylene/Kenaf Fiber/Halloysite (rPP/rNR/KF/Hall) smart composites: The influence of bio-compatible addition on Tensile, Morphological and Heat Combustion Properties," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [6] Fajri, "Pengaruh Penambahan Serat Tali Rafia Terhadap Sifat

- Mekanis,” pp. 73–80, 2020.
- [7] Gunawan, A. Arifin, M. A. Akbar, and I. Asura, “Effect of fly ash content in Aluminum matrix composite through stir casting method on mechanical and physical properties,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020.
- [8] A. P. Marthinus and R. S. W. Marthin D. J. Sumajouw, “Pengaruh penambahan abu terbang (fly ash) terhadap kuat tarik belah beton,” *J. Sipil Statik*, 2015.
- [9] Antoni, S. W. Wijaya, and D. Hardjito, “Factors affecting the setting time of fly ash-based geopolymer,” in *Materials Science Forum*, 2016.