

Perbandingan Penambahan Serat Pada Mortar Normal Dan Mortar Geopolimer

Ika Sulianti¹; Indrayani²; Agus Subrianto³; Amiruddin⁴;
Ahmad Ferdinan⁵; Juradil Rudini⁶

^{1, 2, 3, 4} Jurusan Teknik Sipil; Politeknik Negeri Sriwijaya; Jalan. Srijaya Negara Palembang,
Indonesia

^{5, 6} Program Studi D4 Perancangan Jalan dan Jembatan; Politeknik Negeri Sriwijaya;

² iin_indrayani@polsri.ac.id

ABSTRACT

Infrastructure that develop at this time is currently developing in order to catch up and improve national competitiveness. In this study as a comparison, using fibers added to normal mortar and geopolymer mortar. The purpose of this study was to analyze the compressive strength of normal mortar and geopolymer mortar with the addition of fiber, to analyze the comparison of the compressive strength of mortar with the addition of fiber to compressive strength of normal mortar, and to analyze the comparison of the compressive strength of geopolymer mortar with the addition of fiber. The method used in the testing of geopolymer mortar and cement mortar uses the SNI reference to the testing of materials and samples. A mixture of alkaline solutions in the form of Sodium Silicate (Na_2SiO_3) and Sodium Hydroxide (NaOH) used on the geopolymer mortar with ratio of 5:1 carried out at the age of 7, 14, and 28 days. The results of the mortar compressive strength test, it was found that the strength of normal mortar using fiber increased, namely 22.98 Mpa, then the mortar was included in the M type mortar, and in geopolymer mortar using fiber increased by 6.86 Mpa, the mortar was included in the N type mortar. compress normal mortar using these fibers by 1% and the increase in compressive strength of geopolymer mortar using these fibers is 100% .

Keywords: Compressive strength, Geopolymer Mortar, Normal Mortar, Fly Ash, Fiber

ABSTRAK

Infrastruktur yang dibangun sampai pada saat ini mengalami perkembangan dalam mengejar ketertinggalan dan meningkatkan daya saing nasional. Pada penelitian ini menggunakan serat fiber yang ditambahkan pada mortar normal dan mortar geopolymer. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis nilai kuat tekan mortar normal dan mortar geopolymer dengan penambahan serat fiber, menganalisis perbandingan kuat tekan mortar dengan penambahan serat fiber terhadap kuat tekan mortar normal, dan menganalisis perbandingan kuat tekan mortar geopolimer dengan penambahan serat fiber. Metode yang digunakan dalam pengujian mortar geopolymer dan mortar semen ini menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian bahan dan sampel. Campuran alkali Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH) digunakan pada mortar geopolimer dengan perbandingan 5:1 yang dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan mortar didapatkan nilai kekuatan mortar normal menggunakan serat fiber meningkat yaitu 22,98 Mpa maka mortar tersebut termasuk mortar type M, dan pada mortar geopolymer menggunakan serat fiber meningkat yaitu 6,86 Mpa maka mortar tersebut termasuk mortar type N. Kenaikan kuat tekan mortar normal dengan menggunakan serat fiber ini sebesar 1% dan kenaikan kuat tekan mortar geopolymer dengan menggunakan serat fiber ini sebesar 100%.

Kata kunci: Kuat Tekan, Mortar Geopolimer, Mortar Normal, Fly Ash, Serat Fiber

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembang pesatnya era globalisasi ini khususnya pada dunia konstruksi. Maka setiap negara bahkan setiap individu manusia tersebut terus melakukan perkembangan pada bidang konstruksi yang dimana bisa menunjang manfaat bagi diri sendiri maupun orang banyak, meningkatkan ekonomi dan menambah nilai karakteristik dari sebuah negara. Maka dari perkembangan pesat dan inovasi-inovasi ini bisa membawa dampak juga kepada material dan peralatan yang digunakan pada konstruksi tersebut.

Pembangunan infrastruktur yang dilakukan umumnya menggunakan semen sebagai material atau bahan pembentuknya, tetapi pada akhir-akhir ini karena banyaknya kritik dan kesadaran masyarakat tentang dampak dari penggunaan semen yang berlebihan yang menghasilkan emisi gas karbon dioksida pada proses produksi semen yang mengakibatkan pemanasan global. Manusia dituntut bisa melakukan inovasi dimana bisa menghasilkan bahan pengganti semen yang ramah lingkungan dan mempunyai mutu yang baik agar kegiatan infrastruktur dapat berjalan dan membawa dampak baik pada masa yang akan datang.

Maka dilakukan inovasi-inovasi yang baru untuk menunjang adanya bahan yang digunakan lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan dampak negatif masa yang akan datang. Istilah geopolimer ditemukan dan dikembangkan untuk mengklasifikasikan proses geosintesis baru yang dapat menghasilkan material anorganik polimerik yang saat ini banyak digunakan industri [1].

Material yang digunakan pada geopolimer sebagai pengganti semen adalah abu terbang (fly ash). Abu terbang (fly ash) adalah limbah hasil pembakaran batubara yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Tambang batubara, dll. Penggunaan abu terbang berdampak pada pengurangan terjadinya pencemaran lingkungan. Gas emisi CO₂ dapat diturunkan dari 18% menjadi 57% dengan meningkatkan kadar abu terbang dalam beton dari 24% hingga 70%. Komposisi senyawa kimia abu terbang berbeda antara satu produksi dengan produksi lainnya, tergantung dari sumber batubara dan metode pembakaran yang digunakan pada setiap PLTU [2].

Perkembangan dan pertumbuhan industri manufaktur yang semakin meningkat dan meningkatnya kebutuhan listrik yang dipasok PLTU menyebabkan bertambahnya jumlah fly ash dan bottom ash (FABA) di Indonesia. Maka dari itu pemanfaatan limbah dari hasil pembakaran batubara yaitu fly ash sangat membawa dampak baik selain untuk mencegah fly ash tersebut disimpan ataupun ditimbun maka fly ash dikelola menjadi pengganti semen. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan mortar geopolimer digunakan *fly ash* sebagai pengganti semen, kuat tekan beton geopolymer yang dihasilkan dengan menggunakan fly ash yang dicampur dengan bahan alkali natrium silikat (Na₂SiO₃) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan perbandingan 5:1 memiliki kuat tekan tertinggi [3]. Pengujian beton geopolimer yang menggunakan fly ash dan abu sekam padi yang direaksikan dengan larutan alkaline Na₂SiO₃ : NaOH = 5:1 didapatkan variasi optimum berada pada beton geopolimer dengan penggunaan 100% flyash [4]. Penelitian lanjutan terhadap *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara, dilakukan dengan memodifikasi menggunakan penambahan serat fiber pada mortar yang bertujuan untuk meningkatkan daya mutu kuat tekan dari mortar karena kedua material sisa ini mengandung unsur silika yang juga terkandung di dalam semen dan mengingat kedua material sisa tersebut apabila tidak dimanfaatkan dengan baik dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dengan judul “Perbandingan Penambahan Serat pada Mortar Normal dengan Mortar Geopolimer” menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Penelitian ini dilakukan selama

4 bulan yaitu pada bulan Maret sampai Juni 2021 di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.

2.1. Material

Bahan-bahan yang digunakan, yaitu Semen Portland Tipe I Merk Baturaja, agregat halus digunakan pasir, air PDAM, fly ash, serat fiber. Larutan alkali yang digunakan adalah Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH). *Fly ash* diambil dari perusahaan PT PLTU Paiton, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo,

2.2. Pengujian Sifat Fisik Material

Pengujian material dilakukan terlebih dahulu sebelum menentukan komposisi campuran, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Pengujian Material [5][6][7][8][9][10][11][12]

Nama Pengujian	Hasil Pengujian			Satuan	Spesifikasi Umum Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)
	Agregat Halus (Pasir)	Semen	Abu Terbang		
Analisa Saringan Modulus Halus Butir	3,799	-	-	-	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis Kering	2,54	-	-	-	SNI-1970:2008
Berat Jenis SSD	2,61	-	-	-	SNI-1970:2008
Penyerapan air	2,69	-	-	%	SNI-1970:2008
Kadar Air	7,35	-	-	%	SNI 03-1971-1990
Kadar Lumpur	1,18	-	-	%	SNI 03-4141-1996
Bobot Isi Gembur	1,41	-	-	gr/cm ³	SNI 03-4804-1998
Bobot Isi Padat	1,53	-	-	gr/cm ³	SNI 03-4804-1998
Berat Jenis Semen	-	2,922	-	gr/ml	SNI 15-2531-1991
Konsistensi Semen	-	24	-	%	SNI 03 – 826 - 2002
Waktu Ikat Semen	-	122	-	menit	SNI 03 – 6827 - 2002
Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	-	-	2,8	gr/ml	SNI 15-2531-1991

2.3. Perancangan Campuran Mortar (Job Mix Formula)

Pembuatan komposisi campuran dilakukan mengikuti SNI 6882:2014.

Larutan aktivator alkali merupakan campuran dari cairan NaOH dan Na_2SiO_3 . Persiapan alkali aktivator pada penelitian ini menggunakan konsentrasi molaritas 5 M. Dimana konsentrasi air sebanyak 5 molar dapat mencampur larutan NaOH dan Na_2SiO_3 secara homogen 100%, sehingga dapat mengikat *fly ash* pada adukan beton geopolimer dengan bahan beton lainnya.

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{MI} \quad (1)$$

Dimana:

M = Molaritas

g = Massa NaOH (gram)
 Mr = Mr NaOH
 ML = Massa zat terlarut / air (gram)

$$5 \text{ Mol} = \frac{59,83 \text{ gram}}{40} \times \frac{1000}{\text{Ml}}$$

Sehingga ML = 373,94 gram

Tabel 2. Job Mix Formula

Jenis Pengujian	Bahan Material Geopolimer dan Konvensional (gram)						
	Pasir	Semen	Fly Ash	Serat Fiber	Air	NaOH	Na ₂ SiO ₃
Mortar Normal	2035	740	-	-	359	-	-
Mortar Normal + Serat 0,1%	2035	739,26	-	0,74	359	-	-
Mortar Geopolimer	2035	-	579,51	-	373,94	59,83	299,17
Mortar Geopolimer + Serat 0,1%	2035	-	578,93	0,58	-	59,83	299,17

Pengkodean sampel adalah sebagai berikut

MN = Mortar Normal
 MN + SF 0,1% = Mortar Normal + Serat Fiber 0,1 %
 MG = Mortar Geopolimer
 MG + SF 0,1% = Mortar Geopolimer + Serat Fiber 0,1 %

Tabel 3. Jumlah Sample Benda Uji

Jenis Pengujian	Umur Pengujian (hari)			Total (Buah)
	7	14	28	
Mortar Normal	3	3	3	9
Mortar Normal + Serat 0,1	3	3	3	9
Mortar Geopolimer	3	3	3	9
Mortar Geopolimer + Serat 0,1	3	3	3	9
Total				36

2.4. Metode Analisis Data

Tahapan analisis data dilakukan setelah didapat hasil – hasil data yang telah diolah. Pengolahan dan analisis data yang digunakan yaitu dengan cara statistika, dengan mengolah dan menganalisis data berupa angka yang didapat dari hasil penelitian. Analisa data dengan metode regresi kuat tekan mortar pada umur 7, 14 dan 28 hari. Analisa regresi dibuat antara kuat tekan mortar dengan variasi campuran serat dan tanpa serat sehingga didapatkan kesimpulan berapa nilai kuat tekan perbandingan penambahan serat pada mortar normal dan mortar geopolimer, dan dapat digunakan pada mortar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Setelah pembuatan dan perawatan benda uji dilakukan pengujian kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada benda uji berumur 7,14 dan 28 hari yang diuji di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.

1. Hasil pengujian kuat tekan mortar umur 7 hari.

Tabel 4. Rekapitulasi Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari

Benda Uji	Berat Benda Uji (gram)	Beban P (kN)	Beban P (kg)	Luas Kubus (cm ²)	Kuat Tekan Mortar (kg/cm)	Kuat Tekan (MPa)	Rata - Rata (MPa)
MN	282,4	30	3032,91	25	121,31	11,88	17,17
	283,4	46	4650,462	25	186,01	18,22	
	281,9	54	5459,238	25	218,36	21,4	
MN + SF 0,1%	289,1	53	6166,91	25	214,32	21	16,38
	283,4	43	5560,33	25	173,88	17,04	
	286,1	28	5762,52	25	113,22	11,09	
MG	238,3	0	0	25	0	0	0,00
	240	0	0	25	0	0	
	250,1	0	0	25	0	0	
MG + SF 0,1%	284,6	2	202,19	25	8,08	0,79	0,79
	270,9	2	202,19	25	8,08	0,79	
	277,4	2	202,19	25	8,08	0,79	

Berdasarkan tabel 4 dapat dihitung terjadi penurunan kuat tekan mortar normal yang diberi serat 0,1% terhadap mortar normal tanpa serat fiber sebesar 4,6%. Pada umur ini, sampel mortar geopolimer tanpa serat belum bisa diuji, dan hanya memiliki kuat tekan yang sangat kecil yaitu 0,79 MPa bila ditambahi serat.

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar umur 14 hari

Tabel 5. Hasil Pengujian Tekan Mortar Umur 14 Hari

Benda Uji	Berat Benda Uji (gram)	Beban P (kN)	Beban P (kg)	Luas Kubus (cm ²)	Kuat Tekan Mortar (kg/cm)	Kuat Tekan (MPa)	Rata - Rata (MPa)
MN	292,8	55	5560,33	25	222,41	21,79	20,34
	290,9	67	6773,49	25	270,93	26,55	
	295,9	32	3235,10	25	129,4	12,68	
MN + SF 0,1 %	289,1	61	6166,91	25	246,67	24,17	22,85
	283,4	55	5560,33	25	222,41	21,79	
	286,1	57	5762,52	25	230,5	22,58	

MG	238,3	0	0	25	0	0	0,00
	240	0	0	25	0	0	
	250,1	0	0	25	0	0	
MG + SF 0,1%	279,5	4	404,38	25	16,17	1,58	1,45
	248,8	4	404,38	25	16,17	1,58	
	278,5	3	303,29	25	12,13	1,18	

Tabel 5 menunjukkan terjadi peningkatan kuat tekan mortar normal yang diberi serat 0,1% terhadap mortar normal tanpa serat fiber sebesar 11%. Pada umur 14 hari ini juga sampel mortar geopolimer tanpa serat belum bisa diuji, dan kuat tekan sampel yang diberi serat juga masih sangat kecil yaitu 1,45 MPa.

3. Hasil pengujian kuat tekan mortar umur 28 hari

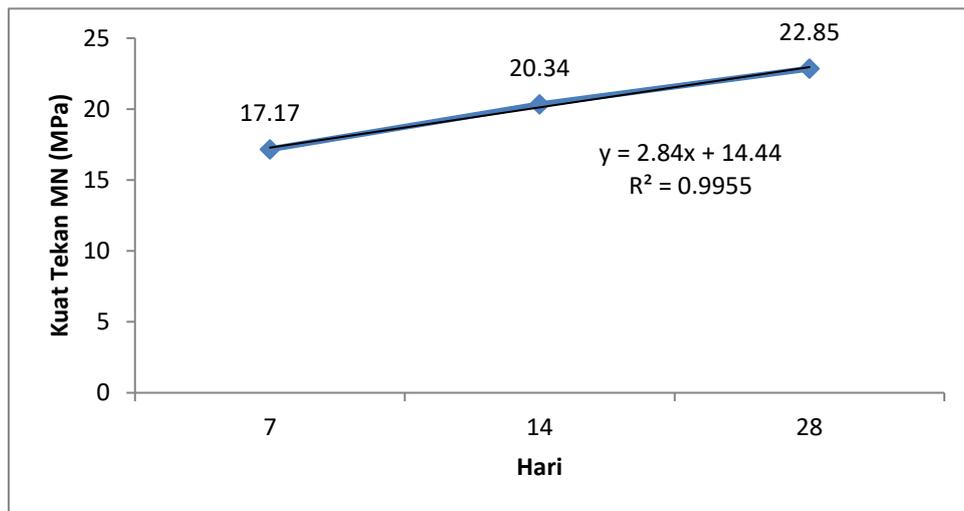
Tabel 6. Rekapitulasi Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari

Benda Uji	Berat Benda Uji (gram)	Beban P (kN)	Beban P (kg)	Luas Kubus (cm ²)	Kuat Tekan Mortar (kg/cm)	Kuat Tekan (MPa)	Rata - Rata (MPa)
MN	292,8	55	5560,335	25	222,41	22,58	22,85
	290,9	67	6773,499	25	270,93	19,81	
	295,9	32	3235,104	25	129,4	26,15	
MN + SF 0,1%	284,4	61	6166,91	25	246,67	24,17	22,98
	288,9	57	5762,52	25	230,5	22,58	
	286,1	56	5661,43	25	226,45	22,19	
MG	238,3	0	0	25	0	0	0,00
	240	0	0	25	0	0	
	250,1	0	0	25	0	0	
MG + SF 0,1%	279,5	17	1718,55	25	68,74	6,73	6,86
	248,8	16	1617,55	25	64,7	6,34	
	278,5	19	1920,84	25	76,83	7,52	

Pada Tabel 6 didapatkan bahwa kuat tekan mortar normal pada umur 28 hari baik yang tanpa serat maupun yang ditambahi serat memiliki kuat tekan yang hampir sama. Mortar geopolimer dengan konsentrasi 5 mol alkali juga tidak dapat diuji karena belum mengeras sama sekali. Apabila ditambahi serat 0,1%, kekuatan tekan mortal geopolimer hanya 6,86%.

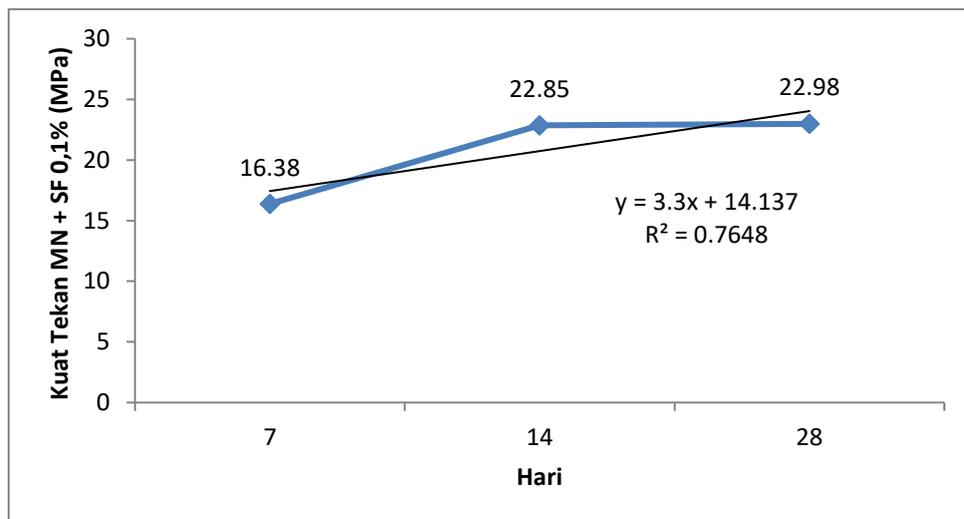
3.2. Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan persamaan kurva yang diperoleh dari *Microsoft Excel 2010*. Analisa regresi kuat tekan mortar normal dengan bahan tambah serat fiber 0,1% ditampilkan pada Gambar 1.



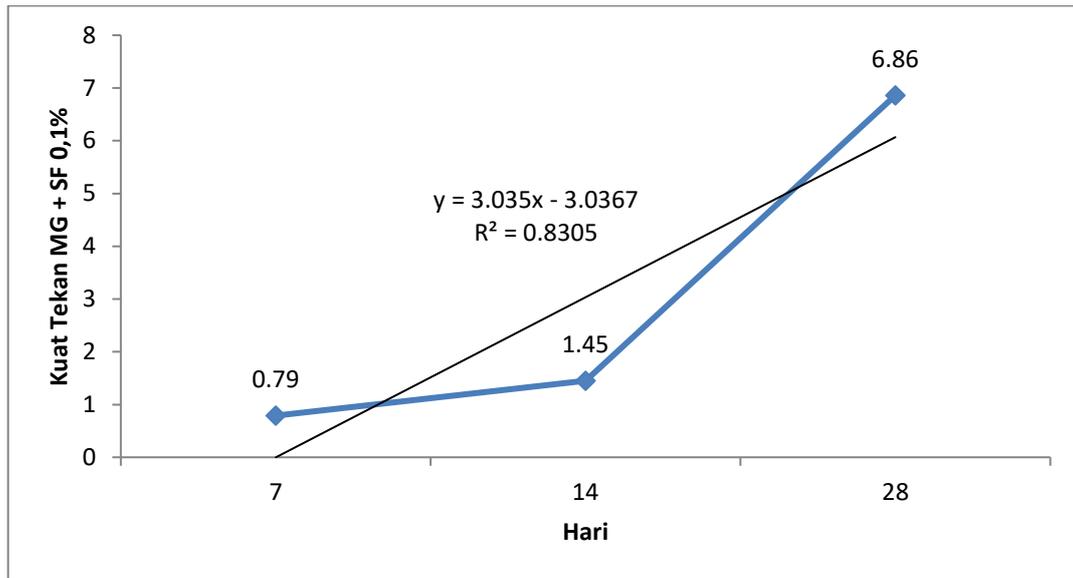
Gambar 1. Regresi Kuat Tekan Mortar Normal Umur 7, 14, dan 28 Hari

Berdasarkan Gambar 2, didapatkan persamaan kurva regresi umur 7,14 dan 28 hari sebagai berikut: $y = 3,3x + 14,137$ dan $R^2 = 0,7648$ yang berarti nilai korelasi cukup kuat, didapatkan nilai kuat tekan optimum sebesar 22,98 MPa pada mortar normal dengan bahan tambah serat fiber 0,1% .



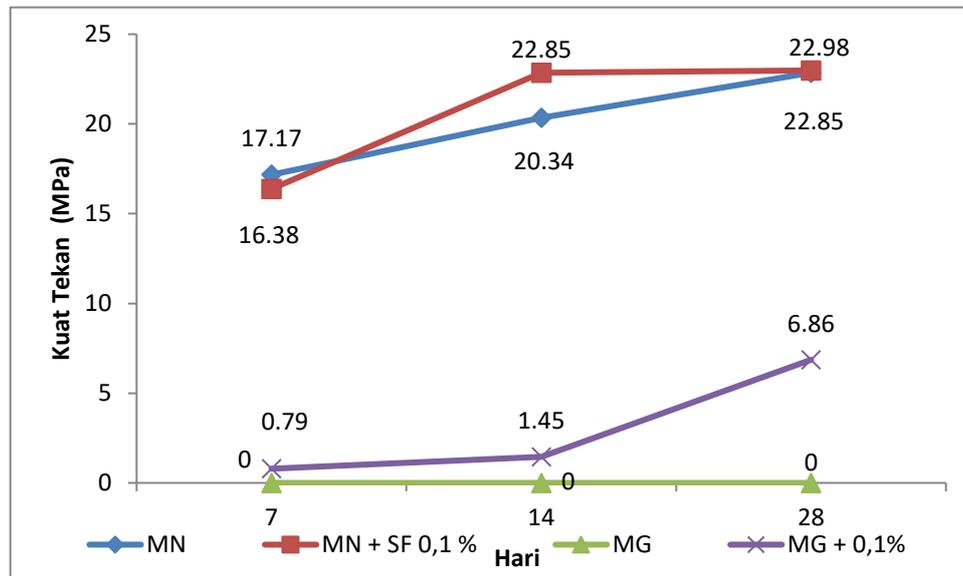
Gambar 2. Regresi Kuat Tekan Mortar Normal Dengan Bahan Tambah Serat Fiber 0,1% pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Analisa regresi kuat tekan mortar geopolimer dengan bahan tambah serat fiber 0,1% sebagai berikut :



Gambar 3. Regresi Kuat Tekan Mortar Geopolimer Dengan Bahan Tambah Serat Fiber 0,1% Pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Berdasarkan gambar 3, didapatkan persamaan kurva regresi pada umur 7, 14 dan 28 hari sebagai berikut: $y = 3,035x - 3,0367$ dengan $R^2 = 0,8305$ yang berarti nilai korelasi sangat kuat, didapatkan nilai kuat tekan optimum sebesar 6,86 MPa pada mortar geopolimer dengan bahan tambah serat fiber 0,1%. Hasil analisa menunjukkan bahwa mortar normal memiliki koefisien korelasi tertinggi dengan nilai $R^2 = 0,9955$ yang berarti variable $x =$ kuat tekan dan variable $y =$ hari, berpengaruh sangat kuat pada sampel mortar normal.



Gambar 4. Grafik Peningkatan Kuat Tekan Mortar

Hasil analisa menunjukkan bahwa semua variasi mortar geopolimer tidak menghasilkan nilai kuat tekan yang baik bahkan mortar geopolimer tidak mendapatkan nilai sedangkan dengan penambahan serat fiber mortar geopolimer bisa mendapatkan nilai kuat tekan umur 28 hari adalah

6,86 Mpa. Mortar dengan bahan tambah serat fiber memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan mortar tanpa bahan tambah serat fiber, ini menunjukkan bahwa penambahan serat fiber berpengaruh pada kuat tekan mortar geopolimer. Penambahan serat fiber dapat menahan kuat tekan yang terjadi pada kubus.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan analisis perbandingan penambahan serat pada mortar normal dan mortar geopolimer yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pengujian kuat tekan mortar yang dilakukan pada mortar normal tanpa menggunakan serat fiber didapatkan nilai kuat tekan rata – rata sebesar 22,85 MPa, dan kuat tekan mortar normal menggunakan serat fiber didapatkan nilai kuat tekan rata – rata sebesar 22,98 MPa. Maka terjadi peningkatan sebesar 1 % pada mortar normal menggunakan serat fiber berbanding pada mortar normal .
- 2) Pengujian kuat tekan mortar yang dilakukan pada mortar geopolimer tanpa menggunakan serat fiber didapatkan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 0 MPa, dan kuat tekan mortar geopolimer menggunakan serat fiber didapatkan nilai kuat tekan rata – rata sebesar 6,86 MPa. Sehingga molaritas 5 mol penggunaan alkali tidak dianjurkan pada campuran mortar.
- 3) Penambahan serat fiber pada mortar normal dan mortar geopolimer akan menyebabkan terjadinya pengaruh meningkatnya nilai kuat tekan mortar.
- 4) Nilai kuat tekan mortar normal menggunakan serat fiber meningkat yaitu 22,98 Mpa. Berdasarkan SNI 6882:2014 maka mortar tersebut termasuk mortar type M. Mortar tipe M adalah adukan dengan kuat tekan yang tinggi dengan kuat tekan minimum 175 kg/cm².
- 5) Nilai kuat tekan mortar geopolimer menggunakan serat fiber meningkat yaitu 6,86 Mpa. Berdasarkan SNI 6882:2014 maka mortar tersebut termasuk mortar type N. Mortar tipe N adalah adukan kuat tekan sedang dengan kuat tekan minimum 124 kg/cm².

4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan terhadap penelitian dan hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian yang lebih mendalam diperlukan untuk mendapatkan komposisi campuran serat fiber, semen Portland, pasir dan abu terbang (*fly ash*) guna menghasilkan mortar yang berkualitas, memiliki kuat tekan yang tinggi.
- 2) Diperlukannya pemahaman tentang proses pencampuran larutan *Alkali Aktivator* (NaOH dan Na₂SiO₃) untuk campuran mortar geopolimer agar bisa menghasilkan mutu yang baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, S., 2011. Pengaruh Penambahan Serat Roving Pada Mortar Dengan Berbahan Pengikat Campuran Semen dan Kapur Tinjauan Terhadap Angka Kelecakan, Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Kuat Rekat. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- [2] Aldi Nauri Islami, Monita Wibisono, Edy Saputra, 2015. Sifat-sifat Fisik Mortar Geopolimer dengan Bahan Dasar Campuran Abu Terbang (Fly Ash) dan Abu Sawit (Palm Oil FuelAsh). Jurnal Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

- [3] Indrayani, 2019. Fly Ash sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia.*
- [4] Ika Sulianti, Indrayani, Agus Subrianto, Efrilia Rahmadona, Oktri Yanti, Arista Widya Iryani, 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.*
- [5] Badan Standardisasi Nasional, 1990. Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. SNI. 03-1968-1990.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, 2008. SNI 1970: 2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, Jakarta.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI 03-1971-1990, Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Jakarta (ID): BSN.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, 1991. SNI 03-4141-1996 Metode Pengujian Kadar Lumpur Agregat, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, 1998. SNI 03-4804-1998, Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat. BSN, Jakarta.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, 1991. SNI 15-2531-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, 1991. SNI 03-826-2002 Metode Pengujian Konsistensi Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, 1991. SNI 03-6827-2002 Metode Pengujian Waktu Ikat Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.