

KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH-SLAG

Syamsul Bahri Ahmad¹⁾, Jhon Asik¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Geopolymer mortar is a mortar with the main binder as a waste material containing silica and alumina compounds using an alkaline solution as a polymerization activator. This study aims to determine the compressive strength of fly ash-based geopolymer mortar class C with the molarity of 12M and 16M NaOH solution, the ratio of Na₂SiO₃ to NaOH is 1, the ratio of binder to natural sand and slag sand is 1: 1.5:1.5 and the flow value (110 ± 5)%. This result is higher than the compressive strength values of geopolymer GPS-NaOH 12M and GPS-NaOH 16M with compressive strength values of 6.01 MPa and 4.86 MPa, respectively. Thus, it can be concluded that conventional mortars include type S mortars and GPS-NaOH 12M geopolymer mortars including type N mortars and GPS-NaOH 16M geopolymer mortars including type O mortars based on SNI 03-6882-2002.

Keywords: *Geopolymer mortar, conventional mortar, type of mortar and compressive strength*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan material pengganti sebagian semen saat ini dalam pelbagai riset telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan sejumlah limbah pertanian maupun limbah industri yang diketahui mengandung unsur dan senyawa kimia yang bersifat sebagai semen. Beberapa jenis limbah tersebut yang dikenal sebagai *pozzolanic / cementitious materials* antara lain abu sekam padi, fly ash, silica fume dan slag. Pemanfaatan material ini diharapkan menjadi salah satu solusi untuk meminimalkan kuantitas dari sejumlah limbah dan mengurangi efek *greenhouse gases* yang ditimbulkan dari produksi semen.

Perkembangan terbaru teknologi mortar dan beton, dewasa ini telah dikembangkan bahan pengikat agregat yang tidak menggunakan semen yang dikenal dengan nama *geopolymer* [1,2]. Geopolimer merupakan binder yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi unsur Silika dan Alumina dengan aktivator larutan alkalin. Komponen utama dari geopolimer ini adalah adanya senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ yang tinggi dalam material dengan larutan alkalin NaOH atau KOH sebagai aktivator polimerisasi.

Dalam dekade 10 tahun terakhir sejumlah penelitian dalam produksi mortar dan beton menggunakan binder geopolimer yang dikenal sebagai mortar geopolimer dan beton geopolimer telah dilakukan. Pengembangan kuat tekan mortar geopolimer dengan material Fly ash, Slag, Silika fume dan abu batu dengan metode perawatan suhu kamar (*ambient curing*) telah diinvestigasi [3]. Mereka menyimpulkan bahwa kuat tekan mortar berkembang pada temperatur suhu kamar tanpa perawatan konvensional. Investigasi terhadap karakteristik mekanik dan mikro struktur mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan metode perawatan suhu kamar juga telah dilakukan oleh Al-Majid dkk. (2016) [4], mereka menyimpulkan bahwa perawatan mortar berbasis fly ash yang memerlukan suhu tinggi dapat diatasi dengan mengganti sebagian fly ash dengan slag. Hasil kuat tekan menunjukkan peningkatan dari mortar berbasis fly ash-slag dibandingkan dengan mortar geopolimer berbasis fly ash. Kinerja mekanik dan rheologi mortar geopolimer dan beton ringan berbasis fly ash-slag akibat perbedaan variabel campuran, temperatur perawatan, mikro struktur beton ringan geopolimer dan konsentrasi larutan alkalin telah dikaji oleh Ismail dkk. (2018) [5]. Mereka menyimpulkan bahwa secara umum mortar geopolimer berbasis fly ash-slag menunjukkan kinerja yang lebih baik. Mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan variabel rasio fly ash-slag, molaritas NaOH dan rasio Sodium silicate dan air juga telah diinvestigasi oleh Kim dkk. (2012) [6]. Hasil penelitian mereka menunjukkan mortar geopolimer 100% slag memberikan nilai kuat tekan mortar yang lebih tinggi.

Dalam kaitan dengan material utama dari mortar geopolimer dan beton geopolimer, Sulawesi Selatan memiliki potensi untuk mengembangkan mortar geopolimer maupun beton geopolimer. Hal ini karena material utama yang dibutuhkan yaitu fly ash, dapat diperoleh dari pembangkit listrik tenaga uap Punagaya di

¹ Korespondensi penulis: Syamsul Bahri Ahmad, 082348759942, syamba_68@yahoo.co.id

Jenepono dan slag nikel yang dapat diperoleh di PT Vale di Sorowako Sulawesi Selatan. Data yang tersedia terkait fly ash dan slag sebagai material utama binder dalam pembuatan mortar geopolimer masih terbatas dan pedoman yang baku dalam perencanaan campuran belum ada. Hal ini karena faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik geopolimer cukup kompleks dan kandungan unsur-unsur atau senyawa dan *properties* dari material utama fly ash dan slag berbeda-beda pada setiap sumber. Oleh karena itu penelitian terhadap penggunaan fly ash sumber PLTU Punagaya Jenepono dan slag sumber PT Vale Sorowako sebagai binder dalam pembuatan mortar geopolimer berbasis limbah industri perlu dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan studi eksperimental terhadap sejumlah benda uji mortar geopolimer ukuran 5cmx5cm dan mortar konvensional sebagai mortar referensi. Penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan bahan jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sebelum pembuatan benda uji terlebih dahulu akan dilakukan pemeriksaan karakteristik bahan yang akan digunakan dengan mengacu pada standar ASTM [7]. Perawatan mortar dilakukan sesuai metode yang berlaku dengan pelbagai umur rencana pengujian kuat tekan. Metode pengujian kuat tekan mortar mengacu pada Standar yang berlaku SNI 03-6825-2002 [8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil pengujian karakteristik bahan

Hasil uji karakteristik agregat diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik pasir

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar[9]	Keterangan
1.	Kadar air pasir	3.2 %	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	1.48 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	2,42	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1,58 kg/lt	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	2,26 %	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	2,9	2,2 - 3,10	ASTMC136	Memenuhi

Tabel 2. Karakteristik Pasir Slag PT.Vale

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar[9]	Keterangan
1.	Kadar air pasir	1.57	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	1.07	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	3.10	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1.74	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	1,16	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	4.17	2,2 - 3,10	ASTMC136	Tidak Memenuhi

3.2. Komposisi campuran

Berdasarkan hasil perhitungan rancangan campuran mortar, maka komposisi campuran mortar diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi campuran mortar 1:1.5:1.5 dengan rasio air : fly ash = 0.4

Uraian	Semen	Fly Ash	Pasir	Pasir Slag	NaOH	Na ₂ SiO ₃	Air	Molar	Flow
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	NaOH	(%)					
Mortar konvensional	436.758	-	1590	-	-	-	327.568	-	117
Mortar geopolimer	-	471.6981	900	1018.8679	94.3396	94.33962	235.849	12M	116
Mortar geopolimer	-	471.6981	900	1018.8679	94.3396	94.33962	235.849	16M	117

3.3. Hasil pengujian kuat tekan mortar

3.3.1 Kuat tekan mortar konvensional (MK)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional pada umur 28 hari diperlihatkan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 12.47 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

3.3.2. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 12M (MG12)

Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer MG12 pada umur 28 hari diperlihatkan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar diperoleh sebesar 6.01 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar MG12 termasuk mortar tipe N berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 5.20 Mpa.

Tabel 4. Kuat Tekan Mortar Konvensional 1:3

No	Berat (gram)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat Rata-rata (gram)	Kuat Tekan Rata-rata Mpa
1	220	2500	33.40	13.36	228.83	12.47
2	220		35.80	14.32		
3	240		33.90	13.56		
4	230		30.00	12.00		
5	210		33.10	13.24		
6	230		32.70	13.08		
7	235		27.30	10.92		
8	228		32.10	12.84		
9	231		36.50	14.60		
10	233		25.70	10.28		
11	235		26.40	10.56		
12	234		27.20	10.88		

Tabel 5. Kuat Tekan Mortar Geopolymer Pasir-Slag NaOH 12M (GPS-NaOH 12M)

No	Berat (gram)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat Rata-rata (gram)	Kuat Tekan Rata-rata Mpa
1	270	2500	15.20	6.08	253.75	6.01
2	250		14.40	5.76		
3	240		14.80	5.92		
4	250		16.70	6.68		
5	260		15.30	6.12		
6	250		14.90	5.96		
7	255		14.30	5.72		
8	260		15.20	6.08		
9	250		14.70	5.88		
10	255		15.10	6.04		
11	255		15.00	6.00		
12	250		14.80	5.92		

3.3.3. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 16M (GPS-16M)

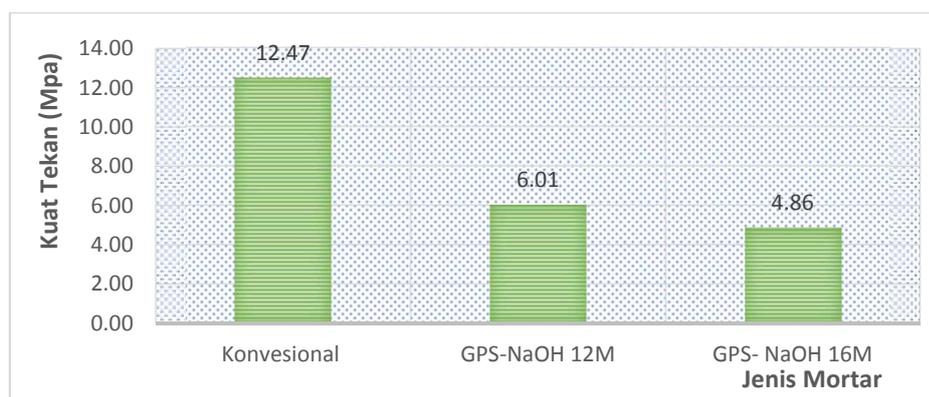
Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer GPS-16M pada umur 28 hari diperlihatkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 6 tersebut terlihat bahwa kuat tekan mortar diperoleh sebesar 4.86 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar MG12 termasuk mortar tipe O berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 2.40 Mpa.

Tabel 6. Kuat Tekan Mortar Geopolymer Pasir-Slag NaOH 16M (GPS-NaOH 16M)

No	Berat (gram)	A (mm ²)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat rata-rata (gram)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)
1	290	2500	13.40	5.36	280.42	4.86
2	280		11.70	4.68		
3	280		11.90	4.76		
4	270		11.00	4.40		
5	290		12.40	4.96		
6	270		11.90	4.76		
7	274		12.20	4.88		
8	282		12.70	5.08		
9	278		12.30	4.92		
10	283		11.90	4.76		
11	285		12.50	5.00		
12	283		12.00	4.80		

3.4. Pembahasan

Berdasarkan Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 dapat dibuat histogram nilai kuat tekan mortar seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar konvensional 1:3 memiliki nilai kuat tekan sebesar 12.47 Mpa. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan mortar MG12 dan MG16 dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 6.01 Mpa dan 4.86 Mpa. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa mortar konvensional termasuk jenis mortar tipe S, mortar geopolimer GPS-NaOH 12M termasuk jenis mortar tipe N dan GPS-NaOH 16M termasuk jenis mortar tipe O serta berdasarkan SNI 03-6882-2002 .



Gambar 1. Histogram kuat tekan mortar

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan yaitu :

1. Mortar konvensional komposisi 1:3 dengan kuat tekan sebesar 12.47 Mpa termasuk jenis mortar tipe S.

2. Mortar geopolimer pasir-slag GPS-NaOH 12M dan GPS-NaOH 16M menghasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 6.01 Mpa dan 4.86 Mpa sebagai mortar tipe O.
3. Mortar geopolimer pasir-slag GPS-NaOH 12M menghasilkan kuat tekan 6.01 sebagai mortar tipe N

4.2. Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan dengan molaritas NaOH ditambah dan dengan waktu curing yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Davidovits, "Chemistry of geopolymeric systems, terminology", *'99 Geopolymer International Conference Proceeding*, France, 1999.
- [2] J. Davidovits, "Geopolymer Cement a review", published in Geopolymer Science and Technics, Technical Paper #21, Geopolymer Institute Library, www.geopolymer.org [Diakses: 2013].
- [3] G.S. Manjunath, dkk. "Compressive Strength Development in Ambient Cured Geo-polymer Mortar ", *International Journal of Earth Sciences and Engineering* ISSN 0974-5904, Volume 04, No 06 SPL, October 2011, pp. 830-834, 2011.
- [7] ASTM C230/C230M-08, "Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement " ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- [8] Standar Nasional Indonesia, SNI 03-6825-2002, "Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil "Badan Standardisasi Nasional BSN ICS.27.180.
- [9] ASTM C 33-97 : "Standard Test Method for Concrete Agregates", *Annual Book of ASTM Standars*, Philadelphia, Vol. 04.02.