

STUDI KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH-SLAG DENGAN RASIO AKTIVATOR Na₂SiO₃ DAN NaOH BERBEDA

Syamsul Bahri Ahmad⁽¹⁾, Ramlan Sultan⁽²⁾

^{1),2)} Dosen 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 8M, 12M and 16M NaOH solution, the ratio of Na₂SiO₃ to NaOH is 1.5, the ratio of binder to natural sand and slag sand is 1: 1.5:1.5 and the flow value (110 ± 5)%. The results showed that the compressive strength of geopolymer mortar MG16 produced higher compressive strength at age of 7, 14 and 28 days than the compressive strength of conventional mortar MK. Meanwhile, the MG8 and MG12 geopolymer mortar produced lower compressive strength than MK mortar.

Key words: 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*. Istilah geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh [1] sebagai 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 10 tahun terakhir sejumlah penelitian dalam produksi mortar dan beton menggunakan binder geopolimer yang dikenal sebagai mortar geopolimer dan beton geopolimer telah dilakukan. [2], menginvestigasi pengembangan kuat tekan mortar geopolimer dengan material Fly ash, Slag, Silika fume dan abu batu dengan metode perawatan suhu kamar (*ambient curing*). Mereka menyimpulkan bahwa kuat tekan mortar berkembang pada temperatur suhu kamar tanpa perawatan konvensional. [3] melakukan investigasi terhadap karakteristik mekanik dan mikro struktur mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan metode perawatan suhu kamar. 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. [4], mengkaji 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. Mereka menyimpulkan bahwa secara umum mortar geopolimer berbasis fly ash-slag menunjukkan kinerja yang lebih baik. *Hyunjung Kim, dkk, 2012*, melakukan investigasi mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan variabel rasio fly ash-slag, molaritas NaOH dan rasio Sodium silicate dan air. Hasil penelitian mereka menunjukkan mortar geopolimer 100% slag memberikan nilai kuat tekan mortar yang lebih tinggi. [5] melakukan kajian penggunaan slag nikel pengganti pasir 50% pada produksi mortar geopolimer berbasis fly ash dengan molaritas NaOH 8M, 12M dan 16M dan rasio aktivator 1. Hasil yang diperoleh menunjukkan kuat tekan mortar geopolimer lebih tinggi dari mortar geopolimer berbasis fly ash mengandung pasir alami.

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 Jeneponto 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

¹ Korespondensi penulis: Syamsul Bahri Ahmad, Telp.081341752819, syamba_68@yahoo.co.id

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 Jeneponto dan slag sumber PT Vale Sorowako sebagai binder dalam pembuatan mortar geopolimer berbasis limbah industri perlu dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini 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. 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.

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 sungai

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
1.	Kadar air pasir	3.2	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	6.45	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	2,47	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1,58	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	3.18	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	2,02	2,2 - 3,10	ASTMC136	Zone 3

Tabel 2. Karakteristik Pasir Slag

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
1.	Kadar air pasir	1.57	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	0.4	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	4.0	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	Memenuhi

3.2. Komposisi campuran

Berdasarkan hasil perhitungan rancangan campuran mortar, maka komposisi campuran mortar dengan besar yang flow diharapkan (110 ± 5) % 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
	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(ml)	NaOH	(%)
Mortar konvensional	923	-	3500	-	-	-	355	-	105.25
Mortar geopolimer	-	923	1750	1927	148	222	355	8M	105.63
Mortar geopolimer	-	923	1750	1927	148	222	366	12M	105.13
Mortar geopolimer	-	923	1750	1927	148	222	300	16M	105

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

3.3.1 Kuat tekan mortar konvensional (MK)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 4. Berdasarkan tabel 4 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 10.49 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

Tabel 4. Kuat tekan mortar konvensional (MK)

No	Dibuat	Diuji	Umur	Berat	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(Kg)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	1/7/2020	8/7/2020	7	0.263	19600	7.84	7.71
2	1/7/2020	8/7/2020		0.245	18400	7.36	
3	1/7/2020	8/7/2020		0.27	19300	7.72	
4	1/7/2020	8/7/2020		0.257	20100	8.04	
5	1/7/2020	8/7/2020		0.261	19000	7.60	
6	1/7/2020	15/7/2020	14	0.268	24800	9.92	9.81
7	1/7/2020	15/7/2020		0.256	23400	9.36	
8	1/7/2020	15/7/2020		0.258	26900	10.76	
9	1/7/2020	15/7/2020		0.265	24000	9.60	
10	1/7/2020	15/7/2020		0.023	23500	9.40	
11	1/7/2020	29/7/2020	28	0.253	25200	10.08	10.49
12	1/7/2020	29/7/2020		0.262	27800	11.12	
13	1/7/2020	29/7/2020		0.257	25700	10.28	
14	1/7/2020	29/7/2020		0.248	26200	10.48	
15	1/7/2020	29/7/2020		0.265	26200	10.48	

3.3.2 Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 8M (MG8)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 4. Berdasarkan tabel 4 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 10.49 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

Tabel 5. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 8M

No	Dibuat	Diuji	Umur	Berat	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(Kg)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	3/7/2020	10/7/2020	7	0.264	1400	0.56	0.68
2	3/7/2020	10/7/2020		0.254	1600	0.64	
3	3/7/2020	10/7/2020		0.281	2600	1.04	
4	3/7/2020	10/7/2020		0.246	1200	0.48	
5	3/7/2020	10/7/2020	14	0.251	2500	1.00	1.06
6	3/7/2020	17/7/2020		0.286	2600	1.04	
7	3/7/2020	17/7/2020		0.259	2200	0.88	
8	3/7/2020	17/7/2020		0.268	3300	1.32	
9	3/7/2020	30/7/2020	28	0.279	3800	1.52	1.43
10	3/7/2020	30/7/2020		0.263	3600	1.44	
11	3/7/2020	30/7/2020		0.28	3600	1.44	
12	3/7/2020	30/7/2020		0.266	3300	1.32	

3.3.3 Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 12M (MG12)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 4. Berdasarkan tabel 4 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 10.49 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

Tabel 6. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 12M

No	Dibuat	Diuji	Umur	Berat	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(Kg)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	17/7/2020	24/7/2020	7	0.261	1700	0.68	0.64
2	17/7/2020	24/7/2020		0.265	1600	0.64	
3	17/7/2020	24/7/2020		0.303	1600	0.64	
4	17/7/2020	24/7/2020		0.300	1500	0.60	
5	17/7/2020	31/7/2020	14	0.288	1715	0.69	0.68
6	17/7/2020	31/7/2020		0.258	1800	0.72	
7	17/7/2020	31/7/2020		0.298	1600	0.64	
8	17/7/2020	31/7/2020		0.255	1650	0.66	
9	17/7/2020	14/8/2020	28	0.265	3000	1.20	1.36
10	17/7/2020	14/8/2020		0.270	3400	1.36	
11	17/7/2020	14/8/2020		0.272	3700	1.48	
12	17/7/2020	14/8/2020		0.311	3500	1.40	

3.3.4 Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 16M (MG16)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 4. Berdasarkan tabel 4 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 10.49 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

Tabel 7. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 16M

No	Dibuat	Diuji	Umur	Berat	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(Kg)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	21/7/2020	28/7/2020	7	0.297	18600	7.44	7.79
2	21/7/2020	28/7/2020		0.307	22300	8.92	
3	21/7/2020	28/7/2020		0.251	19300	7.72	
4	21/7/2020	28/7/2020		0.299	17700	7.08	
5	21/7/2020	4/8/2020	14	0.265	31300	12.52	11.61
6	21/7/2020	4/8/2020		0.265	25900	10.36	
7	21/7/2020	4/8/2020		0.273	26300	10.52	
8	21/7/2020	4/8/2020		0.321	32600	13.04	
9	21/7/2020	18/8/2020	28	0.267	37400	14.96	13.74
10	21/7/2020	18/8/2020		0.304	34100	13.64	
11	21/7/2020	18/8/2020		0.266	32700	13.08	
12	21/7/2020	18/8/2020		0.27	33200	13.28	

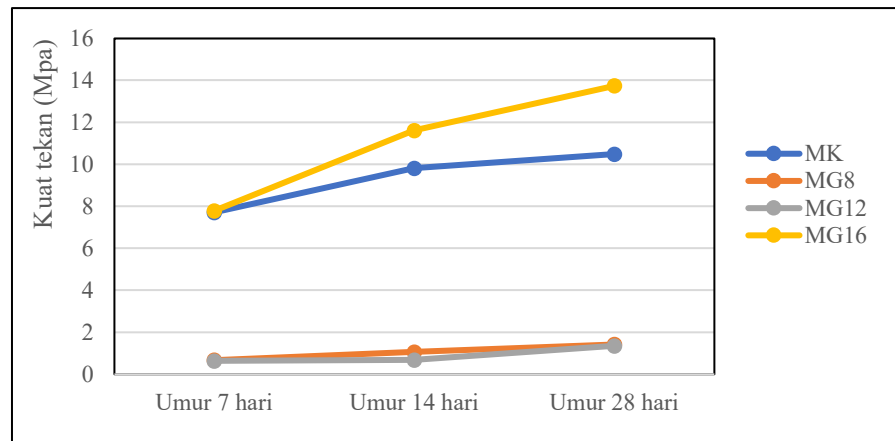
3.4. Pembahasan

Berdasarkan analisis hasil kuat tekan mortar yang diperlihatkan di point 3.3, dapat dibuat tabel kuat tekan mortar umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari seperti yang diperlihatkan pada tabel 8. Selanjutnya grafik hubungan nilai kuat tekan mortar dengan umur mortar seperti diperlihatkan pada gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa kuat tekan mortar geopolimer MG16 menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi pada umur 7, 14 dan 28 hari dibandingkan kuat tekan mortar MK. Sedangkan mortar geopolimer MG8 dan MG12 memberi kuat tekan yang lebih rendah dari mortar MK.

Tabel 8. Kuat tekan mortar konvensional umur 7, 14 dan 28 hari

No.	Jenis Mortar	Kuat Tekan Mortar (Mpa)		
		Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari

1	Mortar Konvensional	7.71	9.81	10.49
2	Mortar Geopolimer 8M	0.68	1.06	1.43
3	Mortar Geopolimer 12M	0.64	0.68	1.36
4	Mortar Geopolimer 16 M	7.79	11.61	13.74



Gambar 1. Grafik hubungan kuat tekan dengan umur mortar

Persentase peningkatan kuat tekan MG16 masing-masing adalah 1.03%, 18.34% dan 30.98%. Kuat tekan mortar MK pada umur 28 hari sebesar 10.49 Mpa termasuk sebagai mortar tipe N dengan kuat tekan minimal 5.2 Mpa berdasarkan SNI 03-6882-2002. Sedangkan mortar geopolimer MG16 dengan kuat tekan sebesar 13.74 Mpa termasuk sebagai mortar tipe S dengan kuat tekan minimal 12.40 Mpa. Penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan rasio aktivator adalah 1 dan pasir zone 1, menghasilkan kuat tekan geopolimer yang tertinggi sebesar 6.01 Mpa [5]. Dengan hasil ini, maka dapat disimpulkan bahwa rasio aktivator NaOH dengan Na_2SiO_3 dan zona pasir mempengaruhi kuat tekan mortar geopolimer.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kuat tekan mortar geopolimer MG16 menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi pada umur 7, 14 dan 28 hari dibandingkan kuat tekan mortar MK
2. Kuat tekan mortar geopolimer MG8 dan MG12 memberi kuat tekan yang lebih rendah dari mortar MK.
3. Rasio aktivator NaOH dengan Na_2SiO_3 dan zona pasir mempengaruhi kuat tekan mortar geopolimer.

4.2. Saran

Dari hasil yang diperoleh, disarankan penelitian lanjutan diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Davidovits, J. 1999. "Chemistry of geopolymeric systems, terminology", '99 Geopolymer International Conference Proceeding, France
- [2] G.S.Manjunath, dkk, 2011, " 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
- [3] Saloma, dkk, 2011. "Geopolymer Mortar with Fly Ash" , MATEC Web of Conferences 7 01026 (2016), The Authors, published by EDP Sciences.
- [4] B. H. Shinde, dkk, 2015. " Properties of Fly Ash based Geopolymer Mortar ", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Vol. 4 Issue 07, July-2015
- [5] Mindess, S., & Young, J. F. (1981). *Concrete*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall
- [6] Syamsul Bahri A., dkk, 2019 "Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbasis Fly Ash – Slag" Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, SNP2M 2019, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.

[7] Standar Nasional Indonesia, SNI 03-6825-2002, “ Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil ” Badan Standardisasi Nasional BSN ICS.27.180

[8] ASTM C 33-97 : Standard Test Method for Concrete Agregates , Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02.

[9] 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

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana sangat berterima kasih atas dukungan pendanaan DIPAPNUP sesuai dengan **SK Dirketur tentang tim Penelitian Penugasan N.B/472/PL10.PT.01.05/2020.**