

Pengaruh Komposisi Bahan Baku Geopolimer Terhadap Kuat Tekan

Liza Malik¹, Wiwik Dwi Pratiwi², dan Pranowo Sidi¹

^{1*} Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

²Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
e-mail: lizalijul01@gmail.com

Abstrak

Abstrak

Geopolimer merupakan polimer anorganik padat yang dihasilkan dari reaksi kimia yang disebut geopolymerisasi antara larutan basa dan sumber aluminosilikat. Geopolimer sudah banyak dilakukan penelitian karena terkenal dengan sifatnya yang tahan terhadap kuat tekan. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi terbaik geopolimer terhadap ketahanan kuat tekan. ketahanan kuat tekan geopolimer ditentukan berdasarkan nilai kuat tekan tertinggi setelah dilakukan uji tekan. pada penelitian ini dengan memvariasikan bahan baku yaitu Metakaolin 100%, 90%, 80%, 70%, dan 60%, Silica Fume 20%, 30%, dan 40% dan Aluminium Hidroksida 10%. Larutan aktivator yang digunakan adalah *Water Glass* dan larutan KOH. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji tekan untuk mengetahui nilai kuat tekan geopolimer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan baku Metakaolin 90% dan Aluminium Hidroksida 10% memberikan hasil terbaik yaitu memiliki nilai kuat tekan tinggi sebesar 40,8 MPa dengan standart deviasi $\pm 1,0$ MPa.

Kata kunci: Geopolimer, Metakaolin, Silica Fume, Larutan Aktivator, Kuat Tekan.

Abstract (9 pt, italic)

Geopolymer are solid inorganic polymers produced from a chemical reaction called geopolymerization, which occurs between an alkaline solution and an aluminosilicate source. Geopolymers have been widely studied due to their known compressive strength resistance. This study aims to determine the optimal geopolymer composition for achieving compressive strength resistance. The compressive strength of geopolymers is determined by identifying the highest compressive strength value obtained from a compression test. In this study, variations in raw materials were explored, including Metakaolin at levels of 100%, 90%, 80%, 70%, and 60%, Silica Fume at levels of 20%, 30%, and 40%, along with 10% Aluminium Hydroxide. The activator solutions used were Water Glass and KOH solution. The primary test conducted in this study was a compressive strength test aimed at evaluating the geopolymers strength. The results demonstrated that employing a composition of 90% Metakaolin and 10% Aluminium Hydroxide yielded the most favorable outcome. This particular composition exhibited a high compressive strength value of 40,8 MPa, with a standard deviation of $\pm 1,0$ MPa.

Keywords: *Geopolymers, Metakaolin, Silica Fume, Activator Solution, Compressive Strength*

1. Pendahuluan

Geopolimer merupakan polimer anorganik padat yang dihasilkan dari reaksi kimia yang disebut geopolimerisasi antara larutan basa dan sumber aluminosilikat. Contoh bahan aluminosilikat adalah fly ash, metakaolin, silica fume, trass dan lain-lain. Dalam proses pembuatan geopolimer perlu diperhatikan komposisi apa yang terkandung pada bahan baku aluminosilikat dan seperti apa sifat fisiknya. Perbandingan Si/Al tertentu dari bahan baku akan menghasilkan rantai polimer dengan karakter yang berbeda, sehingga produk geopolimer yang dihasilkan memiliki sifat termal yang berbeda pula (Davidovits, 1994).

Indonesia sebagai Negara penghasil tambang yang berlimpah, salah satunya kaolin merupakan beberapa hasil tambangnya, yang banyak ditemukan di daerah Lampung, Bangka Belitung, Jawa Barat dan Kalimantan (Rachmat, 2012). Lempung kaolin yang berasal dari Belitung merupakan salah satu material lempung yang memiliki komposisi hidrous aluminium silikat dengan struktur lapisan 1:1 yang terjadi dari lembaran oktahedral Al₃₊ sebagai kation oktahedral dan Si₂O₄ sebagai unit dasar. Untuk pemanfaatan kaolin sebagai geopolimer sudah banyak diterapkan di berbagai negara wilayah Eropa dan Australia. Berdasarkan penelitian terdahulu kaolin tidak bisa digunakan langsung karena sifatnya yang tidak reaktif, maka perlu dilakukan pembakaran pada temperatur 500°C – 900°C selama 6-7 jam. Kaolin yang telah mengalami dehidroksilasi setelah pembakaran tersebut dikenal sebagai nama Metakaolin. Metakaolin mempunyai ukuran partikel lebih kecil dari silica fume dan banyak mengandung Si₂O₂ (54,64%) dan Al₂OH₃ (42,87%) (Davidovits, 1994).

Silica fume merupakan material pozzolanis terbentuk dari hasil tanur tinggi yang merupakan produk sampingan logam silikon dari reduksi kuarsa dengan kemurnian tinggi. Silica fume memiliki kandungan silikon dioksida amorf (senyawa silikat) yang sangat tinggi yaitu kandungan Si₂O₂ sebesar 87% hingga 97% (ACI Committe, 2006). Silica fume mempunyai warna abu-abu dan berbentuk serbuk yang sangat halus dengan diameter berkisar antara 0,1-1,0 mikron meter (ASTMC1240-95, 2020).

Bahan silica fume tidak menghasilkan Al₂OH₃. Sedangkan untuk mendapatkan rasio Si/Al kurang dari 1, diperlukan bahan yang mengandung Al, misalnya penambahan dengan padatan aluminium hidroksida. Dengan membuat variasi komposisi bahan baku maka dihasilkan geopolimer dengan rasio Si/Al yang berbeda dan memiliki sifat yang berbeda.

Pada penelitian ini, meneliti tentang ketahanan kuat tekan geopolimer pada nilai Si/Al yang divariasikan dengan mengubah komposisi bahan baku, bertujuan untuk mencari komposisi terbaik. Dari perbandingan antara variasi bahan baku geopolimer diharapkan mampu digunakan sebagai referensi mengenai komposisi material geopolimer yang tahan tekanan.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metakaolin, *silica fume*, aluminium hidroksida dan larutan aktivator (*water glass* dan KOH). Alat yang digunakan untuk pembuatan adalah wadah, mixer, cetakan, dan jangka sorong. Pengujian kuat tekan dilakukan di Lab Beton, Material Maju dan Komputasi Mekanik teknik sipil ITS keputih dengan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM).

2.2 Penentuan Komposisi

Penentuan komposisi memiliki peran penting dalam penyusunan pasta geopolimer. Hal ini dikarenakan komposisi dari masing-masing penyusunnya (bahan baku dan penguat) akan memberikan pengaruh besar pada sifat mekanik material tersebut. Terdapat 5 Variabel pada penelitian ini. Tabel 1 menunjukkan variasi komposisi bahan baku geopolimer.

Tabel 1. Perbandingan Komposisi Bahan Baku Geopolimer

KODE	Komposisi Bahan Baku (Perbandingan massa)			
	MK	SF	AL	AA
MK10	100	-	-	100
MK9AL1	90	-	10	100
MK8SF2	80	20	-	100
MK7SF3	70	30	-	100
MK6SF4	60	40	-	100

- MK8SF2 = Metakaolin 80 dan *Silica Fume* 20

- MK9AL1 = Metakaolin 90 dan Aluminium Hidroksida 10

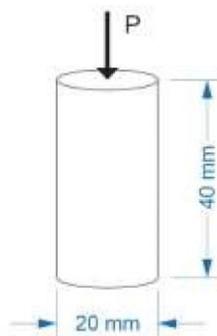
Komposisi larutan aktivator geopolimer telah ditentukan yaitu *presentase* total larutan aktivator adalah 100%, dimana *presentase water glass* memiliki komposisi terbesar yaitu sebesar 52%, selanjutnya H₂O memiliki *presentase* sebesar 35,9%, sedangkan KOH memiliki *presentase* terkecil sebesar 12,2%.

2.3 Penentuan Komposisi

Untuk mengetahui kuat tekan geopolimer, maka dibuat pasta dengan cara mencampur bahan baku metakaolin, silica fume dan aluminium hidroksida dengan larutan aktivator sesuai dengan variasi pada Tabel 1 dan diaduk dengan mixer kurang lebih selama 3 menit. Pasta kemudian dituang ke dalam cetakan berbahan akrilik berbentuk silinder dengan diameter 20 mm, tinggi 40 mm. Setelah 24 jam, spesimen dikeluarkan dari cetakan kemudian dibungkus dengan kain basah dan dimasukkan dalam wadah plastik yang tertutup rapat. Uji tekan dilaksanakan pada umur 7 hari dan 28 hari.

2.4 Uji Tekan

Uji tekan adalah suatu alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan. Uji tekan ini pada umumnya digunakan pada logam yang bersifat getas, karena alat uji tekan ini memiliki titik hancur yang terlihat jelas disaat melakukan pengujian benda tersebut. Uji tekan akan menghasilkan ukuran kekuatan benda tersebut mengenai besar pengukuran yang diuji terhadap bahan yang akan di uji sehingga standarisasi yang diinginkan akan tercapai sempurna. Bentuk dari spesimen uji tekan pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Standar Dimensi Spesimen Uji Tekan

Nilai kuat tekan dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berdasarkan (ASTMD, 1980):

$$F_c = F/A \quad (2.1)$$

Dimana :

F_c = Kekuatan tekan (MPa)

F = Gaya pembebanan max (N) A = Luas area (mm²)

Alat yang digunakan pada uji tekan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini :



Gambar 2. Mesin Uji Tekan

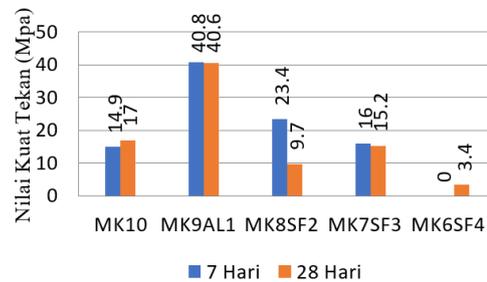
3. Hasil dan Pembahasan Uji Tekan

Hasil uji tekan pasta geopolimer tercantum pada Tabel 2. Dari Tabel tersebut setiap variasi bahan baku akan diuji pada umur 7 dan 28 hari. dibuat spesimen sebanyak masing-masing 3 buah sebagai akurasi data.

Tabel 2. Nilai Uji Tekan Geopolimer 7 dan 28 Hari

Kode	Umur	Rata-Rata Total (MPa)	Deviasi	Konvarian%
MK10	7	14,9	1,24	8,3%
MK9AL1	7	40,8	0,32	2,3%
MK8SF2	7	23,4	1,84	7,9%
MK7SF3	7	16,0	0,72	4,5%
MK6SF4	7	0	0	0%
MK10	28	17,0	1,23	7,3%
MK9AL1	28	40,6	0,97	2,4%
MK8SF2	28	9,7	0,90	9,2%
MK7SF3	28	15,2	1,51	10,0%
MK6SF4	28	3,4	0,30	9,1%

Dari data Tabel 2, diketahui nilai kuat tekan spesimen geopolimer pada umur 7 dan 28 hari. Spesimen yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu pada spesimen MK9AL1 (metakaolin 90% dan aluminium hidroksida 10%) sebesar 40,8 Mpa, dimana spesimen tersebut merupakan variasi komposisi geopolimer dengan nilai kuat tekan tertinggi diantara variasi lain. sedangkan spesimen MK6SF4 (metakaolin 605 dan *silica fume* 40%) memiliki nilai kuat tekan terendah sebesar 3,4 Mpa, pada umur 7 hari spesimen MK6SF4 tidak memiliki nilai kuat tekan karena kondisi fisik spesimen setelah dilepas dari cetakan selama 24 jam sudah mengalami keretakan dan penguapan sehingga saat uji tekan nilai kuat tekan tidak terdeteksi. Hasil uji tekan dapat juga dilihat dari Gambar 3



Gambar 3. Diagram Hasil Uji Tekan

Berdasarkan Gambar 3 diagram hasil uji tekan, terdapat nilai kuat tekan yang cenderung berbeda pada setiap variabel. Nilai kuat tekan yang bervariasi disebabkan karena proses pembuatan spesimen. Dimana proses tersebut dapat menyebabkan proses manufaktur geopolimer yang kurang sempurna, seperti proses perataan pasta geopolimer yang kurang merata sehingga terdapat gelembung udara (*void*) dan permukaan tidak rata. *Void* merupakan gelembung udara yang terjebak didalam pasta geopolimer yang menyebabkan pasta tidak dapat mengisi ruang kosong pada cetakan sehingga terbentuk celah pada spesimen geopolimer.

Variasi komposisi bahan baku juga menjadi faktor penyebab adanya perbedaan nilai kuat tekan pada setiap variabel. Seperti penggunaan bahan baku *silica fume* yang lebih banyak daripada metakaolin dapat menurunkan kuat tekan geopolimer, sedangkan penggunaan bahan baku metakaolin yang lebih banyak dari *silica fume* memiliki nilai kuat tekan yang stabil. Penggunaan bahan baku aluminium hidroksida dengan metakaolin memiliki kuat tekan yang relatif tinggi daripada variasi lain. sebelum diberi perlakuan temperatur tinggi. Dengan begitu, geopolimer variasi metakaolin dan aluminium hidroksida merupakan komposisi terbaik geopolimer yang memiliki ketahanan terhadap kuat tekan.

Berikut contoh bentuk spesimen sebelum dan setelah dilakukan uji tekan dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 :



Gambar 4. *Spesimen Uji Tekan*



Gambar 5. *Spesimen setelah Uji Tekan*

4 Kesimpulan

Pengaruh komposisi bahan baku geopolimer terhadap ketahanan kuat tekan, dengan sifat mekanik berupa kekuatan tekan diperoleh nilai kuat tekan geopolimer tertinggi yaitu pada variasi metakaolin 90% dan aluminium hidroksida 10% (MK9AL1) dengan nilai sebesar 40,8Mpa dengan standart deviasi $\pm 1,0$ MPa. Dimana semakin tinggi nilai kuat tekan maka ketahanan terhadap kuat tekan geopolimer juga semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- ACI Committe, 2. (2006). Panduan Penggunaan Silica Fume dalam Beton. Institut Beton Amerika, Detroit.
- ASTMC1240-95. (2020). Spesifikasi Standar Silica Fume yang digunakan dalam Campuran Semen.
- ASTMD. (1980). *Standard Test Method for Compressive Properties of Polymer Matrix Composite Materials with Unsupported Gage Section by Shear Loading.*
- Davidovits. (1994). *Geopolymer: Inorganic Polymeric New Materias, J. Matter. Educ.* (16).
- Davidovits. (1994). *Geopolymers: Man Made Rock Geosynthesis and the Resulting Development of Very Early High strength cement.*
- Rachmat. (2012). Ringkasan Pengetahuan Sosial