

Kekuatan Mortar Geopolimer Akibat Pengaruh Substitusi Limbah Kaca Sebagai Agregat Halus

FARIS GILAR SANDIKA¹, ERMA DESIMALIANA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: dikagilar01@gmail.com

ABSTRAK

Bahan konstruksi beton yang banyak digunakan untuk pembangunan infrastruktur yaitu semen Portland. Namun, dalam proses produksinya semen Portland menghasilkan gas CO₂ (karbon dioksida) dalam jumlah besar, sehingga mengakibatkan emisi karbon dioksida meningkat. Mortar geopolimer merupakan mortar yang material utamanya mengandung bahan yang bersifat pozzolan, material pengganti semen biasanya menggunakan fly ash. Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Bandung. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bahan limbah, seperti limbah kaca sebagai substitusi agregat halus, dan untuk mengetahui pengaruh penambahan 25% limbah kaca terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Penelitian ini dilakukan analisis data berdasarkan hasil kuat tekan mortar geopolimer umur 28 hari. Hasil pengujian didapat nilai kuat tekan 25% limbah kaca yaitu 37,392 MPa. Kuat tekan semakin rendah apabila penambahan limbah kaca semakin banyak.

Kata kunci: Geopolimer, kuat tekan, limbah kaca

1. PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun terakhir, pembangunan infrastruktur di Indonesia semakin meningkat. Hal ini menyebabkan kebutuhan material konstruksi juga akan semakin meningkat. Bahan bangunan yang banyak digunakan dalam konstruksi beton adalah semen Portland. Namun, dalam proses produksinya semen Portland menghasilkan gas CO₂ (karbon dioksida) dalam jumlah besar, sehingga mengakibatkan emisi karbon dioksida meningkat. Dalam hal ini, penggunaan semen perlu dikurangi dengan cara mengganti material dengan material lain yang memiliki karakteristik yang sama dengan semen. Salah satu material alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah dengan cara menggantikan semen dengan material geopolimer. Beton geopolimer merupakan sintesa bahan-bahan alam non-organik dengan proses polimerisasi. Bahan utama untuk pembuatan beton geopolimer ini yang banyak mengandung unsur-unsur *silika* dan *alumina*. Pada penelitian ini *fly ash* digunakan untuk material pengganti semen Portland pada beton dan material alternatif yang digunakan adalah limbah kaca sebagai substitusi pada agregat halus.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Mortar Geopolimer

Mortar geopolimer merupakan jenis mortar yang menggunakan bahan geopolimer sebagai bahan pengganti semen Portland. Geopolimer adalah bahan yang terbuat dari bahan dasar anorganik, seperti abu terbang (*fly ash*), pasir, limbah kaca, dan bahan-bahan lain yang banyak mengandung silika dan alumina yang dapat bereaksi dengan cairan alkalin untuk menghasilkan bahan pengikat (*binder*). Keunggulan geopolimer yaitu kekuatan tekannya yang

tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan dampak lingkungan yang sangat rendah dibandingkan dengan semen Portland. Geopolimer memerlukan bahan-bahan dan proses yang lebih kompleks dalam pembuatannya.

2.2 Fly Ash

Fly ash adalah abu terbang yang dihasilkan dari sisa pembakaran industri batu bara. *Fly ash* biasa digunakan sebagai pengganti semen dalam produksi beton, karena *fly ash* ini bersifat *pozzolan* atau bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, yang dapat menghasilkan kepadatan yang lebih baik, mengurangi pembengkakan, dan meningkatkan kapasitas penahan beton. Komposisi *fly ash* terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), dan kalsium (CaO), dengan jumlah sedikit magnesium, portassium, sodium, titanium, dan sulfur.

2.3 Limbah Kaca

Penggunaan limbah kaca merupakan salah satu bentuk pengolahan ulang yang bertujuan untuk mengurangi limbah dan memanfaatkan sisa kaca yang akan dibuang. Limbah kaca yang digiling halus menunjukkan sifat *pozzolan* yang meningkat seiring dengan penurunan ukuran partikel. Kaca bisa dikatakan paling sesuai sebagai pengganti sebagian agregat halus dan semen, karena komposisi kimia dan sifat fisiknya yang tinggi. Limbah kaca dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian atau seluruh pasir dalam campuran mortar geopolimer. Kaca adalah bahan amorf yang dibuat oleh silika kering dengan oksida dasar. Keuntungan dalam penggunaan limbah kaca ini dapat mengurangi limbah kaca dan mengurangi emisi karbon.

2.4 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur performa beton dalam konstruksi. Kuat tekan mortar ini mengacu pada kemampuan mortar untuk menahan tekanan atau beban tekan sebelum mengalami kegagalan. Kuat tekan mortar juga menentukan kemampuan struktur untuk menahan beban hidup serta beban mati. Kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

f_c' = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji tertekan (mm^2)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode eksperimen, yang mana hasil atau data yang didapatkan harus melalui suatu percobaan penelitian yang menghubungkan variabel-variabel yang diteliti. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Institut Teknologi Nasional Bandung (ITENAS). Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh limbah kaca sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan mortar geopolimer.

3.2 Pemeriksaan Kualitas Material

Pada penelitian ini perlu dilakukan uji kelayakan pada material atau bahan yang akan digunakan, karena material penyusun mortar geopolimer merupakan hal yang sangat menentukan kekuatan mortar. Analisis material harus terus dilakukan agar dapat menjamin kualitas mortar geopolimer yang diproduksi.

3.3 Perencanaan Campuran Mortar

Pembuatan mortar geopolimer diawali dengan *mix design* yang digunakan dalam beton geopolimer, dengan pembuatan activator lalu dilanjutkan dengan pencampuran bahan sesuai dengan perhitungan. Jumlah benda uji pada penelitian ini adalah 9 buah dengan ukuran kubus 5 x 5 x 5 cm, sampel diuji pada umur 28 hari.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material

Untuk bahan penyusun pengujian mortar geopolimer tersebut meliputi agregat halus, *fly ash*, dan limbah kaca yang merupakan bagian penting dalam membuat rencana campuran. Pada material-material tersebut dilakukan pengujian berat jenis dengan tujuan untuk memastikan bahwa material-material tersebut sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan untuk mendapatkan mortar geopolimer berkualitas tinggi. Dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material

Pengujian Material	<i>Fly Ash</i> (gr/cm ³)	Limbah Kaca (gr/cm ³)	Pasir (gr/cm ³)
Berat Jenis	2,65	2,42	2,42

4.2 Hasil Komposisi Mortar Geopolimer

Pada penelitian ini komposisi benda uji berupa mortar terdiri dari agregat halus, *fly ash*, limbah kaca, dan alkali aktivator. Alkali aktivator terdiri dari larutan NaOH dan Na₂SiO₃, adapun fungsi larutan ini untuk memudahkan penggunaannya karena bahan NaOH dapat mengeras dengan cepat ketika dicampur dengan *fly ash*. Perbandingan komposisi dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Komposisi Campuran Mortar Geopolimer

No.	Mix	<i>Fly Ash</i> (gr/cm ³)	Limbah Kaca (gr/cm ³)	Pasir (gr/cm ³)	NaOH (gr/cm ³)	Na ₂ SiO ₃ (gr/cm ³)
1	LK 25%	65,588	65,450	180,469	8,786	29,700

4.3 Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 28 Hari

Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 28 Hari

Variasi	Sampel	Berat (gr)	Luas Bidang Tekan	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
25% Limbah Kaca	1	297,4	2500	29,404	34,729
25% Limbah Kaca	2	295,1	2500	37,300	
25% Limbah Kaca	3	291,7	2500	37,484	



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan bahwa untuk penambahan 25% limbah kaca pada campuran mortar geopolimer menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 34,729 Mpa. Semakin banyak penambahan limbah kaca, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan menurun. Hal tersebut terjadi karena limbah kaca pada substitusi agregat halus ini memiliki penyerapan yang cukup rendah dan juga permukaan kaca yang cukup licin sehingga binder ini hanya menyelimuti permukaannya, hal tersebut mengakibatkan reaksi antara alkali aktivator dan *precursor* tidak terjadi dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- ASTM C 270. *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. ASTM International, US.
- ASTM C 618. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM International, US.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1970:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Handy Yohanes Karwur. (2013). KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN. *Jurnal Sipil Statik*.
- Johanes Januar Sudjati, Tri Yuliyanti, & Rikardus. (2014). PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON. *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Muhammad Ramdhan Olih, Isran E.Poe, Ilyas Ichsan, & Aleks Olih. (2021). LIMBAH KACA SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS UNTUK BETON RAMAH LINGKUNGAN. *Program Studi Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo*.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.