

Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* pada Beton Geopolimer

AHMADREZA FATHURRAHMAN¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: ahmadr2581@gmail.com

ABSTRAK

Beton geopolimer merupakan jenis beton inovatif yang dibuat dengan menggunakan bahan dasar abu terbang atau fly ash, bottom ash, dan alkali aktivator yang dicampurkan dengan air. Beton geopolimer memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan beton konvensional. Salah satu keunggulannya adalah ketahanan terhadap api, asam, dan korosi yang lebih baik. Hal ini dikarenakan beton geopolimer terbuat dari bahan yang memiliki kandungan silika dan aluminium yang tinggi, sehingga dapat membentuk ikatan kimia yang kuat. Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui nilai slumpflow dan kuat tekan beton geopolimer. Sampel benda uji berjumlah 45 silinder dan 18 mortar dengan 5 variasi bottom ash dan pasir. Didapatkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 7 hari optimum yaitu variasi BA40 sebesar 16,16 MPa, hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari optimum yaitu variasi normal sebesar 21,36 MPa, dan hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari optimum yaitu variasi normal sebesar 28,29 MPa.

Kata Kunci: beton geopolimer; bottom ash; pasir; kuat tekan; slumpflow;

1. PENDAHULUAN

Beton geopolimer merupakan jenis beton inovatif yang dibuat dengan menggunakan bahan dasar abu terbang atau *fly ash*, *bottom ash*, dan alkali aktivator yang dicampurkan dengan air. Proses pembuatan beton geopolimer dimulai dengan mencampurkan abu terbang atau *fly ash*, *bottom ash*, dan alkali aktivator seperti natrium silikat atau sodium *hydroxide* dengan air. Setelah tercampur, bahan-bahan tersebut diaduk hingga terbentuk pasta atau adukan yang homogen. Kemudian, adukan tersebut dicetak dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, seperti balok, kolom, atau dinding.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah jenis beton yang menggunakan bahan pengikat berupa geopolimer. Geopolimer adalah bahan kimia anorganik yang dapat digunakan sebagai pengganti semen Portland dalam pembuatan beton.

2.2 *Fly Ash*

Fly ash pada penelitian ini digunakan sebagai bahan pengikat. *Fly Ash* yang didapatkan berasal dari PLTU Paiton.

2.3 Bottom Ash

Bottom ash pada penelitian ini digunakan sebagai agregat halus. *Bottom ash* yang didapatkan berasal dari PT Laju Karya Mandiri 2.

2.4 Pasir

Pasir pada penelitian ini digunakan sebagai agregat kasar. Pasir yang didapatkan berasal dari Gunung Galunggung.

2.5 Alkali Aktivator

Alkali aktivator pada penelitian ini digunakan sebagai bahan pengikat. Alkali aktivator yang didapatkan berasal dari Toko Seger Chemical.

2.6 Aquades

Aquades adalah air mineral yang telah diproses dengan cara destilasi berupa air murni atau . Dalam beton geopolimer *aquades* berfungsi sebagai bahan pengikat untuk melarutkan cairan molaritas NaOH.

2.7 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

2.8 Pengujian Slump Flow

Pengujian *slump flow* (aliran *slump*) adalah metode standar dalam industri konstruksi untuk mengukur konsistensi dan kecenderungan aliran beton segar. Slump flow test mengukur deformasi beton saat diuji dengan gaya gravitasi.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pengujian Agregat

Material penyusun beton merupakan hal yang sangat menentukan kekuatan beton. Oleh karena itu, analisis material harus terus dilakukan untuk menjamin kualitas beton yang diproduksi. Hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar terdapat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Analisis Saringan Agregat Halus		
Modulus Kehalusan	3,73%	1,5% - 3,8%
Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus		
Berat Jenis Semu	2,10	> 2,5 Gr/Cm ³
Berat Jenis Kering Kondisi Kering	1,49	
Berat Jenis Kondisi Ssd	1,78	
Persentase Penyerapan	19,61%	< 5%
Berat Isi Agregat Halus		
Sampel Padat	0,88	> 1,2 Gr/Cm ³
Sampel Gembur	0,78	
Kadar Air Agregat Halus		
Kadar Air	36,17%	Tidak Ada Ketentuan

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Analisis Saringan Agregat Halus		
Modulus Kehalusan	2,75%	1,5% - 3,8%
Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus		
Berat Jenis Semu	2,65	> 2,5 Gr/Cm ³
Berat Jenis Kering Kondisi Kering	2,59	
Berat Jenis Kondisi Ssd	2,61	
Persentase Penyerapan	1,01%	< 5%
Berat Isi Agregat Halus		
Sampel Padat	1,61	> 1,2 Gr/Cm ³
Sampel Gembur	1,52	
Kadar Lumpur Agregat Halus		
Kadar Lumpur	2,25%	< 1%
Kadar Air Agregat Halus		
Kadar Air	8,70%	Tidak Ada Ketentuan

3.2 Perancangan Campuran Beton Untuk Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini komposisi pada benda uji menggunakan agregat kasar, agregat halus, *fly ash* dan alkali aktivator, alkali aktivator ini gabungan dua larutan yaitu Natrium hidroksida dan Natrium silika dengan perbandingan 1:3 dan molaritas yang digunakan pada larutan NaOH yaitu 8M. Perancangan Campuran Beton terdapat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3 Kebutuhan Untuk Satu Silinder

Variasi	Kebutuhan (Kg/m ³)				
	Fly Ash	Bottom Ash	Pasir	NaOH	Na ₂ SiO ₃
Normal	450,32	0	1709,40	70,06	237,58
BA30	660,00	295,02	1196,58	93,72	316,80
BA40	660,00	393,36	1025,64	93,72	316,80
BA50	660,00	491,70	854,70	93,72	316,80
BA100	660,00	983,40	0	93,72	316,80

Tabel 4 Kebutuhan Untuk Satu Mortar

Variasi	Kebutuhan Mortar (Kg/m ³)				
	Pasir	BA	FA	NaOH	Na ₂ SiO ₃
Normal	1994,30	0	495,00	70,29	237,60
Bottom Ash	0	983,40	660,00	93,72	316,80

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuat Tekan Beton

Pengujian yang dilakukan untuk kuat tekan beton geopolimer ini yaitu berumur 7, 14, dan 28 hari, dengan kadar *bottom ash* dan pasir sebagai variasi. Pengujian ini menerapkan jumlah silinder yang diuji untuk tiap umur beton terhadap tiap variasi berjumlah 3 sampel silinder yang berdiameter 100 mm dan tinggi silinder 200 mm dan 3 sampel mortar berdimensi 50x50x50 mm.

Berdasarkan pengujian diperoleh nilai kuat tekan beton silinder geopolimer rata-rata pada 7 hari dengan variasi Normal; BA30; BA40 berturut-turut adalah 12,73 MPa, 14,48 MPa, dan 16,16 MPa & nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari dengan variasi Normal; BA30; BA40; BA50; BA100 berturut-turut adalah 21,69 MPa, 14,95 MPa, 16,37 MPa, 13,24 MPa, dan 13,68 MPa & nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan variasi Normal; BA30; BA40; BA50; BA100 berturut-turut adalah 28,29 MPa, 20,79 MPa, 19,21 MPa, 16,46 MPa, dan 14,31 MPa.

Untuk kuat tekan beton mortar geopolimer rata-rata pada 7 hari dengan variasi Normal dan BA100 berturut adalah 20,77 MPa dan 14,29 MPa & nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari dengan variasi Normal dan BA100 berturut adalah 30,42 MPa dan 14,43 MPa & nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan variasi Normal dan BA100 berturut adalah 44,89 MPa dan 16,02 MPa.

4.2 Berat Isi Beton

Berat isi beton adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana beton memiliki kepadatan atau massa yang tinggi dalam satu unit volume tertentu. Hal ini diperoleh dengan membandingkan massa total beton dengan volume yang diisinya.

Berdasarkan pengujian diperoleh nilai berat isi beton silinder geopolimer rata-rata pada 7 hari dengan variasi Normal; BA30; BA40 berturut-turut adalah 2,24 gr/cm³, 2,11 gr/cm³, dan 2,11 gr/cm³ & nilai berat isi beton pada umur 14 hari dengan variasi Normal; BA30; BA40; BA50; BA100 berturut-turut adalah 2,28 gr/cm³, 2,11 gr/cm³, 2,12 gr/cm³, 1,87 gr/cm³, dan 2,06 gr/cm³ & nilai berat isi beton pada umur 28 hari dengan variasi Normal; BA30; BA40; BA50; BA100 berturut-turut adalah 2,26 gr/cm³, 2,11 gr/cm³, 2,07 gr/cm³, 2,02 gr/cm³, dan 2,01 gr/cm³.

Untuk berat isi beton mortar geopolimer rata-rata pada 7 hari dengan variasi Normal dan BA100 berturut adalah 2,38 gr/cm³ dan 1,85 gr/cm³ & nilai berat isi beton pada umur 14 hari dengan variasi Normal dan BA100 berturut adalah 2,39 gr/cm³ dan 1,85 gr/cm³ & nilai berat isi beton pada umur 28 hari dengan variasi Normal dan BA100 berturut adalah 2,33 gr/cm³ dan 1,85 gr/cm³.

4.3 Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump* yang dilakukan yaitu dengan *slump flow* karena jika menggunakan nilai *slump* tidak bisa karna beton segar tersebut tidak diam, dari hasil pengujian *slump flow* menunjukan beton geopolimer memiliki *workability* yang cukup tinggi berdasarkan teori beton tersebut encer.

Berdasarkan pengujian diperoleh nilai slump flow dengan variasi Normal; BA30; BA40; BA50; BA100 berturut-turut adalah 58 cm, 62,5 cm, 65 cm, 63 cm, 56 cm.

5. KESIMPULAN

Penambahan *bottom ash* yang semakin banyak dapat mengakibatkan kemudahan adukan (*workability*) beton menurun. Hal tersebut terbukti pada pengujian *slump flow* nilai yang didapatkan cenderung semakin kecil seiring dengan bertambahnya jumlah *bottom ash* dalam adukan beton. Kuat tekan yang tertinggi baik itu silinder dan mortar berturut terdapat pada variasi normal yaitu 28,29 MPa dan 44,89 MPa, pada variasi yang menggunakan bottom ash cenderung mengalami penurunan. Untuk kuat tekan beton silinder dengan menggunakan bottom ash yang tertinggi terdapat pada variasi BA30 yaitu 20,79 MPa, sementara pada mortar bottom ash yaitu 16,02 MPa. Berat isi beton yang tertinggi baik itu silinder dan mortar berturut terdapat pada variasi normal yaitu 2,28 gr/cm³ dan 2,39 gr/cm³. Pada variasi yang menggunakan bottom ash cenderung mengalami penurunan, untuk berat isi beton silinder dengan menggunakan bottom ash yang tertinggi terdapat pada variasi BA30 yaitu 2,11 gr/cm³, sementara pada mortar bottom ash yaitu 1,85 gr/cm³. Bottom ash bisa untuk dijadikan sebagai agregat halus, tetapi kuat tekannya akan rendah sehingga tidak direkomendasikan untuk beton struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, D., Soelarso. dan Hidayat T., (2015) *Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Substitusi Agregat Halus dalam Pembuatan Beton*, Jurnal Fondasi Vol.4 No.1 2015. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa : Banten
- Kusdiyono, dkk (2017) Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Bottom Ash pada Pembuatan Beton Mutu $f'c$ 20 Mpa dalam Upaya Pemanfaatan Limbah Industri, Wahana Teknik Sipil Vol.22 No.1, Juni 2017. Politeknik Negri : Semarang
- Kaselle, H. Ruga, S., Zhafirah, S. A., (2021) Karakteristik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Bottom Ash, 2021. Politeknik Negri Ujung Padang : Makassar
- Saputro, Y. A., dkk (2022) Menentukan Proporsi Campuran Mortar yang Tepat dengan Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash Ditinjau dari Kuat Tekan, Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil Vol.5 No.2, 2022. Universitas Islam Nahdatul Ulama : Jepara
- Kurniasari, P. T., (2017) Pemanfaatan Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Sebagai Pozzolan Binder Geopolymer, 2017. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya
- Samosir, G. B., Har, R., Pemanfaatan Fly Ash Bottom Ash dan Tawas untuk Menetralkan Air Asam Tambang, Jurnal Bina Tambang Vol.6 No. 4. Universitas Negri Padang : Padang
- ASTM C33-03. (n.d.). Standard Specification for Concrete Aggregates,. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 03-1969-1990). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode pengujian kadar air agregat. (SNI 03-1971-1990). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar (SNI 03-1968-1990). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Metode pengujian slump beton (SNI 031972:2008). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. (SNI-2847-2013). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 03-1970-1990). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.