

STUDI KOMPARASI BIAYA MATERIAL BETON GEOPOLIMER DENGAN BETON KONVENSIONAL

BINTANG FAWWAZA¹, EUNEKE WIDYANINGSIH², RATIH DEWI SHIMA³

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : bintang.fawwaza@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat membutuhkan material konstruksi yang efisien sekaligus ramah lingkungan. Beton konvensional berbasis semen Portland diketahui berkontribusi besar terhadap emisi karbon, sehingga beton geopolimer yang memanfaatkan limbah industri fly ash muncul sebagai alternatif berkelanjutan. Penelitian ini membandingkan biaya material beton konvensional dan beton geopolimer dengan mutu rencana f'_c 25 MPa pada elemen balok dan kolom struktur gedung tiga lantai. Metode penelitian meliputi pengujian material penyusun beton, perhitungan kebutuhan volume, serta analisis harga material per 1 m³. Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya material beton geopolimer lebih tinggi dibandingkan beton konvensional. Meskipun demikian, beton geopolimer memiliki keunggulan teknis dan prospek signifikan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: Beton Geopolimer, Beton Konvensional, Fly Ash, AHSP, RAB, SDGs

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur gedung semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, kebutuhan akan ruang hunian, perkantoran, dan fasilitas publik. Beton menjadi material utama dalam konstruksi karena kekuatan dan fleksibilitasnya (Tjokrodinuljo, 1996). Namun, tingginya konsumsi semen Portland berdampak besar pada aspek lingkungan, mengingat industri semen berkontribusi sekitar 5–8% terhadap total emisi CO₂ global (Habert et al., 2011). Sebagai alternatif, beton geopolimer dikembangkan dengan memanfaatkan limbah industri seperti fly ash yang diaktifkan secara kimia. Beton ini tidak melalui reaksi hidrasi semen, melainkan polimerisasi, sehingga lebih ramah lingkungan dan berpotensi mengurangi emisi karbon hingga 40–80% (Davidovits, 2008). Selain itu, penggunaannya mendukung pencapaian beberapa poin Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya tujuan pada poin 9, 11, 12, dan 13. Meski menjanjikan, beton geopolimer masih menghadapi kendala, seperti ketersediaan material, distribusi, serta standar teknis yang belum matang jika dibandingkan dengan beton konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan biaya material beton geopolimer dan konvensional pada elemen balok dan kolom gedung tiga lantai, untuk menilai efektivitas, efisiensi, serta peluang penerapannya dalam konstruksi di Indonesia.

2. METODOLOGI

Pada metodologi penelitian ini dilakukan beberapa tahapan. Penelitian diawali dengan pengujian material dan perencanaan campuran. Pengujian material dilakukan pada agregat halus, agregat kasar, dan *fly ash* untuk mengetahui berat jenis, kadar lumpur, serta kandungan kimia utama. Beton konvensional dirancang dengan acuan SNI menggunakan semen Portland, sedangkan beton geopolimer menggunakan *fly ash* yang diaktivasi oleh larutan NaOH 10 M dan Na_2SiO_3 dengan rasio 1:3. Sampel beton akan dibuat sebanyak 6 sampel dengan benda uji silinder berukuran 10x20 cm untuk pengujian kuat tekan pada umur beton 28 hari. Beton konvensional menggunakan metode curing rendaman, sedangkan beton geopolimer menggunakan curing membran. Selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan material untuk menentukan jumlah agregat, semen, fly ash, dan larutan alkali pada setiap 1 m³ beton. Data ini digunakan sebagai dasar perbandingan biaya material beton konvensional dan beton geopolimer. Selanjutnya, harga satuan material dihimpun berdasarkan sumber yang relevan sehingga dapat diperoleh estimasi biaya per m³ beton. Hasil perhitungan ini menjadi acuan dalam menilai efisiensi penggunaan material pada kedua jenis beton.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Material

Pengujian kualitas material menunjukkan agregat kasar memiliki berat jenis sebesar 2,669 gram/cm³ dan agregat halus sebesar 2,441 gram/cm³, kadar lumpur agregat kasar sebesar 0,76% dan agregat halus sebesar 4,18%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Institut Teknologi Nasional Bandung (ITENAS).

3.2 Perencanaan campuran dan pengujian kuat tekan

Berdasarkan hasil pengujian kualitas material, dilakukan perencanaan komposisi untuk kedua jenis beton. Perencanaan campuran beton konvensional mengacu pada SNI 03-2834-2000, sedangkan perencanaan campuran beton geopolimer mengacu pada penelitian terdahulu. Pengujian menunjukkan slump beton konvensional sebesar 12 cm dan slump flow beton geopolimer sebesar 55 cm. Hasil kuat tekan rata-rata beton konvensional adalah 26,4 MPa, sedangkan beton geopolimer 27,25 MPa, sehingga keduanya memenuhi mutu kuat tekan rencana yaitu f'_c 25 MPa. Adapun tabel hasil kuat tekan dari tiap sampel beton sebagai pembanding nilai kuat tekan antar sampel dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Jenis Beton	Sampel	Nilai Kuat Tekan (MPa)
Konvensional	1	25,83
Konvensional	2	26,76
Konvensional	3	26,61
Geopolimer	1	27,49
Geopolimer	2	29,5
Geopolimer	3	24,76

Tabel 1. Nilai Kuat Tekan Silinder Beton

Adapun hasil pengujian slump untuk beton konvensional dan beton geopolimer dapat dilihat pada **Gambar 1.** Dan **Gambar 2.**



Gambar 1. Slump Test Beton Konvensional



Gambar 2. Slump Flow Test Beton Geopolimer

3.2 Pengumpulan Data

Data harga material penyusun beton konvensional mengacu pada wilayah Kota Bandung. Sementara itu, harga dasar abu terbang (fly ash) untuk beton geopolimer mengacu dari PLTU Adipala Cilacap, tanpa memperhitungkan biaya transportasi maupun distribusi ke lokasi proyek. Adapun harga alkali aktivator, yaitu NaOH dan Na_2SiO_3 , mengacu pada harga pasar dari toko Seger Chemical Kosambi. Berikut merupakan data harga material penyusun kedua jenis beton yang dapat dilihat pada **Tabel 2.**

No	Material	Harga Satuan
1.	Semen	Rp2.500,00
2.	Fly Ash	Rp25,00
3.	Agregat kasar	Rp1.200,00
4.	Agregat halus	Rp1.080,00
5.	NaOH	Rp15.000,00
6.	Na_2SiO_3	Rp7.000,00

Tabel 2. Data Harga Material

3.2 Estimasi Perhitungan Biaya

Adapun estimasi perhitungan biaya material beton konvensional dan beton geopolimer dalam 1 m³ dapat dilihat pada **Tabel 3**. Dan **Tabel 4**.

Beton Konvensional per 1 m ³ (Material)				
Material	Satuan	Kebutuhan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Semen	kg	401,96	Rp 2.500,00	Rp 1.004.900,00
Air	liter	205	Rp 0	-
Agregat Halus	kg	657,39	Rp 1.080,00	Rp 709.981,20
Agregat Kasar	kg	1095,65	Rp 1.200,00	Rp 1.314.780,00
Jumlah Harga Bahan				Rp 3.029.661,20

Tabel 3. Data Harga Material Beton Konvensional per 1 m³

Beton Geopolimer per 1 m ³ (Material)				
Material	Satuan	Kebutuhan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<i>Fly Ash</i>	kg	585	Rp 25,00	Rp 14.625,00
NaOH	kg	70,06	Rp 15.000,00	Rp 1.050.951,00
Na ₂ SiO ₃	kg	210,19	Rp 7.000,00	Rp 1.471.331,40
Agregat Halus	kg	512,10	Rp 1.080,00	Rp 553.067,74
Agregat Kasar	kg	1307	Rp 1.200,00	Rp 1.568.401,06
Jumlah Harga Bahan				Rp 4.658.376,20

Tabel 4. Data Harga Material Beton Geopolimer per 1 m³

3.4 Perbandingan Biaya Beton Konvensional dan Beton Geopolimer

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh biaya beton geopolimer per 1m³ sebesar Rp4.658.376,20 sedangkan beton konvensional sebesar Rp. 3.029.661,20. Hal ini menunjukkan selisih perbandingan harga antara kedua jenis beton ini mencapai sebesar Rp1.791.586,50.

3. KESIMPULAN

Komposisi material yang diperlukan pada beton konvensional dan beton geopolimer menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, terutama pada jenis dan proporsi bahan pengikatnya. Berdasarkan hasil analisis perbandingan biaya yang dilakukan, beton geopolimer memiliki biaya yang lebih tinggi jika dibandingkan beton konvensional. Perbedaan ini disebabkan oleh tingginya harga bahan aktivator geopolimer, khususnya natrium hidroksida (NaOH), serta ketersediaan material yang belum seumum bahan penyusun beton konvensional. Selisih perbandingan harga untuk kedua jenis beton ini mencapai Rp1.791.586,50. Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun beton geopolimer secara biaya masih lebih mahal, beton geopolimer memiliki prospek besar dalam mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat-Nya, kedua orang tua atas doa dan dukungannya, dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, pihak laboratorium, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini dan sehingga jurnal ini dapat terselesaikan.

DAFTAR RUJUKAN

- Budiningrum, D. S., Kustirini, A., Purnijanto, B., Mahasukma, D., & Utama, T. Y. (2021). Studi Experimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Pltu Tanjungjati B Jepara. *Bangun Rekaprima*, 7(2), 55-61
- Davidovits, J. (2008). *Geopolymer Chemistry and Applications* (Edisi ketiga). Saint Quentin, France: Institut Géopolymère.I.
- Ridwan, M. (2018). Karakteristik Beton Geopolimer Menggunakan Limbah Fly ash PLTU Tanjung Jati B Jepara.
- SNI 03-2834-2000. 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2531-1991. Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. Badan Standardisasi Nasional
- Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Cipta Karya dan Perumahan. Lampiran IV No.68/SE/Dk/2024 Tentang Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat