

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SISA PEMBAKARAN SAMPAH RUMAH TANGGA UNTUK SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PRODUKSI BETON GEOPOLIMER

ARI RAFIF BHADRIKA¹, EUNEKE WIDYANINGSIH²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email : arirafifb17@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penggantian agregat halus (pasir) dengan abu hasil pembakaran sampah rumah tangga pada kekuatan tekan beton geopolimer berbasis abu terbang (fly ash). Beton geopolimer dipilih karena ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan pada semen Portland konvensional. Substitusi abu sampah dilakukan pada kadar 0% dan 25%. Metode penelitian meliputi pengujian sifat material (berat jenis, kadar lumpur, analisis saringan), pencampuran campuran beton geopolimer dengan variasi substitusi, pembuatan silinder uji ($\varnothing 10 \times 20$ cm) dan pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan abu sampah secara konsisten menurunkan kekuatan tekan beton. Kuat tekan maksimum (28 hari) dicapai pada 0% substitusi (33,44 MPa), dan terendah pada 20% (13,22 MPa). Penurunan kekuatan ditengarai akibat reaksi alkali-silika dan kandungan mineral montmorillonit dalam abu yang menyebabkan ekspansi dan retakan. Substitusi moderat (<25%) dapat dijadikan alternatif penggunaan limbah sampah. Rekomendasi penelitian selanjutnya mencakup penggunaan aditif atau perlakuan lain untuk mengendalikan efek reaktif abu tersebut

Kata kunci: beton geopolimer, abu sampah rumah tangga, substitusi agregat, kuat tekan, fly ash.

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit rencana banjir periode ulang 5 tahun, mengetahui Tingkat reduksi banjir, dan mengetahui banyaknya jumlah lubang resapan biopori. Penelitian dilakukan dengan menghitung debit rencana dan laju infiltrasi. Masalah pengelolaan limbah padat rumah tangga menjadi isu lingkungan serius di Indonesia. Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menurunkan kualitas lingkungan dan mengancam sumber daya alam generasi mendatang. Salah satu metode pengelolaan sampah adalah pembakaran, yang memangkas volume limbah tetapi menghasilkan residu abu yang sering tidak dimanfaatkan. Abu hasil pembakaran tersebut masih mengandung komponen penting seperti silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Komponen inorganik ini sejajar dengan bahan-bahan dasar geopolimer, yaitu material aluminosilikat yang diaktifkan alkali untuk membentuk beton berkekuatan tinggi dan tahan suhu tinggi.

Dalam beton, agregat menyumbang sekitar 60–70% volume material. Karena itu, penggunaan alternatif agregat dari limbah sangat penting untuk keberlanjutan industri konstruksi. Thiagarajan dan Ramaswamy (2022) meninjau bahwa abu berbagai industri (termasuk sampah) memiliki potensi besar sebagai agregat buatan untuk beton ramah lingkungan.

Geopolimer yang berbahan dasar fly ash merupakan teknologi beton yang banyak diteliti untuk menggantikan semen Portland. Namun, studi khusus mengenai penggunaan abu pembakaran sampah sebagai substitusi agregat halus masih terbatas.

Penelitian ini fokus pada pemanfaatan abu sisa pembakaran sampah rumah tangga sebagai pengganti sebagian pasir dalam campuran beton geopolimer. Tujuannya adalah mengukur bagaimana substitusi ini mempengaruhi kuat tekan beton pada berbagai umur perawatan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan solusi awal untuk mengurangi limbah sampah sekaligus mengembangkan material beton yang lebih berkelanjutan.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium Material Perkerasan Jalan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung (Itenas).

Pengolahan data meliputi:

1. Bahan penelitian dengan bahan baku utama adalah fly ash (abu terbang) sebagai sumber aluminosilikat, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), dan abu sisa pembakaran sampah rumah tangga. Larutan alkali ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$) digunakan sebagai aktivator geopolimer. Komposisi kimia abu sampah telah dikarakterisasi sebelumnya dan mengandung silika serta alumina.
2. Desain campuran dengan lima variasi campuran dibuat dengan menggantikan agregat halus 0% dan 25% berat pasir oleh abu sampah. Komposisi fly ash, alkali, air, dan agregat kasar dijaga konstan di semua variasi agar hanya berbeda pada tingkat substitusi pasir. Perbandingan komposisi disesuaikan untuk menghasilkan workability yang cukup.
3. Pembuatan benda uji untuk setiap variasi beton geopolimer dan dicetak menjadi silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm ($\Phi 10 \times 20$ cm). Proses pencampuran dilakukan secara manual dan menggunakan alat penggetar untuk merata. Benda uji dibiarkan pada suhu ruang untuk perawatan (curing) sampai umur pengujian.
4. Pengujian kuat tekan yang dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari menggunakan Compression Testing Machine (CTM) sesuai SNI 03-1974-2011. Nilai kuat tekan rata-rata dihitung dari tiga silinder untuk tiap variasi setiap umur. Selain itu, pengujian sifat bahan (berat jenis, kadar lumpur, analisis saringan) dilakukan menurut standar SNI terkait untuk memastikan kualitas material penyusun beton.

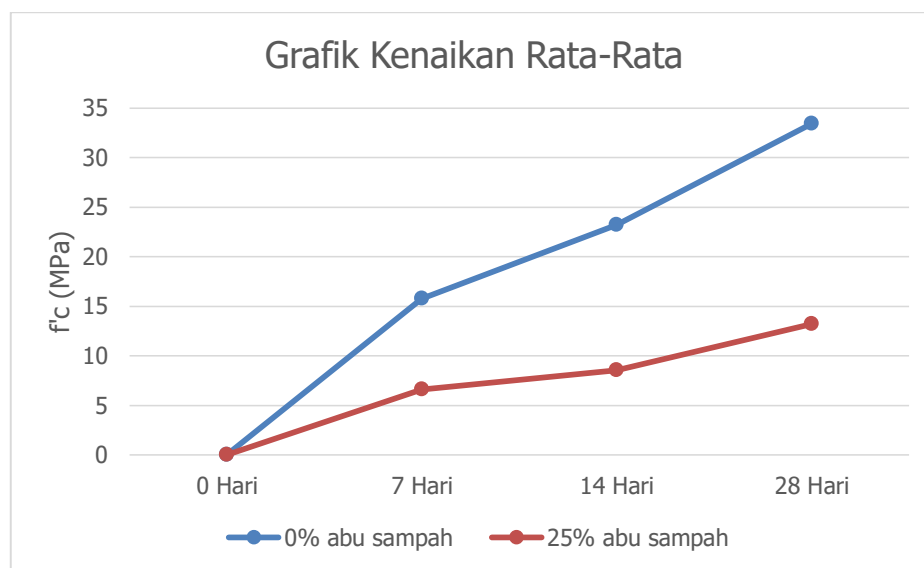
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan beton geopolimer dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk setiap variasi campuran beton. Variasi yang diuji meliputi beton geopolimer normal serta beton dengan penambahan abu sisa pembakaran sampah pada variasi 0% dan 25% untuk disubstitusi pada agregat halus. Nilai dari hasil uji kuat tekan akan dipakai untuk mengetahui pengaruh dari penambahan abu sisa pembakaran sampah dan untuk mengetahui berapa persentase paling optimal abu sisa pembakaran sampah agar bisa layak digunakan sebagai campuran beton geopolimer. Pengujian pada kuat tekan beton ini dilakukan menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM) dan hasil dari pengujian kuat tekan ini ada pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Abu Sampah	7 Hari			14 Hari			28 Hari		
	Benda Uji	Kuat Tekan [Mpa]	Rata-rata	Benda Uji	Kuat Tekan	Rata-rata	Benda Uji	Kuat Tekan	Rata-rata
0%	1	19,09	15,75	1	23,32	23,20	1	33,10	33,44
	2	13,94		2	24,22		2	32,35	
	3	14,23		3	22,06		3	34,88	
25%	1	6,56	6,58	1	9,77	8,56	1	14,23	13,22
	2	6,86		2	8,57		2	11,94	
	3	6,33		3	7,33		3	13,48	

Berdasarkan hasil pengujian, pada variasi 0% abu sisa pembakaran sampah, rata-rata nilai kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari menunjukkan kenaikan secara berturut-turut. Selain disajikan dalam bentuk tabel, nilai kuat tekan untuk variasi 0% dan 25% abu sisa pembakaran sampah juga ditampilkan dalam bentuk diagram garis (linechart) sebagai perbandingan antar variasi.



Gambar 1. Grafik Kenaikan Rata-Rata pada Beton

Dari gambar tersebut didapatkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata silinder variasi abu sisa pembakaran sampah 0% dan 25% mengalami penurunan, artinya semakin banyak abu sisa pembakaran sampah yang disubstitusi maka semakin kecil pula nilai kuat tekan yang didapatkan.

Pada proses pencampuran beton hingga pengisian silinder terjadi pengembangan pada beton sehingga menyebabkan beton menjadi rapuh. Kemungkinan terjadinya pengembangan pada beton yakni adanya reaksi alkali silika (ASR) dimana Alkali hidroksida dalam larutan pori beton bereaksi dengan silika reaktif pada agregat. Reaksi ini menghasilkan gel alkali-silika, yang memiliki kemampuan menyerap air dan mengembang. Pengembangan gel ini memberikan tekanan internal pada beton, menyebabkan pembengkakan dan retakan. Kemungkinan lain

juga tertuju pada kandungan abu sampah yang memiliki kandungan monmorillonite karena tertimbun lama di dalam tanah. Monmorillonite adalah mineral lempung yang mengembang, bereaksi dengan beton geopolimer dengan mengandalkan sifat nya yang dapat menyerap air. Ketika mineal ini menyerap air, reaksi yang dapat terjadi pada beton salah satunya yaitu mengembang. Proses ini menyebabkan tekanan internal dalam beton yang bisa mengarah pada keretakan (cracking) dan penurunan kekuatan serta durabilitas beton secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, substitusi agregat halus (pasir) dengan abu sisa pembakaran sampah rumah tangga dalam beton geopolimer menurunkan kekuatan tekan secara signifikan. Kekuatan tekan maksimum (28 hari) tercapai tanpa substitusi abu (33,44 MPa), sedangkan substitusi 25% menghasilkan kuat tekan rata-rata hanya 13,22 MPa. Penurunan kekuatan ini diduga terutama akibat reaksi alkali-silika dan kandungan montmorillonit dalam abu, yang menyebabkan ekspansi mikro dan pelemahan ikatan matriks beton.

5. REKOMENDASI

Substitusi abu sampah pada beton geopolimer perlu dibatasi di bawah 25%, atau ditambahkan bahan aditif (misalnya silika fume atau bahan stabilizer) untuk mengendalikan reaksi kimia berbahaya. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi perlakuan termal atau kimia pada abu sampah sebelum digunakan, serta pengujian sifat durabilitas (ketahanan sulfat, siklus beku-leleh) untuk memastikan kualitas jangka panjang beton geopolimer hasil substitusi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal. Khususnya terima kasih disampaikan kepada Ibu Euneke Widyaningsih, S.T, M.T. Yang turut membimbing dan mengarahkan dalam penelitian ini serta kedua orang tua Heri iIrawan, S.E., dan Neneng Riswati Pusvitasari yang senantiasa memfasilitasi dan menunjang seluruh kegiatan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Hardjito, D. & Rangan, B.V. (2005). Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymers. Curtin University of Technology, Perth, Australia.
- Thiyagarajan, H. & Ramaswamy, A. (2022). Review of alternative ash aggregates in concrete: solution towards waste management and environmental protection. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 62870–62886
- Thomas, B.S. & Kumar, S. (2021). Pemanfaatan abu insinerasi limbah padat sebagai material geopolimer: tinjauan literatur. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(2), 101–110. (Dalam bahasa Inggris)
- Wardani, H. (2008). Pemanfaatan limbah batubara (fly ash) untuk stabilisasi tanah dan keperluan teknik sipil lainnya. Universitas Diponegoro, Semarang.