

PENGARUH SUBSTITUSI 5% ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BINDER TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER

MUHAMAD AN DHARU PAMUNGKAS¹, ERMA DESIMALIANA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email : andharu13@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan semen portland dalam industri konstruksi memberikan kontribusi besar terhadap emisi karbon, sehingga diperlukan material alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah mortar geopolimer berbasis fly ash dengan pemanfaatan limbah abu tempurung kelapa. Cairan alkali aktivator yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH) dengan molaritas 12 M dan natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan perbandingan 1:1. Variasi campuran yang digunakan terdiri dari fly ash sebesar 100%; dan 95% dengan substitusi abu tempurung kelapa 0%; dan 5%. Hasil penelitian ini menunjukkan kuat tekan 53,71 Mpa diperoleh pada campuran 100% fly ash pada umur 28 hari, sedangkan substitusi ATK 5% menunjukkan kuat tekan sebesar 33,56 Mpa pada umur 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, abu tempurung kelapa dapat menurunkan kuat tekan.

Kata kunci: Mortar Geopolimer, Fly Ash, Abu Tempurung Kelapa, Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur di seluruh dunia, permintaan bahan bangunan, terutama semen, meningkat. Menurut IEA (2023), produksi semen konvensional menyumbang sekitar 8% dari emisi CO_2 tahunan global. Hal ini membuat mencari bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan kekuatan mekanis bahan yang digunakan untuk konstruksi. Karena tingginya kandungan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) fly ash, yang dihasilkan dari pembakaran batubara, telah banyak digunakan sebagai pengganti semen dalam pembuatan mortar dan beton. Produksi fly ash tidak hanya mengurangi limbah industri tetapi juga mengurangi emisi karbon hingga 60% dibandingkan dengan metode produksi semen konvensional (Triana, Allwar, & Winarno, 2025). Namun, karena industri pembangkit listrik bergantung pada fly ash, diperlukan juga variasi bahan pozzolanik lainnya dari sumber biomassa seperti abu tempurung kelapa.

Tempurung kelapa menghasilkan abu dengan kandungan silika antara 60 dan 70 persen ketika dibakar pada suhu terkendali. Abu ini dapat digunakan sebagai pengikat atau filler dalam mortar geopolimer (Anisa, Zainuri, & Megasari, 2024). Melalui peningkatan reaksi polimerisasi alkali, campuran abu tempurung kelapa dapat memperkuat matriks mortar geopolimer. Penelitian ini mengkaji pengaruh substitusi fly ash dengan abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan mortar geopolimer pada substitusi abu tempurung kelapa variasi 0% dan 5%.

2. METODE PENELITIAN

Pada Penelitian kali ini penulis menggunakan metode eksperimen, dengan tujuan mendapatkan data hasil penelitian pengganti fly ash dengan abu tempurung kelapa, terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Adapun variasi yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu 0%; dan 5% abu tempurung kelapa, serta kadar fly ash 100%; dan 95%. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Konstruksi Institut Teknologi Nasional Bandung (ITENAS). Cairan alkali aktivator yang digunakan untuk penelitian ini yaitu NaOH molaritas 12 M dan Na_2SiO_3 sebagai bahan pengaktif dengan perbandingan 1 : 1 untuk pembuatan mortar geopolimer. Benda uji yang dibuat sebanyak 18 sampel dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, untuk pengujian kuat tekan dengan umur mortar 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Abu tempurung kelapa yang digunakan diperoleh dari Kota Bandung Jawa Barat. Abu tempurung kelapa saat tiba di Laboratorium ITENAS berada dalam kondisi lembab, sehingga sebelum digunakan dikeringkan terlebih dahulu. Proses pengeringan dilakukan menggunakan oven dengan suhu 125°C selama 5 jam. Setelah kering, abu tempurung kelapa dikeluarkan dari oven lalu didiamkan selama 10 menit agar tidak terlalu panas, kemudian dilakukan analisis saringan, karena abu tempurung kelapa yang harus digunakan harus lolos saringan no. 200. Setelah proses analisis saringan selesai abu tempurung kelapa siap digunakan untuk proses penelitian.



Gambar 1 Abu Tempurung Kelapa Lolos Saringan No. 200



Gambar 2 Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Tabel 1 Proporsi Campuran Mortar Geopolimer per m³

Proporsi Campuran Mortar Geopolimer (Kg)			
Variasi		MG 1 (Kg)	MG 2 (Kg)
Agregat Halus (gram)	Pasir Garut	1557,6	1557,6
Precursor (gram)	<i>Fly ash</i>	777,84	738,948
	Abu tempurung kelapa	0	33,67
Alkali Aktivator (gram)	NaOH	127,8	127,8
	Na ₂ SiO ₃	144	144
Total Satu Sampel		2607,2	2602,0

3. HASIL PENGUJIAN DAN PENELITIAN

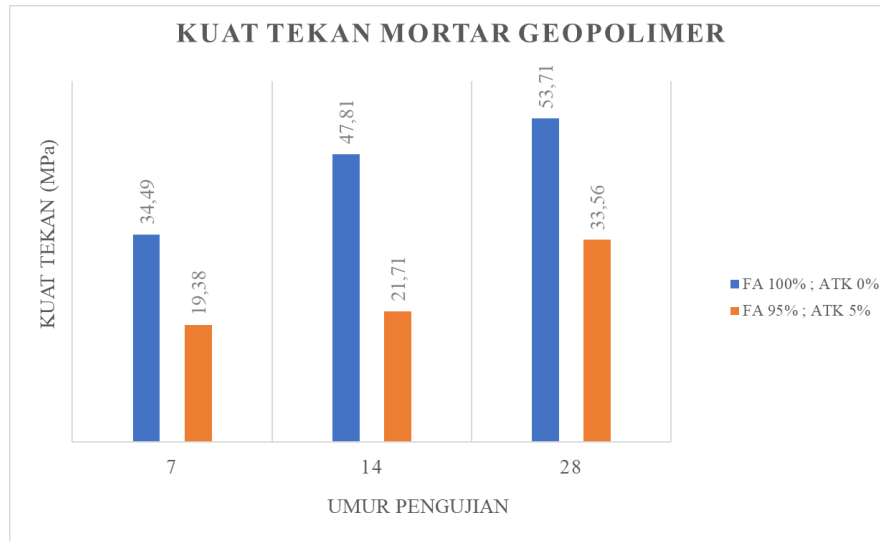
Waktu ikat atau setting time merupakan waktu yang dibutuhkan campuran untuk berubah dari keadaan cair menjadi padat. Pada mortar geopolimer, waktu ikat sangat dipengaruhi oleh reaksi kimia antara *fly ash*, abu tempurung kelapa, dan alkali aktivator. Dalam penelitian ini, waktu ikat bertujuan untuk memperoleh komposisi *mix design* yang mampu menghasilkan benda uji dengan waktu pengikatan yang sesuai, serta memungkinkan proses pencetakan berlangsung dengan baik tanpa mengganggu bentuk dan kualitas mortar. Hasil percobaan waktu ikat pada setiap variasi terdapat pada Gambar 3.

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian Waktu Ikat

No	Agregat Halus	Precursor	NaOH : Na ₂ SiO ₃	Waktu Ikat Akhir
1	Pasir Garut 100%	FA 100% ; ATK 0%	1:1	02:35:20
2	Pasir Garut 100%	FA 95% ; ATK 5%	1:1	01:40:23

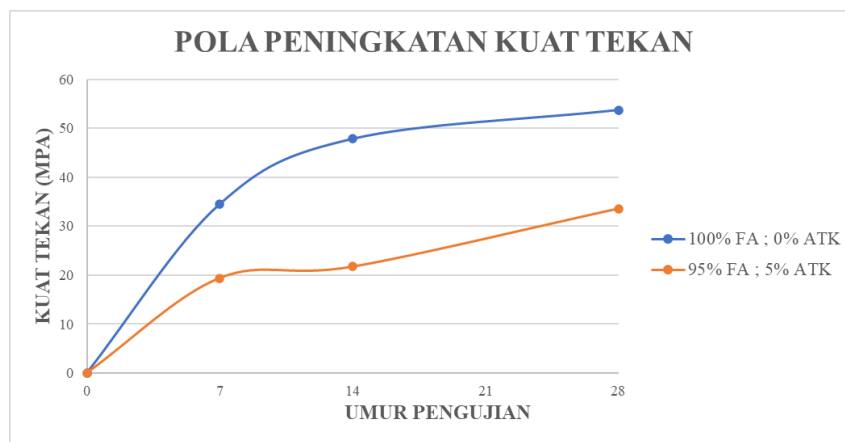
Berdasarkan hasil pengujian, penambahan abu tempurung kelapa menyebabkan waktu ikat mortar geopolimer menjadi lebih singkat. Hal ini terjadi karena butiran ATK yang halus membuat campuran lebih cepat kehilangan sifat plastis dan mencapai kondisi kaku. Semakin tinggi persentase ATK, semakin cepat mortar mengikat, meskipun percepatan ini tidak selalu diikuti oleh peningkatan kuat tekan.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur mortar sudah mencapai 7 hari, 14 hari, 28 hari. Tujuan dari pengujian kuat tekan untuk mengetahui kuat tekan mortar geopolimer dengan campuran abu tempurung kelapa sebagai pengganti *fly ash* yang telah lolos saringan no. 200. Berikut dilampirkan hasil pengujian kuat tekan beton pengaruh substitusi fly ash dengan abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan mortar geopolimer pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7, 14, dan 28 Hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, mortar geopolimer dengan 100% *fly ash* memiliki kuat tekan paling tinggi. Hal ini terjadi karena *fly ash* berperan sebagai bahan pengikat utama yang bekerja secara optimal, sehingga mortar menjadi lebih padat dan kuat. Ketika abu tempurung kelapa (ATK) mulai ditambahkan, kuat tekan mortar pada awalnya mengalami penurunan. Pada variasi 5% ATK, penurunan ini terjadi karena jumlah ATK belum cukup untuk memberikan manfaat yang berarti, sementara sebagian *fly ash* sudah tergantikan.



Gambar 4 Grafik Pola Peningkatan Kuat Tekan

Berdasarkan grafik pola peningkatan kuat tekan mortar geopolimer, terlihat bahwa seluruh variasi campuran, yaitu mortar dengan 100% *fly ash*, serta mortar dengan penambahan ATK sebesar 5%, mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur pengujian pada 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengerasan tetap berlangsung pada semua variasi, meskipun komposisi campuran berbeda. Mortar dengan 100% *fly ash* menunjukkan peningkatan kuat tekan yang paling besar dan stabil pada setiap umur pengujian. Kondisi ini menandakan bahwa *fly ash* berperan sebagai bahan pengikat utama yang paling efektif dalam membentuk kekuatan mortar geopolimer. Pada variasi 5% ATK, peningkatan kuat tekan masih terlihat, namun nilainya lebih rendah dibandingkan *fly ash* murni, yang menunjukkan bahwa pengurangan *fly ash* mulai berpengaruh terhadap pembentukan kekuatan mortar geopolimer.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan ketika *fly ash* dicampur dengan abu tempurung kelapa (ATK) maka kuat tekan akan semakin menurun. Hal ini terjadi karena *fly ash* berperan sebagai bahan pengikat utama yang bekerja secara optimal, sehingga mortar menjadi lebih padat dan kuat, maka dari itu variasi 0% ATK menjadi kuat tekan maksimum dengan nilai kuat tekannya sebesar 53,71 Mpa pada umur 28 hari. Penambahan ATK terbukti mempercepat waktu ikat mortar geopolimer. Semakin besar persentase ATK yang digunakan, semakin singkat waktu ikat yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh sifat ATK yang membuat adukan lebih cepat kaku, meskipun percepatan waktu ikat tersebut tidak selalu diikuti oleh peningkatan kuat tekan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini, khususnya kepada dosen pembimbing saya yaitu Ibu Erma Desimaliana, S.T., M.T.

DAFTAR RUJUKAN

- Anisa, A., Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2024). Kekuatan Tekan dan Penyerapan Mortar Geopolimer dengan Bahan Tambah Limbah Abu Tempurung Kelapa. *Konstruksia*, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Batubara, B. N., Istiqomah, I., Kudwadi, B., & Alfian, D. (2022). Karakteristik beton geopolimer pada aktivator natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3). *Jurnal Sipil Kokoh*, 20(2), 85–92.
- Fashadad, I., Habsya, C., & Agustin, R. S. (2022). Pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial semen pada kolom struktur modular beton ramah lingkungan. *Indonesian Journal of Civil Engineering Education*, 1(1), 10–18.
- Fernando, V., Hunggurami, E., & Sir, T. M. W. (2023). Pengaruh perawatan beton (curing) menggunakan water curing dan membrane curing terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 137-144.
- Lubis, D. P., & Harahap, A. R. (2023). Pengaruh rasio larutan natrium silikat dan natrium hidroksida terhadap kuat tekan beton geopolimer berbasis fly ash. *Jurnal Konstruksi dan Material*, 5(1), 45–52. Universitas Sumatera Utara.
- Mardhotillah, H. (2024). Studi Eksperimental Variasi Penambahan Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer. Repository Universitas Lancang Kuning.
- Permatasari, F. (2025). Studi Eksperimental Variasi Penambahan Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Mortar Geopolimer. Repository Universitas Lancang Kuning.
- Triana, D., Allwar, A., & Winarno, S. (2025). *Compressive Strength and Microstructural Characterization of Fly Ash and Palm Shell Activated Carbon Based Geopolymer Mortar*. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 23(1), 1–8.