



PENGARUH WAKTU CURING TERHADAP KUAT TEKAN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH

<http://jurnal.universitaskebangsaan.ac.id/index.php/ensains>
Email: ensains@universitaskebangsaan.ac.id / ensainsjournal@gmail.com

ENSAINS: Vol. 2 Nomor. 1 Januari 2019

Andrie Harmaji¹, Claudia², Lia Asri², Bambang Sunendar³, Ahmad Nuruddin³

¹Teknik Metalurgi dan Material, Institut Teknologi dan Sains Bandung, Bekasi, 17530

²Teknik Material, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132

³Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132

E-mail: harmaji@itsb.ac.id, nuruddin@tf.itb.ac.id

Abstract: *Suralaya power plant produces fly ash about 219.000 ton per year. Fly ash contents of silica and alumina as major components that can be used as precursors for geopolymer, a three dimensional networks aluminosilicate polymers. This research aim is to utilize fly ash for geopolymer made by mixing fly ash, fine aggregate, and alkali activator in a cubic mould and curing was carried out at room temperature for 7 and 28 days. After 28 days of curing the compressive strength of geopolymer reached 41.70 MPa. X-ray diffraction (XRD) characterization shows Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) formation which has similarity to geopolymer compound. Fourier Transform Infra Red (FTIR) spectra show siloxo and sialate bond. These are typical functional groups that are found in geopolymer materials.*

Keyword: *geopolymer, fly ash, aluminosilicate, alkali activator, albite, siloxo, sialate*

Abstrak: Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Suralaya menghasilkan *fly ash* (abu terbang) sekitar 219.000 ton per tahun. *Fly ash* memiliki silika dan alumina sebagai komponen utama yang dapat digunakan sebagai prekursor untuk geopolimer, suatu material polimer aluminosilikat tiga dimensi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *fly ash* untuk geopolimer yang dibuat dengan mencampur *fly ash*, agregat halus, dan aktivator alkali dalam cetakan kubik dan pengawetan dilakukan pada suhu kamar selama 7 dan 28 hari. Setelah 28 hari *curing* kekuatan tekan geopolimer mencapai 41,70 MPa. Karakterisasi X-ray diffraction (XRD) menunjukkan pembentukan Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) yang memiliki kemiripan dengan senyawa geopolimer. Hasil spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) menunjukkan ikatan siloxo dan sialate yang merupakan gugus fungsional khas yang ditemukan dalam geopolimer.

Kata Kunci: geopolimer, abu terbang, aluminosilikat, alkali aktivator, albite, siloxo, sialate

PENDAHULUAN

Fly ash adalah produk sampingan dari pembangkit listrik batubara yang memiliki ukuran partikel kecil dan dapat berbahaya jika terhirup. PLTU Suralaya di Jawa Barat adalah salah satu pembangkit listrik yang menggunakan batubara yang menghasilkan *fly ash* dalam jumlah besar, yakni sekitar 219.000 ton per tahun. Pemerintah Indonesia mengkategorikan *fly ash* sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3) meskipun memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi yang dapat digunakan sebagai prekursor geopolimer, suatu material aluminosilikat yang diaktifkan oleh larutan alkali (Harmaji, 2017).

Larutan alkali diperlukan untuk melarutkan alumina dan silika dalam *fly ash* dan juga memastikan terjadinya reaksi kimia. Geopolimer merupakan material ramah lingkungan yang potensial karena membutuhkan tidak membutuhkan semen sehingga diharapkan dapat mengurangi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh industri produksi semen. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *fly ash* untuk material geopolimer berkekuatan tekan tinggi dan membantu Pemerintah Jawa Barat untuk mengurangi abu terbang yang kurang digunakan.

METODE PENELITIAN

Fly ash diperoleh dari PLTU Suralaya, Jawa Barat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Material ini dikategorikan sebagai *fly ash* kelas F karena menggunakan batubara *bituminous* yang memiliki kalsium oksida (CaO) lebih rendah dari batubara *sub-bituminous* (Fox, 2017).



Gambar 1. Fly Ash kelas F dari PLTU Suralaya

Sodium Hidroksida (NaOH) and *Water Glass* (Na₂SiO₃) didapatkan dari PT. Brataco Chemika Bandung, Jawa Barat pada Gambar 2. Agregat Halus didapatkan dari Cimalaka, Jawa Barat.



Gambar 2. NaOH (kiri) dan Water Glass (kanan)

Larutan NaOH 10 M dibuat dengan cara mencampurkan 400 gram NaOH padat dengan 1L air, diaduk sampai padatan terlarut, ditutup, dan dibiarkan dingin selama 12 jam. Larutan aktivator alkali dalam penelitian ini disiapkan dengan mencampur larutan NaOH dan *Water Glass* dalam rasio 1: 2, diaduk selama 2 menit dan ditutup selama 6 jam. Setelah semua bahan disiapkan, aktivator, *fly ash*, dan agregat halus dicampur dalam rasio 1: 2: 3 (Simatupang, 2014) untuk mendapatkan fase mortar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pencampuran aktivator, *fly ash*, dan agregat halus untuk membuat mortar

Mortar kemudian dituang ke cetakan kubus 5x5x5 cm³ sesuai dengan ASTM C109-92 seperti pada Gambar 4, kemudian dituangkan setengah volume untuk setiap cetakan untuk memastikan produk itu padat dan tidak memiliki cacat pada permukaan. Produk ditinggalkan satu hari sebelum dibungkus dengan kantong plastik sebelum dilakukan pengujian tekan.



Gambar 4. Pencetakan mortar di *mould* kubus

Setelah 7 dan 28 hari dilakukan uji tekan menggunakan Universal Testing Machine tipe RAT-100 yang memiliki kapasitas 100 ton disesuaikan dengan ASTM C39-04, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan kekuatan tekan (σ) produk mortar.



Gambar 5. Pengujian tekan di Laboratorium Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung

Pecaha dari sampel uji tekan dikumpulkan untuk keperluan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) spektroskopi. XRD menunjukkan pembentukan senyawa geopolimer Mn $[-(\text{SiO}_2)_x(\text{AlO}_2)_y]_n \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (Davidovits, 1991). FTIR akan menunjukkan siloxo (Si-O-Si) dan sialat (Si-O-Al) yang juga merupakan ikatan khas dalam Geopolimer (Davidovits, 2017).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

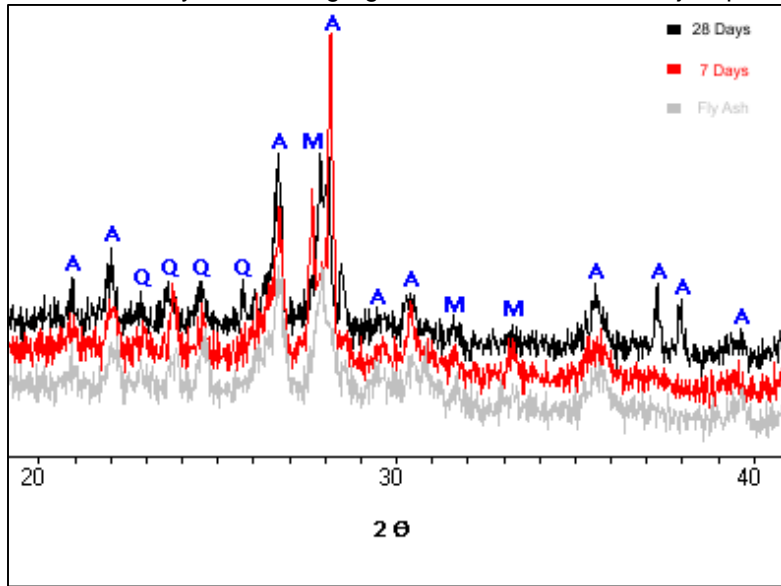
Hasil uji tekan untuk setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil kekuatan tekan (σ) diperoleh dengan membagi Gaya (F) dari mesin uji tekan dan Luas Penampang (A) sampel.

Tabel 1. Hasil uji tekan umur 7 dan 28 hari

Umur (Days)	Sampel No.	Massa (kg)	Rata-rata (kg)	σ (MPa)
7	1	6225	6492	25.97
	2	6500		
	3	6750		
28	1	10000	10425	41.70
	2	10625		
	3	10650		

Tabel 1 menunjukkan bahwa sampel geopolimer menghasilkan kuat tekan 25,97 MPa pada umur 7 hari dan 41,70 MPa pada umur 28 hari. Semakin tinggi umur geopolimer akan menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi pula. Berdasarkan *Specifications and Classifications for Brick* (2007), sampel dengan umur 7 hari dapat digunakan untuk *Building Brick* (C62), *Facing Brick* (C216), dan *Hollow Brick* (C652) yang terkena cuaca sedang dan parah, serta *Light Traffic Paving Brick* (C902) yang terkena cuaca normal dan sedang. Sampel yang memiliki umur 28 hari dapat digunakan untuk aplikasi di atas serta *Single Faced Glazed Brick* (C1405).

Hasil XRD pada Gambar 6 menunjukkan perbedaan prekursor (*fly ash*) dan produk (geopolimer). *Fly ash* hanya memiliki puncak Quartz (SiO_2 ; Puncak Q, JCPDS # 461045) dan Maghemite (Fe_2O_3 ; Puncak M, JCPDS # 100394) di dalamnya, sementara geopolimer selain memiliki keduanya terdapat puncak baru Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$; Puncak A, JCPDS # 200572) yang memiliki formula yang mirip dengan senyawa geopolimer. Formasi albite menunjukkan reaksi aktivator alkali, *fly ash*, dan agregat halus telah berhasil terjadi pada produk geopolimer.



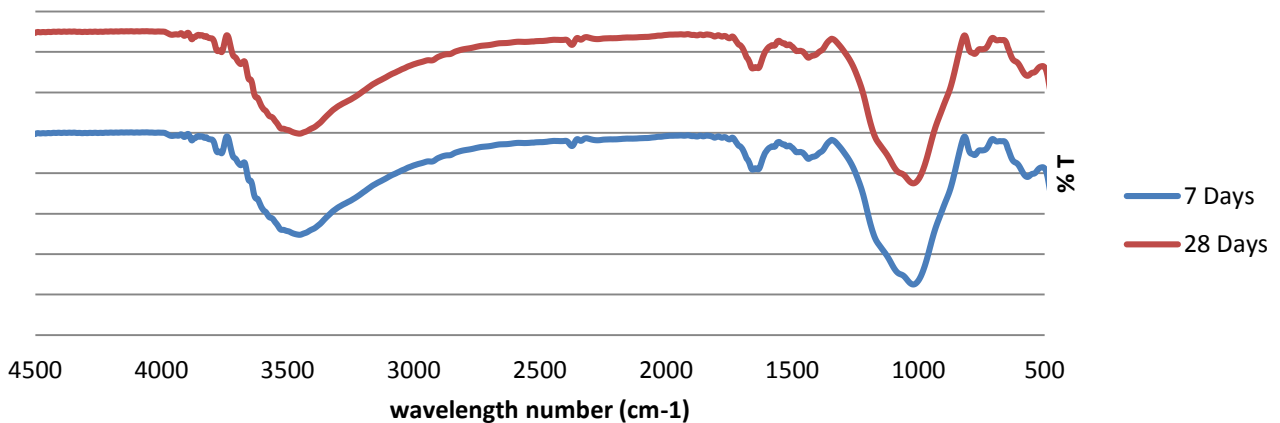
Gambar 6. Hasil XRD dari Fly Ash, Geopolimer umur 7 dan 28 Hari

Kandungan silika dan alumina dalam *fly ash* dilarutkan dalam aktivator dan kemudian direaksikan dengan NaOH sebagai sumber ion Na^+ . Reaksi ini mirip dengan geopolimerisasi, menghasilkan senyawa aluminosilikat seperti yang ditunjukkan oleh kehadiran albite dan *base peak line hump* pada XRD telah bergeser, yang berarti bahwa mortar yang dihasilkan memiliki lebih banyak area semikristalin dari *fly ash* atau dengan kata lain, *fly ash* yang kurang amorf dari produk (Skavara, 2005 dan Oey, 2015).

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi karakteristik geopolimer yang dibuat dengan berbagai umur. Gambar 7 dan Tabel 2 menunjukkan hasil spektra dan analisis kelompok fungsional dengan menggunakan spektroskopi. Spektra dari kedua sampel (7 dan 28 hari) menunjukkan adanya kemiripan.

Tabel 2. Resume hasil FTIR dari Geopolimer umur 7 dan 28 hari

Age (days)	Stretching -OH (cm-1)	Stretching H-O-H (cm-1)	Stretching Si-O-Si Si-O-Al (cm-1)	Symmetric Vibration Si-O-Al (cm-1)	Bending Vibration Si-O-Si (cm-1)
7	3452	1635	1020	777	574
28	3452	1635	1020	777	574



Gambar 7. Hasil FTIR dari Geopolimer umur 7 dan 28 Hari

Tabel 2 menunjukkan karakteristik absorpsi di area geopolimer 3450 cm^{-1} (-OH), 1637 cm^{-1} (H-O-H) yang berasal dari kandungan air dalam geopolimer. Daerah absorpsi menunjukkan kelompok yang terdiri dari Si dan Al ditunjukkan oleh absorpsi pada 1012 cm^{-1} (Si-O-Si dan Si-O-Al), absorpsi pada 773 cm^{-1} dan 574 cm^{-1} (Si-O-Al) dan pada 462 cm^{-1} (Si-O-Si dan O-Si-O), *bending* siloxo (Si-O-Si), dan siloxane (Si-O-Al), hal ini menunjukkan bahwa polimerisasi telah berhasil dilakukan. Ikatan siloxane dapat berasal dari Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) yang terbentuk.

Kedua sampel yang memiliki usia yang berbeda (7 dan 28 hari) menghasilkan spektrum FTIR yang relatif sama. Waktu *curing* selama 28 hari adalah waktu yang cukup untuk polimerisasi berjalan dengan sempurna, sehingga sulit untuk mengetahui perbedaan antara dua sampel. Perbedaan sifat geopolimer yang dihasilkan hanya terlihat pada karakteristik hasil uji tekan. Sampel dengan usia 28 hari menghasilkan kekuatan tekan tertinggi.

KESIMPULAN

Sampel geopolimer dibuat dengan cara mencampur aktivator, *fly ash*, dan agregat halus. Kuat Tekan yang dihasilkan adalah 25.97 MPa pada umur 7 hari dan 41.70 MPa pada umur 28 hari. Karakterisasi XRD menunjukkan pembentukan Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) yang memiliki kemiripan dengan senyawa geopolimer ($\text{Mn} [-(\text{SiO}_2)_z - \text{AlO}_2]_n \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Karakterisasi FTIR menunjukkan pembentukan ikatan Siloxo (Si-O-Si) dan Sialate (Si-O-Al) pada 462-1020 cm^{-1}

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PLTU Suralaya yang memberikan *Fly ash* untuk keperluan penelitian dan BP2D Jawa Barat untuk bantuan dana yang diberikan (Kegiatan peningkatan kualitas penelitian Dosen PTS/N dan Politeknik untuk pembangunan Jawa Barat).

DAFTAR PUSTAKA

- Fox, J.M. (2017). Fly Ash Classification – Old and New Ideas. *2017 World of Coal Ash (WOCA) Conference in Lexington*. 2017.
- Harmaji, A., et. al. (2017). The Effect of Pulp Industrial Waste as Chemical Admixture to Compressive Strength of Fly Ash Based Alkali Activated Materials. *Matec Web of Conferences*. 2017.
- Simatupang, P. H., et.al. (2014). The comparison of microscopic and macroscopic characteristics between low calcium fly ash geopolymer binder and high calcium fly ash geopolimer binder using Indonesian fly ash, *proceeding the 3rd international conference of EACEF*, September 20-22, B27-B32.
- Davidovits, J., (1991), Geopolymers: Inorganic Polymeric New Materials, *J. Thermal Analysis*, 37.
- Davidovits, J., (2017), Geopolymers: Ceramic-Like Inorganic Polymers, *J. Ceram. Sci. Technol.*, 08 [3] 335-350.
- Specifications and Classification for Brick, *TECHNICAL NOTES on Brick Construction 2007*.
- Skavara, F., et.al, (2005) Geopolymer Materials Based on Fly Ash, *Ceramics-Silikaty*, pp. 195-204
- Oey, T., et. Al (2015) Linking Fly Ash Composition to Performance in Cementitious Systems, *2015 World of Coal Ash (WOCA) Conference in Nashville*