

## Mortar Geopolymer Fly Ash dan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit

Dessy Triana<sup>1,2</sup>, Allwar Allwar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia

<sup>2</sup> Prodi Teknik Sipil, Universitas Serang Raya

<sup>3</sup> Prodi Kimia, Universitas Islam Indonesia

Korespondensi: [18934001@students.uii.ac.id](mailto:18934001@students.uii.ac.id)

### ABSTRAK

Konstruksi ramah lingkungan pengembangan bahan bangunan berkelanjutan dan ekonomis. Geopolimer semakin banyak diminati, dengan memanfaatkan limbah. Bahan sisa limbah yang sebagian besar mengandung silikon (Si) dan Aluminium (Al) merupakan bahan sumber pembuatan geopolimer. Geopolimer adalah komposit polimer buatan yang merupakan produk berkelanjutan ramah lingkungan. *Fly ash* sebagai pengikat pada geopolimer karakteristik fisik dan kimianya yang membantu terjadinya reaksi geopolimerisasi. Kandungan alumino silikat dalam jumlah tinggi dalam alkalin. Konstruksi bahan bangunan berkelanjutan menggabungkan limbah industri dan pertanian dalam bentuk karbon aktif cangkang kelapa sawit. Penggunaan bahan limbah memecahkan masalah pembuangan limbah dan meminimalkan permintaan sumberdaya alam untuk pembuatan mortar. Penelitian ini menghasilkan mortar geopolimer dengan menggunakan *fly ash* pengganti semen dan karbon aktif cangkang kelapa sawit pengganti pasir.

**Kata kunci:** Geopolimer, Mortar, *Fly ash*, Karbon Aktif

### ABSTRACT

*Environmentally friendly construction development of sustainable and economical building materials. Geopolymers are increasingly in demand, by utilizing waste. Waste materials that mostly contain silicon (Si) and aluminium (Al) are the source materials for making geopolymers. Geopolymers are artificial polymer composites that are environmentally friendly sustainable products. Fly ashes a binder in geopolymers, its physical and chemical characteristics help the geopolymerization reaction. High content of alumino silicate in alkaline. Sustainable building material construction combines industrial and agricultural waste in the form of activated carbon of palm shells. The use of waste materials solves the problem of waste disposal and minimizes the demand for natural resources for mortar production. This study produces geopolimer mortar using fly ash as a substitute for cement and activated carbon of palm shells as a substitute for sand.*

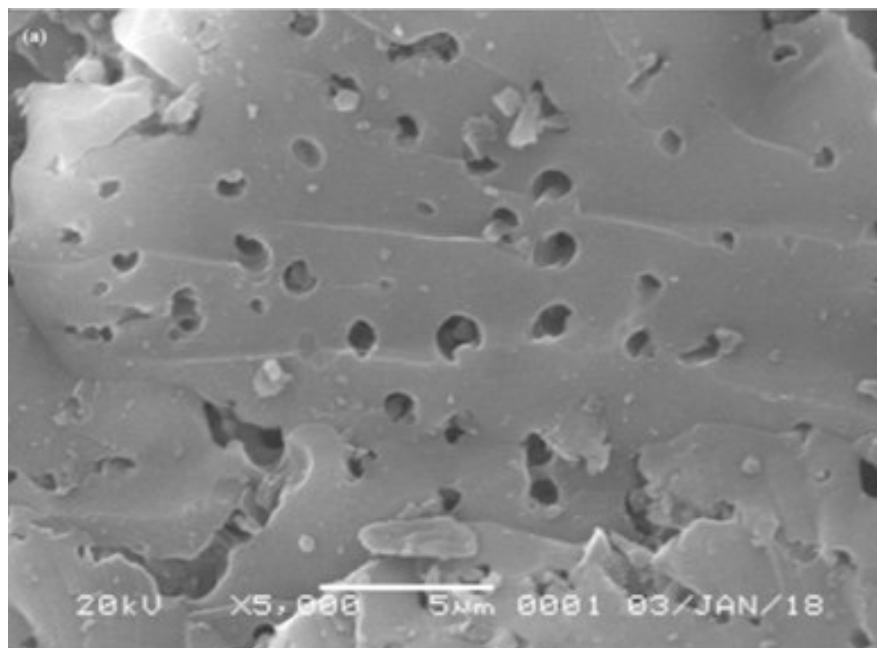
**Keywords:** Geopolymer, Mortar, *Fly ash*, Activated Carbon

### PENDAHULUAN

Konstruksi ramah lingkungan dilakukan dengan pengembangan bahan bangunan berkelanjutan dan ekonomis. Aspek penting yang mempengaruhi pengembangan adalah kinerja material, ekonomi serta aspek dampak terhadap lingkungan. Beton atau mortar geopolimer semakin banyak diminati sebagai pengikat dengan emisi CO<sub>2</sub> yang rendah dibanding semen Portland.[1] Istilah Geopolimer diciptakan oleh ilmuwan Perancis Joseph Davidovits pada tahun 1978, suatu gabungan senyawa yang terdiri dari unit berulang seperti silikon oksida (-Si-O-Si-O), silico-aluminat (-Si-O-Al-O) yang dibentuk melalui sebuah proses geopolimerisasi dengan memanfaatkan limbah. Bahan sisa limbah yang sebagian besar mengandung silikon (Si) dan Aluminium (Al) merupakan bahan sumber pembuatan geopolimer. Geopolimer adalah komposit polimer buatan yang merupakan produk berkelanjutan ramah lingkungan dengan menggantikan beton tradisional.[2] Teknologi geopolimer memberikan solusi pemanfaatan produk samping (limbah) industri yang mengandung aluminosilikat dengan dampak negatif yang kecil terhadap lingkungan. Geopolimer diproduksi salah satunya menggunakan *fly ash* .[3], [4]. *Fly ash* sebagai pengikat pada geopolimer karakteristik fisik dan kimianya yang membantu terjadinya reaksi geopolimerisasi. Kandungan alumino silikat dalam jumlah tinggi dalam alkalin.

Perolehan kekuatan awal geopolimer berbasis *fly ash* dengan terjadi pengerasan membutuhkan suhu tinggi sekaligus meningkatkan laju geopolimerisasi karena kebutuhan energi aktivasi *fly ash* lebih tinggi. Karena sifatnya yang amorf, geopolimer berbasis *fly ash* memiliki daya tahan yang sangat baik terhadap serangan asam dan alkali dibandingkan dengan pengikat geopolimer yang lainnya.[5]. Agar geopolimerisasi dapat berlangsung di butuh konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) dengan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dilarutkan. Kuat tekan dapat di kontrol dari rasio berat *fly ash* terhadap alkali aktivator [6]. *Fly ash* yang dicampurkan dengan alkali aktivator membutuhkan suhu pengeringan yang tinggi dan konsentrasi alkali yang juga tinggi. Campuran natrium hidroksida dan natrium silikat dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi, adanya silikat dalam larutan ditemukan menjadi parameter penting yang mempengaruhi kekuatan.[7]

Konstruksi bahan bangunan berkelanjutan menggabungkan limbah industri dan pertanian dalam bentuk karbon aktif cangkang kelapa sawit. Penggunaan bahan limbah memecahkan masalah pembuangan limbah dan meminimalkan permintaan sumberdaya alam. [8] Karbon aktif merupakan bahan berpori dengan karakteristik yang sangat baik sehingga menyebabkan penggunaannya dari berbagai industri dan lingkungan. Aktivasi kimia telah mempengaruhi pembentukan struktur pori.[9] Berikut ini Gambar 1. Morfologi permukaan karbon aktif cangkang kelapa sawit [10].



Gambar 1. Morfologi permukaan karbon akti cangkang kelapa sawit [10]

## METODE PENELITIAN

### 1. BAHAN

#### A. FLY ASH

*Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari PT. PLN Indonesia Power PLTU Banten 3 Lontar POMU. Berikut Komposisi Kimia dari *Fly ash* :

Tabel 1. Komposisi Kimia *Fly Ash*

Parameter Uji	Hasil (%)
$\text{SiO}_2$	41,96
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16,49
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	17,51
CaO	8,72
$\text{Na}_2\text{O}$	0,64
$\text{K}_2\text{O}$	0,26
MgO	2,89
$\text{SO}_3$	0,18
LOI	0,26
Fineness 45 $\mu$	15,21

Menurut ASTM C618, Hasil analisis unsur utama mineral *fly ash* diklasifikasikan Tipe F karena penjumlahan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  hasilnya lebih tinggi dari 70% , persentase partikel yang tidak terbakar dalam Loss On Ignition.[11]

B. *KARBON AKTIF*

Karbon aktif disediakan secara komersial kemudian di haluskan dengan blender sampai seperti pasir. Karbon aktif di aktivasi dengan suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 3 jam dengan gas nitrogen. Proses aktivasi karbon aktif mengakibatkan laju penyerapan air lebih tinggi dan luas permukaan meningkat. [8],[10],[12].

C. *ALKALI AKTIVATOR*

Alkali aktivator digunakan untuk proses geopolimerisasi, dan dibuat dengan mencampurkan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) pada easio 1,5 . Lautan natrium hidroksida (NaOH) dibuat dengan mencampurkan NaOH dengan aquadest dengan konsentrasi molaritas (M) sebesar 14 M. Akan terjadi perubahan suhu. Setelah beberapa saat larutan didiamkan kemudian dicampurkan dengan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Alkali aktivator yang telah tersedia perbandingan berat antara alkali aktivator dengan *fly ash* 0,6 didiamkan selama 24 jam, sebelum dicampur dengan *fly ash* dan karbon aktif untuk pembuatan mortar geopolimer. [13],[14]

2. PROPORSI CAMPURAN, METODE PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

Mortar geopolimer dengan rasio perbandingan antara *fly ash* dengan karbon aktif 1 :1. Fly ash dan karbon aktif dicampurkan sekitar 1 menit, kemudian ditambahkan alkali aktivator dan di aduk selama 3 menit. Kemudian dimasukkan kedalam cetakan berbentuk kubus berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. [15]. Proses pengawetan dengan di simpan pada suhu ruangan setelah pencetakan mortar selama 24 jam kemudian di oven dengan suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Kemudian baru di bongkar dan durasi pengawetan mulai dihitung. Untuk pengujian 3 benda uji umur 7 hari dan 14 hari.[16],[17],[18].



Gambar 2. Mortar dalam Cetakan



Gambar 3. Oven Mortar



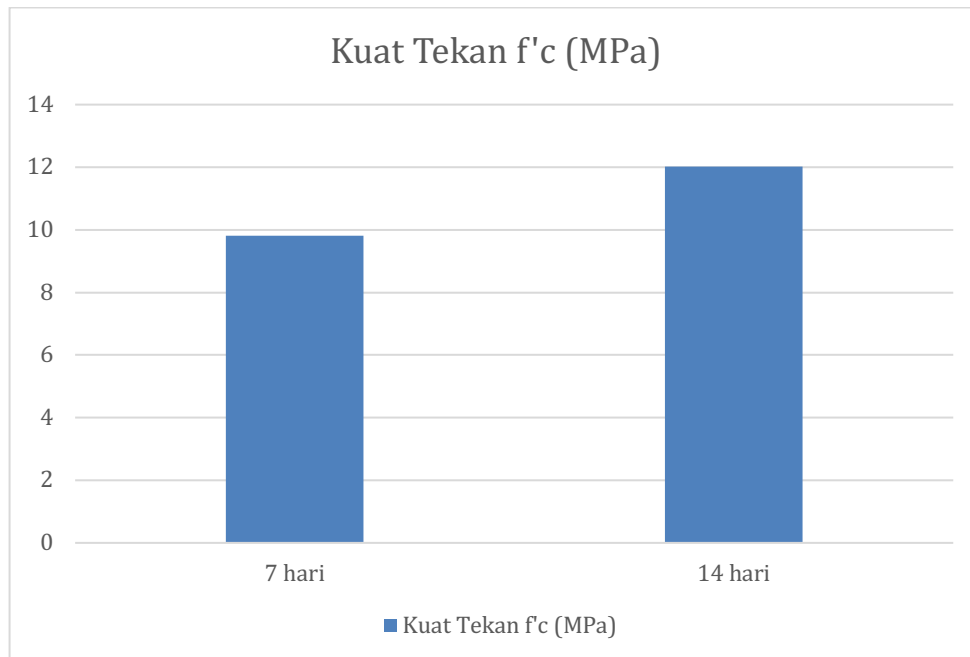
Gambar 4. Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer

## HASIL DAN ANALISIS

Kuat tekan yang dihasilkan dari sampel mortar geopolimer pada Tabel 2. Dan Gambar 5. Adalah sebagai berikut ini :

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan

Kode Campuran	FA (gr)	AC (gr)	NaOH 14 M	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	f'c (MPa)
1	90	90	54	81	9,817
2	90	90	54	81	12,012



**Gambar 5.** Grafik Kuat Tekan Mortar

Dari hasil uji kuat tekan yang telah dilakukan, dengan proporsi perbandingan yang sama antara *fly ash* dan karbon aktif yaitu 1:1 dan alkali aktivator 0,6 terhadap *fly ash*. Rasio berat antara NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> adalah 1,5. Kode campuran 1 adalah umur perawatan 7 hari dan kode campuran 2 adalah umur perawatan 14 hari. Terlihat dari Gambar 4. Grafik kuat tekan. Dengan bertambahnya umur pengawetan dari 7 ke 14 hari meningkatkan kuat tekan yang dihasilkan. Pada umur 7 hari kuat tekan yang dihasilkan 9,817 MPa dan 14 hari kuat tekan yang dihasilkan 12,012. Dengan bertambahnya umur pengawetan maka akan bertambah juga kuat tekan yang dihasilkan.



## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengujian mortar geopolimer dengan memanfaatkan *fly ash* dan karbon aktif dapat disimpulkan bahwa :

1. Bahan sisa limbah yang sebagian besar mengandung silikon (Si) dan Aluminium (Al) merupakan bahan sumber pembuatan mortar geopolimer, merupakan produk berkelanjutan ramah lingkungan,
2. Pemanfaatan limbah industri berupa *fly ash* sebagai pengganti semen dan limbah pertanian karbon aktif cangkang kelapa sawit sebagai pengganti pasir dalam pembuatan mortar geopolimer.
3. Hasil kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* dan karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan umur pengawetan 7 hari didapat kuat tekan 9,817 MPa dan hasil kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* dan karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan umur pengawetan 14 hari didapat kuat tekan 12,012 MPa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

PT. PLN Indonesia Power PLTU Banten 3 Lontar POMU

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramujee K, Potharaju M. Mechanical Properties of Geopolymer Concrete Composites, *Mater. Today Proc.* 2017; vol. 4, no. 2: pp. 2937–2945, doi: 10.1016/j.matpr.2017.02.175.
- [2] Divvala S, SRM. Early Strength Properties Of Geopolymer Concrete Composites: An Experimental Study, *Mater. Today Proc.* 2021; vol. 47, no. xxxx, pp. 3770–3777, doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.002.
- [3] Singh NB, Middendorf B. Geopolymers as An Alternative To Portland Cement: An overview, *Constr. Build. Mater.* 2020; vol. 237, p. 117455, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117455.
- [4] Phoo-Ngernkham T, Sata V, Hanjitsuwan S, Ridditirud C, Hatanaka S, Chindaprasirt P. High Calcium Fly Ash Geopolymer Mortar Containing Portland Cement For Use As Repair Material, *Constr. Build. Mater.* 2015; vol. 98, pp. 482–488, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.08.139.
- [5] Mishra J, Nanda B, Patro SK, Krishna RS. Sustainable Fly Ash Based Geopolymer Binders: A Review on Compressive Strength and Microstructure Properties, *Sustain.* 2022; vol. 14, no. 22: doi: 10.3390/su142215062.
- [6] Oyejobi D, Jameel M, Adewuyi A, Aina S, Avudaippan S, Maureira-Carsalade N. Analyzing Influence of Mix Design Constituents on Compressive Strength, Setting Times, and Workability of Geopolymer Mortar and Paste. *Adv. Civ. Eng.* 2023; vol, doi: 10.1155/2023/5522056.
- [7] Soutsos M, Boyle AP, Vinai R, Hadjierakleous A, Barnett SJ. Factors Influencing The Compressive Strength Of Fly Ash Based Geopolymers, *Constr. Build. Mater.* 2016; vol. 110: pp. 355–368, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.11.045.
- [8] Chin CO, Yang X, Kong SY, Paul SC, Susilawati, Wong LS. Mechanical and Thermal Properties Of Lightweight Concrete Incorporated With Activated Carbon As Coarse Aggregate, *J. Build. Eng.* 2020; vol. 31, no. February, p. 101347, doi: 10.1016/j.jobbe.2020.101347.
- [9] Allwar A, Hartati R, Fatimah I. Effect of Nitric Acid Treatment On Activated Carbon Derived From Oil Palm Shell. *AIP Conf. Proc.* 2017; vol. 1823, doi: 10.1063/1.4978202.
- [10] Allwar A, Setyani A, Sugesti U, Fauzani KA. Physical-chemical Characterization of Nano-Zinc Oxide/Activated Carbon Composite for Phenol Removal from Aqueous Solution. *Bull. Chem. React. Eng. Catal.* 2021; vol. 16, no. 1: pp. 136–147, doi: 10.9767/bcrec.16.1.10282.136-147.
- [11] Statements B, Size T. ASTM C 618-Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete // *ASTM International*: West Conshohocken, PA, USA. 2019; vol. 14, no. 200: pp. 4–5, 1995, doi: 10.1520/C0618-17A.10.1520/C0618-19.2.
- [12] Allwar A, Sari MK. Synthesis and characterization of composite of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon from palm oil shell by hydrothermal method. *AIP Conf. Proc.* 2018; vol. 2026, doi: 10.1063/1.5065054.
- [13] Hadi MNS, Al-Azzawi M, Yu T. Effects of Fly Ash Characteristics And Alkaline Activator Components On Compressive Strength Of Fly Ash-Based Geopolymer Mortar. *Constr. Build. Mater.* 2018; vol. 175, pp. 41–54, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.092.
- [14] Lăzărescu AV, Szilagy H, Baeră C, Ioani A. The Effect of Alkaline Activator Ratio on the Compressive Strength of Fly Ash-Based Geopolymer Paste. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2017; vol. 209, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/209/1/012064.
- [15] Hsu S, Chi H, Huang R. Effect of Fineness And Replacement Ratio Of Ground Fly Ash On Properties Of Blended Cement Mortar. *Constr. Build. Mater.* 2018; vol. 176, pp. 250–258, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.060.

- 
- [16] Ibrahim A, Helmy I. Intermittent Curing of Fly Ash Geopolymer Mortar. *Constr. Build. Mater.* 2016; vol. 110, pp. 54–64, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.007.
- [17] Chindapasirt P, Rattanasak U. Characterization of The High-Calcium Fly Ash Geopolymer Mortar With Hot-Weather Curing Systems For Sustainable Application. *Adv. Powder Technol.* 2017; vol. 28, no. 9, pp. 2317–2324, doi: 10.1016/j.apt.2017.06.013.
- [18] Yang *et al J.* Effect of Steam Curing On Compressive Strength And Microstructure Of High Volume Ultrafine Fly Ash Cement Mortar. *Constr. Build. Mater.* 2021; vol. 266, p. 120894, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120894.