

PEMANFAATAN FLY ASH DAN KARBON AKTIF CANGKANG KELAPA SAWIT DALAM MORTAR UNTUK LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

Dessy Triana^{1*}, Allwar Allwar²

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

²Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Indonesia

*Email: 18934001@students.uui.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan *fly ash* dan karbon aktif cangkang kelapa sawit untuk menghasilkan mortar geopolimer. Kegunaan geopolimer dalam konstruksi adalah konstruksi berkelanjutan, emisi karbon rendah, penghematan biaya, daur ulang limbah industri, pengurangan penggunaan bahan baku murni, mengurangi potensi pemanasan global, umur pemakaian lebih lama. Dalam penelitian ini *fly ash* sebagai pengganti semen yang merupakan pengikat untuk pembuatan mortar. Karbon aktif cangkang kelapa sawit dipergunakan untuk menggantikan pasir. Alkali activator dengan mencampurkan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan rasio berat, konsentrasi NaOH adalah 12 M. Hasil dari penelitian, didapat pengawetan umur 7 hari dengan uji kuat tekan 12,75 MPa dan umur 14 hari dengan uji kuat tekan sebesar 26,87 MPa. Nilai uji kuat tekan naik dengan bertambahnya umur pengawetan. Dan mortar yang dihasilkan adalah untuk dinding pemikul beban, pondasi.

Kata kunci: *fly ash*, activated carbon, geopolimer, alkali activator, mortar

ABSTRACT

Utilization of fly ash and activated carbon of palm shells is to produce geopolymer mortar. The use of geopolymer in construction is sustainable construction, low carbon emissions, cost savings, recycling of industrial waste, reducing the use of virgin raw materials, reducing the potential for global warming, longer service life. In this study, fly ash is used as a substitute for cement which is a binder for making mortar. Activated carbon of palm shells is used to replace sand. Alkali activator by mixing sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) with a weight ratio, the concentration of NaOH is 12 M. The results of the study obtained 7-day preservation with a compressive strength test of 12.75 MPa and 14-day preservation with a compressive strength test of 26.87 MPa. The compressive strength test value increases with increasing curing age. And the resulting mortar is for load-bearing walls, foundations.

Keywords: fly ash, activated carbon, geopolymer, alkali activator, mortar

PENDAHULUAN

Dunia konstruksi saat ini menunjukkan kemajuan yang sangat pesat seiring dengan berkembangnya teknologi material. Salah satu yang dikembangkan saat ini adalah mortar. Mortar adalah material yang digunakan untuk konstruksi bangunan terdiri dari campuran agregat halus, bahan pengikat (semen) dan air. (Saloma et al., 2016). Produksi semen mengakibatkan pencemaran dengan terjadinya pelepasan zat-zat perusak ozon misalnya CO_2

dalam jumlah besar dan menjadi masalah besar dunia. (Padmakar et al., 2020), (Oyejobi et al., 2023), (Chindaprasirt & Rattanasak, 2017).

Pengembangan beton atau mortar geopolimer sebagai sarana untuk mengurangi emisi karbon dioksida (CO_2) akibat pengembangan produksi semen Portland. (Mohammed & Fawzi, 2024), (Cong & Cheng, 2021), sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan semen. (Li et al., 2019). Kegunaan geopolimer dalam konstruksi adalah konstruksi berkelanjutan, emisi karbon rendah, penghematan biaya, daur ulang limbah industri, pengurangan penggunaan bahan baku murni, mengurangi potensi pemanasan global, umur pemakaian lebih lama. (Singh et al., 2019). Mortar inovatif bertujuan untuk memanfaatkan limbah dari industri berupa *fly ash*

(Mohammed & Fawzi, 2024) dan limbah pertanian berupa karbon aktif cangkang kelapa sawit (Chin et al., 2020).

Geopolimer dari *fly ash* mengandung alumino – silikat, *fly ash* berasal dari proses pembakaran batu bara di PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). (Chindaprasirt & Rattanasak, 2017), (Risdanareni et al., 2017). Proses produksi dengan aktivasi kimia. (Li et al., 2019).

Alkali aktivator merupakan campuran larutan natrium silikat dan larutan NaOH digunakan sebagai aktivator cairan basa. Alkali aktivator disiapkan 24 atau 72 jam sebelum pencampuran mortar geopolimer untuk mencegah lunturnya campuran geopolimer. (Ibrahim & Helmy, 2016).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Bakti & Gareso, 2018) dan (Habeeb et al., 2020), Karbon aktif dihasilkan dari tempurung kelapa, cangkang inti sawit dan serbuk gergaji kayu melalui aktivasi fisik dan kimia, melalui metode pirolisis, suhu aktivasi optimum untuk aktivasi fisika 600°C . Untuk aktivasi kimianya dengan merendam dalam *activator* ZnCl_2 10% dan Na_2Ca_3 10%. Karbon aktif dianalisis dengan metode Fourier Transformation Inframerah (FTIR) dan Difraksi Sinar-X (XRD). Hasil FTIR menunjukkan bahwa tempurung kelapa dan cangkang inti sawit berhasil menjadi karbon. Hasil XDR beberapa fase kristal. Hasil SEM menunjukkan bahwa proses karbonisasi pirolisis dan aktivasi menghasilkan porositas dan luas permukaan penyerapan yang besar. Karbon aktif cangkang kelapa sawit biaya pengadaannya rendah, struktur pori berkembang dengan baik, dan kapasitas adsorpsi yang tinggi. (Rashidi & Yusup, 2017). Cangkang kelapa sawit merupakan limbah pertanian (limbah biomassa) dari hasil sawit yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan merupakan bahan baku untuk menghasilkan karbon cangkang kelapa sawit. Oleh karena itu, memproduksi karbon

cangkang kelapa sawit merupakan alternatif pengurangan dan penggunaan kembali limbah. (Evbuomwan et al., 2013)

Sifat teknik yang paling penting untuk semua jenis komposit beton, termasuk beton atau mortar geopolimer adalah kuat tekan. Hal ini dipengaruhi beberapa parameter yang berbeda seperti komposisi kimia bahan pengikat, rasio cairan alkali terhadap pengikat, kandungan pengikat, kandungan agregat halus dan kasar, kandungan natrium hidroksida dan natrium silikat, rasio natrium silikat terhadap natrium hidroksida, konsentrasi natrium hidroksida (molaritas), suhu pengawetan, lama pengawetan dalam oven, dan umur specimen. (Ahmed et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, *Fly Ash* yang digunakan sebagai pengikat berasal dari PT. PLN Indonesia Power PLTU Banten 3 Lontar POMU, diaktivasi menggunakan alkali aktivator dengan konsentrasi 12 M untuk menghasilkan mortar geopolimer. Alkali aktivator dibuat dengan mencampurkan natrium hidroksida (NaOH) dengan natrium silikat (Na_2SiO_3) dengan rasio berat 1,5. Untuk Karbon aktif cangkang kelapa sawit pengadaannya secara komersil kemudian dilakukan aktivasi. Berikut akan dibahas mengenai bahan dan metode yang digunakan dalam pembuatan mortar geopolimer untuk pembuatan campuran, pengawetan, dan pengujian benda uji.

MORTAR

Menurut SNI 03-6882-2002, tipe – tipe mortar adalah sebagai berikut :

1. Mortar tipe M adalah mortar yang mempunyai kekuatan 17,2 MPa
2. Mortar tipe S adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa.
3. Mortar tipe N adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa.
4. Mortar tipe O adalah mortar yang mempunyai kekuatan 2,4 MPa.

FLY ASH

Pada penelitian ini, *fly ash* berasal dari PT. PLN Indonesia Power PLTU Banten 3 Lontar POMU digunakan sebagai bahan pengikat untuk pembuatan mortar geopolimer. Tabel 1. Komposisi *Fly Ash* adalah sebagai berikut ini :

Tabel 1. Komposisi *Fly Ash*

Parameter Uji	Hasil (%)
SiO ₂	41,96
Al ₂ O ₃	16,49
Fe ₂ O ₃	17,51
CaO	8,72
Na ₂ O	0,64
K ₂ O	0,26
MgO	2,89
SO ₃	0.18
LOI	0.26
Fineness 45 μ	15,21
Moisture Content	0,02

Menurut ASTM C618, Hasil analisis unsur utama mineral *fly ash* menunjukkan bahwa tergolong Tipe F karena penjumlahan SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ hasilnya lebih tinggi dari 70% , persentase partikel yang tidak terbakar dalam Loss On Ignition (LOI) sebesar 0,26 (C618-17a, 2008).

KARBON AKTIF

Karbon aktif dibuat dari cangkang kelapa sawit dihaluskan. Karbon aktif di aktivasi dengan suhu 600°C selama 3 jam dengan gas nitrogen. Proses aktivasi karbon aktif mengakibatkan laju penyerapan air lebih tinggi dan luas permukaan meningkat.(Chin et al., 2020)

ALKALI AKTIVATOR

Alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan mencampurkan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃). Larutan NaOH dibuat dengan melarutkan dalam aquades hingga konsentrasi NaOH sebesar 12 M. Rasio berat antara NaOH dan Na₂SiO₃ adalah 1,5. Di persiapkan selama 24 jam sebelum pencampuran dengan *fly ash* dan Karbon aktif. Alkali aktivator dicampur dengan *fly ash* perbandingan berat 0,6.

PROPORSI CAMPURAN

Mortar dicampur dengan perbandingan *fly ash* terhadap sebagai pengganti semen dan karbon aktif dengan rasio perbandingan 1:1 dan alkali aktivator 0,6 terhadap *fly ash*. Alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan mencampurkan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃) dalam rasio perbandingan 1,5 dalam air

suling dengan konsentrasi 12 M. Larutan tersebut dipersiapkan selama 24 jam sebelum dicampurkan dengan *fly ash* sebagai pengikat dan karbon aktif sebagai pengganti agregat halus.

PERSIAPAN SAMPEL

Fly ash dan karbon aktif cangkang kelapa sawit dicampurkan kering selama 1 menit, setelah itu ditambahkan alkali aktivator cair dilakukan selama 3 menit. Campuran mortar yang telah selesai dimasukkan kedalam cetakan berbentuk kubus berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. Sampel di persiapkan untuk umur pengujian 7 dan 14 hari dengan 12 M. Setelah mortar dimasukkan kedalam cetakan di diamkan selama 24 jam di suhu ruang biasa. Setelah itu dimasukkan ke oven selama 24 jam dengan suhu 70°C. Sampel dikeluarkan dari dalam oven dan di bongkar, proses perawatan di lakukan untuk umur 7 hari dan 14 hari. Berikut sampel mortar dalam cetakan.



Gambar 1. Mortar Geopolimer



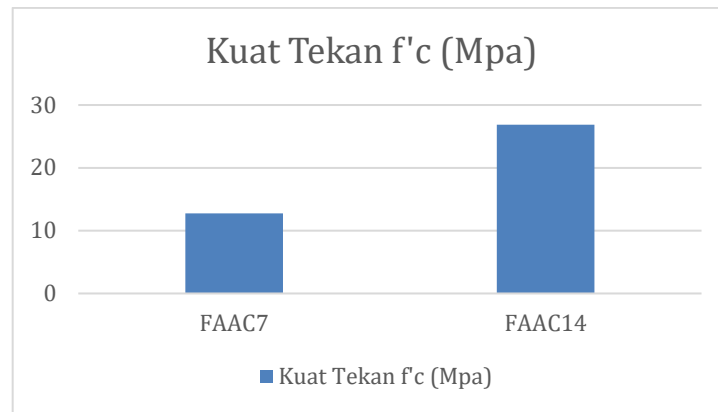
Gambar 2. Oven Mortar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan merupakan hasil pengujian sifat mekanik dari beton dan mortar. Hasil Uji Kuat tekan dari sampel mortar ada pada Tabel 2 dan Gambar 3 berikut ini .

Tabel 2 . Hasil Uji Kuat Tekan

Kode Campuran	FA (gr)	AC (gr)	NaOH 12 M	Na ₂ SiO ₃	f _c (MPa)
1	90	90	54	81	12,75
2	90	90	54	81	26,87



Gambar 3. 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_2SiO_3 adalah 1,5. Pengawetan dilakukan dengan proses, setelah di cetak didiamkan selama 24 jam dengan suhu ruangan. Kemudian sampel mortar di oven dengan suhu 70°C selama 24 jam, karena reaksi eksotermik geopolimer membutuhkan suhu tinggi pada proses pengawetan beton dan mortar. Temperatur pengawetan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekuatan geopolimer berbahan dasar FA. Kode campuran 1 adalah umur perawatan 7 hari dan kode campuran 2 adalah umur perawatan 14 hari. Terlihat dari Gambar 1. Grafik kuat tekan. Dengan bertambahnya umur pengawetan dari 7 ke 14 hari meningkatkan kuat tekan yang dihasilkan Implementasi pada penelitian mortar menurut SNI 03-6882-2002 umur pengawetan 14 hari adalah mortar tipe M yang digunakan pada dinding pemiku beban, pondasi.



Gambar 4. Uji Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Untuk mewujudkan pembangunan struktur yang ramah lingkungan, penggunaan limbah industri dengan memanfaatkan *fly ash* dan limbah pertanian dengan memanfaatkan karbon aktif cangkang kelapa sawit. Berdasarkan hasil uji kuat tekan yang telah dilakukan untuk sampel mortar maka material konstruksi berbahan dasar *fly ash* yang kinerjanya ramah lingkungan dan memiliki potensi besar sebagai alternatif pengganti semen Portland. Begitu juga dengan karbon aktif cangkang kelapa sawit, setelah dilakukan pirolisis dan aktivasi karbon, ukuran partikel karbon aktif cangkang kelapa sawit lebih kecil, karena pada proses ini terjadi penurunan ukuran partikel. Sehingga jaringan pori-pori yang saling berhubungan ini berkontribusi terhadap kapasitas penyerapan karbon aktif. Dari hasil uji kuat tekan ini dapat dilihat karbon aktif cangkang kelapa sawit mempunyai potensi untuk menggantikan agregat halus atau pasir dalam mortar.

KESIMPULAN

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

1. Nilai kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* dan karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan umur pengawetan 7 hari didapat kuat tekan 12,75 MPa.
2. Nilai kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* dan karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan umur pengawetan 14 hari didapat kuat tekan 26,87 MPa.
3. Pemanfaatan *fly ash* dari limbah industri dan karbon aktif cangkang kelapa sawit dari limbah pertanian yang ramah lingkungan. Mempunyai potensi besar terhadap pengganti semen Portland dan agregat halus dalam pembuatan mortar.
4. Penelitian ini masih berlanjut dengan umur pengawetan 21 hari dan 28 hari untuk uji kuat tekan, 28 hari untuk uji kuat tarik, morfologi SEM.

UCAPAN TERIMA KASIH

PT. PLN Indonesia Power PLTU Banten 3 Lontar POMU

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, H. U., Mohammed, A. A., Rafiq, S., Mohammed, A. S., Mosavi, A., Sor, N. H., & Qaidi, S. M. A. (2021). Compressive strength of sustainable geopolymers concrete composites: A state-of-the-art review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413502>

- Bakti, A. I., & Gareso, P. L. (2018). Characterization of Active Carbon Prepared from Coconuts Shells using FTIR, XRD and SEM Techniques. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(1), 33–39. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i1.2459>
- C618-17a, A. (2008). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. In *Annual Book of ASTM Standards: Vol. 04.02* (Issue ASTM C618-08a).
- Chin, C. O., Yang, X., Kong, S. Y., Paul, S. C., Susilawati, & Wong, L. S. (2020). Mechanical and thermal properties of lightweight concrete incorporated with activated carbon as coarse aggregate. *Journal of Building Engineering*, 31(February), 101347. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101347>
- Chindapasirt, P., & Rattanasak, U. (2017). Characterization of the high-calcium fly ash geopolymer mortar with hot-weather curing systems for sustainable application. *Advanced Powder Technology*, 28(9), 2317–2324. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.06.013>
- Cong, P., & Cheng, Y. (2021). Advances in geopolymer materials: A comprehensive review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 283–314. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.03.004>
- Evbuomwan, B. O., Agbede, A. M., & Atuka, M. M. (2013). A Comparative Study of the Physico-Chemical Properties of Activated Carbon from Oil Palm Waste (Kernel Shell and Fibre). *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 2(19), 75–79. <http://www.ijsei.com/papers/ijsei-21913-13.pdf>
- Habeeb, O. A., Kanthasamy, R., Saber, S. E. M., & Olalere, O. A. (2020). Characterization of agriculture wastes based activated carbon for removal of hydrogen sulfide from petroleum refinery waste water. *Materials Today: Proceedings*, 20(xxxx), 588–594. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.194>
- Ibrahim, A., & Helmy, I. (2016). Intermittent curing of fly ash geopolymer mortar. *CONSTRUCTION & BUILDING MATERIALS*, 110, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.007>
- Li, N., Shi, C., Zhang, Z., Wang, H., & Liu, Y. (2019). A review on mixture design methods for geopolymer concrete. *Composites Part B: Engineering*, 178(April), 107490. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107490>
- Mohammed, S. H., & Fawzi, N. M. (2024). The Effect of the Utilization of Sustainable Materials on Some Mechanical Properties of Geopolymer Mortar. *Engineering*,

- Technology and Applied Science Research*, 14(1), 12464–12469.
<https://doi.org/10.48084/etasr.6378>
- Oyejobi, D., Jameel, M., Adewuyi, A., Aina, S., Avudaiappan, S., & Maureira-Carsalade, N. (2023). Analyzing Influence of Mix Design Constituents on Compressive Strength, Setting Times, and Workability of Geopolymer Mortar and Paste. *Advances in Civil Engineering*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/5522056>
- Padmakar, M., Barhmaiah, B., & Priyanka, M. L. (2020). Characteristic compressive strength of a geo polymer concrete. *Materials Today: Proceedings*, 37(Part 2), 2219–2222. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.656>
- Rashidi, N. A., & Yusup, S. (2017). A review on recent technological advancement in the activated carbon production from oil palm wastes. *Chemical Engineering Journal*, 314, 277–290. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.11.059>
- Risdanareni, P., Puspitasari, P., & Jaya, E. J. (2017). *matecconf%2F20179701031.pdf*. 01031.
- Saloma, Saggaff, A., Hanafiah, & Mawarni, A. (2016). Geopolymer Mortar with Fly Ash. *MATEC Web of Conferences*, 78, 1–6. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20167801026>
- Singh, N. B., Kumar, M., & Rai, S. (2019). Geopolymer cement and concrete: Properties. *Materials Today: Proceedings*, 29, 743–748. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.513>