

PENGARUH MORALITAS NATRIUM HIDROKSIDA TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS MORTAR RINGAN GEOPOLIMER

Devina Puspa Hastira¹, Kusnadi², Mufti Amir Sultan³

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Khairun

Informasi Makalah

Dikirim, 31 Mei 2024
Direvisi, Februari 2025
Diterima, 04 Maret 2025

Kata Kunci:

Aktivator
Mortar
Geopolimer
Pasir Batu Apung
Tidore

INTISARI

Mortar ringan menjadi salah satu alternatif untuk pengembangan inovasi material ringan sebagai bentuk pencegahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan akibat gempa. produksi semen menjadi penyumbang terbesar pemanasan global yaitu 1 ton residu CO₂ per 1 ton produksi OPC, sehingga diperlukan inovasi material ramah lingkungan dalam bidang rekayasa bahan yaitu menggunakan fly ash sebagai bahan pengikat pengganti semen sekaligus sebagai pemanfaatan limbah. Konsentrasi alkali aktivator sangat berpengaruh pada hasil kekuatan mortar. Oleh Karena itu, perlu diadakan penelitian untuk mengetahui karakteristik mortar geopolimer dengan variasi aktivator tertentu sehingga diperoleh informasi tentang campuran yang optimum dan dapat diketahui nilai kuat tekan dan porositas mortar ringan geopolimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek variasi kadar aktivator (NaOH) pada campuran mortar ringan geopolimer dengan variasi konsentrasi 7M, 8M, 9M, dan 10M terhadap kuat tekan dan porositas mortar ringan geopolimer. Jumlah benda uji kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm sebanyak 48 buah untuk pengujian kuat tekan dan porositas. Pengujian menggunakan Testing Machine dan timbangan dengan keranjang kawat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar molaritas NaOH semakin besar pula nilai kuat tekan. Pada mortar ringan geopolimer 7 molaritas kuat tekan rata sebesar 0,4 MPa, sedangkan pada 8 molaritas nilai kuat tekan sebesar 0,87 MPa, pada 9 molaritas sebesar 1,70 MPa, pada 10 molaritas sebesar 2,27 MPa. Sehingga didapat kuat tekan tertinggi ada pada penggunaan NaOH sebesar 10 molaritas. Sebaliknya semakin tinggi molaritas akan menurunkan nilai porositas. Pada mortar ringan geopolimer 7 molaritas kuat tekan rata sebesar 35,23%, sedangkan pada 8 molaritas nilai kuat tekan sebesar 28,03%, pada 9 molaritas sebesar 26,27%, pada 10 molaritas sebesar 26,17%. Sehingga didapat nilai porositas tertinggi ada pada penggunaan NaOH sebesar 7 molaritas.

ABSTRACT

Keyword:

Activator
Mortar
Geopolymer
Pumice Sand
Tidore

Lightweight mortar is an alternative for developing lightweight material innovations as a form of prevention against damage caused by earthquakes. Cement production is the biggest contributor to global warming, namely 1 ton of CO₂ residue per 1 ton of OPC production. So environmentally friendly material innovation is needed in the field of materials engineering, namely using fly ash as a binder to replace cement as well as using waste. The concentration of alkali activator greatly influences the strength of the mortar. Therefore, it is necessary to conduct research to determine the characteristics of geopolymer mortar with certain variations of activator so that information about the optimum mixture can be obtained and the compressive strength and porosity values of lightweight geopolymer mortar can be determined. This research aims to determine the effect of varying levels of activator (NaOH) in a mixture of light geopolymer mortar with varying concentrations of 7 M, 8M, 9M, and 10M on the compressive strength and porosity of light geopolymer mortar. The number of 5 cm x 5 cm x 5 cm cube test objects was 48 for testing compressive strength and porosity. Testing uses a Testing Machine and scales with wire baskets. The research results show that the greater the molarity of NaOH, the greater the compressive strength value. In

light geopolymer mortar with 7 molarity the average compressive strength is 0.4 MPa, while at 8 molarity the compressive strength value is 0.87 MPa, at 9 molarity it is 1.70 MPa, at 10 molarity it is 2.27 MPa. So it was found that the highest compressive strength was when using NaOH of 10 molarity. On the other hand, the higher the molarity, the lower the porosity value. In light geopolymer mortar with 7 molarity the average compressive strength is 35.225%, while at 8 molarity the compressive strength value is 28.025%, at 9 molarity it is 26.269%, at 10 molarity it is 26.172%. So it was found that the highest porosity value was when NaOH was used at 7 molarity.

Korespondensi Penulis:

Mufti Amir Sultan
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Khairun
JL. Jusuf Abdulrahman Ternate, 97719
Email: muftiasltn@unkhair.ac.id

1. PENDAHULUAN

Selain beton, dalam konstruksi bangunan dikenal dengan istilah mortar. Mortar terbuat dari dari agregat halus, bahan pengikat dan air. Mortar berfungsi sebagai bahan pengikat atau bahan pengisi bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Contoh penggunaan mortar untuk konstruksi bersifat struktural ialah pasangan batu kali atau batu belah untuk pondasi sedangkan non-struktural ialah untuk merekatkan pasangan bata untuk dinding. Di Indonesia penggunaan mortar sudah sangat populer, dalam pembangunan sebuah konstruksi mortar ini selalu digunakan. Umumnya bahan pengikat yang digunakan pada mortar adalah semen.

Para peneliti telah mengusulkan alternatif material ramah lingkungan sebagai bahan pengikat untuk mengatasi masalah penggunaan semen Portland [1-4]. Bahan pengikat non-semen yang berasal dari sumber aluminosilikat padat yang mengandung silika, alumina, dan kalsium oksida dapat dicampur dengan alkali hidroksida/alkali silikat untuk menghasilkan bahan geopolimer [5]. Geopolimer adalah senyawa aluminosilikat dengan struktur amorf tiga dimensi [6]. Prekursor aluminosilikat merupakan unsur penting dalam geopolimer. Prekursor yang umum digunakan dalam geopolimer biasanya terdiri dari silikat dan aluminat dalam proporsi tinggi, yang akan larut dengan adanya media basa atau asam, yang mengarah pada pembentukan gel yang kuat [7]. Sumber aluminosilikat industri, seperti metakaolin, abu terbang, abu ampas tebu, terak, dan abu terbang kayu karet, dapat digunakan sebagai bahan sumber untuk menghasilkan sifat geopolimer yang sangat baik [8-9]. Selain itu, penggunaan limbah industri dalam geopolimer dapat mengurangi 22–72% emisi CO₂ dan mengurangi masalah tempat pembuangan akhir. Fly ash, yang diklasifikasikan ke dalam kelas F (kalsium rendah) dan kelas C (kalsium tinggi), merupakan komponen penting dalam geopolimer. Geopolimer abu terbang berkalsium tinggi dapat mengeras dengan cepat tanpa proses pengawetan termal dan mencapai kekuatan tinggi. Meskipun demikian, rasio SiO₂/Al₂O₃ terutama mempengaruhi kekuatan geopolimer, yang terutama bergantung pada komposisi kimianya [10].

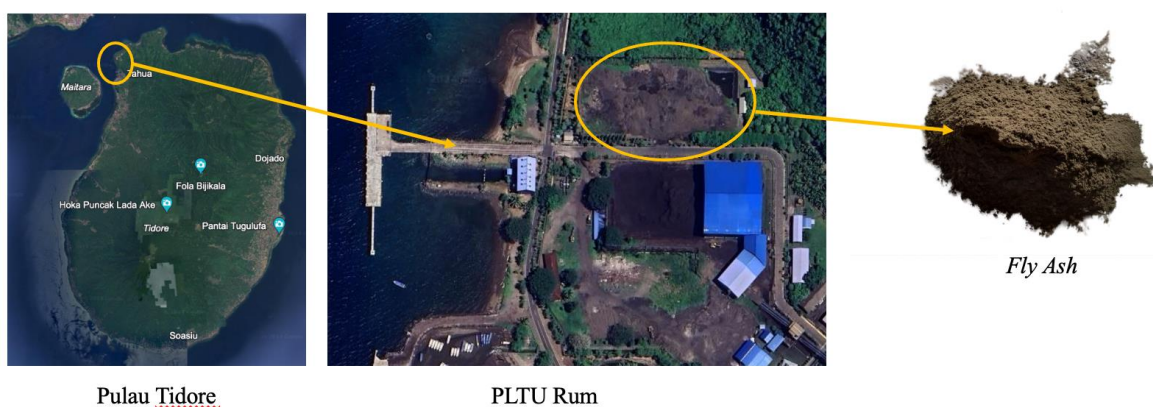
Fly ash merupakan material buangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik dan dapat digunakan sebagai alternatif pengganti material semen. Untuk menjadi bahan pengikat sebaiknya fly ash ditambahkan dengan alkalin aktivator sebagai katalis fly ash. Aktivator alkali yang umum digunakan dalam geopolimerisasi adalah kombinasi natrium silikat (Na₂SiO₃) atau kalium silikat (K₂SiO₃) dan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) [11].

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan fly ash dari PLTU Rum serta material lokal berupa pasir batu apung sebagai bahan baku pembentuk mortar ringan geopolimer.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Material

Fly ash (FA) diperoleh dari pembangkit Listrik Rum Tidore, Indonesia, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Komposisi kimia FA sesuai persyaratan ASTM C618–03 [12], disajikan pada Tabel 1. Jumlah SiO₃, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ = 72,08% dengan kandungan CaO tinggi yaitu 15,05%.

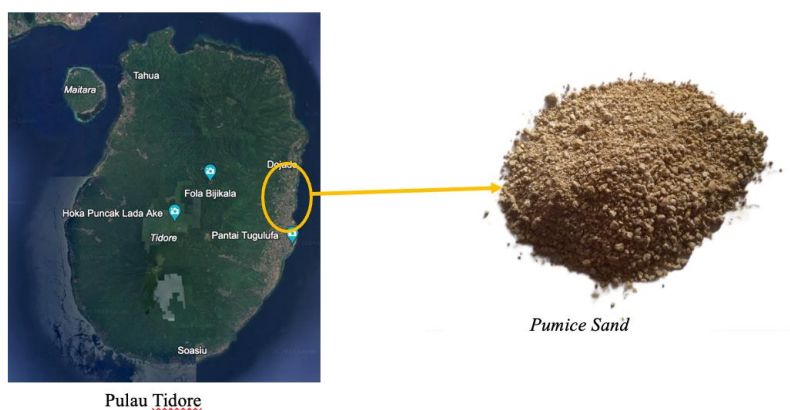
Gambar 1. Lokasi dan visualisasi *fly ash*

Agregat halus yang digunakan berupa pasir batu apung atau *pumice sand* (PS) diperoleh dari Dowora, Pulau Tidore. Ukuran partikel pasir ditunjukkan pada gambar 2. Berat jenis, berat volume, penyerapan, dan modulus kehalusan masing-masing adalah 1,79, 1140 kg/cm³, 43,30% dan 4,39%.

Tabel 1. Komposisi kimia *fly ash*

Senyawa kimia	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃
FA (%)	38,97	19,93	13,84	15,05	2,15

Alkali aktivator (AA) penelitian ini terdiri dari Na₂SiO₃ dan NaOH. Larutan Na₂SiO₃ ≥ 58%. NaOH yang digunakan adalah kristal (flake), sebelum digunakan harus dilarutkan terlebih dahulu untuk mendapatkan larutan NaOH. NaOH berbentuk serpihan yang telah dilarutkan menjadi cairan yang mengandung 98% sodium hidroksida. Konsentrasi NaOH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 7M, 8M, 9M dan 10M.

Gambar 2. Quarry dan visualisasi pasir batu apung (*pumice sand*)

2.2. Penyiapan Sampel

Rasio PS/binder ditetapkan 1, rasio AA/FA, dan rasio Na₂SiO₃ terhadap NaOH masing-masing ditetapkan sebesar 1,2 dan 1. Rasio ini sebelumnya direkomendasikan oleh Tata dkk [13]. Proses pembuatan mortar adalah sebagai berikut: 1) Campuran diaduk selama lima menit setelah ditambahkan pasir batu apung dan fly ash. 2) Setelah itu ditambahkan cairan alkali aktivator dan diaduk selama lima menit. 3) AA ditambahkan dan dicampur selama lima menit untuk membuat campuran homogen. Setelah itu, bahan yang baru tercampur dipindahkan ke dalam cetakan kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm. Setelah 24 jam, sampel mortar geopolimer dikeluarkan dari cetakan. Perawatan sampel dengan pemanasan dalam oven pada suhu 80° C selama 24 jam.

2.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji retak dan beban pada dial tidak menunjukkan peningkatan lagi. Kuat tekan diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan, sampel untuk pengujian kuat tekan berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Hasil pengujian dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$\Sigma m = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

Σm = kuat tekan mortar (Mpa), P = beban tekan maksimum (N), dan A = luas penampang sampel (mm^2).

2.4. Pengujian Porositas Mortar

Pengujian porositas dilakukan pada sampel berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya prosentase pori-pori beton terhadap volume mortar padat. Tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut: 1) Sampel lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100° C selama 24 jam. 2) Sampel dikeluarkan dari oven dan diangin-anginkan pada suhu kamar kemudian ditimbang dan didapatkan berat beton kondisi kering oven (A). 3) Sampel dididihkan selama 5 jam lalu biarkan dingin dengan kehilangan panas alami selama tidak kurang dari 14 jam hingga suhu akhir 20°C hingga 25°C. 4) Hapus kelembaban permukaan dengan handuk untuk mendapatkan kondisi SSD kemudian timbang benda uji. 5) Tangguhkan sampel, setelah direndam dan dididihkan dengan keranjang kawat dan timbang berat semu dalam air. Setelah itu hasil pengukuran berat tersebut kemudian diolah dengan menggunakan persamaan (2). Rumus menentukan porositas mortar sesuai dengan ASTM-C-642-06 [14], sebagai berikut:

$$porositas = \frac{C-A}{C-D} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

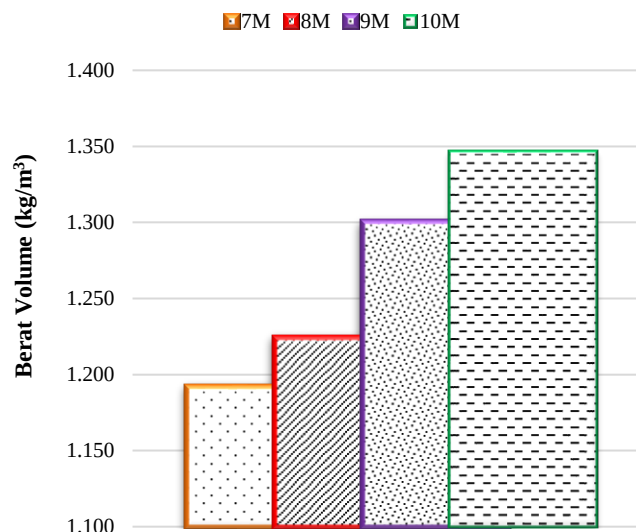
dengan:

A = massa sampel kering oven di udara (gram), C = massa sampel kering permukaan di udara setelah perendaman dan perebusan (gram), dan D = massa semu sampel dalam air setelah perendaman dan perebusan (gram).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Berat Volume Mortar Geopolimer

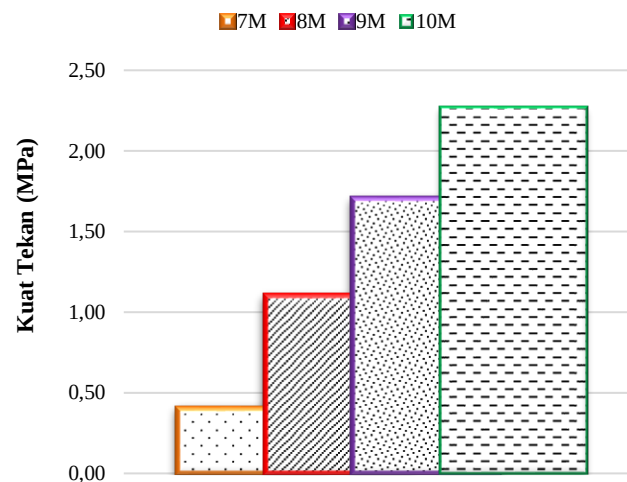
Berat volume beton mortar geopolimer dirangkum dalam gambar 1. Berat volume mortar geopolimer pada kadar aktivator 7M sebesar 1192 kg/m^3 , pada kadar aktivator 8M berat volume sebesar 1224 kg/m^3 , pada kadar aktivator 9M berat volume sebesar 1299 kg/m^3 dan pada kadar aktivator 10M berat volume sebesar 1344 kg/m^3 . Berdasarkan berat volume maka dikategorikan sebagai mortar ringan.



Gambar 3. Berat volume mortar geopolimer

3.2. Kuat Tekan Mortar Geopolimer

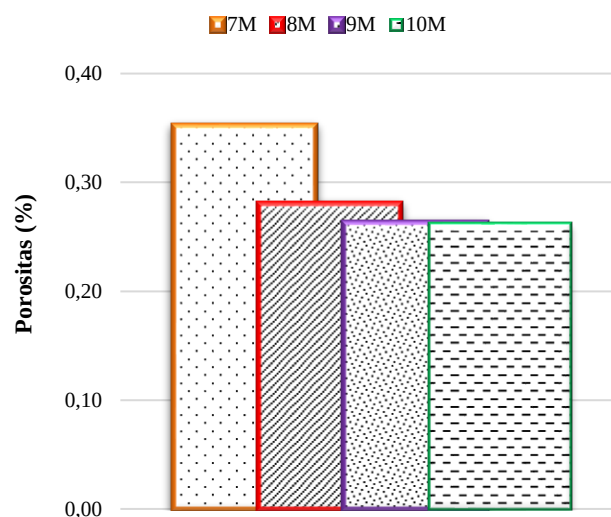
Kuat tekan mortar geopolimer ditampilkan dalam gambar 2. Dari hasil yang diperoleh pada pengujian kuat tekan rata-rata pada kadar aktivator 7M, 8M, 9M dan 10M menghasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 0,40 MPa, 1,10 MPa, 1,70 MPa dan 2,27 MPa atau kenaikan kuat tekan maksimum sebesar 466% terhadap kadar aktivator 7M. Molaritas NaOH merupakan faktor utama dalam menentukan kuat tekan mortar geopolimer, seperti yang dikemukakan oleh Budh dan Warhade, meneliti variasi molaritas NaOH 8M, 10M, 12M dan 14M. Kuat tekan mortar tertinggi pada molaritas NaOH 14M [15].



Gambar 4. Kuat tekan mortar geopolimer

3.3. Porositas Mortar Geopolimer

Pada gambar 5 menunjukkan porositas rata-rata pada mortar ringan 7M, 8M, 9M dan 10M. Seiring pada peningkatan konsentrasi NaOH yang digunakan dalam campuran aktivator semakin rendah pula nilai porositas mortar tersebut. Pada mortar ringan geopolimer 7M kuat tekan rata sebesar 35,23%, pada 8M nilai kuat tekan sebesar 28,03%, pada 9M sebesar 26,27%, dan pada 10M sebesar 26,17%. Sehingga diperoleh nilai porositas tertinggi ada pada penggunaan NaOH sebesar 7M.



Gambar 5. Porositas mortar geopolimer

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: moralitas dari larutan NaOH dapat meningkatkan kuat tekan mortar ringan geopolimer pada penggunaan moralitas 7M, 8M, 9M dan 10M, berbanding terbalik dengan porositas dimana porositas semakin menurun dengan kenaikan moralitas larutan NaOH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. W. Tjaronge, M. A. Caronge, and N. Basir, "Karakteristik Mortar Berbahan Limbah Plastik Polypropylene (PP) dan Abu Sekam Padi," in *Seminar Nasional Tahunan VI*, 2019, pp. 1–9.
- [2] M. M. Hossain, M. R. Karim, M. Hasan, M. K. Hossain, and M. F. M. Zain, "Durability of Mortar and Concrete Made Up of Pozzolans As a Partial Replacement of Cement: A Review," *Constr Build Mater*, vol. 116, pp. 128–140, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.04.147.
- [3] M. Y. Karya, E. E. Hangge, and J. J. S. Pah, "Pengaruh Penggantian Semen Oleh Abu Sabut Buah Saboak Terhadap Kekuatan Mortar," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 155–162, 2018.
- [4] P. Yoosuk, C. Suksiripattanapong, P. Sukontasukkul, and P. Chindaprasirt, "Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Cellular Lightweight High Calcium Fly Ash Geopolymer Mortar," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 15, pp. 1–13, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.cscm.2021.e00730.
- [5] A. İ. Çelik *et al.*, "Use of Waste Glass Powder Toward More Sustainable Geopolymer Concrete," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 24, pp. 8533–8546, May 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.05.094.
- [6] B. Meskhi *et al.*, "Analytical Review of Geopolymer Concrete: Retrospective and Current Issues," *Materials*, vol. 16, no. 10, pp. 1–40, May 2023, doi: 10.3390/ma16103792.
- [7] A. L. Almutairi, B. A. Tayeh, A. Adesina, H. F. Isleem, and A. M. Zeyad, "Potential Applications of Geopolymer Concrete in Construction: A Review," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 15, pp. 1–20, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.cscm.2021.e00733.
- [8] M. C. Acar, A. İ. Çelik, R. Kayabaşı, A. Şener, N. Özdöner, and Y. O. Özkılıç, "Production of Perlite-Based-Aerated Geopolymer Using Hydrogen Peroxide As Eco-Friendly Material for Energy-Efficient Buildings," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 24, pp. 81–99, May 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.02.179.
- [9] Y. O. Özkılıç *et al.*, "The Use of Crushed Recycled Glass for Alkali Activated Fly Ash Based Geopolymer Concrete and Prediction of Its Capacity," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 24, pp. 8267–8281, May 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.05.079.
- [10] P. Nuaklong, P. Jongvivatsakul, T. Pothisiri, V. Sata, and P. Chindaprasirt, "Influence of Rice Husk Ash on Mechanical Properties and Fire Resistance of Recycled Aggregate High-Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete," *J Clean Prod*, vol. 252, pp. 1–10, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119797.
- [11] D. Hardjito, S. E. Wallah, D. M. J. Sumajouw, and B. V. Rangan, "On the Development of Fly Ash Based Geopolymer Concrete," *ACI Mater J*, vol. 101, no. 6, pp. 467–472, 2004.
- [12] ASTM C618-03, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. 2005. doi: 10.1063/1.4756275.
- [13] A. Tata, M. Ikbali, M. A. Sultan, K. Kusnadi, and F. Darwis, "Pengaruh Rasio Binder Dan Pasir Batu Apung Terhadap Sifat Mekanis Mortar Geopolimer," *SIPILsains*, vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2024.
- [14] ASTM C642-97, *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*, no. March. 1997. doi: 10.1520/C0642-13.5.
- [15] C. D. Budh and N. R. Warhade, "Effect of Molarity on Compressive Strength of Geopolymer Mortar," *International Journal of Civil Engineering Research*, vol. 5, no. 1, pp. 83–86, 2014, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com/ijcer.htm>