

# EFEK LARUTAN ASAM TERHADAP KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN MORTAR DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH*

Mufti Amir Sultan<sup>\*1</sup>, Raudha Hakim<sup>1</sup> dan Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Khairun

<sup>2</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kahirun

Korespondensi: muftiasltn@unkhair.ac.id.

## ABSTRACT

Mortar is a mixture consisting of fine aggregate and adhesive. This mortar serves as a filler or binder in the constituent parts of a construction, both non-structural and structural. In this study, the test object measuring 5x5x5 cm was used by using fly ash added from the PLTU Rum by 20% of the cement weight. This study aims to clarify the use of fly ash from PLTU Rum as an additive in mortar mixtures. The test object is immersed in an acid solution with a concentration of 2%, the duration of immersion is 30, 60 and 90 days. The addition of fly ash to the mortar mixture can increase the compressive strength by 23.32%. The longer the contact with the acid solution will decrease the compressive strength and increase the absorption of the mortar.

**Keyword :** *Absorption, Acid Solution, Compressive Strength, Fly Ash.*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam pekerjaan konstruksi bangunan sering dijumpai istilah mortar. Di Maluku Utara populer penggunaan mortar sebagai material pembentuk bata semen, yang dalam bahasa lokal disebut batu tela. Penggunaan bata semen ini lebih populer jika dibandingkan dengan penggunaan batako dan bata merah dari tanah liat.

Bahan dasar pembentuk mortar terdiri atas pasir, semen dan air. Untuk memperbaiki sifat mortar beberapa peneliti melakukan inovasi seperti menggunakan pasir buatan untuk mengganti pasir alam (pasir sungai) pada proses pembuatan mortar, hasil penelitian merekomendasikan bahwa pasir buatan dapat digunakan sebagai pengganti pasir alam atau pasir sungai [1], [2]. Penggunaan pasir batu apung untuk memperoleh mortar ringan digunakan sebagai pengganti pasir dalam pembuatan mortar. Mortar dengan bahan dasar pasir batu apung ditinjau dari kuat tekan dan tingkat penyerapan termasuk ke dalam mortar tipe I, di mana kuat tekan yang dihasilkan 133,88 kg/cm<sup>2</sup> dan tingkat penyerapan 10,11% [3]. Material lain yang digunakan dalam inovasi mortar adalah dengan menggunakan limbah

plastik PP sebagai alternatif pengganti pasir dan penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai pengganti semen, penelitian ini menyatakan bahwa penambahan ASP pada campuran mortar mampu menghasilkan kuat tekan dan penyerapan air yang relatif hampir sama dengan mortar biasa tanpa plastik [4]. Penggunaan bahan polymer sebagai pengikat pada mortar dengan menggunakan NaOH dan abu sawit berupa POFA [5]. Penggunaan limbah lastik sebagai pengganti agregat halus dapat digunakan karena tidak merusak kinerja mortar [6]. Abu vulkanik juga dapat digunakan sebagai material pembentuk mortar karena sifat seperti semen [7], [8]

Selain berbagai jenis inovasi dalam pembuatan mortar dengan penggunaan material seperti yang dibahas sebelumnya, beberapa peneliti juga memanfaatkan limbah pembakaran batu bara (*fly ash*). Penggunaan *fly ash* dari PLTU Asam Asam sebagai bahan pembentuk bata ringan, dari hasil uji kandungan mineral *fly ash* ini termasuk ke dalam kelas F atau *low-calcium fly ash* yang bersifat *pozzolanic*, sehingga *fly ash* dari PLTU Asam Asam dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan bata ringan [9]. Penggunaan *fly ash* sebagai

campuran mortar untuk perekat pada bata semen pada kadar 30% *fly ash* menghasilkan perekat yang cenderung lebih kuat dan lebih ekonomis dibandingkan dengan perekat bata ringan tanpa campuran *fly ash* [10]. *Fly ash* digunakan sebagai pengganti pasir secara parsial pada campuran mortar, pada komposisi campuran 1:2,5:2,5 (semen, pasir kasar, *fly ash*) berdasarkan perbandingan volume dapat menghemat biaya sebesar 58% dibandingkan tidak menggunakan *fly ash* [11]. *Fly ash* juga dimanfaatkan pada pembuatan mortar polymer [12]–[14].

Pemanfaatan lain dari *fly ash*, dimana *fly ash* dijadikan bahan tambah pada campuran beton atau mortar pada lingkungan ekstrim seperti penggunaan *fly ash* pada campuran beton yang dipengaruhi lingkungan asam, beton dengan bahan tambah *fly ash* lebih tahan terhadap rendaman larutan asam dibandingkan dengan beton tanpa *fly ash* [15]. Ketahanan beton HVFA (*High Volume Fly Ash*) pada lingkungan asam lebih baik dari beton tanpa *fly ash* [16].

Pada penelitian akan mengklarifikasi penggunaan *fly ash* dari PLTU Rum dengan kadar *fly ash* yang digunakan dalam campuran sebesar 20% terhadap berat semen [17]

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Mortar

Mortar merupakan campuran dari komposisi agregat halus atau pasir, dan bahan perekat berupa semen, tanah liat, dan kapur serta air [18]. Mortar ini berfungsi sebagai bahan pengisi atau pengikat pada bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat non-struktural maupun struktural. Contoh penggunaan mortar untuk konstruksi bersifat non-struktural seperti bahan pembuat bata semen atau bahan perekat pasangan bata untuk dinding, sedangkan untuk pekerjaan struktural seperti sebagai pengikat pada pasangan batu belah untuk pondasi atau talud/tembok penahan dari pasangan batu. Mortar berdasarkan bahan perekat atau pengikatnya dibagi menjadi: mortar semen, mortar kapur dan mortar lumpur.

Kekuatan tekan mortar dipengaruhi oleh tingkat resapan dan porositas, semakin besar resapan dan porositas maka akan menurunkan kuat tekan mortar tersebut [19].

### 2.2. Spesifikasi Mortar

Mortar diklasifikasikan menjadi 4 tipe

berdasarkan komposisi bahan dan sifat mortar yaitu: mortar tipe M, tipe S, tipe N, dan mortar tipe O. Setiap tipe tersusun dari agregat halus, air, dan semen [18]. Persyaratan spesifikasi sifat mortar ditunjukkan pada **Tabel 1**, yaitu mortar dengan jumlah air dan tingkat kelecakan atau *flow* (110±5). Ini dimaksudkan untuk memperkirakan tingkat kelecakan mortar di lapangan. Jika jumlah air lebih banyak maka sifat dan ketentuan pada **Tabel 1** tidak bisa digunakan. Sebagai persyaratan pengawasan untuk hal ini digunakan ASTM [20].

**Tabel 1.** Persyaratan Spesifikasi

Mortar	Tipe	Kekuatan 28 hari (MPa)	Minimum retensi air (%)	Rasio agregat
Semen pasangan	M	17,2	75	2,25 – 3 x jumlah volume bersifat semen
	S	12,4	75	
	N	5,2	75	
	O	2,4	75	

Sumber : [18]

## 2.3. Material Penyusun Mortar

### 2.3.1. Semen

Semen merupakan perekat hidraulik yang dihasilkan dari pabrik dengan prosedur pengendalian yang ketat, material umum pembentuk semen terdiri atas beberapa kombinasi kimia silica (Si), aluminium (Al), kalsium (Ca), besi (Fe) dan gypsum. Semen merupakan material yang paling mahal dalam dibandingkan bahan pembentuk lainnya.

### 2.3.2. Agregat halus

Agregat halus atau pasir adalah material pengisi dengan gradasi lolos saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200. Gradasi agregat halus dibedakan menjadi 4 bagian yaitu kasar, sedang, agak halus dan halus.

### 2.3.3. Air

Air digunakan untuk membantu proses hidrasi pada semen sehingga semen menjadi pengikat mortar. Persyaratan air untuk campuran mortar mengacu ke SNI [21].

### 2.3.4. Fly ash

*Fly ash* merupakan bahan sisa buangan yang berasal dari pembakaran batu bara yang umumnya digunakan pada PLTU atau pembangkit listrik tenaga uap. Berdasarkan ASTM [22], *fly ash* dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas F dan *fly ash* kelas C.

*Fly ash* memiliki kandungan beberapa senyawa, senyawa yang lebih dari 1% di dalam *fly ash* antara lain Si, Al, Fe dan Ca [14].

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Pengenceran Asam Sulfat

Pengenceran asam sulfat dihitung dengan rumus pada Persamaan 1 [15]

$$V_1N_1 = V_2N_2 \quad (1)$$

Dengan:

$V_1$  = banyaknya larutan murni yang diambil

$N_1$  = konsentrasi larutan yang akan diencerkan

$V_2$  = banyaknya larutan yang dibuat

$N_2$  = konsentrasi larutan setelah diencerkan

#### 3.2. Kuat Tekan

Komposisi material yang digunakan adalah *fly ash* berasal dari PLTU Rum Kota Tidore Kepulauan Maluku Utara, agregat halus menggunakan pasir dari quarry Kalumata Kota Ternate. Komposisi campuran 1:4 dengan bahan tambah *fly ash* 20% dari berat semen. Kebutuhan air untuk mortar diperoleh dengan berdasarkan uji *flow* campuran mortar. Benda uji berukuran 5x5x5 cm dengan jumlah 135 buah. Benda uji direndam dalam larutan asam konsentrasi 2% selama 30, 60, dan 90 hari. Rincian benda uji ditunjukkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Variasi benda uji mortar

Kode benda uji	Jumlah benda uji pada masing-masing lama perendaman larutan asam (buah)			
	0 hari	30 hari	60 hari	90 hari
MN	15	-	-	-
MF	15	15	15	15
MF-a	15	15	15	15

Pengujian kuat tekan dan penyerapan mortar dilakukan setelah perendaman selama 30, 60, dan 90 hari. Sebelum pengujian, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dimensi, pengamatan visual terhadap benda uji, serta menimbang dan mencatat berat benda uji. Mekanisme pengujian kuat tekan seperti pada **Gambar 1**, kuat tekan mortar menggunakan persamaan 2. [23].

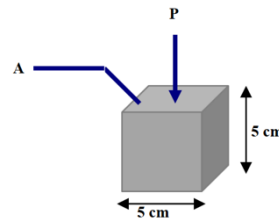
$$\sigma_m = \frac{P_{Max}}{A} \quad (2)$$

Dengan:

$\sigma_m$  = kekuatan tekan mortar (MPa),

$P_{max}$  = gaya tekan maksimum (N), dan

$A$  = luas penampang ( $mm^2$ ).



**Gambar 1.** Mekanisme pengujian kuat tekan

Pengujian penyerapan mengacu ke ASTM, untuk menentukan porositas mortar mengacu ke persamaan 3. [24].

$$Porositas = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan:

$A$  = massa sampel kering oven di udara (gram)

$B$  = massa sampel kering permukaan di udara setelah direndam (gram).

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

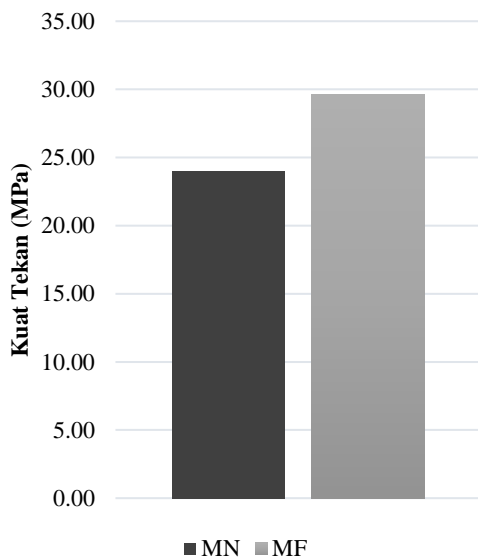
#### 4.1. Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan dilaksanakan setelah benda uji direndam dalam larutan asam 2% selama 30, 60, dan 90 hari. Visualisasi mortar sebelum dan setelah diuji diperlihatkan pada gambar 2.

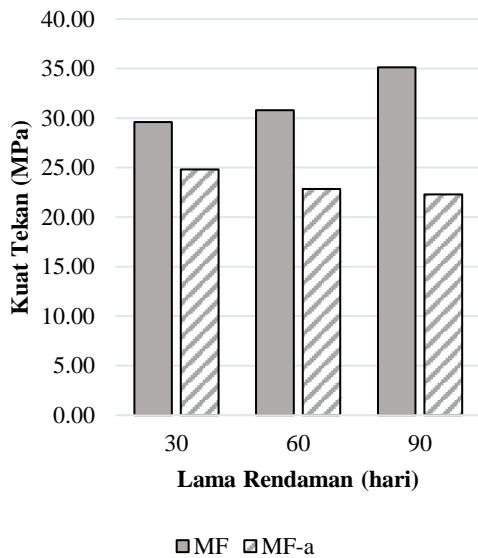


**Gambar 2.** Visualisasi benda uji sebelum dan sesudah pengujian kuat tekan

Grafik pada gambar 3 memperlihatkan bahwa setelah penambahan *fly ash* ke dalam campuran mortar cenderung menaikkan kuat tekan mortar. Kenaikan kuat tekan mortar *fly ash* dibandingkan dengan mortar biasa sebesar 23,32%. Peningkatan kuat tekan mortar dengan penambahan *fly ash* disebabkan oleh karena *fly ash* bersifat pengisi sehingga mortar menjadi lebih padat [25]. Peningkatan kuat tekan juga disebabkan reaksi pozzolanik antara  $SiO_2$  terhadap kalsium hidroksida  $Ca(OH)_2$  [26].



**Gambar 3.** Grafik kuat tekan mortar normal dan mortar dengan bahan tambah *fly ash*



**Gambar 4.** Grafik hubungan kuat tekan mortar *fly ash* pada perendaman air biasa dan larutan asam.

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat bahwa larutan asam, dalam hal ini larutan asam dengan konsentrasi sebesar 2% memberikan efek yang signifikan terhadap penurunan kuat tekan mortar terhadap lama kontak dengan larutan asam. Di mana kuat tekan mortar *fly ash* pada rendaman 30 hari kuat tekan turun sebesar 16,2% terhadap mortar *fly ash* yang tidak dipengaruhi oleh larutan asam, pada rendaman 60 hari penurunan sebesar 25,8% dan pada

rendaman 90 hari penurunan kuat tekan sebesar 36,5%. Penurunan kuat tekan ini disebabkan terjadi proses perusakan akibat reaksi antara asam dan pasta semen  $\text{Ca(OH)}_2$  [27]. Penambahan *fly ash* kedalam mortar semen tidak meningkatkan ketahanan korosi hujan asam [28]. Perubahan warna juga terjadi setelah perendaman larutan asam, dimana benda uji yang direndam dengan larutan asam berwarna lebih gelap dibandingkan benda uji tanpa rendaman, visualisasi seperti pada gambar 5.



a. Visualisasi mortar tanpa rendaman larutan asam



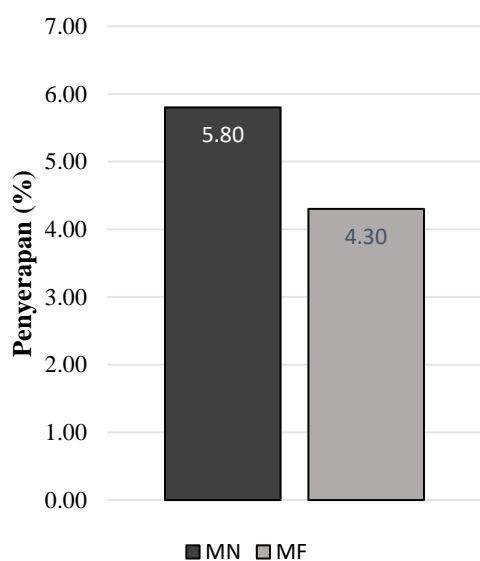
b. Visualisasi mortar rendaman larutan asam

**Gambar 5.** Perubahan warna mortar setelah perendaman larutan asam

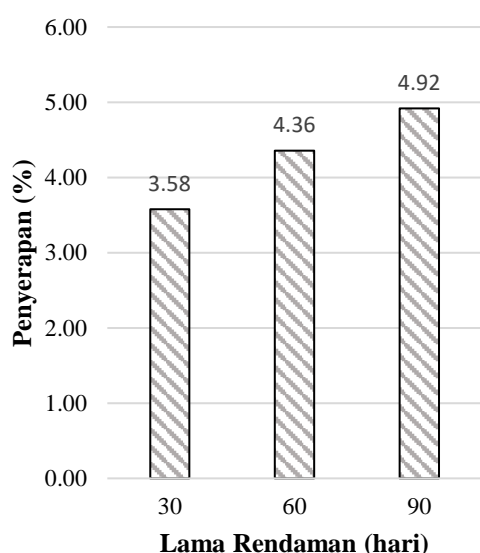
#### 4.2. Penyerapan mortar

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa setelah penambahan *fly ash* ke dalam campuran mortar cenderung membuat penyerapan menjadi lebih kecil, dimana pada mortar normal besar penyerapan yaitu 5,80% dan mortar *fly ash* sebesar 4,30%. *Fly ash* bersifat menjadi pengisi rongga sehingga mortar menjadi lebih padat dibandingkan dengan mortar normal.

Gambar 7 memperlihatkan bahwa mortar *fly ash* mengalami peningkatan penyerapan setelah kontak dengan larutan asam. Tingkat penyerapan semakin besar seiring dengan waktu kontak dengan larutan asam.



**Gambar 6.** Grafik hubungan penyerapan mortar normal dan mortar *fly ash*



**Gambar 7.** Grafik hubungan penyerapan mortar *fly ash* terhadap lama perendaman larutan asam.

## 5. KESIMPULAN

Penggunaan *fly ash* pada campuran mortar data menaikkan kuat tekan pada mortar sebesar 23,11%. Peningkatan kuat tekan ini disebabkan reaksi pozzolanic antara  $\text{SiO}_2$  terhadap kalsium hidroksida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan *fly ash* bersifat sebagai pengisi.

Larutan asam dapat menurunkan kuat tekan dan cenderung meningkatkan penyerapan pada mortar *fly ash*. Penurunan kuat tekan ini disebabkan terjadi proses perusakan akibat

reaksi antara asam dan pasta semen  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Program Pascasarjana Universitas Khairun yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Kompetitif Unggulan Perguruan Tinggi (PKUPT) Tahun anggaran 2021, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa dan laboran yang telah membantu proses penelitian ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. Kumar and R. Radhakrishna, "Strength and Workability of Cement Mortar With Manufactured Sand," *Int J Res Eng Technol*, vol. 04, no. 13, pp. 186–189, 2015, doi: 10.15623/ijret.2015.0413030.
- [2] B. Mathew, F. Christy, B. Joseph, and A. P, "an Experimental Study on Properties of Cement Mortar By Replacement of Natural Sand With Manufactured Sand," *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, vol. 7, no. 4, pp. 483–490, 2016.
- [3] D. Kabir, I. Imran, and M. A. Sultan, "Penggunaan Fly Ash Sebagai Bahan Tambah pada Proses Pembuatan Mortar Dengan Bahan Dasar Pasir Apung," *Techno*, vol. 7, no. 2, pp. 157–164, 2018.
- [4] 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.
- [5] R. Yanuari, M. Ikramullah, D. Septari, M. F. Wijaya, and M. Olivia, "Studi Parametrik Mortar Geopolimer Hybrid Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash/POFA)," *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 83–90, 2020, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.02.1.
- [6] M. Masdiana, S. Sulha, B. Mursidi, S. Machmud, M. S. Prasetya, and A. B. Lewikinta, "A Studi Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar," *Rekayasa Sipil*, vol. 15, no. 3, pp. 222–227, 2021.
- [7] K. K. Al-zboon, "Effect of volcanic tuff

- on the characteristics of cement mortar (Efeito de tufos vulcânicos nas características da argamassa de concreto),” *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, vol. 60, no. August, pp. 279–284, 2014, doi: 10.1080/19648189.2015.1053151.
- [8] F. Darwis, I. Banggu, and M. A. Sultan, “The Effects Of Volcanic Ash On The Strength And Permeability Mortar,” in *International Conference on Science and Technology (ICST 2018)*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 372–375. doi: 10.2991/icst-18.2018.78.
- [9] N. H. Haryanti, “Uji Abu Terbang PLTU Asam Asam Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan,” *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 11, no. 2, pp. 114–124, 2014.
- [10] M. A. Kariyanto, A. R. Wijaya, and H. Sugiharto, “Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Perekat Bata Ringan,” *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2013.
- [11] A. Jain and N. Islam, “Use Of Flyash as Partial Replacement Of Sand In Cement,” *Int J Innov Res Sci Eng Technol*, vol. 2, no. 5, pp. 1323–1332, 2013.
- [12] Y. P. Wijaya and J. J. Ekaputri, “Paving Geopolimer dari Coal Ash Limbah Pabrik,” *Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya*, pp. 33–42, 2014.
- [13] W. W. A. Zailani, M. M. A. B. Abdullah, M. R. R. M. A. Zainol, R. A. Razak, and M. F. M. Tahir, “Compressive and bonding strength of fly ash based geopolymer mortar,” in *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1887, no. September, pp. 1–7. doi: 10.1063/1.5003541.
- [14] N. Rizaldi, A. I. Rusadi, G. Wibisono, E. Saputra, and M. Olivia, “Studi Parametrik Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Terbang Parametric Study of Compressive Strength Fly Ash Geopolymer Mortar,” *Media Teknik Sipil*, vol. 18, no. 2, pp. 113–121, 2020.
- [15] M. A. Sultan, I. Imran, and M. Faujan, “Pengaruh Rendaman Asam Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Fly Ash,” *Teras Jurnal*, vol. 11, no. 1, pp. 61–68, 2021, doi: 10.29103/tj.v11i1.367.
- [16] R. Renaldo, P. Antoni, and D. Hardjito, “Ketahanan di lingkungan asam, kuat tekan dan penyusutan beton dengan 100% fly ash tanpa aktivator,” *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [17] M. A. Sultan, R. Hakim, K. Kurniawan, and F. G. Madjid, “Efek Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Mortar,” *CLAPEYRON: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, pp. 19–26, 2021, doi: 10.33366/rekabuana.v5i1.1612.
- [18] SNI 6882, “Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan,” *Badan Standardisasi Nasional*, 2014.
- [19] K. Wenda, S. Zuraidah, and B. Hastono, “Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan,” *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, p. 8, 2018, doi: 10.25139/jprs.v1i1.801.
- [20] ASTM C780-17, *Standar Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry*. 2017, pp. 2–5.
- [21] SNI 2847, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Badan Standardisasi Indonesia*, p., 2013.
- [22] ASTM C618-05, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. 2005. doi: 10.1063/1.4756275.
- [23] SNI 03-6825, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. 2002, p. 13.
- [24] ASTM C642-97, *Standard Test Method for Density , Absorption , and Voids in Hardened Concrete*, no. March. 1997. doi: 10.1520/C0642-13.5.
- [25] C. Zheng, Z. Liu, J. Xu, X. Li, and Y. Yao, “Compressive strength and microstructure of carbon nanotubes–fly ash cement composites,” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 527, no. 4–5, pp. 1063–1067, 2010, doi: 10.1016/J.MSEA.2009.09.039.
- [26] S. Sebayang, R. Widyawati, and M. Habibie, “Pengaruh Abu Terbang Terhadap Sifat-Sifat Mekanik Beton Alir Ringan Alwa,” *Jurnal Teknik Sipil UBL*, vol. 3, no. 1, pp. 247–256, Apr. 2012.
- [27] I. S. Rahmayani *et al.*, “Kuat Tekan Dan Porositas Mortar Menggunakan Bahan Tambah Bubuk Kulit Kerang Di Air Gambut,” in *Konferensi Nasional Teknik*

- Sipil dan Perencanaan (KN-TSP) 2017*, 2017, vol. 6, no. 2, pp. 250–257. doi: 10.1063/1.5003541.
- [28] S. Zheng, L. Niu, P. Pei, and J. Dong, “Mechanical behavior of brick masonry in an acidic atmospheric environment,” *Materials*, vol. 12, no. 7, pp. 1–24, 2019, doi: 10.3390/ma12172694.