

PENGARUH PENAMBAHAN GGBFS PADA CAMPURAN MORTAR TERHADAP REMBESAN DAN WAKTU IKAT

Febriana D. M. Loe^{1*}, Abdul Halim², Riman³, Anis Purwaningsih⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama, Malang

*Email Korespondensi: noiloe620@gmail.com

ABSTRAK

Mortar adalah salah satu bahan bangunan yang berfungsi sebagai pengikat atau perekat pada campuran beton. GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) merupakan material semen tambahan ramah lingkungan hasil limbah sampingan dari proses peleburan besi di tanur tinggi yang dihaluskan. GGBFS ini digunakan sebagai pengganti Sebagian semen (substitusi) pada campuran mortar atau beton untuk meningkatkan kuat tekan, daya tahan (durabilitas) dan mengurangi emisi CO₂. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi persentase GGBFS terhadap kedalaman rembesan dan waktu ikat pada mortar. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian rembesan campuran mortar GGBFS 0% atau tanpa bahan tambah rembesan didapat nilai 22,3 mm. Pada persentase GGBFS 10%, 20% dan 30% terjadi penurunan kedalaman rembesan senilai 9,7 mm, 9,3 mm, dan 9,0 mm. Adanya penambahan GGBFS ternyata membuat bahan semakin kedap terhadap air. Untuk waktu ikat awal GGBFS 10% terjadi pengikatan paling cepat yaitu 100 menit lebih cepat dibandingkan dengan waktu ikat awal mortar tanpa GGBFS, sedangkan waktu ikat akhir lebih cepat 70 menit dari mortar tanpa GGBFS. Penambahan GGBFS sangat berpengaruh terhadap rembesan untuk meningkatkan kekedapan air dan waktu pengerasan pada mortar.

Kata kunci : GGBFS, Waktu Ikat Mortar dan Rembesan Mortar.

ABSTRACT

Mortar is a building material that functions as a binder or adhesive in concrete mixtures. GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag) is an environmentally friendly cement additive made from finely ground waste produced during the iron smelting process in a blast furnace. GGBFS is used as a partial cement substitute in mortar or concrete mixtures to increase compressive strength, durability, and reduce CO₂ emissions. The purpose of this study was to determine the effect of varying percentages of GGBFS on the seepage depth and setting time of mortar. The results of this study can be concluded that from the seepage test results of the GGBFS 0% mortar mixture or without additive, the seepage value obtained was 22.3 mm. At GGBFS percentages of 10%, 20%, and 30%, there was a decrease in seepage depth of 9.7 mm, 9.3 mm, and 9.0 mm, respectively. The addition of GGBFS made the material more impervious to water. For the initial setting time of 10% GGBFS, the fastest setting occurred, which was 100 minutes faster than the initial setting time of mortar without GGBFS, while the final setting time was 70 minutes faster than mortar without GGBFS. The addition of GGBFS greatly affects seepage to increase water impermeability and hardening time in mortar.

Keywords : GGBFS, Setting Time Mortar and Mortar Seepage.

1. PENDAHULUAN

Mortar salah satu bahan bangunan terpenting, berperan sebagai pengikat atau perekat pada konstruksi. Awalnya mortar terbuat dari kombinasi yang relatif sederhana seperti tanah liat, pasir, dan air. Namun dengan perkembangan teknologi dan penelitian, komposisi mortar telah mengalami perkembangan yang signifikan, dengan berbagai inovasi komposisi bahan, aditif dan penggunaan agregat yang lebih serbaguna, mortar modern mampu memberikan kinerja yang sangat baik dalam berbagai kondisi lingkungan dan persyaratan teknis, mempromosikan pengembangan bahan mortar yang lebih baik dan berkualitas lebih tinggi. Dengan meningkatnya permintaan akan solusi konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan efisien, GGBFS (Ground Granulated Blast Furnance) menjadi salah satu bahan tambahan yang menarik perhatian. GGBFS adalah hasil samping dari industri besi dan baja yang terbentuk selama proses pemadatan bijih besi dalam pabrik peleburan. Komposisi kimia GGBFS mirip dengan semen Portland, namun memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda [1]. Keunggulan dari bahan tambah ini yaitu ramah lingkungan, efisien dan mampu menahan rembesan dari air serta akan membuat campuran menjadi lebih cepat mengeras. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diketahui persentase penambahan GGBFS yang paling optimal dalam penggunaannya sebagai bahan campuran sebagian semen dalam mortar[2].

Campuran mortar yang efektif dapat diidentifikasi oleh kemampuannya untuk mencapai tingkat plastisitas yang optimal saat masih dalam keadaan segar, dan memiliki kekuatan yang melebihi target kekuatan tekan yang telah ditetapkan[3]. Dengan campuran mortar yang memiliki kinerja yang superior, hal ini dapat mengakibatkan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan pasangan batu, baik sebagai bahan perekat pasangan batu maupun dalam proses plester pasangan batu. Untuk meningkatkan performa mortar tersebut, peneliti berencana untuk melakukan penelitian dengan menambahkan bahan GGBFS ke dalam campuran mortar sebagai langkah yang dapat diterapkan[4]. Masalah yang akan diteliti adalah pengaruh penambahan variasi GGBFS terhadap kedalaman rembesan dan waktu ikat pada mortar[5]. Untuk memahami dampak dari penambahan GGBFS, diperlukan penelitian yang melibatkan uji laboratorium terhadap mortar dengan variasi jumlah penambahan GGBFS yang berbeda sebagai bahan tambahan dalam campuran mortar[6]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi persentase GGBFS terhadap kedalaman rembesan yang terjadi dan untuk menentukan apakah variasi penambahan GGBFS mempengaruhi waktu ikat mortar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Mortar

Menurut Standar Nasional Konstruksi Indonesia (SK SNI) 03-6825-2002, mortar adalah hasil dari pencampuran pasir sebagai bahan agregat halus dengan bahan perekat seperti tanah liat, kapur, atau semen Portland, yang dicampurkan bersama air untuk membentuk substansi padat yang berfungsi sebagai pengikat dalam konstruksi bangunan[7]. Mortar perlu memenuhi standar kekentalan agar bisa berfungsi sebagai bahan pengikat yang memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan gaya akibat beban yang diterapkan padanya tanpa mengalami kerusakan. Berikut adalah tipe-tipe mortar sesuai dengan SNI 03-6882-2002 :

- Mortar dengan tipe M memiliki kekuatan sebesar 17,2 MPa.
- Mortar dengan tipe S memiliki kekuatan sebesar 12,5 MPa.
- Mortar dengan tipe N memiliki kekuatan sebesar 5,2 MPa.
- Mortar dengan tipe O memiliki kekuatan sebesar 2,4 MPa.

Adapun kelebihan dan kekurangan mortar dapat bervariasi tergantung pada jenis mortar yang digunakan dan aplikasinya. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan umum dari penggunaan mortar [8] sebagai berikut :

Kelebihan Mortar:

- Kemampuan merekatkan material: Mortar memiliki kemampuan yang baik untuk merekatkan bata, batu, atau blok secara efektif. Ini memberikan kekuatan struktural dan stabilitas pada konstruksi masonry.

- b. Kekuatan struktural: Mortar yang tepat memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban struktural dan kekuatan tekan yang diperlukan untuk menjaga integritas bangunan[9].
- c. Penyesuaian sifat: Mortar dapat disesuaikan dengan berbagai sifat fisik dan kimia yang diperlukan untuk aplikasi tertentu. Misalnya, dapat ditambahkan aditif untuk meningkatkan kinerja mortar dalam hal daya tahan, elastisitas, atau ketahanan terhadap air.
- d. Kompatibilitas dengan bahan bangunan: Mortar umumnya kompatibel dengan bahan bangunan seperti bata, batu, atau blok, sehingga memungkinkan konstruksi yang kuat dan kokoh.

Kekurangan Mortar:

- a. Retak dan deformasi: Mortar rentan terhadap retak dan deformasi akibat perubahan suhu, kelembaban, dan gerakan struktural. Ini dapat mempengaruhi kekuatan dan keindahan konstruksi.
- b. Perawatan yang diperlukan: Mortar membutuhkan perawatan yang tepat, termasuk perlindungan dari cuaca dan pemeliharaan rutin, agar tetap dalam kondisi yang baik.
- c. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan: Beberapa jenis mortar mungkin kurang tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Misalnya, mortar kapur lebih rentan terhadap kerusakan akibat asam hujan.

2.2 Bahan Penyusun Mortar

1) Semen Portland

Semen Portland adalah jenis semen hidraulik yang dihasilkan melalui penggilingan terak semen Portland yang utamanya terdiri dari kalsium silikat hidrat. Proses hidrasi terjadi ketika semen dicampur dengan air, menghasilkan pasta yang mengeras dan membentuk ikatan antara agregat halus dan kasar dalam campuran beton atau mortar. Pasta yang mengeras ini memberikan kekuatan struktural dan kemampuan untuk menyatukan bahan konstruksi bersama-sama. Semen Portland memiliki kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap beban dan kondisi lingkungan, serta kemampuan untuk bekerja dengan berbagai bahan tambahan seperti aditif atau pengisi [10]. Hal ini membuat semen Portland menjadi bahan konstruksi yang sangat penting dalam pembangunan infrastruktur dan struktur bangunan.

2) Pasir (Agregat Halus)

Pasir adalah bahan agregat halus yang didapatkan baik dari sumber alam batuan maupun dari kegiatan industri pemecahan batu. Pasir memiliki ukuran butiran terbesar sebesar 4,75 mm, sesuai dengan standar SNI 1970:2008. Sifat agregat memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik mortar dan beton dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat. Agregat dengan ukuran butiran 4,75 mm dianggap sebagai agregat yang lolos saringan dan dikenal juga sebagai agregat halus. Menggunakan agregat halus sebagai bahan penambahan dalam campuran memiliki dampak menguntungkan pada kekuatan dan stabilitas dimensi. Mulyono (2003) juga mencatat hal yang serupa.

3) GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag)

GGBFS adalah salah satu alternatif yang dihasilkan dari sisa-sisa industri baja[11]. Keberadaannya menjadi sangat populer karena lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan lainnya. GGBFS, yang sesuai dengan standar ASTM C.989-04, merupakan produk non-logam yang digunakan dalam beton dan mortar[12]. Meskipun memiliki komposisi yang berbeda, GGBFS memiliki fungsi dan kualitas yang hampir sama dengan semen Portland, yaitu sebagai bahan perekat[13]. Salah satu perbedaan utama antara keduanya adalah reaktivitas GGBFS ketika ditambahkan air, yang mengakibatkan reaksi kimia tertentu terjadi.

3. METODE PENELITIAN

Metode analisis terhadap karakteristik aduk mortar melibatkan perbandingan antara aduk mortar yang menggunakan berbagai variasi penambahan GGBFS dengan aduk mortar tanpa penambahan GGBFS sebagai kelompok pembanding[14]. Untuk mengevaluasi sejauh mana dampak penambahan GGBFS, penelitian ini fokus pada analisis campuran mortar yang telah mencapai tahap keras pada umur tertentu, khususnya pada 28 hari setelah proses hidrasi selesai[15]. Dengan variasi umur ini, perubahan dalam berat jenis, penyerapan air, dan kekuatan tekan aduk mortar keras dapat diamati untuk setiap variasi penambahan GGBFS. Hasil analisis akan disajikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan hubungan antara sifat-sifat mortar dengan penggunaan berbagai variasi GGBFS pada umur mortar setelah 28 hari, sehingga memungkinkan penentuan optimalisasi penambahan GGBFS dapat dilakukan.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah Uji Rembesan dan Uji Waktu Ikut Mortar. Uji Rembesan menggunakan alat yang bernama *Water Permeability Test*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh presentasi variasi GGBFS terhadap kedalaman rembesan pada benda uji mortar. Adapun standar pemberian tekanan yang dilakukan adalah 5 kg/m³ selama 72 jam (3 hari) [16]. Benda uji yang dipakai pada Uji Rembesan yaitu mortar berukuran 15x15x15cm sebanyak 12 buah. Pengujian kedua adalah Uji Waktu Ikut Mortar menggunakan alat Uji Vicat. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir pada mortar. Waktu ikat awal mortar (*Initial Sett*) tidak boleh kurang dari 45 menit dengan penurunan 25 mm dan waktu ikat akhir (*Final Sett*) tidak boleh lebih dari 375 menit dengan penurunan 10 mm [17]. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, Pengujian waktu ikat akhir dapat dilakukan apabila nilai jarum penetrasi mencapai angka 10±1 mm sedangkan waktu ikat awal 25 mm dengan menggunakan Alat Vicat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

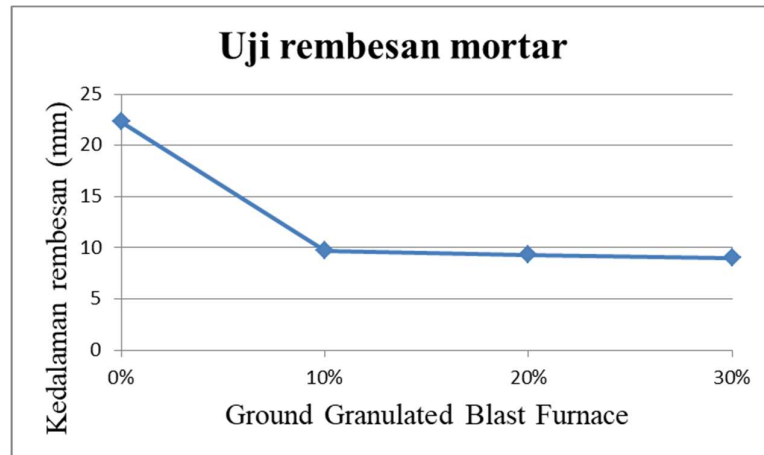
4.1 Hasil Pengujian Rembesan Mortar

Pengujian kedalaman rembesan pada mortar menggunakan alat Water Permeability Test yang didasarkan pada tekanan udara yang diberikan yaitu 5 Kg/cm³ yang dilakukan terhadap mortar umur 28 hari. Mortar berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm akan dialiri air selama 3 hari atau 72 Jam, untuk melihat kedalaman rembesan yang terjadi dengan bahan tambah GGBFS.

Hasil pengujian mortar dengan variasi penambahan GGBFS dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Kedalaman Rembesan Mortar

Kode Benda Uji	Air dalam selang		Penurunan air 72 jam (mm)	Tinggi Air Jatuh (mm)	Kedalaman Penetrasi (mm)	Rata-rata penetrasi (mm)
	Awal (mm)	Akhir (mm)				
PGBS-0	500	457	160	500	17	22,3
	500	440	65	500	28	
	500	468	62	500	22	
PGBS-10	500	463	20	500	9	9,7
	500	460	55	500	11	
	500	453	70	500	8	
PGBS-20	500	467	78	500	10	9,3
	500	470	80	500	8	
	500	465	110	500	10	
PGBS-30	500	457	180	500	9	9
	500	459	140	500	6	
	500	479	70	500	12	



Gambar 1. Grafik Hubungan Variasi GGBFS Terhadap Kedalaman Rembesan Mortar

Berdasarkan Gambar 1 di atas, dapat diketahui bahwa pada setiap variasi penambahan GGBFS 10%, 20% dan 30% nilai kedalaman rembesan mengalami penurunan air yang kecil senilai 9,7 mm, 9,3 mm, dan 9 mm. Sedangkan rembesan paling dalam terjadi pada campuran mortar GGBFS 0% (tanpa bahan tambah) sebesar 22,3 mm. Jika nilai kedalaman rembesan sangat kecil atau mendekati nol maka dapat dianggap “kedap air” dan mortar dianggap memiliki ketahanan yang baik. Dengan penggunaan GGBFS pada proporsi yang sesuai dapat meningkatkan ketahanan terhadap rembesan pada mortar dan memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kualitas dan daya tahan struktur.

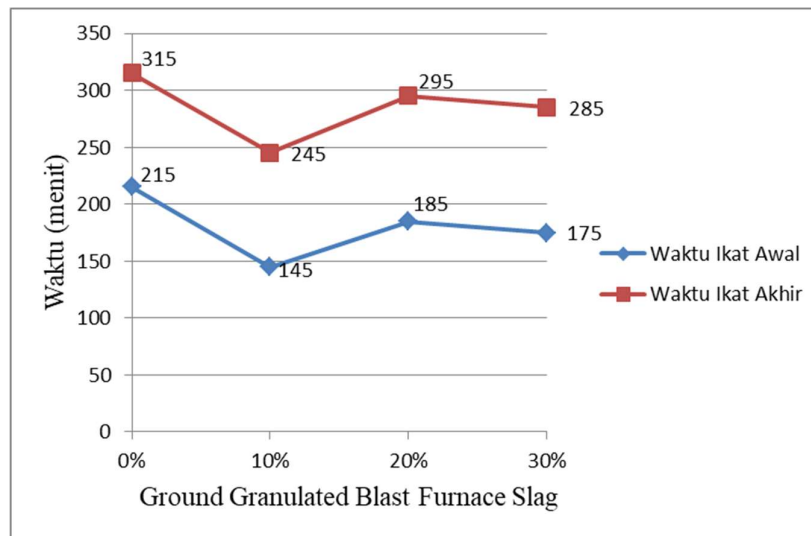
4.2 Waktu Ikut

Penentuan waktu ikat awal mortar didasarkan pada waktu yang diperlukan oleh mortar mulai mengalami perubahan bentuk dari kondisi plastis menjadi kaku [17]. Dalam pengujian waktu ikat mortar menggunakan alat vicat mengacu pada SNI 15-2049-2004 dimana pengujian dilakukan apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm sedangkan waktu ikat awal terjadi jika jarum penetrasi mencapai 25 ± 25 m. Hal ini sangat penting karena jika waktu ikat terlalu cepat, mungkin ada masalah dalam komposisi campuran atau kondisi lingkungan saat proses pengeringannya. Waktu pengikatan mortar hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Pengikatan Mortar

Bahan Tambah GGBFS	Waktu Ikut awal (menit)	Waktu Ikut akhir (menit)	Interval
0%	215	315	100
10%	145	245	100
20%	185	295	110
30%	175	285	110

Sumber : Hasil Penelitian, 2023



Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Penambahan GGBFS dengan Waktu Pengikatan

Berdasarkan Gambar 2 hubungan waktu ikat awal dan akhir dengan penambahan variasi GGBFS, terlihat bahwa pada penambahan persentase GGBFS 10% membuat mortar mengalami waktu ikat awal dan akhir yang cepat yaitu pada menit awal 145 dan akhir 245 menit. Sementara pada penambahan GGBFS 20% dan 30% membuat mortar mengalami pengikatan awal dan akhir yang cepat dari GGBFS 0% tetapi tidak lebih cepat dari GGBFS 10%.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah penulis melakukan penelitian terhadap penambahan GGBFS sebagai bahan tambah aduk mortar, maka penulis berkesimpulan bahwa GGBFS adalah bahan pozolanik yang memiliki aktivitas tinggi, sehingga bisa menggantikan semen PPC dalam kondisi tertentu, karena memiliki kehalusan yang sesuai dengan ukuran butiran semen. Penambahan GGBFS sebesar 10% - 30% ke dalam campuran mortar dapat meningkatkan workability dan mortar kedap air sebesar 56,5 % s/d 60% terhadap campuran mortar tanpa GGBFS.

Adanya penambahan GGBFS antara 10% s/d 30% kedalam aduk mortar mempengaruhi waktu pengikatan awal mortar dimana penambahan 10% GGBFS yang paling optimum untuk percepatan waktu ikat awal mortar dibandingkan 20% dan 30% GGBFS, tetapi tidak mengalami peningkatan lamanya mortar seperti pada GGBFS 0% dan tidak juga mengalami percepatan waktu ikat seperti GGBFS 10%.

5.2 Saran

Beberapa saran yang penulis rasakan perlu dikemukakan selama melakukan penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh bahan tambah GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace*) dengan memperhatikan mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti suhu lingkungan atau bahan tambahan yang digunakan dalam campuran. Perlu dilakukan penelitian tentang penambahan zat aditif untuk aktivator GGBFS sehingga reaksi dapat berlangsung dengan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Bilim, C. D. Atiş, H. Tanyildizi, and O. Karahan, "Predicting the compressive strength of ground granulated blast furnace slag concrete using artificial neural network," *Advances in Engineering Software*, vol. 40, no. 5, pp. 334–340, 2009, doi: 10.1016/j.advengsoft.2008.05.005.
- [2] A. C. Imam, A. Susilowati, and Pratikto, "Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Papan Serat Ringan," *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, vol. 9, no. 1, 2022, doi: 10.33197/jitter.vol9.iss1.2022.923.
- [3] A. Susilowati and I. Yusra, "Kuat Tekan Beton Campuran GGBFS Dan Fly Ash Menggunakan Retarder," *PROKONS Jurusan Teknik Sipil*, vol. 15, no. 1, 2021, doi: 10.33795/prokons.v15i1.281.
- [4] C. Bilim, C. D. Atiş, H. Tanyildizi, and O. Karahan, "Predicting the compressive strength of ground granulated blast furnace slag concrete using artificial neural network," *Advances in Engineering Software*, vol. 40, no. 5, 2009, doi: 10.1016/j.advengsoft.2008.05.005.
- [5] H. Sugiharto, W. Foek Tjong, A. Surya, and K. Wibowo, "Rancang Bangun Alat Uji Permeabilitas Beton," *Civil Engineering Dimension*, vol. 6, no. 2, 2004.
- [6] S. Zuraidah and B. Hastono, "Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan," *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, 2018, doi: 10.25139/jprs.v1i1.801.
- [7] S. Zuraidah and B. Hastono, "Serbuk Kapur Sebagai Cementitious Pada Mortar," *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [8] S. Zuraidah and B. Hastono, "Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan," *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2018, doi: 10.25139/jprs.v1i1.801.
- [9] R. N. Arini, N. Warastuti, and M. W. K. Darmawan, "Analisis Kuat Tekan Dengan Aplikasi Ground Granulated Blast Furnace Slag Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Campuran Beton," *Jurnal Konstruksia*, vol. 10, no. 1, 2019.
- [10] Badan Standardisasi Nasional (BSN), "SNI 7064-2014 Semen Portland Komposit," *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, 2014.
- [11] D. Rose and A. G. Krupp Polysius, "Granulated blast furnace slag grinding," *World Cement*, vol. 31, no. 9, 2000.
- [12] A. H. Priambodo and A. Susilowati, "Karakteristik Beton dengan Campuran Fly Ash dan GGBFS (Ground Granulated Blast Furnace Slag)," *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 746–751, 2019.
- [13] H.-W. Song, S.-J. Kwon, S.-W. Lee, and K.-J. Byun, "A Study on Resistance of Chloride Ion Penetration in Ground Granulated Blast-Furnace Slag Concrete," *Journal of the Korea Concrete Institute*, vol. 15, no. 3, 2003, doi: 10.4334/jkci.2003.15.3.400.
- [14] N. Wahid and M. Taufan, "Pemanfaatan GGBFS Sebagai Bahan Tambah Aduk Mortar," *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, vol. 22, no. 1, pp. 44–54, 2020, doi: 10.35313/potensi.v22i1.1788.
- [15] G. A. Karim, E. Susilowati, and W. Pratiwi, "Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag Terhadap Sifat Fisika Semen Portland Jenis-I the Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag on Physical Properties of Portland Cement Type I," *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, vol. 8, pp. 47–52, 2018.
- [16] A. Purwaningsih, S. M. Dewi, and L. Susanti, "Strength and permeability of ferrocement structure by using ground granulated blast furnace slag," *Sinergi (Indonesia)*, vol. 28, no. 2, 2024, doi: 10.22441/sinergi.2024.2.021.
- [17] handoko barata yuda 2 Firdaus1, "Waktu Ikat Mortar Semen Geopolymer Berbasis Fly Ash Dan Kapur," *Jurnal Tekno*, vol. Vol. 16, no. April, 2019.