

Analisis Pengaruh Penggunaan Retarder pada Mortas Geopolimer

EUNEKE WIDYANINGSIH^{1*}, IRSYAD AKBAR BURHANUDIN²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: eunekewidya@itenas.ac.id

ABSTRAK

Beton, yang terdiri dari campuran semen, air, agregat halus, serta agregat kasar telah mengalami pengembangan dengan penggunaan bahan pengikat anorganik seperti alumina - silicate polymer atau geopolimer. Geopolimer ini adalah pilihan yang ramah lingkungan jika dibandingkan dengan beton konvensional berbasis semen Portland yang memiliki jejak karbon yang lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis cara penambahan bahan kimia retarder mempengaruhi waktu ikat dan kekuatan tekan pada beton geopolimer. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase retarder yang ditambahkan pada fly ash sebagai bahan penyusun beton geopolimer, rata-rata kekuatan tekan cenderung menurun (kuat tekan usia 28 hari berurutan dari variasi 0%; 1,5%; 2%; 2,5% adalah 44,93 MPa; 44,86 MPa; 32,81 MPa; 26,87 MPa), sementara waktu ikat meningkat dari 420 detik menjadi 600 detik. Ini mengindikasikan bahwa retarder secara efektif memperlambat proses pengerasan, tetapi mempengaruhi kekuatan tekan beton.

Kata kunci: beton geopolimer, retarder, waktu ikat akhir

ABSTRACT

Concrete, which consists of a mixture of cement, water, fine aggregate and coarse aggregate, has undergone development with the use of inorganic binders such as alumina - silicate polymer or geopolimer. This geopolimer is an environmentally friendly choice when compared to conventional Portland cement-based concrete which has a lower carbon footprint. This research aims to analyze how the addition of chemical retarders affects the setting time and compressive strength of geopolimer concrete. The results show that the higher the percentage of retarder added to fly ash as a constituent of geopolimer concrete, the average compressive strength tends to decrease (compressive strength aged 28 days sequentially from variations of 0%, 1.5%, 2%, 2.5% are 44.93 MPa, 44.86 MPa, 32.81 MPa, 26.87 MPa), while the binding time increases from 420 seconds to 600 seconds. This indicates that the retarder effectively slows down the hardening process, but affects the compressive strength of the concrete.

Keywords: geopolimer concrete, retarder, final setting time

1. PENDAHULUAN

Beton adalah material bangunan yang paling umum digunakan sebagai elemen struktural dalam konstruksi Teknik Sipil. Material pembentuk beton dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu material pengisi (*filler*) dan material pengikat (*binder*). Material pengisi berperan untuk mengisi massa campuran beton, sementara pengikat berfungsi untuk mengikat material pengisi tersebut agar menjadi satu kesatuan beton yang memiliki kekuatan baik.

Penggunaan material beton di lapangan tidak terlepas dari beragam permasalahan yang terjadi, di antaranya yaitu permasalahan yang berhubungan dengan waktu pengerasan beton (*setting time*) dan nilai kuat tekan beton itu sendiri. Pekerjaan di lapangan terkadang memiliki tuntutan tersendiri terhadap faktor-faktor tersebut di atas, salah satunya adalah memperlambat waktu pengerasan beton agar metode pelaksanaan konstruksi dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Bahan kimia yang umum digunakan untuk memperlambat waktu pengerasan beton adalah Bahan Tambah Tipe B atau sering dikenal sebagai *Retarder*. Bahan tambah ini digunakan pada kondisi-kondisi tertentu seperti: pengecoran pada cuaca panas atau terdapat jarak yang jauh dari tempat pengadukan beton ke tempat penuangan beton, sehingga diperlukan waktu lebih agar mutu beton tidak berkurang.

Saat ini, teknologi material beton telah berkembang lebih jauh lagi dengan mensubstitusi material pengikat (*binder*) yang umumnya menggunakan semen Portland dan air, menjadi bahan pengikat dari bahan anorganik yang mengandung Silica dan Alumina. Teknologi beton dengan bahan pengikat ini biasa disebut dengan Geopolimer. Bahan pengikat yang telah banyak dimanfaatkan adalah campuran abu terbang (*fly ash*) dan larutan aktivator yang terdiri dari Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) [8].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Menurut standar SNI 2847:2013, beton terdiri dari campuran semen portland atau jenis semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, serta bisa juga mengandung bahan tambahan (*admixture*) [3]. Seiring berjalannya waktu, beton akan mengeras secara bertahap dan mencapai kekuatan rancangan (f'_c) setelah 28 hari. Beton memiliki ketahanan tekanan yang baik, sehingga sering digunakan dalam berbagai jenis struktur seperti bangunan, jembatan, dan jalan.

2.2 Geopolimer

Pada tahun 1978, Davidovits memperkenalkan konsep geopolimer untuk menggambarkan kelompok mineral pengikat yang memiliki komposisi kimia serupa dengan zeolit, tetapi dengan mikrostruktur yang tidak berbentuk [5]. Secara umum, zeolit adalah padatan alumina-silika yang memiliki struktur pori-pori.

Abu terbang batubara merupakan material yang memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi. Hal ini menyebabkan abu terbang atau *fly ash* memiliki potensi untuk dikonversi menjadi *zeolite* [1]. Sehingga dalam pembentukan beton geopolimer, *fly ash* merupakan senyawa utama yang akan berfungsi sebagai pengganti semen 100% karena ikatan pada beton geopolimer berasal dari reaksi kimiawi antara kandungan alumina dan silika pada *fly ash* terhadap alkali aktivator yang terdiri dari Sodium hidroksida (NaOH) dan Sodium silikat (Na_2SiO_3).

2.2.1 Fly Ash

Material yang disebut *fly ash* merupakan bahan dengan butiran yang kecil dan berwarna abu-abu. Bahan ini diperoleh dari proses pembakaran batubara. Di Indonesia, produksi limbah abu terbang dan abu dasar terus meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan batubara sebagai bahan baku di industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) [6]. *Fly Ash* banyak mengandung mineral yang mengandung mineral anorganik seperti SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 dan Fe_2O_3 yang dapat mencemari lingkungan, seperti pencemaran udara dan pencemaran tanah. Kandungan bahan kimia pada *fly ash* selain yang disebut di atas juga terdiri dari CaO , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O menurut jurnal dari Wardani tahun 2008 [10].

2.2.2 Aktivator

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan beton geopolimer, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi [9]. Alasan penggunaan hidroksida alkali sebagai aktivator adalah dikarenakan silika memiliki sifat asam yang kuat sehingga dapat bereaksi dengan basa yang juga kuat. Natrium hidroksida, yang merupakan senyawa basa yang kuat, dapat ditambahkan pada *fly ash* untuk menginduksi reaksi antara silika dalam campuran beton geopolimer.

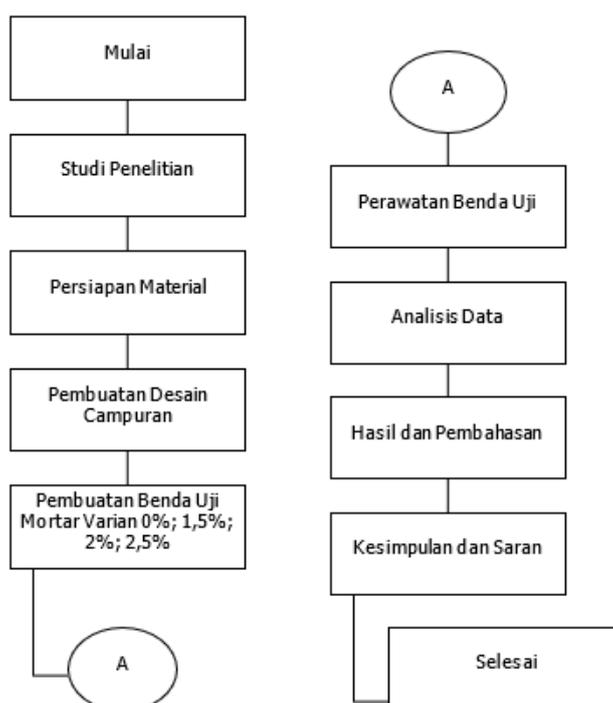
2.2 Bahan Tambah Retarder

Bahan tambah atau *admixture* merupakan bahan tambahan yang digunakan pada saat pencampuran adukan beton. Bahan tambah *Retarder* termasuk dalam kelompok Bahan Tambah Tipe B (*Retarding Admixture*) yang berfungsi untuk memperlambat proses pengikatan beton [2]. Kondisi yang tepat untuk penggunaan bahan tambah ini adalah saat pengecoran dilakukan pada cuaca panas atau juga perlu jarak yang cukup jauh pada proses pengangkutan (*transporting*) beton [4] [7].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

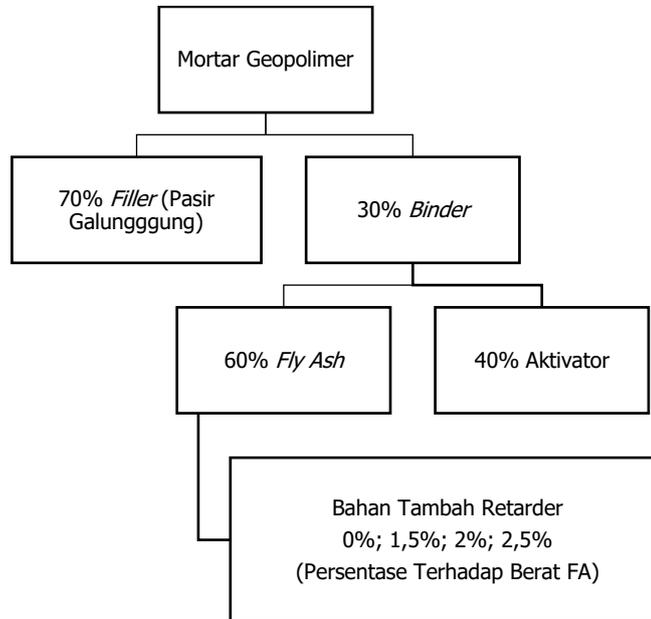
Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang dilakukan.



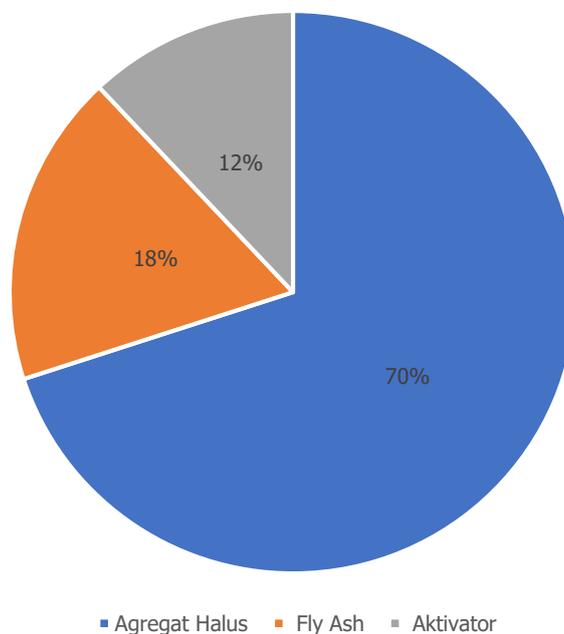
Gambar 1. Bagan alir penelitian

3.2 Pembuatan Desain Campuran Mortar Geopolimer

Campuran geopolimer direncanakan menggunakan pendekatan rasio volume karena belum adanya standar peraturan yang mengatur perhitungan campuran geopolimer (**Gambar 2** dan **Gambar 3**). Hal ini menyebabkan perlunya dilakukan studi literatur yang mendalam untuk mendapat kisaran desain campuran yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya dan juga proses *trial-mix* untuk mendapatkan campuran yang memiliki *workability* cukup baik untuk dikerjakan.



Gambar 2. Komposisi mortar geopolimer dengan rasio perbandingan volume



Gambar 3. Rasio komposisi dalam persentase

Benda uji yang digunakan berupa benda uji mortar dengan bentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm. Benda uji dibuat untuk pengujian di usia 14 dan 28 hari, mengacu pada standar pengujian beton normal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Waktu Ikat Campuran

Pengujian waktu ikat umumnya digunakan menggunakan Jarum Vicat (*Vicat Needle*) dan dilakukan setiap 15 menit sekali untuk setting time beton normal. Namun, pada material geopolimer, waktu *setting* yang dihasilkan sangat singkat: halmana dalam waktu 7 menit campuran material telah mencapai waktu ikat akhir.

Oleh karena hal itu, pengujian waktu ikat campuran dilakukan secara manual, menggunakan jarum besi biasa, dengan target mendapatkan waktu ikat akhir (penurunan jarum = 0). Penetrasi jarum ke benda uji *trial-mix* dilakukan per 30 detik, sehingga diperoleh nilai waktu final setting sebagaimana tercantum dalam **Tabel 1** di bawah ini.

Tabel 1. Waktu Ikat Akhir (*Final Setting Time*)

Variasi Retarder [%]	Waktu Setting [detik]
0	420
1,5	420
2	480
2,5	600

Dapat dilihat bahwa dengan semakin bertambahnya Retarder yang dimasukkan ke dalam campuran geopolimer dapat menghasilkan waktu ikat yang semakin lama.

4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan alat *Compression Machine* seperti dapat dilihat pada **Gambar 4.(a)** di bawah ini. Pengujian kuat tekan dilakukan pada usia mortar 14 dan 28 hari dengan masing-masing varian *retarder* diwakili oleh 3 benda uji. Sehingga total benda uji mortar pada penelitian ini adalah sebanyak 24 benda uji mortar.

Pada **Gambar 4.(b)** dapat dilihat bahwa kecenderungan pola keruntuhan mortar berbentuk keruntuhan kerucut, dimana pola ini menunjukkan tidak terdapatnya pemusatan tegangan pada permukaan benda uji.



Gambar 4. (a) Compression Test Machine; (b) Benda uji mortar setelah pengujian

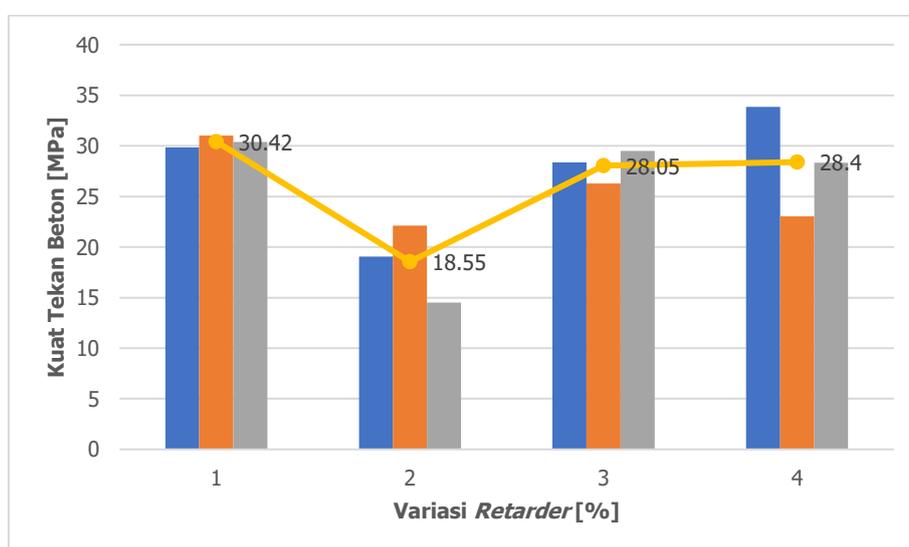
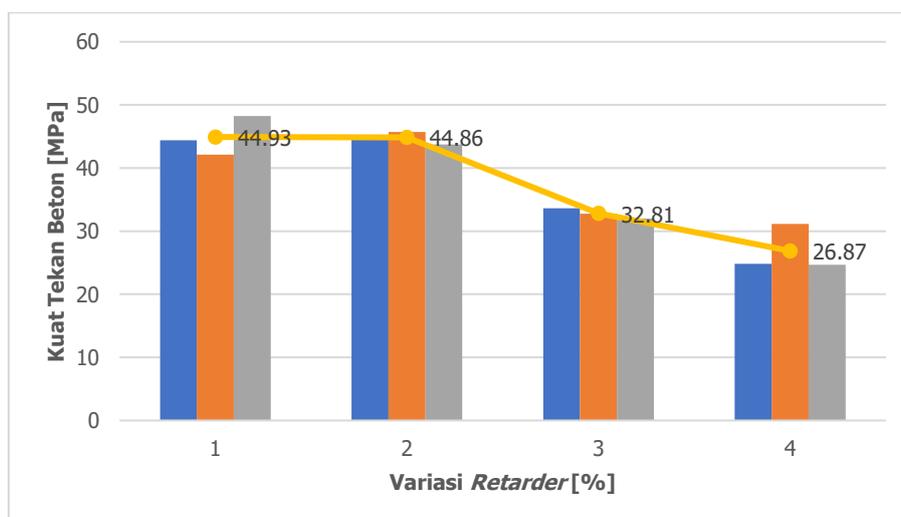
Hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer dirangkum dalam **Tabel 2** yang menunjukkan nilai kuat tekan masing-masing benda ujinya serta kuat tekan rerata setiap variasi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

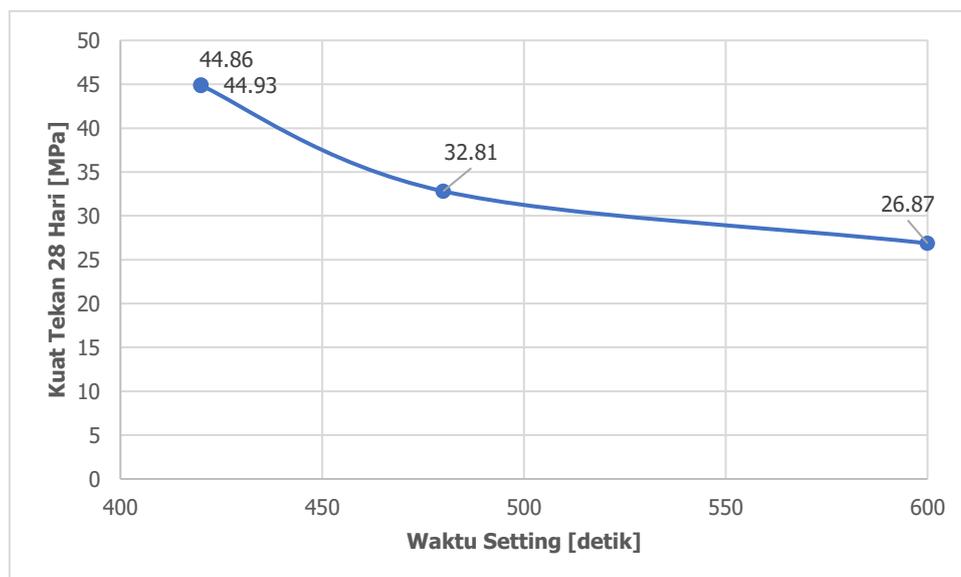
Persentase <i>Retarder</i>	14 Hari			28 Hari		
	Benda Uji	$f'c$ [MPa]	Rata-rata [MPa]	Benda Uji	$f'c$ [MPa]	Rata-rata [MPa]
0%	1	29,84	30,42	1	44,40	44,93
	2	31,02		2	42,15	
	3	30,40		3	48,26	
1,5%	1	19,05	18,55	1	45,13	44,86
	2	22,11		2	45,71	
	3	14,50		3	43,74	
2%	1	28,36	28,05	1	33,61	32,81
	2	26,29		2	32,78	
	3	29,51		3	32,03	
2,5%	1	33,87	28,40	1	24,82	26,87
	2	23,02		2	31,14	
	3	28,32		3	24,66	

4.3 Analisis dan Pembahasan

Dari hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer yang telah dilakukan, diperoleh data setiap varian seperti terlihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** berikut.

**Gambar 5. Kuat tekan geopolimer usia 14 hari****Gambar 6. Kuat tekan geopolimer usia 28 hari**

Sementara hubungan antara kuat tekan material geopolimer dan peningkatan waktu ikat final (*final setting time*) dapat dilihat pada **Gambar 7** di bawah ini.



Gambar 7. Korelasi kenaikan *final setting time* terhadap penurunan kuat tekan

Hasil kuat tekan dan hubungan antara *final setting time* terhadap kuat tekan menunjukkan pengaruh penambahan *retarder* ke dalam campuran geopolimer sebagai berikut:

1. Kuat tekan rata-rata dari campuran geopolimer mengalami penurunan setelah ditambahkan *retarder*, hal ini menunjukkan bahwa bahan tersebut memberikan pengaruh negatif pada reaksi ikatan antara bahan-bahan pengikat dalam campuran geopolimer.
2. Waktu ikat final mengalami peningkatan setelah ditambahkan *retarder*, sesuai dengan definisi awal dari fungsi bahan tambah *retarder* yang mampu mengulur waktu ikat beton.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini dapat memberikan kesimpulan bahwa bahan tambah *retarder* mampu memberikan pengaruh dalam desain campuran geopolimer. Pengaruh yang diberikan yaitu, sesuai dengan teori umum dari bahan tambah *retarder*, waktu ikat material geopolimer dapat meningkat dari 420 detik; menjadi 600 detik dengan ditamahnya 2,5% *retarder* dari berat *fly ash*. Namun, peningkatan waktu ikat ini memiliki efek samping yakni penurunan kuat tekan dari desain campuran geopolimer. Pada usia 28 hari, halmana diasumsikan reaksi polimerisasi pada campuran mortar telah terjadi secara sempurna, dapat terlihat bahwa dengan semakin banyaknya persentase *retarder* yang ditambahkan, kuat tekan mengalami penurunan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan bahan tambah beton yang lain seperti *water reducer* dan *accelerator* agar dapat mengetahui apakah bahan tambah yang umum digunakan pada campuran beton normal dapat memberikan pengaruh yang signifikan pada campuran desain geopolimer
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan benda uji beton (ditambahkan agregat kasar) agar dapat diselidiki pengaruh penambahan *retarder* terhadap kemudahan pengerjaan (*workability*) dari campuran desain geopolimer.
3. Diperlukan perkembangan metode yang lebih akurat untuk mendapatkan nilai *final setting time* dari campuran geopolimer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andarini, N. L. (2018). Sintesis Zeolit A dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Variasi Rasio Molar Si/Al. *Jurnal Ilmu Dasar*, 19(2), 105-110.
- [2] Asyhadi, M. (2019). Pengaruh Persentase Retarder Terhadap Waktu Ikut Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C. *Seminar Intelektual Muda #2 Peningkatan Kualitas Hidup dan Peradaban dalam Konteks IPTEKSEN* (pp. 343-346). Jakarta: Universitas Trisakti.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Burhanudin, I. A. (2023). Analisis Pengaruh Penambahan Retarder terhadap Waktu Ikut, Kelecekan, dan Kuat Tekan pada Beton Geopolimer. *FTSP Series 6: Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2023* (pp. ___-___). Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung.
- [5] Davidots, J. (1999). Chemistry of Geopolymeric Systems Terminology. *International Conference* (pp. ___-___). France: Proceedings of Geopolymer.
- [6] Harijono, D. (2006). Fly Ash dan Pemanfaatannya. *Seminar Nasional Batubara Indonesia* (pp. ___-___). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [7] Sabrina, N. A. (2017). Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Retarder terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Matriks Teknik Sipil*, 5(4), 1341-1348.
- [8] Triyono, A. L. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume 20% terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash. *FTSP Series 6: Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2023* (pp. ___-___). Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung.
- [9] Utami, R. H. (2017). Efek Tipe Superplasticizer terhadap Sifat Beton Segar dan Beton Keras pada Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 59-70.
- [10] Wardani, S. P. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Pidato Pengukuhan*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.