

Pengaruh *Silica Fume* Pada Pembuatan Beton Polimer

Irene Datuan*¹, Jonie Tanijaya*², Desi Sandy*³

*¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Indonesia, irendatuan11@gmail.com

*^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Indonesia, jonie.tanijaya@gmail.com *² dan sandy.mylife@yahoo.co.id *³

Corresponding Author: irendatuan11@gmail.com

Abstrak

Beton adalah bahan konstruksi yang tersusun dari agregat (agregat kasar dan agregat halus), air, semen dengan atau tanpa bahan tambahan. Namun produksi semen dapat menimbulkan kerusakan lingkungan seperti pencemaran udara. Untuk mengurangi penggunaan semen tersebut yaitu dengan menggunakan polimer. Dalam pembuatan beton polimer, salah satu bahan pengganti semen yang dapat digunakan yaitu *silica fume*. Penelitian ini dilakukan berdasarkan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) dan dilakukan pengujian ketika beton telah melalui proses perendaman selama 7, 21, dan 28 hari. Penelitian ini menggunakan silinder berukuran diameter 15 cm serta tinggi 30 cm. Pada hasil uji beton didapatkan nilai ($f'c$) dengan umur 28 hari untuk variasi *silica fume* 5% yaitu sebesar 25,950 MPa dan variasi 10% sebesar 23,968 MPa. Pada pengujian kuat tarik belah beton, nilai kuat tarik belah beton (ft) pada variasi *silica fume* 5% yaitu sebesar 2,666 MPa dan pada variasi 10% yaitu sebesar 2,571 MPa. Dari hasil pengujian modulus elastisitas beton (E) didapatkan nilai rata-rata dari variasi *silica fume* 5% yaitu sebesar 22883,316 MPa dan pada variasi 10% yaitu 21710,136 MPa. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *silica fume* sebagai substitusi semen dapat mempengaruhi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

Kata kunci: beton, beton polimer, *silica fume*.

Abstract

Concrete is a construction material composed of aggregate (coarse and fine aggregate), water, cement with or without additives. However, cement production can cause environmental damage such as air pollution. To reduce the use of cement is by using polymers. In the manufacture of polymer concrete, one of the cement substitute materials that can be used is *silica fume*. This research was conducted based on the Indonesian National Standard (SNI) method and was tested when the concrete had been soaked for 7, 21 and 28 days. This study used a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The results of the concrete test showed that the value ($f'c$) at 28 days for the 5% *silica fume* variation was 25.950 MPa and the 10% variation was 23.968 MPa. In testing the split tensile strength of concrete, the value of the split tensile strength of concrete (ft) at 5% *silica fume* variation is 2.666 MPa and at 10% variation is 2.571 MPa. From the results of the concrete elastic modulus (E) test, the average value of the 5% *silica fume* variation was 22883.316 MPa and at 10% variation it was 21710.136 MPa. From the test results it can be concluded that the use of *silica fume* as a substitute for cement can affect the compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity of concrete.

Keywords: Concrete, Polymer Concrete, Silica Fume

PENDAHULUAN

Pembangunan struktur di Indonesia semakin pesat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, sehingga kebutuhan beton terhadap pembangunan sangatlah tinggi. Dengan semakin pesatnya pembangunan, sehingga bahan-bahan yang digunakan dalam bangunan konstruksi beton sangat terbatas jumlahnya. [1]. Peningkatan pembangunan infrastruktur tentunya diiringi dengan meningkatnya kebutuhan bahan konstruksi sebagai bahan utama dalam pembangunan. Namun untuk membentuk bahan konstruksi yang siap untuk digunakan perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Pemilihan bahan konstruksi sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan, jenis konstruksi, dan fungsi bangunan. [2].

Beton adalah bahan konstruksi yang tersusun dari agregat (agregat kasar dan agregat halus), air, semen dengan atau tanpa bahan tambahan. [3]. Namun, produksi semen dapat menimbulkan kerusakan lingkungan seperti pencemaran udara. Untuk mengurangi penggunaan semen tersebut yaitu dengan menggunakan polimer sebagai alternatif untuk mengurangi semen. Beton polimer merupakan beton yang menggunakan bahan polimer sebagai pengikat untuk mengganti keseluruhan atau sebagian semen. Adapun keuntungan dari penggunaan beton polimer yaitu meningkatkan kekuatan dan mempercepat proses pengerasan. [4]. Beton polimer tidak mudah terkena pengaruh radiasi ultra violet, tahan terhadap resapan air, ketahanan terhadap korosi yang baik dan mudah menjadi keras dalam air sehingga dapat digunakan untuk memperbaiki bangunan dalam air. [5]

Dalam pembuatan beton polimer, salah satu bahan pengganti semen yang dapat digunakan yaitu *silica fume* yang dapat meningkatkan kekuatan pada beton. *Silica fume* mengandung kadar SiO_2 lebih dari 90%, dengan demikian dapat dikategorikan sebagai pozzolan. *Silica fume* merupakan bahan yang halus dan sangat kecil sehingga disebut sebagai dengan mikro silika. Polimer yang dapat digunakan yaitu 5-15% terhadap berat semen [6]. *Silica fume* merupakan material limbah industri yang dihasilkan dari proses peleburan silicon dan ferrosilicon, dimana partikelnya berukuran sekitar ≈ 100 nm, dan apabila dibandingkan dengan partikel semen maka ukurannya 100 kali lebih kecil. [7]

Beberapa penelitian terdahulu juga menggunakan *silica fume* sebagai bahan substitusi semen, seperti Pengaruh *Silica Fume* sebagai Bahan Tambah Pada Mutu Beton. Pada penelitian ini menggunakan *silica fume* pada beton variasi 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan maksimum pada pengujian 28 hari yaitu beton dengan variasi *silica fume* 4% yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 47,90 MPa dan memenuhi mutu beton yang direncanakan. [8]. Studi Penggunaan *Silica Fume* Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) Pada Campuran Beton. Penelitian ini menggunakan penambahan *silica fume* dengan variasi 5%, 10%, dan 15%. Dari hasil penelitian, terjadi peningkatan nilai kuat tekan yaitu dengan variasi 5% sebesar 40,39 MPa, variasi 10% sebesar 41,88 MPa, dan variasi 15% sebesar 43,62 MPa. [9]. Pengaruh *Silica Fume* Terhadap Beton Mutu Tinggi. Penelitian ini menggunakan *silica fume*. Berdasarkan hasil penelitian setelah dicampur menggunakan *silica fume* dengan variasi 1,5%, 1,8%, 2%, dan 2,5% didapatkan nilai kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari yaitu penambahan *silica fume* dengan variasi 2% sebesar 55,079 MPa. [10]. Pengaruh Penggunaan *Silica Fume Powder* Terhadap Kuat Tekan Beton. Penelitian ini menggunakan *silica fume* dengan variasi 5% dan 15%. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan beton 28 hari maksimum pada variasi *silica fume* 15% sebesar 35,96 MPa. [11].

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Pengambilan Material

Sungai Jeneberang, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan adalah lokasi tempat untuk pengambilan material berupa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun dilakukan pemeriksaan karakteristik agregat untuk mengetahui kelayakan dari agregat yang akan digunakan. Tempat pemeriksaan karakteristik agregat yaitu Laboratorium Struktur dan Bahan UKIP Makassar.



Gambar 1. Lokasi Tempat Pengambilan Material (Agregat Kasar dan Agregat Halus)

Lokasi pengambilan *silica fume* yaitu pada Toko Sika yang terletak di Jalan A. Mappanyukki No. 39, Kecamatan Mariso, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. *Silica fume* yang digunakan diproduksi oleh PT. Sika Indonesia.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan *Silica Fume*

2. Pengadaan Bahan

- a. Semen PCC (*Portland Composite Cement*) diproduksi dari PT. Semen Tonasa.
- b. Sungai Jeneberang, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan adalah lokasi tempat pengambilan material (agregat kasar dan agregat halus) yang digunakan pada penelitian ini.
- c. *Silica fume* diproduksi oleh PT. Sika Indonesia yang diperoleh dari Toko Sika Jalan A. Mappanyukki No. 39, Kecamatan Mariso, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
- d. Aktivator yang digunakan yaitu NaOH (Natrium Hidroksida) dan Na_2SiO_3 (Natrium Silikat) diperoleh dari Toko Intraco.



Gambar 3. *Silica Fume*

3. *Mix Design* dengan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI)

Tabel 1. Kebutuhan Untuk Bahan Campuran Beton 1 m³

Material	Berat (kg/m ³)		
	<i>Silica Fume</i> 0%	<i>Silica Fume</i> 5%	<i>Silica Fume</i> 10%
Agregat Kasar	1106,49	1106,49	1106,49
Agregat Halus	636,01	636,01	636,01
Semen	438	415,63	393,75
Air	210	0	0
<i>Silica Fume</i>	0	49,77	99,55
Aktivator (NaOH : Na ₂ SiO ₃)	0	1 : 1	1 : 1

4. Pengujian Karakteristik Beton

a. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan beban/gaya. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan pada beton yaitu dengan cara menghitung beban maksimum yang mampu ditahan dibagi dengan luas penampang dari benda uji, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

b. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan beton dari gaya geser di elemen struktur. Untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah pada beton digunakan rumus sebagai berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

c. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton dilakukan dengan tujuan untuk mengukur kekakuan/*stiffness* bahan pada gaya deformasi. Perhitungan modulus elastisitas beton yang digunakan adalah modulus *chord*. Adapun perhitungan modulus elastisitas *chord* (E_c) sebagai berikut:

$$E_c = \frac{s_2 - s_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (3)$$



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar 5. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 6. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan karakteristik material bertujuan untuk mengetahui apakah agregat layak untuk digunakan dan pemeriksaan didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

a. Agregat Kasar

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Berupa Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Hasil	Interval	Keterangan
1.	Berat Jenis (<i>Saturated Surface Dry</i>)	2,700	1,60-3,20	Memenuhi
2.	<i>Absorption</i> (Penyerapan)	0,604%	0,20%-2,00%	
3.	Berat Volume (Padat)	1613,571 kg/m ³	>1200 kg/m ³	
4.	Berat Volume (Gembur)	1540,357 kg/m ³	>1200 kg/m ³	
5.	Kadar Air	0,949%	0,50%-2,00%	
6.	Kadar Lumpur	0,908%	0,20%-1,00%	
7.	Modulus Kehalusan	6,991	5,50-8,50	

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat dimana agregat kasar yang digunakan layak dan memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

b. Agregat Halus

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Berupa Agregat Halus

No.	Karakteristik	Hasil	Interval	Keterangan
1.	Berat Jenis (<i>Saturated Surface Dry</i>)	2,614	1,60-3,20	Memenuhi
2.	<i>Absorption</i> (Penyerapan)	1,574%	0,20%-2,00%	
3.	Zat Organik	No.1	<No.3	
4.	Berat Vol. (Padat)	1592,767 kg/m ³	>1200 kg/m ³	
5.	Berat Vol. (Gembur)	1413,522 kg/m ³	>1200 kg/m ³	
6.	Kadar Air	3,628%	3,00%-5,00%	
7.	Kadar Lumpur	1,937%	0,20%-6,00%	
8.	Modulus Kehalusan	2,661	2,20-3,10	

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat dimana agregat halus yang digunakan layak dan memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

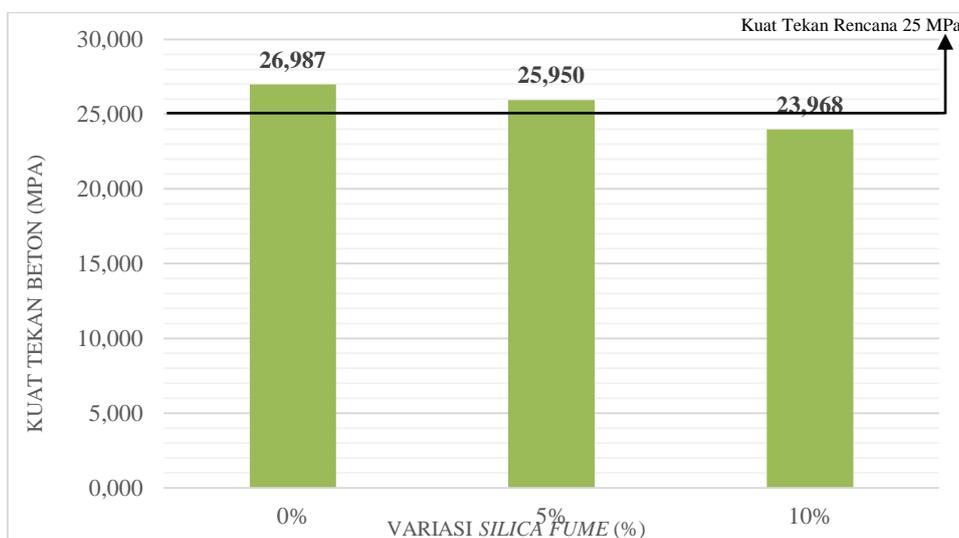
2. Hasil Penelitian

a. Kuat Tekan Beton ($f'c$)

Semakin banyak penggunaan *silica fume* maka nilai kuat tekan beton semakin menurun, dimana nilai kuat tekan beton umur 28 hari pada variasi 0%, 5%, dan 10% adalah 26,987 MPa, 25,950 MPa, dan 23,968 MPa. Tabel 4 merupakan gambaran hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Compression Testing Machine*.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

Variasi Silica Fume	Umur Beton (Hari)	Kuat Tekan Beton Aktual (MPa)	Faktor Konversi	Konversi 28 Hari (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%		27,176	1	27,176	26,987
		28,309		28,309	
		25,478		25,478	
5%	28	23,779	1	23,779	25,950
		25,761		25,761	
		28,309		28,309	
10%		25,478	1	25,478	23,968
		23,779		23,779	
		22,647		22,647	



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

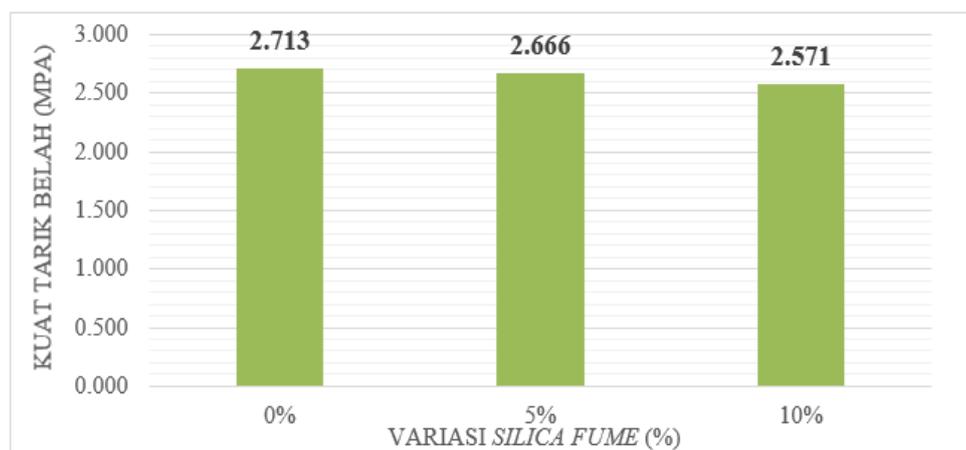
b. Kuat Tarik Belah Beton (ft)

Uji kuat tarik belah rata-rata nilai pada variasi *silica fume* 0% = 2,713 MPa, variasi 5% = 2,666 MPa, dan variasi 10% = 2,571 MPa. Tabel 5 merupakan gambaran hasil uji kuat tarik belah beton (ft) dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.

Tabel 5. Pengujian Kuat Tarik Belah (ft) Beton 28 Hari

Variasi Silica Fume	Umur Beton	Beban Maksimum	L (mm)	D (mm)	ft (MPa)	Rata-rata (MPa)
---------------------	------------	----------------	--------	--------	------------	-----------------

	(Hari)	(N)				
0%		200000	300	150	2,831	2,713
		185000	300	150	2,619	
		190000	300	150	2,689	
5%	28	180000	300	150	2,548	2,666
		200000	300	150	2,831	
		185000	300	150	2,619	
10%		170000	300	150	2,406	2,571
		195000	300	150	2,760	
		180000	300	150	2,548	



Gambar 8. Grafik Uji Kuat Tarik Belah (*ft*) Beton

c. Modulus Elastisitas Beton (E)

Modulus elastisitas mengalami penurunan dimana pada variasi *silica fume* 0% nilai modulus elastisitas sebesar 23072,524 MPa, pada variasi *silica fume* 5% nilai modulus elastisitas sebesar 22883,316 MPa, dan pada variasi *silica fume* 10% nilai modulus elastisitas sebesar 21710,136 MPa. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian modulus elastisitas beton pada variasi 0%, 5%, dan 10%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Variasi Silica Fume	S2 (MPa)	S1 (MPa)	ε2	E (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	9,0587	1,41543	0,00036	24655,8455	23072,514
	11,3234	2,12314	0,00043	24000,7385	
	9,0587	2,54777	0,00037	20560,9565	
5%	9,0587	2,12314	0,00033	25068,4266	22883,316
	10,1911	1,06157	0,00047	21910,8280	
	11,3234	0,84926	0,00053	21670,6933	
10%	10,1911	1,06157	0,00043	24237,6416	21710,136
	9,0587	1,41543	0,00043	20291,9790	
	9,0587	2,12314	0,00039	20600,7862	

3. Pembahasan

Dari hasil uji yang telah dilakukan dengan variasi *silica fume* pada campuran beton telah memenuhi kuat tekan rencana yaitu 25 MPa dengan menggunakan metode Standar Nasional Indonesia. Adapun hasil

pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan *silica fume* 0%, 5%, dan 10% didapatkan hasil kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton mengalami penurunan.

a. Hubungan Kuat Tekan ($f'c$) Dengan Kuat Tarik Belah (ft)

Nilai persentase hubungan antara kuat tekan ($f'c$) dengan kuat tarik belah (ft) untuk variasi *silica fume* 0% yaitu 10,219%, untuk variasi 5% yaitu 10,402% dan untuk variasi 10% yaitu 10,831%. Nilai diatas sesuai dengan standar yang telah ditentukan yaitu 7%-11%.

Tabel 7. Persentase Hubungan Kuat Tekan ($f'c$) Dengan Kuat Tarik Belah Beton (ft)

Variasi Silica Fume	$f'c$ (MPa)	ft (MPa)	Persentase Hubungan (%)
0%	26,987	2,713	10,219
5%	25,950	2,666	10,402
10%	23,968	2,571	10,831

b. Hubungan Kuat Tekan ($f'c$) Dengan Modulus Elastisitas Beton (E)

Nilai modulus elastisitas teoritis (E_c) dari variasi *silica fume* 0%, 5%, dan 10% adalah 24215,893 MPa, 23793,021 MPa, dan 22900,990 MPa.

Tabel 8. Hubungan Kuat Tekan ($f'c$) dan Modulus Elastisitas Beton (E)

Variasi Silica Fume	$f'c$ (MPa)	E (MPa)	Modulus Elastisitas Teoritis ($4700 \sqrt{f'c}$)
0%	26,987	23072,514	24215,893
5%	25,950	22883,316	23793,021
10%	23,968	21710,136	22900,990

KESIMPULAN

Hasil persentase pengujian kuat tekan beton ($f'c$) pada beton yang menggunakan *silica fume* sebagai substitusi semen dengan variasi 5% mengalami kenaikan sebesar 2,509% dari kuat tekan rencana, sedangkan pada variasi 10% mengalami penurunan sebesar 5,033%. Pengujian kuat tarik belah beton (ft) pada variasi 5% dan 10% mengalami penurunan sebesar 1,732% dan 5,234% dari variasi 0%. Untuk hasil pengujian modulus elastisitas beton (E) didapatkan hasil sebagai berikut dimana nilai rata-rata dari variasi *silica fume* 0%, 5%, dan 10% adalah 23072,514 MPa, 22883,316 MPa, dan 21710,146 MPa. Sehingga sangat mempengaruhi hasil pengujian yang menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan *silica fume* sebagai substitusi semen maka nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton semakin menurun.

SARAN

Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan variasi *silica fume* sebagai substitusi semen tidak lebih dari 5%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Marbawi, dan G. Indra, Pemanfaatan Serat Dari Resam Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Beton. *Jurnal Fropil*, vol. 3, no. 2, hlm.96-106, 2015.
[2] Putra. Heriansyah, *Beton Sebagai Material Konstruksi*. Gre Publishing, Institut Pertanian Bogor, 2021.

- [3] A. P. Amalia, A. Bahrul, dan M. Zuherna, *Pengaruh Bahan Silica Fume Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta, 2021.
- [4] R. A. Yulius, N. P. Cok, dan Zulfahmi, Kuat Tekan Beton Polimer Berbahan Abu Vulkanik Gunung Sinabung dan Resin Epoksi. *Teras Jurnal*, Vol. 5, No. 2, hlm. 125-132, 2015.
- [5] Z. Zaid dan R. Muhamad, Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perekat Resin Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Pengujian Kuat Tekan Beton, *Jurnal Techno-Socio Ekonomika*, Vol. 12, No. 1, hlm.1-4, 2019.
- [6] V. B. Slat, W. M. S. Steve, K. Noldie, dan T. Chrisviano, Pengaruh Pemanfaatan *Silica Fume* Dan *Superplasticizer Polymer* Terhadap Kuat Tekan Beton Pra-cetak Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*. vol. 2, no. 2, hlm 26-35, 2020.
- [7] N. P. Raden, *Studi Pengaruh Penambahan 10% Silica Fume Terhadap Kekuatan Dan Durabilitas Beton Geopolimer di Lingkungan Air Danau*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2015.
- [8] K. Rifandy, *Pengaruh Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Pada Mutu Beton*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, 2018.
- [9] O. T. Reni, Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton, *J. Dynamic SainT*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [10] I. Ilfan, *Pengaruh Silica Fume Terhadap Beton Mutu Tinggi*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, 2014.
- [11] H. Samun dan F. Rizal, Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* Powder Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Isu Teknologi*, vol. 16, no.1, hlm. 97-102, 2021.