

Jurnal Penelitian

Analisis Pengaruh Penambahan Zat Aditif Silika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton

Arisman Saputra¹, Mustakim², Iman Fadly

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare

Email korespondensi: erissss.sptr@gmail.com

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Silika fume, Kuat Tekan, Tarik belah.</p>	<p>Perkembangan teknologi konstruksi di Indonesia terus mengalami kemajuan, terutama dalam penggunaan beton sebagai material utama. Beton, yang terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, semen, dan air, memiliki sifat kuat tekan yang baik. Namun, untuk meningkatkan kualitas beton, diperlukan inovasi dalam pemilihan bahan tambah seperti silika fume. Silika fume, hasil samping industri silicon ferro, memiliki partikel yang sangat halus dan kaya akan silika, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton dengan mengurangi porositas dan meningkatkan kepadatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika fume terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan membandingkan empat variasi campuran beton, yaitu beton normal, beton dengan penambahan silika fume 4%, 8%, dan 12%. Pengujian dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, dengan jadwal penelitian selama dua bulan (Oktober hingga November 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan silika fume secara signifikan meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Pada umur 28 hari, kuat tekan beton normal sebesar 25,19 MPa meningkat menjadi 30,57 MPa dengan penambahan silika fume 12%. Sementara itu, kuat tarik belah beton normal sebesar 3,44 MPa meningkat menjadi 4,78 MPa dengan penambahan silika fume 12%. Peningkatan ini disebabkan oleh efek pengisi dan reaksi pozzolanik silika fume yang mengisi rongga-rongga dalam beton dan memperkuat ikatan antara agregat dan pasta semen. Kesimpulannya, penambahan silika fume hingga 12% memberikan peningkatan optimal terhadap kekuatan beton.</p>

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>Silica fume, Compressive Strength, Splitting Tensile.</p>	<p><i>The development of construction technology in Indonesia continues to advance, particularly in the use of concrete as a primary building material. Concrete, composed of coarse aggregate, fine aggregate, cement, and water, exhibits excellent compressive strength. However, innovations in supplementary materials, such as silica fume, are required to enhance concrete quality. Silica fume, a by-product of the silicon ferro industry, contains fine particles rich in silica, which can improve concrete strength and durability by reducing porosity and increasing density. This study aims to investigate the effect of silica fume addition on the compressive and split tensile strength of concrete. This research employed a quantitative experimental</i></p>

method, comparing four concrete mix variations: normal concrete (0% silica fume) and concrete with 4%, 8%, and 12% silica fume. Testing was conducted at 7, 14, and 28 days of concrete age. The study was carried out at the Structure and Materials Laboratory of the Civil Engineering Department, Muhammadiyah University of Parepare, over two months (October to November 2024). The results demonstrated that silica fume significantly enhanced both compressive and split tensile strength. At 28 days, the compressive strength of normal concrete (25.19 MPa) increased to 30.57 MPa (21.3%) with 12% silica fume. The highest improvement occurred at 12% silica fume, with increases of 46.7% (7 days) and 57.4% (14 days). Similarly, the split tensile strength of normal concrete (3.44 MPa) rose to 4.78 MPa (39%) with 12% silica fume. These improvements were attributed to the filler effect, where silica fume particles filled voids in the cement matrix, and the pozzolanic reaction, strengthening the bond between aggregates and cement paste. In conclusion, the optimal enhancement of concrete strength was achieved with 12% silica fume addition, highlighting its potential to reduce reliance on cement and improve environmental sustainability in construction.

1. Pendahuluan

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah, dari beberapa bahan tambah yang ada diantaranya adalah zat aditif. Bahan tambah pada beton digunakan untuk memperbaiki beberapa sifat pada campuran beton seperti mempercepat pengerasan beton, memperbaiki kemudahan dalam pengerjaan dan meningkatkan kuat tekan. Hal ini sangat relevan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang membutuhkan waktu yang lebih cepat. Salah satu bahan tambah yang dapat memperbaiki sifat campuran tersebut ialah silika fume. (Anggraini et al., 2023). Silika fume merupakan material halus yang kaya akan silika dan merupakan hasil samping dari industri silikon ferro. Silika fume berwarna abu-abu dan mempunyai diameter berukuran antara 0,1 sampai 0,2 micron meter atau sekitar 1/100 ukuran semen. Karena material silika fume merupakan hasil samping industri, maka material tersebut relatif mudah untuk didapatkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan silika fume dapat mempengaruhi sifat-sifat beton seperti: meningkatkan kuat tekan dan durabilitas beton karena dapat memperkecil volume pori di dalam beton. Hal tersebut disebabkan karena silika fume mempunyai efek pozzolan dan inert filler yang dapat mengisi rongga antara pasta semen dan agregat. (Sutriono et al., 2018). Silika fume memiliki partikel yang sangat halus, yang dapat mengisi celah dan pori-pori dalam campuran beton sehingga dapat mengurangi porositas beton yang pada gilirannya meningkatkan kepadatan dan ketahanan terhadap penetrasi air, zat kimia, dan larutan garam. Partikel silika fume yang sangat halus dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam beton untuk membentuk gel kalsium silika hidrat (CSH). (Fauzi et al., 2023).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Silika Fume

Silika fume digunakan sebagai pengganti sebagian dari semen atau bahan tambahan pada saat sifat-sifat khusus beton dibutuhkan seperti penempatan mudah, kekuatan tinggi, permeabilitas rendah, durabilitas tinggi, dan lain sebagainya. Silika fume merupakan hasil sampingan dari produk logam silikon atau alloy ferrosilikon.

Partikel silika fume sangat halus, dengan ukuran rata-rata kurang dari 1 mikrometer. Hal ini membuatnya sangat efektif dalam mengisi celah-celah kecil dalam material seperti beton, sehingga meningkatkan kekuatan dan ketahanannya. Ukuran partikel silika fume sangat kecil sehingga memiliki reaktivitas yang tinggi. Silika fume bereaksi lebih cepat dengan kalsium hidroksida dalam semen, membentuk produk tambahan yang meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap kimia. Silika fume memiliki warna abu-abu hingga hitam, tergantung pada kondisi pembuatannya dan kandungan mineralnya. Permukaan partikel silika fume sangat halus, memberikan kemampuan yang baik untuk tercampur secara homogen dengan bahan lainnya seperti semen. Silika fume memiliki densitas yang tinggi, yang memungkinkan penggunaan yang efisien dalam campuran beton atau material konstruksi lainnya. (Juriti Vol 1 No 1, n.d.).

2.2 Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan sifat yang paling penting dalam beton keras dan umumnya dipertimbangkan dalam perencanaan campuran beton. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10-65 Mpa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kekuatan berkisar 17-30 Mpa, sedangkan untuk beton prategang berkisar 30-45 Mpa. Untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, beton ready mix sanggup mencapai nilai kuat tekan 62 Mpa dan untuk memproduksi beton kuat tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat dalam laboratorium. (Mulyono, 2003). Menurut SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- F_c : Kuat Tekan Beton (kg/cm²)
- P : Beban yang bekerja (kg)
- A : Luas penampang benda (cm²)

3. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan 4 (empat) variasi

3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian

a. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

b. Waktu penelitian

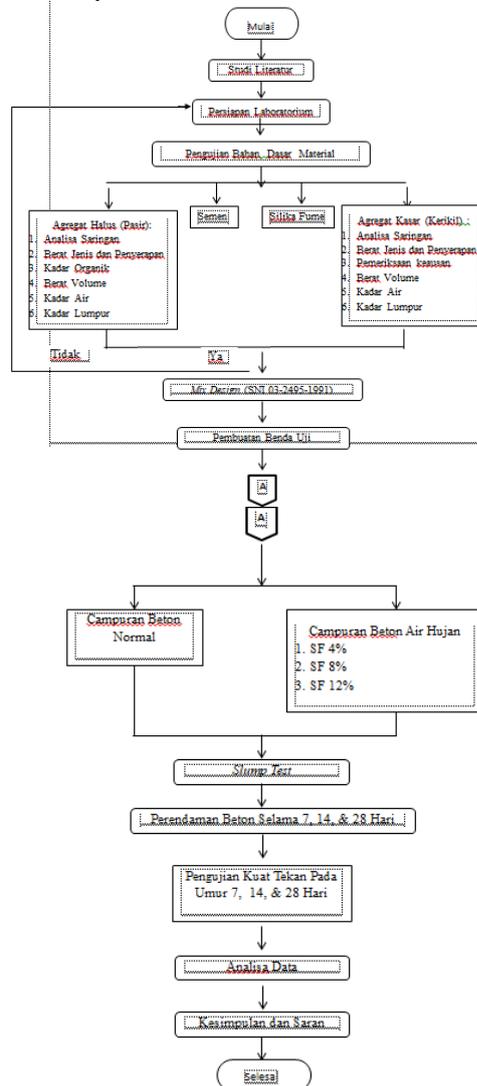
Penelitian ini dilakukan selama 2 (dua) bulan yaitu dimulai pada bulan Oktober 2024 sampai dengan November 2024.

3.2 Alat penelitian

- a. Alat Penelitian: Saringan, oven, gelas ukur, timbangan, cetakan beton, concrete mixer / mesin pencampur, piknometer, jangka sorong, kerucut abrams, penggaris, batang baja, *compression testing machine dan mesin los angeles*
- b. Bahan Penelitian: Agregat, semen, air, *Silika fume*

3.1 Teknik Pengumpulan Data

- Data Primer: Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi dari substitusi limbah beton dengan bahan tambah Serat bambu. Adapun data primer yang diperlukan dibagi 2 jenis yaitu: karakteristik agregat dan pengujian beton.
- Data sekunder: Pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data diperoleh dari tulisan seperti buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literatur.



4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pengujian agregat

1. Agregat Halus

Hasil rekapitulasi masing-masing pengujian ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

NO.	Karakteristik Agregat	Syarat	Hasil	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4,90%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	1	Memenuhi

3	Kadar air	2% - 5%	2.72%	Memenuhi
4	Berat volume lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.40	Memenuhi
5	Berat volume padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.49	Memenuhi
6	Absorpsi	0,2% - 2%	0.90%	Memenuhi
7	Berat jenis nyata	1,6 - 3,3	2.48	Memenuhi
8	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.51	Memenuhi

2. Agregat Kasar

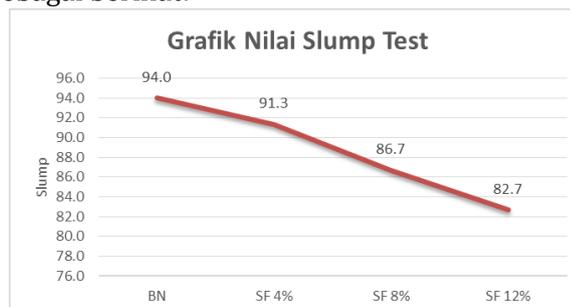
Hasil rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

No.	Karakteristik Agregat	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.75%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	25,5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.91%	Memenuhi
4	Berat volume lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.63	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.69	Memenuhi
6	Absorpsi	Maks 4 %	2,63%	Memenuhi
7	Berat jenis nyata	1,6 - 3,3	2.61	Memenuhi
8	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.64	Memenuhi

4.1 Nilai Slump Test

Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai Slump test yang memenuhi slump rencana dengan grafik sebagai berikut:

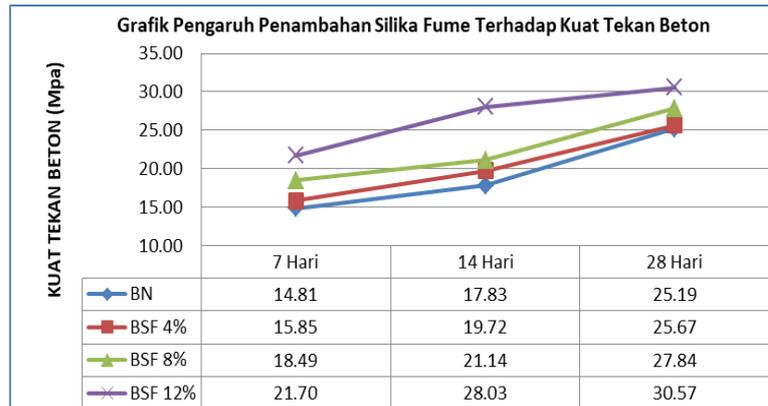


Gambar 1 Perbandingan nilai slump pada setiap variasi

Berdasarkan gambar diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi BN 94.0 , SF4% 91.3, SF8% 86.7 Dan SF12% 82.7.

4.2 Kuat tekan

Berikut adalah grafik gabungan pengaruh penambahan silika fume terhadap kuat tekan beton.



Gambar 2 Grafik gabungan pengaruh penambahan Silika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Berdasarkan grafik pengaruh penambahan silika fume terhadap kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa kenaikan Kuat Tekan pada Umur 7 Hari pada beton normal (BN) mencapai 14,81 MPa. Beton dengan variasi BSF 4% meningkat 7,0% menjadi 15,85 MPa. Beton dengan variasi BSF 8% meningkat 24,8% menjadi 18,49 MPa. Beton dengan variasi BSF 12% meningkat 46,7% menjadi 21,70 MPa. Peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari menunjukkan bahwa penambahan silika fume dapat meningkatkan kekuatan awal beton secara signifikan.

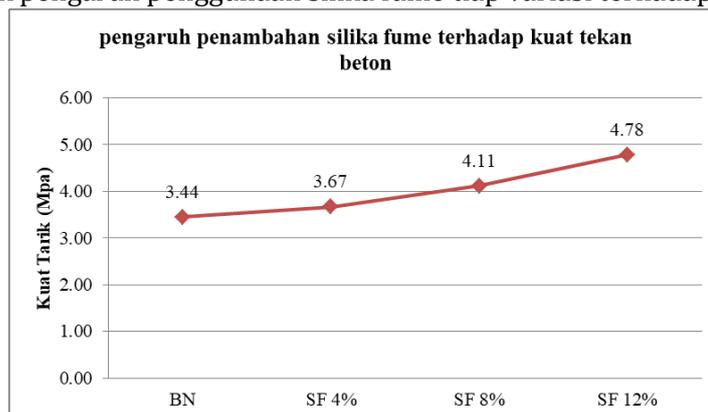
Kenaikan Kuat Tekan pada Umur 14 Hari pada Beton normal (BN) mencapai 17,83 MPa. Beton dengan variasi BSF 4% meningkat 10,6% menjadi 19,72 MPa. Beton dengan variasi BSF 8% meningkat 18,6% menjadi 21,14 MPa. Beton dengan variasi BSF 12% meningkat 57,4% menjadi 28,03 MPa. Peningkatan kuat tekan pada umur 14 hari menunjukkan bahwa penambahan silika fume dapat meningkatkan kekuatan beton secara signifikan, dengan peningkatan terbesar pada variasi BSF 12%.

Kenaikan Kuat Tekan pada Umur 28 Hari pada Beton normal (BN) mencapai 25,19 MPa. Beton dengan variasi BSF 4% meningkat 1,9% menjadi 25,67 MPa. Beton dengan variasi BSF 8% meningkat 10,5% menjadi 27,84 MPa. Beton dengan variasi BSF 12% meningkat 21,3% menjadi 30,57 MPa. Peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari menunjukkan bahwa penambahan silika fume, khususnya pada variasi BSF 12%, dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan.

Secara keseluruhan, penambahan silika fume pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton pada setiap umur pengujian. Semakin tinggi persentase silika fume yang ditambahkan, semakin besar peningkatan kuat tekan beton yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan silika fume dalam mengisi rongga-rongga pada pasta semen dan memperkuat ikatan antara agregat dan pasta semen, sehingga meningkatkan kekuatan beton.

4.3 Kuat Tarik Belah Beton

Berikut adalah grafik pengaruh penggunaan silika fume tiap variasi terhadap kuat tarik belah:



Gambar 3 Grafik pengaruh penambahan SF terhadap kuat Tarik belah beton

Berdasarkan grafik pengaruh penambahan silika fume terhadap kuat tarik belah beton. Pada beton normal (BN) memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 3,44 MPa. Setelah penambahan silika fume 4% (SF 4%) terjadi peningkatan kuat tarik belah menjadi 3,67 MPa atau meningkat sebesar 6,7% dari beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan silika fume mulai memberikan pengaruh positif terhadap kuat tarik belah beton. Pada penambahan silika fume 8% (SF 8%), kuat tarik belah beton meningkat menjadi 4,11 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 19,5% dari beton normal. Peningkatan ini lebih signifikan dibandingkan dengan penambahan SF 4%, yang menunjukkan bahwa peningkatan persentase silika fume memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap kuat tarik belah beton. Kenaikan paling signifikan terjadi pada penambahan silika fume 12% (SF 12%) dengan nilai kuat tarik belah mencapai 4,78 MPa atau meningkat sebesar 39% dari beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan silika fume 12% memberikan peningkatan kuat tarik belah yang paling optimal. Secara keseluruhan, penambahan silika fume memberikan pengaruh positif terhadap kuat tarik belah beton. Peningkatan ini disebabkan oleh kemampuan silika fume dalam mengisi rongga-rongga antar partikel semen (filler effect) dan reaksi pozzolanik yang terjadi antara silika fume dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen, sehingga menghasilkan ikatan pasta yang lebih padat dan kuat. Semakin tinggi persentase penambahan silika fume (hingga 12%), semakin besar pula peningkatan kuat tarik belah beton yang dihasilkan.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Penambahan silika fume meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. Pada umur 28 hari, beton normal (25,19 MPa) mengalami peningkatan hingga 30,57 MPa (21,3%) dengan penambahan silika fume 12%. Peningkatan tertinggi terjadi pada variasi 12% dengan kenaikan 46,7% (7 hari) dan 57,4% (14 hari). Mekanisme utamanya adalah efek pengisi partikel halus silika fume yang mengurangi porositas dan reaksi pozzolanik yang membentuk ikatan lebih kuat, sehingga meningkatkan kepadatan dan kekuatan beton.
2. Silika fume juga meningkatkan kuat tarik belah beton. Beton normal (3,44 MPa) meningkat menjadi 4,78 MPa (39%) pada penambahan silika fume 12%. Peningkatan ini disebabkan oleh kombinasi efek pengisi (mengisi rongga antar partikel semen) dan reaksi pozzolanik yang memperkuat ikatan pasta-agregat. Hasil optimal dicapai pada penambahan 12%, menunjukkan tren linear antara persentase silika fume dan peningkatan kuat tarik belah.

Daftar Rujukan

- Putra Prasetyo, E., Af, A. S., Af Suliyanto, Sugemg Riyanto. Pengaruh Penambahan Silica Fume Dalam Campuran Beton Terhadap Kuat Pada kondisi Direndam Air Tawar dan Air Laut. *Jurnal Teknik Sipil*. Politeknik Negeri Malang.
- Sutriyono, B., Trimurtiningrum, R., & Rizkiardi, A. (2018). Pengaruh Silica Fume sebagai Substitusi Semen terhadap Nilai Resapan dan Kuat Tekan Mortar (Hal. 12-21). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(4), 12. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v4i4.12>
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*, Buku Ajar. Jurusan Teknik Sipil–Magister Teknologi Bahan Bangunan–Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. T. (2003). Pemanfaatan Breksi Batu Apung Asal Pleret Untuk Pembuatan Bata Beton Ringan Sebagai Pengganti Bata Merah Pejal. In *Media Teknik*.
- Vincentius davenport, Retno Trimurtiningrum (2022). Pengaruh Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*. Vol 5. No 2. Universitas 17 Agustus 1945.
- Wicaksono, I. A. (2005). Tinjauan Permeabilitas Beton Kedap Air Sistem Integral dengan Bahan Tambah Cebex-031 dan Conplast-X421M. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

- Yra Maya Sopa N.R, Sartika Nisumanti, Denie Chandra (2023). Pengaruh Penambahan Sillica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton FC'25. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil. Vol 5. No 1. Universitas Indo Global Mandiri.
- riandini, B., & Putra Praetyo, E. (2024). *EFFECT OF HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE) PLASTIC WASTE ADDITION ON COMPRESSION STRENGTH OF PAVING BLOCK* (Vol. 5, Issue 1). <http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>
- Rahmi, S. A., Lydia, E. N., Purwandito, M., & Lisa, N. P. (2022). Analisis Perbandingan Mutu Eco Paving Block Berbahan Baku Limbah Plastik. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 395. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i2.733>