

PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA FUME TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Arman A ^{1)*}, Mulyati ²⁾, Fajar Nugroho ³⁾, Fakhrizal ⁴⁾, Hanif Fadhil Azman ⁵⁾

^{1),2),3),4)} Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Vokasi

⁵⁾ Mahasiswa Teknik Sipil Sarjana, Fakultas Teknik

^{1),2),3),4),5)} Institut Teknologi Padang

*Correspondent Author Email: arman.agung@itp.ac.id

Abstract

The development of technology in Indonesia is currently experiencing a fairly rapid development, especially in the construction sector. Concrete is one of the construction materials that is often used in various types of construction such as buildings, bridges, roads, dams and other civil infrastructure. Concrete consists of a mixture of coarse aggregate, fine aggregate, cement, water and sometimes concrete can also be added with chemicals and non-chemicals in certain ratios. Therefore, this study aims to determine the effect of the addition of Silica fume on the compressive strength of concrete. In this study using Silica fume with percentages of 0%, 4%, 7%, and 10% of the cement weight with 1 sample for each percentage. Examination of the physical properties of the concrete material is carried out in the Civil Engineering laboratory of ITP and testing of the compressive strength of concrete is carried out in the laboratory of the Department of Public Works. This research uses the standard material of SNI 7656-2012. The test object used is a steel cylinder with a diameter of 150 mm x a height of 300 mm. Based on the results of the compressive strength test of concrete carried out at the Department of Public Works laboratory at the age of 28 days from normal concrete, the compressive strength value was 27.03 MPa, concrete with the addition of 4% Silica fume experienced an increase in compressive strength of 1.59% with the obtained value. The compressive strength is 27.46 MPa, the concrete with the addition of 7% Silica fume has decreased the compressive strength by 8.38% with the obtained compressive strength value of 24.76 Mpa, and the concrete with the addition of 10% Silica fume has decreased the compressive strength by 26.89% with the obtained compressive strength value of 19.76 Mpa. From this data it is known that the optimum compressive strength value is obtained with the addition of 4% Silica fume, which is 27.46 Mpa. After conducting this research, it can be concluded that the addition of Silica fume to the mixture for making concrete can be carried out with the provisions for the addition of Silica Fume below 4% of the weight of cement..

Keywords: Concrete, Silica fume, Compressive strength of concrete

Abstrak

Perkembangan teknologi di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat, khususnya dalam bidang konstruksi. Beton merupakan salah satu material konstruksi yang sering digunakan pada berbagai jenis konstruksi seperti gedung, jembatan, jalan raya, bendungan dan inprastruktur sipil lainnya. Beton terdiri dari campuran material agregat kasar, agregat halus, semen, air dan kadang-kadang beton juga dapat ditambah dengan bahan kimia dan non-kimia pada perbandingan tertentu. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Silika fume terhadap kuat tekan beton. Pada penelitian menggunakan Silika fume dengan persentase 0%, 4%, 7%, dan 10% dari berat semen dengan 1 sampel untuk tiap persentase. Pemeriksaan sifat fisik material beton dilakukan di laboratorium Teknik Sipil ITP dan pengujian kuat tekan beton dilakukan di laboratorium Dinas PU. Penelitian ini menggunakan bahan Standar SNI 7656-2012. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder baja dengan ukuran diameter 150 mm x tinggi 300 mm. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton yang dilakukan di laboratorium Dinas PU pada umur 28 hari dari beton normal diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,03 Mpa, beton dengan tambahan Silika fume 4% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 1,59% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,46 Mpa, beton dengan tambahan Silika fume 7% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 8,38% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 24,76 Mpa, dan beton dengan tambahan Silika fume 10% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 26,89% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 19,76 Mpa. Dari data ini diketahui bahwa nilai kuat tekan optimum diperoleh pada penambahan Silika fume 4% yaitu sebesar 27,46 Mpa. Setelah melakukan penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan Silika fume untuk campuran

pembuatan beton dapat dilaksanakan dengan ketentuan untuk penambahan Silika Fume dibawah 4% dari berat semen.

Kata Kunci : Beton, Silika Fume, Kuat Tekan Beton

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat, khususnya dalam bidang konstruksi. Beton merupakan salah satu material konstruksi yang sering digunakan pada berbagai jenis konstruksi seperti gedung, jembatan, jalan raya, bendungan dan infrastruktur sipil lainnya. Beton mempunyai sifat kuat tekan. Beton terdiri dari campuran material agregat kasar, agregat halus, semen, air dan kadang-kadang beton juga dapat ditambah dengan bahan kimia dan non-kimia pada perbandingan tertentu. Oleh karena itu, perlu adanya inovasi dalam pemilihan bahan-bahan yang bermutu dan memiliki kelebihan dari bahan lainnya, yakni kekuatan, mudah didapatkan, murah dari segi biaya serta mudah perawatannya.

Menurut pedoman Beton 1989, Draft Konsensus (SKBI.1.4.53, 1989: 4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan.

Silica fume merupakan material halus yang kaya akan silika dan merupakan hasil samping dari industri silikon ferro. Silica fume berwarna abu-abu dan mempunyai diameter berukuran antara 0,1 sampai 0,2-micron meter atau sekitar 1/100 ukuran semen. Karena material silica fume merupakan hasil samping industri, maka material tersebut relatif mudah untuk didapatkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan silica 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 silica fume mempunyai efek pozzolan dan inert filler yang dapat mengisi rongga antara pasta semen dan agregat. (B Sutrisno dkk, 2018).

Apendi (2022) Meneliti tentang pengaruh kuat tekan beton dengan bahan tambah silica fume dan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen. Pada penelitian ini menggunakan ampas tebu sebesar 3%, 6%, dan 9% dari berat semen, dan silica fume concrete additive sebesar 15% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran 15 x 30 cm, untuk nilai slump 60-180 cm dengan umur beton 14 dan 28 hari. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton dengan 3 benda uji untuk setiap variasinya, sehingga jumlah keseluruhannya 24 buah benda uji. Perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Dari hasil penelitian beton normal diperoleh nilai kuat tekan pada umur 14 hari sebesar 21,08 Mpa dan pada umur 28 hari sebesar 30,11 Mpa. Sedangkan beton yang ditambah campuran abu ampas tebu 3% dan silica fume 15% pada umur 14 hari adalah sebesar 22,08 Mpa dan pada umur 28 hari sebesar 33,46 Mpa. Beton yang ditambah campuran abu ampas tebu 6% dan silica fume 15% pada umur 14 hari adalah sebesar 26,1 Mpa dan pada umur 28 hari sebesar 35,13 Mpa. Dan beton yang ditambah campuran abu ampas tebu 9% dan silica fume 15% pada umur 14 hari adalah sebesar 29,115 Mpa dan pada umur 28 hari sebesar 37,14 Mpa. Sedangkan pada beton yang ditambah campuran abu ampas tebu 9% dan silica fume 15% memperoleh hasil kuat tekan optimum yaitu sebesar 38,09 Mpa.

MA Rivai dkk (2022) Meneliti tentang pengaruh penambahan abu sisa pembakaran batu bata dan silica fume terhadap kuat tekan beton pada mutu F_c 33,2 MPA. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium beton PT. Graha Tekindo Utama Palembang yang berada di jl. Soekarno Hatta Palembang. Pengujian dilakukan dengan silica fume 1%, 2%, dan 3%, terhadap sisa abu pembakaran batu bata masing-masing 4%. Berdasarkan hasil penelitian nilai kuat tekan beton yang tertinggi didapat pada persentase silica fume 3% dan sisa abu pembakaran batu bata 4% dengan nilai kuat tekan rata-rata 391,2 kg/cm² Maka dari penelitian diatas, jika bahan tambah menggunakan bahan tambah zat kimia silica fume, gunakan persentase yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya, yaitu diatas persentase 3%.

Untuk menghasilkan beton dengan mutu cukup tinggi dibandingkan dengan beton normal, hal tersebut membutuhkan material yang bersifat pozzolan dan memiliki struktur yang sangat halus dibandingkan dengan semen. Adapun salah satu contoh material pozzolan yaitu silica fume.

Dengan penambahan silika fume yang secara fisik lebih halus di bandingkan dengan semen dan mengandung unsur silika (SiO_2), diharapkan dapat menambah kuat tekan beton.

Maka dari itu penulis berinovasi untuk menambahkan silika fume sebagai bahan tambah semen untuk campuran pembuatan beton. Silika fume yang digunakan berdasarkan ASTM C 1240 (spesifikasi standar untuk silika fume yang digunakan dalam campuran semen). Pemilihan bahan ini merupakan langkah awal untuk mengurangi ketergantungan pada semen yang berdampak buruk pada lingkungan. Dalam hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dari yang disarankan oleh peneliti sebelumnya, yaitu penggunaan silika fume di atas 3%

2. METODOLOGI

Penelitian ini bersifat eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium teknik sipil Institut Teknologi Padang (ITP) dan pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium Dinas PU Provinsi Sumatera Barat. Pada penelitian ini terdapat penambahan Silika Fume sebagai bahan tambah dari berat semen terhadap kuat tekan beton.

Penelitian diawali dengan pengujian agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus yang digunakan adalah pasir dan agregat kasar yang digunakan adalah koral). Pengujian sifat fisik yang dilakukan pada agregat, yaitu:

- 1) Pemeriksaan gradasi agregat (agregat halus dan kasar)
- 2) Pemeriksaan kotoran organik (agregat halus)
- 3) Pemeriksaan passing no.200 (agregat halus & kasar)
- 4) Pemeriksaan berat isi agregat (agregat halus & kasar)
- 5) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (agregat halus dan kasar)
- 6) Pemeriksaan keausan agregat (agregat kasar)

Kemudian, rancangan campuran beton (*mix Design*) menggunakan standar perencanaan campuran beton yang mengacu pada Standar SNI 03-2834-2000. Setelah merancang campuran beton, maka dilakukan pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tekan.

Pembuatan benda uji yang akan digunakan berbentuk silinder baja ukuran diameter 150 mm x tinggi 300 mm. sebanyak satu (1) benda uji tiap variasi campuran yang berbeda dengan umur beton 28 hari seperti yang diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Persentase Campuran Beton	Jumlah
Beton normal	1
Silika fume 4%	1
Silika fume 7%	1
Silika fume 10%	1
Total Jumlah Sampel	4

Pada saat umur beton mencapai pada umur rencana beton 28 hari setelah perawatan di dalam bak perendam, dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan *Universal Testing Machine* (UTM). Pembebanan diberikan sampai sampel runtuh yaitu pada saat beban maksimum dapat ditahan oleh sampel tersebut dan dicatat sebagai P. Analisis data dilakukan berdasarkan data hasil uji kuat tekan yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Halus

Dari hasil pengujian agregat halus yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa material agregat halus dari *quarry* Gunung Nago di penelitian ini memenuhi spesifikasi gradasi sesuai standar, masuk pada zona II (pasir sedang), berdasarkan hasil berat tertahan kumulatif sebesar 262 sehingga didapat nilai modulus kehalusan halus butir sebesar 2,62. Nilai tersebut memenuhi syarat untuk bahan beton sesuai dengan SNI ASTM C136-2012.

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar kotoran organik didapat warna yang sesuai dengan warna No. 3 pada tintometer. Warna tersebut menjelaskan bahwa kadar organik yang terkandung pada pasir masih berada pada batas normal (SNI- 03-2816-1992).

Hasil pemeriksaan bahan dapat diterangkan bahwa persentase bahan yang terdapat pada agregat halus *quarry* Gunung Nago yang lolos saringan No. 200 sebesar 1,23 %. Ini menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memiliki kandungan lumpur di bawah batas maksimum 5% SNI ASTM C 117:2012.

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh berat isi agregat halus dari sungai daerah sebesar 1,55 gr/cm³. Hasil ini menunjukkan bahwa pasir yang akan digunakan tersebut memenuhi standar SNI 7656 - 2012 dengan standard minimal 1,2 gr/cm³.

Hasil pengujian berat jenis agregat halus, menunjukkan nilai berat jenis kering sebesar 2,50 gr/cm³ dan penyerapan air 2,42 % Nilai ini sesuai dengan SNI ASTM C136-06 dengan standar berat jenis minimal 2,3 gr/cm³ dan penyerapan air maksimal 5%.

3.2 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pengujian agregat kasar yang dilakukan dapat dilihat bahwa material agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji memenuhi spesifikasi sesuai standar dengan nilai FM = 7,2. Nilai tersebut memenuhi spesifikasi gradasi masuk pada ukuran butiran max 40 mm dan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton sesuai dengan SNI ASTM C136-2012.

Dari hasil pemeriksaan bahan dapat dijelaskan bahwa persentase bahan yang terdapat pada agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji yang lolos saringan No. 200 yaitu sebesar 0,93 %. Ini menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut memiliki kandungan lumpur dibawah batas maksimum yaitu 1% SNI ASTM C 117:2012.

Dari hasil pengujian berat isi agregat kasar diperoleh berat isi agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji yaitu sebesar 1,49 gr/cm³ dengan standard minimal yaitu sebesar 1,2 gr/cm³. Ini menunjukkan bahwa agregat yang akan digunakan sebagai campuran beton memenuhi standar SNI 7656-2012.

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji dapat dilihat bahwa agregat halus memenuhi standard ASTM C 136-06 dengan standar Bj minimal sebesar 2,3 dan penyerapan air 5%.

Hasil pengujian keausan agregat kasar diperoleh keausan agregat kasar dari *quarry* Batang Kuranji dengan mesin Los Angeles yaitu sebesar 22,04 %. Ini menunjukkan bahwa nilai keausan agregat kasar memenuhi standar batas max yang diizinkan yaitu sebesar maks 27% - 30% (SNI ATM C 136-06).

3.3 Rancangan Campuran Beton (Mix Design)

Dari hasil pengujian sifat dasar material pembentuk beton di atas, kemudian dihitung perencanaan campuran beton. Dalam penelitian ini menggunakan metode SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Renacana Campuran Beton Normal).

Data Pemeriksaan dan Hitungan :

- a. Kuat tekan beton yang disyaratkan 250 Kg/cm²
- b. Jenis semen PCC

- c. Slump lapangan direncanakan 25-50 mm
- d. Ukuran maksimum agregat kasar 40 mm
- e. Menggunakan agregat halus alami dan agregat kasar (Split)
- f. Agregat halus alami zona II (Pasir Kasar)

Dari hasil perencanaan campuran beton, maka diperoleh hasil akhir untuk komposisi campuran beton/m³ untuk benda uji tanpapenambahan zat aditif, yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Campuran Beton Normal Untuk 1 Benda Uji

No.	Komposisi bahan /M ³	Berat	Satuan
1	Semen	372,369	kg
2	Air	189,908	kg
3	Pasir	846,131	kg
4	Batu pecah	950,62	kg
5	Silika Fume	649,428	g

Untuk komposisi campuran beton/ m³ untuk benda uji dengan penambahan silika fume, dihitung berdasarkan persentase silika fume, dikali dengan berat semen. Hasil perencanaan komposisi campuran beton/m³ untuk benda uji dengan penambahan silika fume 4%, 7%, dan 10% pada Tabel 3, 4, dan 5.

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton Dengan Penambahan Silika Fume 4% / M³

No.	Komposisi bahan /M ³	Berat	Satuan
1	Semen	372,369	kg
2	Air	189,908	kg
3	Pasir	846,131	kg
4	Batu pecah	950,62	kg
5	Silika Fume	63,387	g

Tabel 4. Komposisi Campuran Beton Dengan Penambahan Silika Fume 7% / M³

No.	Komposisi bahan /M ³	Berat	Satuan
1	Semen	372,369	kg
2	Air	189,908	kg
3	Pasir	846,131	kg
4	Batu pecah	950,62	kg
5	Silika Fume	110,928	g

Tabel 5. Komposisi Campuran Beton Dengan Penambahan Silika Fume 10% / M³

No.	Komposisi bahan /M ³	Berat	Satuan
1	Semen	372,369	kg
2	Air	189,908	kg
3	Pasir	846,131	kg
4	Batu pecah	950,62	kg
5	Silika Fume	158,469	g

3.4 Pembuatan Benda Uji dan Tes Slump

Setelah rancangan campuran beton selesai di buat, maka dilakukan pembuatan benda uji berdasarkan rancangan campuran tersebut. Hasilpengujian slump beton dipetlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Slump Benda Uji Beton

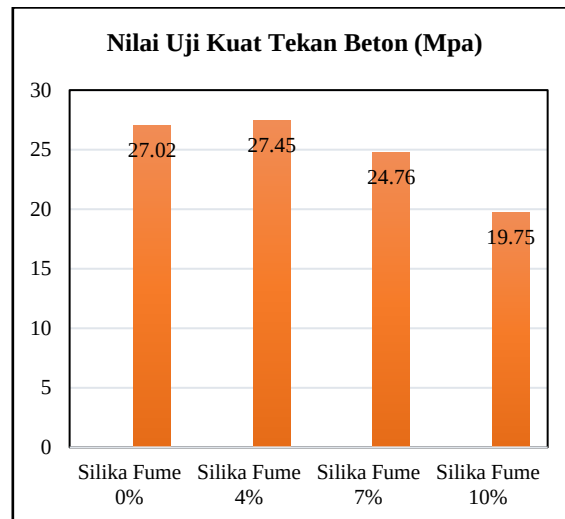
No.	Benda Uji	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Nilai Tes Slump (cm)
1	Beton normal	30-06-2022	4
2	Beton dengan campuran Silika fume 4%	30-06-2022	5
3	Beton dengan campuran Silika fume 7%	01-07-2022	4
4	Beton dengan campuran Silika fume 10%	01-07-2022	3,75

3.5 Nilai Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di laboratorium dengan rencana K-250 didapatkan nilai kuat tekan beton seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 7 dan Gambar 1.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No.	Variasi	Berat (Kg)	Kekuatan Tekanan (KN)	Kekuatan Kuat Tekan (Kg/Cm ²)	Kekuatan Kuat Tekan (Mpa)
1	Beton normal tanpa tambahan Silika fume	12488	477,4	275,53	27,02
2	Beton dengan tambahan Silika fume 4%	12362	485	279,91	27,45
3	Beton dengan tambahan Silika fume 7%	12488	437,4	252,44	24,76
4	Beton dengan Silika fume 10%	12458	349	201,42	19,75



Gambar 1. Grafik Hubungan Perbandingan Kuat Tekan Beton di Labor Dinas PU

Berdasarkan Gambar 1. Grafik Hubungan Perbandingan Kuat Tekan Beton di Labor Dinas PU, untuk pengujian kuat tekan yang dilakukan di labor Dinas PU pada umur 28 hari dari beton normal tanpa tambahan Silika fume diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,03 Mpa, dari beton dengan tambahan Silika fume 4% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 1,59% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,46 Mpa, dari beton dengan tambahan Silika fume 7% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 8,38% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 24,76 Mpa, dan dari beton dengan tambahan Silika fume 10% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 26,89% dengan diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 19,76 Mpa.

Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa penurunan kuat tekan beton normal yang di tambahkan Silika fume terjadi karena semakin banyak Silika fume yang ditambahkan kedalam campuran beton mengakibatkan bahan semen lebih sedikit yang bereaksi dengan air. Dan semakin banyak persentase Silika fume yang ditambahkan ke dalam campuran beton normal menyebabkan beton kekurangan air yang mengakibatkan sulitnya pemadatan sehingga menyebabkan beton berongga. Selain itu, persentase Silika fume yang banyak menyebabkan sejumlah besar sisa Silika fume tidak bereaksi dengan air, hanya digunakan sebagai filler dalam rongga antara pasta semen dan agregat, yang akhirnya mengakibatkan rongga hanya terisi oleh sisa Silika fume yang tidak bereaksi dengan air, sehingga menyebabkan nilai kuat tekan beton berkurang.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa penulis pengaruh penambahan Silika fume terhadap kuat tekan beton, maka secara umum dapat peneliti simpulkan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan penambahan Silika fume pada persentase 4% dapat menaikkan kuat tekan beton, tetapi semakin tinggi persentase penambahan Silika fume maka kuat tekan beton semakin turun.
- 2) Hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di labor Dinas PU pada umur 28 hari dari beton normal tanpa tambahan Silika fume diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,02 Mpa, dari beton dengan tambahan Silika fume 4% diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 27,45 Mpa, dari beton dengan tambahan Silika fume 7% diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 24,76 Mpa, dan dari beton dengan tambahan Silika fume 10% diperoleh nilai kuat tekan yaitu sebesar 19,75 Mpa. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kuat tekan optimum diperoleh pada penambahan Silika fume 4% yaitu sebesar 27,45 Mpa dan kuat tekan terendah diperoleh pada penambahan Silika fume 10% yaitu sebesar 19,75 Mpa. Perbandingan persen setiap penambahan Silika fume terhadap kuat tekan beton normal yaitu Silika fume 4% terjadi kenaikan kuat tekan yaitu sebesar

1,59%, Silika fume 7% terjadi penurunan kuat tekan yaitu sebesar 8,38%, Silika fume 7% terjadi penurunan kuat tekan yaitu sebesar 26,89%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apendi. (2022). Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Silica Fume Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Volume 2, Nomor 1, Januari 2022*, 1-11.
- [2] Arman A. (2018). Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar SNI 7656-2012 Dan ASTM C 136-06. *Rang Teknik Journal Vol. I, No. 2, Juni 2018*, 142-148.
- [3] ASTM C 1240-05. 2005 "Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixture".
- [4] Haris, S., & Firdaus, R. (2021). Pengaruh Penggunaan Silica Fume Powder Terhadap Kuat Tekan Beton. *ISU TEKNOLOGI STT MANDALA VOL.16, NO.1, JULI 2021*, 97-102.
- [5] Haruna, H. (2021). Penggunaan Batu Apung Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Dengan Penambahan Silica Fume. *Universitas Bosowa, 2021*, 1-56.
- [6] Kimi, S., & Alghifari, A. A. (2019). Pengaruh Penambahan Silica Fume dan Glenium Sky Terhadap Kuat Tekan Beton K-400. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil VOL 06, NO. 02, Desember 2019*, 116-122.
- [7] Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
- [8] Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: ANDI.
- [9] Prayuda, H., & Saleh, F. (2019). Kuat Tekan Beton Awal Tinggi Dengan Variasi Penambahan Superplasticizer dan Silica Fume. *Media Teknik Sipil Volume 17, Nomor 1, Februari 2019*, 36-43.
- [10] Rivai, M. A., Jonizar, & Diastara, R. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Sisa Pembakaran Batu Bata dan Silika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil VOL 07, NO. 02, Desember 2021*, 114-120.
- [11] Riyanto, E., Widyananto, E., & Renaldy, R. R. (2021). Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Silica Fume dan Kapur Tohor. *Inersia Vol.17, No.1, Mei 2021*, 19-26.
- [12] SNI 7656-2012. *Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- [13] NI ASTM BIBLIOGRAPHY C117:2012. *Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dengan Saringan 75 (No. 200) dalam Agregat Mineral dengan Pencucian*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- [14] SNI ASTM C136-2012. *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C136-06, IDT)*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- [15] Srihayati, B. V., Murtiadi, S., & Kencanawati, N. N. (2021). Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Silica Fume Sebagai Pengganti Sebagai Semen. *SIGMA: Jurnal Teknik Sipi Vol. 1, No. 1, Februari 2021*, 37-45
- [16] Sutriyono, B., Trimurtiningrum, R., & Rizkiardi, A. (2018). Pengaruh Silica Fume sebagai Substitusi Semen terhadap Nilai Resapan dan Kuat Tekan Mortar. *Reka Racana: Jurnal Teknik Sipil No. 4, Vol. 4, Desember 2018*, 12-21.