

Analisis Pengaruh *Admixture Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Hilman Galih Santosa^[1], Lely Hendarti^[2]

^[1] Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Surakarta

^[2] Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Surakarta

Email: hilmansantosa13@gmail.com, hendartilely@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pembuatan beton, penggunaan bahan tambahan pada campuran beton bertujuan untuk mengubah, memperbaiki sifat-sifat beton, serta meningkatkan kuat tekan beton. Salah satu bahan tambah pada campuran beton adalah *silica fume*. *Silica fume* adalah bahan pozzolan berukuran sangat halus yang digunakan sebagai pengisi dalam campuran beton untuk meningkatkan densitas dan kekuatan komposit beton.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *silica fume* sebagai bahan tambah (*admixture*) terhadap sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan dan kuat lentur. Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimental di mana variabel eksperimen adalah konsentrasi *silica fume* sebesar 10% dari berat semen.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat dari 24,26 MPa tanpa *admixture* menjadi 27,04 MPa dengan penambahan *silica fume* 10%. Hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 11,52% dalam kuat tekan beton akibat penggunaan *silica fume*. Selain itu, kuat lentur beton juga mengalami peningkatan yang signifikan, dari 2,86 MPa tanpa *admixture* menjadi 3,22 MPa dengan penambahan *silica fume*, menunjukkan kenaikan sebesar 12,58%. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan *silica fume* secara positif mempengaruhi sifat mekanis beton, dengan meningkatkan baik kuat tekan maupun kuat lentur. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami potensi *silica fume* sebagai bahan tambah untuk meningkatkan performa beton dalam aplikasi konstruksi.

Kata Kunci: Beton, *Admixture*, *Silica fume*, Kuat Tekan, Kuat Lentur

ABSTRACT

In concrete production, the use of additives in concrete mixtures aims to alter and improve concrete properties, as well as enhance its compressive strength. One such additive is silica fume, a finely divided pozzolan material used as a filler in concrete mixtures to increase density and composite strength.

This study aims to investigate the influence of adding silica fume as an admixture on the mechanical properties of concrete, particularly compressive and flexural strength. The research was conducted using an experimental approach,

with the experimental variable being a silica fume concentration of 10% by weight of cement.

The test results indicate that the compressive strength of concrete increased from 24.26 MPa without the admixture to 27.04 MPa with the addition of 10% silica fume. This represents an increase of 11.52% in compressive strength due to the use of silica fume. Furthermore, the flexural strength of concrete also showed a significant increase, from 2.86 MPa without the admixture to 3.22 MPa with silica fume addition, indicating an increase of 12.58%. These results indicate that the addition of silica fume positively affects the mechanical properties of concrete, enhancing both compressive and flexural strength. This research contributes significantly to understanding the potential of silica fume as an additive to improve concrete performance in construction applications.

Keywords: concrete, admixture, silica fume, compressive strength, flexural strength

1. PENDAHULUAN

Pembuatan beton, penggunaan bahan tambahan pada campuran beton bertujuan untuk mengubah, memperbaiki sifat-sifat beton, serta meningkatkan kuat tekan beton. Ada dua macam bahan tambah yang dapat digunakan pada campuran beton, yaitu bahan tambah berupa kimia (*chemical admixture*) dan bahan tambah berupa mineral atau (*admixture additive*). Salah satu bahan tambah yang bisa digunakan dalam pencampuran beton adalah *silica fume*. *Silica fume* merupakan bahan tambah mineral (*admixture additive*) yang berupa material pozzolan halus, memiliki ukuran partikel yang sangat kecil. Oleh karena partikelnya yang sangat kecil, *silica fume* berperan sebagai filter pada beton sehingga campuran pada beton mengalami proses penjenuhan yang dapat meningkatkan tekan pada beton.

Dalam pengecekan mutu beton, indikator yang digunakan yaitu hasil dari kuat tekan dan kuat lentur pada beton. Kuat lentur balok mengacu pada kemampuan balok untuk menahan momen lentur yang disebabkan oleh beban yang bekerja pada balok. Penelitian ini bermaksud untuk memperoleh hasil kuat lentur dari balok beton yang menggunakan bahan tambah (*admixture*) berupa *Silica fume* dengan penambahan 10% untuk mengetahui berapa besar pengaruh bahan tambah terhadap kuat lentur tekan dan kuat lentur beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

N.R Sopa Maya, Nisumati Sartika dan Chandra Denie (2023), melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *Silica Fume* dengan variasi kadar *Silica Fume* sebesar 10 % dan 20%. Metode yang digunakan yaitu eksperimental sesuai dengan standar SNI 03-2834-2000. Hasil yang diperoleh menunjukkan kuat tekan optimum terdapat pada kadar silica sebesar 20% dengan kuat tekan beton 2,70 MPa pada umur beton 28 hari. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar *silica fume* maka *workabilitas* beton semakin berkurang karena sifat *silica fume* yang menyerap air.

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan selain air, agregat, atau semen yang ditambahkan ke dalam campuran beton segera atau selama

pencampuran. Fungsi campuran tambahan adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar lebih sesuai atau ekonomis untuk tugas tertentu atau tujuan lain seperti penghematan energi. Aditif ditambahkan ke campuran beton untuk mengurangi waktu pengeringan dan memfasilitasi pencapaian kekuatan. (Nawy, 1990). Bahan tambahan kimia (*Chemical Admixture*) dicampur ke dalam campuran beton dengan tujuan untuk memberikan sifat yang sedikit berbeda pada beton segar atau beton yang dibuat darinya, misalnya sifat pemrosesan yang lebih mudah, sifat pengikatan yang lebih cepat, laju kenaikan kekuatan meningkat lebih cepat. Sebelum menggunakan bahan tambahan kimia, sebaiknya dilakukan percobaan laboratorium terlebih dahulu untuk memastikan manfaat bahan tambahan. (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992).

Aditif hanya berguna jika pengaruhnya terhadap beton telah dievaluasi secara cermat, terutama pada kondisi di mana beton tersebut kemungkinan akan digunakan. Bahan tambahan biasanya ditambahkan dalam jumlah yang relatif kecil dan harus diawasi secara ketat untuk memastikan bahan tambahan tidak menurunkan sifat beton. Properti yang ditingkatkan mencakup laju hidrasi atau waktu pengeringan, kemudahan pemrosesan, dan ketahanan air. (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992).

Silica fume merupakan campuran mineral berupa bahan pozzolan yang halus. Ukuran partikel *silica fume* sangat kecil dan berperan sebagai bahan pengisi pada beton, sehingga campuran beton dapat mengalami proses saturasi dan meningkatkan kuat tekan beton. *Silica fume* merupakan bahan tambahan mineral berupa pozzolan yang halus. *Silica fume* berperan sebagai bahan pengisi dan pozzolan yang reaktif secara kimia pada campuran beton. *Silica fume* memiliki ukuran yang sangat halus yaitu 0,1 hingga 1 mikron, lebih kecil dari partikel semen yang memiliki ukuran 5 hingga 50 mikron. *Silica fume* yang mempunyai ukuran partikel yang sangat halus mempunyai kemampuan untuk mengisi rongga antar partikel semen, sehingga campuran beton mengalami proses jenuh (padat) yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. *Silica fume* merupakan produk samping sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* di tungku listrik. Mikrosilika ini merupakan pozzolan yang mempunyai proporsi senyawa silika-dioksida (SiO_2) yang sangat tinggi (lebih dari 90%) dan ukuran partikel yang sangat halus yaitu sekitar 1/100 dari ukuran rata-rata partikel semen sudah siap. Oleh karena itu, penggunaan mikrosilika pada secara umum memberikan kontribusi yang lebih efektif terhadap kinerja beton, terutama untuk beton mutu sangat tinggi. Hal ini juga dapat meningkatkan ikatan antara pasta beton dan agregat sehingga meningkatkan kekuatan beton. Oleh karena itu, perlu adanya penggunaan *silica fume* itu sendiri untuk mengurangi jumlah semen pada campuran beton sehingga dampak penggunaan semen dalam jumlah besar dapat diatasi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk memperoleh hasil penelitian yang sesuai dengan perencanaan, diperlukan tahapan-tahapan penelitian yang teratur, mulai dari tahap awal hingga diperoleh hasil akhir dari penelitian ini. Tahapan yang disusun dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Penyediaan Bahan dan Persiapan Alat**
Pada tahap ini dilakukan persiapan yang meliputi kegiatan penyediaan bahan penyusun beton seperti semen, agregat halus, agregat kasar, air, bahan tambahan (*silica fume*), serta persiapan peralatan yang akan digunakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Surakarta.
2. **Pemeriksaan Bahan Dasar**
Pada tahap ini dilakukan pengujian kualitas agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan dalam pencampuran beton. Pengujian agregat halus mencakup berat jenis, penyerapan, SSD, kandungan lumpur, gradasi agregat, dan kandungan bahan organik. Sedangkan pengujian agregat kasar mencakup berat jenis, gradasi, dan keausan agregat.
3. **Perencanaan Campuran Beton Menggunakan Metode SNI 03-2834-2000**
Pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI untuk menentukan komposisi semen, silica fume, agregat halus, agregat kasar, dan air sesuai rumus yang terdapat pada BAB II.
4. **Pengujian Beton Segar (*Slump Test*)**
Pada tahap ini dilakukan pengujian beton segar menggunakan slump test untuk memantau homogenitas dan workability beton.
5. **Pembuatan Benda Uji**
Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji berupa silinder beton, balok beton, dan perawatan beton. Campuran adukan beton dibuat sesuai proporsi yang direncanakan, dilakukan uji slump test untuk memastikan spesifikasi beton. Benda uji dibuat dengan cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, serta cetakan balok berukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15cm.
6. **Uji Kekuatan Benda Uji**
Pada fase ini, dilakukan pengujian kekuatan tekan silinder beton dan kekuatan lentur beton yang telah berumur 28 hari. Sebelum pengujian dilakukan, semua benda uji harus diukur dan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat jenis beton dan dimensi benda uji.
7. **Analisis Data dan Diskusi**
Pada tahap ini, dilakukan analisis data yang diperoleh dari tahap sebelumnya, serta diskusi dari hasil penelitian untuk mencapai kesimpulan.
8. **Penyusunan Laporan**
Tahap terakhir adalah penyusunan laporan. Semua data hasil pengujian direkap dan dicatat dengan rapi, kemudian diolah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini semua bahan yang diperlukan dalam penelitian harus dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu, dengan tujuan untuk mengetahui kualitas bahan yang digunakan dalam penelitian. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Surakarta, sebagai berikut:

Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dalam penelitian ini meliputi pengujian kandungan zat organik, *saturated surface dry* (SSD), kandungan lumpur,

berat jenis, penyerapan, dan gradasi pasir. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil pengujian yang disajikan dalam Tabel 1

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan	Peraturan
Kandungan Bahan Organik	No. 3	$\leq$ No. 3	Memenuhi Syarat	SNI 2816-2014
Nilai Saturated Surface Dry (SSD)	3,8 cm	$> 3,5$ cm	Memenuhi Syarat	SNI 03-1970-2008
Berat Jenis	2,73	$\pm 2,50$	Memenuhi Syarat	SNI 03-1970-2008
Penyerapan Air	0,14%	< 3 %	Memenuhi Syarat	SNI 03-1970-2008
Kandungan Lumpur	3,15%	< 5 %	Memenuhi Syarat	SNI ASTM C117:2012
Gradasi Agregat Halus	Daerah I	Daerah I – IV	Memenuhi Syarat	SNI ASTM C136:2012

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 2 Gradasi Agregat Halus

No	Ukuran Ayakan (mm)		Berat Ayakan (gr)	Berat Ayakan + Pasir (gr)	Berat AH (gr)	Presentase AH Tertinggal (%)	Presentase Kumulatif (%)	
	Inch	Mm					Tertinggal	Lolos
1	No. 3/8	9,5	470	470	0	0	0	100
2	No. 4	4,75	510	510	0	0	0	100
3	No. 8	2,36	430	549	119	11,9	11,9	88,1
4	No. 16	1,18	470	673	203	20,3	32,2	67,8
5	No. 30	0,6	430	992	562	56,2	88,4	11,6
6	No. 50	0,3	330	398	68	6,8	95,2	4,8
7	No. 100	0,15	470	497	27	2,7	97,9	2,1
8	No. 200	0,075	300	321	21	2,1	100	0
					1000	100	425,6	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \Sigma \% \text{ Kumulatif tertinggal} : 100 \\
 &= 425,6 : 100 \\
 &= 4,26
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Persen Butiran Lewat Ayakan (%) untuk Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Persen berat butir lewat ayakan				Hasil Penelitian (%)
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV	
9,5	100	100	100	100	100
4,75	90-100	90-100	90-100	95-100	100
2,36	60-95	75-100	85-100	95-100	88,1
1,18	30-70	55-90	75-100	90-100	67,8
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100	11,6
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50	4,8
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15	2,1

Sumber: Buku Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodinuljo, 2009

Pengujian Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar split (batu pecah) yang dipakai dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis, penyerapan, dan gradasi agregat kasar. Hasil-hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan	Peraturan
Berat Jenis	2,81	2,5 – 2,7	Tidak Memenuhi	SNI 03-1969- 1990
Penyerapan Air	0,04	< 3 %	Memenuhi Syarat	SNI 03-1969- 1990
Gradasi Agregat Kasar	Tidak Masuk Spesifikasi	Daerah I – IV	Tidak Memenuhi	SNI ASTM C136:2012
Modulus Halus Butir (MHB)	6,99	5 – 8	Memenuhi Syarat	SNI 03-1970-1990

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

1) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Dari Tabel 4 diperoleh penyerapan agregat kasar 20 mm sebesar 0,04%, sehingga agregat kasar memenuhi syarat 3%. Untuk pengujian berat jenis agregat kasar 20 mm sebesar 2,85, maka dapat disimpulkan bahwa untuk agregat kasar dalam pengujian tidak memenuhi syarat sebagai agregat normal karena berat jenisnya berkisar 2,5 – 2,7. Dengan demikian agregat kasar kurang baik untuk digunakan dalam campuran beton.

2) Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Kasar

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 diperoleh modulus halus butir (MHB) agregat kasar 20 mm sebesar 6,99, jadi agregat kasar memenuhi persyaratan yaitu 5 – 8 sehingga agregat kasar baik untuk digunakan dalam campuran beton.

Tabel 5 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

No	Ukuran Ayakan (mm)		Berat AK (gr)	Presentase AK Tertinggal (%)	Presentase Komulatif (%)	
	Inch	mm			Tertinggal	Lolos
1	No. 1½	40	0,00	0,00	0,00	100
2	No. ¾	19	161	8,05	8,05	92,67
3	No. 3/8	9,51	1708	85,40	93,45	5,09
4	No. 4	4,75	74	3,70	97,15	2,86
5	No. 8	2,36	57	2,85	100	0,00
6	No. 16	1,18	0	0,00	100	0,00
7	No. 30	0,6	0	0,00	100	0,00
8	No. 50	0,3	0	0,00	100	0,00
9	No. 100	0,15	0	0,00	100	0,00
			2000	100	698,65	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \Sigma \% \text{ Kumulatif tertinggal} : 100 \\
 &= 698,65 : 100 \\
 &= 6,99
 \end{aligned}$$

Pengujian Beton

Pengujian beton adalah langkah krusial dalam memastikan kekuatan dan ketahanan material ini dalam berbagai kondisi. Dengan metode pengujian yang tepat, kita dapat memastikan bahwa beton memenuhi standar keamanan dan keandalan yang diperlukan untuk konstruksi yang aman dan berkualitas. Pada penelitian kali ini, pengujian yang dilakukan untuk memastikan kualitas beton adalah *workability* adukan beton, kuat tekan beton, dan kuat lentur beton.

a) *Workability* Adukan Beton

Workability adukan beton dengan cara melakukan uji slump test dengan tujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton dari nilai slump agar dapat memenuhi syarat yang ditentukan. Kekentalan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian slump test maka harus diambil langsung dari mesin pengaduk dengan menggunakan ember atau alat yang tidak menyerap air. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kerucut *Abram's* yang berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian slump test disajikan pada tabel.

Tabel 6 Hasil Pengujian Slump Test

Campuran	Admixture	Nilai <i>Slump Test</i> (cm)	Rata-rata (cm)
1	-	12,5	11,9
		11,4	
2	<i>Silica fume</i> 10%	10,9	10,6
		10,3	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Menurut SNI Nilai slump test yang sesuai untuk pengerjaan pelat, balok, kolom, dan dinding adalah sebesar 7,5 – 15 cm. Nilai *slump test* yang didapatkan untuk beton tanpa *admixture* sebesar 11,9cm dan beton dengan *admixture* sebesar 10,6cm. Hasil penelitian tersebut menunjukkan nilai *slump test* memenuhi syarat.

b) Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan yaitu *compression testing machine*. Hasil dari percobaan kuat lentur yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Campuran	Dimensi		Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
		Tinggi (cm)	Diameter (cm)		
1	Tanpa <i>Admixture</i>	30	15	25,53	24,46
2		30	15	23,61	
3		30	15	24,23	
4	Dengan <i>Admixture</i>	30	15	26,69	27,04
5		30	15	27,97	
6		30	15	26,21	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Berdasarkan tabel hasil pengujian kuat tekan beton di atas, diketahui rata-rata kuat tekan beton tanpa *admixture* yaitu 24,46 MPa dan kuat tekan rata-rata beton dengan *admixture* yaitu 27,04 MPa. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kuat sebesar 10,57% pada beton dengan *admixture*.

c) Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan menggunakan alat *Hydraulic Concrete Beam Testing Machine*. Hasil pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada 8.

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

No	Sam pel	Panjang Sampel (mm)	Jarak Bentang (mm)	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Gaya (N)	Kuat Lentur (MPa)	Rata-rata (Mpa)
1	R1	600	450	151	149	12160.25	2.45	2.86
2	R2	600	450	151	150	16082.91	3.20	
3	R3	600	450	148	150	14513.84	2.94	
4	R4	600	450	152	150	16082.91	3.17	3.22
5	R5	600	450	150	150	14317.71	2.86	
6	R6	600	450	150	150	18142.30	3.63	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Berdasarkan tabel hasil pengujian kuat lentur beton di atas, diketahui rata-rata kuat tekan beton tanpa *admixture* yaitu 2,86 MPa dan kuat tekan rata-rata beton dengan *admixture* yaitu 3,22 MPa. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 12,58% pada beton dengan *admixture*.

5. KESIMPULAN

Dari Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton tanpa *admixture* adalah 24,26 MPa dan kuat lentur pada beton tanpa *admixture* adalah 2,86 MPa.
2. Hasil pengujian kuat lentur beton dengan penambahan *admixture silica fume 10%* adalah 27,04 MPa dan kuat lentur pada beton dengan penambahan *admixture silica fume* adalah 3,22 MPa.
3. Kuat tekan beton tanpa *admixture* yaitu 24,46 MPa dan kuat tekan rata-rata beton dengan *admixture* yaitu 27,04 MPa. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kuat sebesar 10,57% pada beton dengan *admixture*. Pengujian kuat lentur pada beton tanpa penambahan *admixture* mendapatkan hasil rata-rata 2,86 MPa dan beton dengan penambahan *admixture silica fume 10%* mendapatkan hasil rata-rata 3,22 MPa. Penambahan *admixture* menyebabkan kuat lentur beton meningkat sebesar 0,36 MPa atau 12,58%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *admixture silica fume* berpengaruh pada peningkatan kuat tekan dan kuat lentur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (N.D.). *SNI 15-2049-2004. Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim. (N.D.). *SNI 1969:2008. Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (N.D.). *SNI 1972: 2008. Cara Pengujian Slump Beton*.
- Anonim. (N.D.). *SNI 1972: 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim. (N.D.). *SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim. (N.D.). *SNI 2493:2011. Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton*.
- Anonim. (N.D.). *SNI 2847: 2019. Balok*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim. (N.D.). *SNI 7656:2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*.
- Anonim. (N.D.). *SNI 7974:2013. Spesifikasi Air Pencampuran Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidraulis (ASTM C 1602-06, IDT)*.
- Dipohusodo. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gina, M. B., & Amalia. (2019). *Kualitas Beton Berpori Dengan Bahan Tambah Silica Fume Sebagai Bahan Perkerasan Kaku Yang Ramah Lingkungan*. Jakarta: POLITEKNOLOGI Vol. 18, No. 1.

- Gunawan, P. (2014). Pengaruh Penambahan Serat Galvalum Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Lentur, Toughness, Dan Stiffness. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 2 No. 2.
- Hugo, R. (2020). PENGARUH PENAMBAHAN SILICA FUME PERHADAP BETON SEL COMPACTING CONCRETE (SCC). *E-Jurnal Bunghatta*, Vol. 2 No 2.
- Maya, S., Sartika, N., & Denie, C. (2023). *Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Kuat Tekan Beton Fc' 25*. Surabaya: Proteksi Vol. 5 No. 1.
- Mochamad, S., & Ayu, A. (2023). *Pengaruh Silica Fume Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi High Volume Fly Ash (HVFA)*. Purwokerto.
- Nawy, E. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan*. Bandung: PT. Rafika Aditama.
- Supriyadi. (2013). Studi Analisis Lentur Pada Balok Tumpuan. *Jurnal Konstruksia*, Volume 4 Nomer 2.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit.
- Triyono, A. L., & Widyaningsih, E. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume 20% Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash. *Prosiding FTSP Series 6*.
- Wahyu, L., & Rahim. (1999). *Struktur Beton Bertulang Standar Baru Snit-15-1991-03*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Wiersma. (1991). *Research Method In Education*. Boston: Allyn And Bacon.