

Analisis Kuat Tekan Beton dengan Pemanfaatan *Silica Fume* dan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Semen Sebagian

Efrilia Rahmadona*, Kiki Rizky Amalia, Luthfiyah Ulfah, Norca Praditya

Politeknik Negeri Sriwijaya

*Correspondence: efriliarahmadona@polsri.ac.id

Abstrak. Kegiatan konstruksi membutuhkan beton sebagai material yang banyak digunakan. Beton terdiri dari beberapa komposisi, yaitu agregat halus, agregat kasar, air, dan semen *portland* sebagai material utama untuk bahan pengikatnya. Produksi semen menyumbang sekitar 6% emisi karbon yang dapat merusak lingkungan diantaranya pemanasan global, serta penggunaan material semen yang tinggi pada campuran beton, maka diperlukan material alternatif untuk pengganti semen atau bahan tambahan semen untuk campuran beton. Material alternatif yang digunakan pada penelitian ini ialah *fly ash* dan *silica fume*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian dan karakteristik beton yang menggunakan *silica fume* dan *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen serta pengaruh perbandingan *silica fume* dan *fly ash* terhadap kuat tekan beton. Penelitian dilakukan dengan pengujian langsung di laboratorium. Adapun campuran variasi Fly Ash (FA) dan Silica Fume yang digunakan adalah : FA 10% dan SF 5%, FA 15% dan SF 5%, FA 20% dan SF 20%, FA 25% dan SF 10%. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada umur beton 28 hari menunjukkan bahwa pemanfaatan *silica fume* dan *fly ash* untuk menggantikan semen belum bisa dikatakan berhasil meningkatkan kekuatan beton. Nilai kuat tekan tertinggi dicapai variasi 3 yaitu dengan kadar *fly ash* 20% dan *silica fume* 10% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 19,44 Mpa, hal tersebut menunjukkan kekuatan yang dicapai masih sebatas untuk beton mutu rendah dibawah 20 Mpa.

Kata Kunci: Beton, *Fly Ash*, *Silica Fume*, Semen Portland

Abstract. Construction activities require concrete as a widely used material. Concrete consists of several compositions, namely fine aggregate, coarse aggregate, water, and Portland cement as the main material for the binder. Cement production contributes around 6% of carbon emissions which can damage the environment, including global warming, and the use of high levels of cement material in concrete mixtures, so alternative materials are needed to replace cement or cement additives for concrete mixes. Alternative materials used in this research are fly ash and silica fume. This research aims to determine the test results and characteristics of concrete using silica fume and fly ash as partial cement substitute materials as well as the effect of the ratio of silica fume and fly ash on the compressive strength of concrete. The research was carried out by direct testing in the laboratory. The various mixtures of Fly Ash (FA) and Silica Fume used are: FA 10% and SF 5%, FA 15% and SF 5%, FA 20% and SF 20%, FA 25% and SF 10%. Based on the results of compressive strength tests carried out at 28 days of concrete, it shows that the use of silica fume and fly ash to replace cement cannot be said to have succeeded in increasing the strength of the concrete. The highest compressive strength value was achieved by variation 3, namely with a fly ash content of 20% and 10% silica fume, producing a compressive strength value of 19.44 Mpa, this shows that the strength achieved is still limited to low quality concrete below 20 Mpa.

Keywords: Concrete, *Fly Ash*, *Silica Fume*, Portland Cement

PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling populer dan sering digunakan (Zuraidah & Hastono, 2018). Pada umumnya, beton tersusun dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen *portland* sebagai material utamanya untuk bahan pengikat (Mulyadi et al., 2022). Semen merupakan komoditi yang sangat strategis, dengan adanya pembangunan infrastruktur yang semakin masif mengakibatkan permintaan akan produksi semen semakin meningkat. Produksi semen menyumbang sekitar 6-7% emisi karbon yang dapat merusak lingkungan, dampak yang diakibatkan salah satunya pemanasan global (Miller et al., 2016). Oleh sebab itu, diperlukan material alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton yang ramah lingkungan.

Material alternatif yang dianggap bisa digunakan sebagai pengganti sebagian semen adalah material dengan sifat pozzolan. Pozzolan merupakan bahan yang mengandung aluminium dan silika, secara kimiawi dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida (senyawa yang terbentuk dari reaksi semen

dan air) membentuk kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat, sehingga memiliki sifat semen (Sinulingga, 2014). Pozzolan terbagi menjadi dua jenis, yaitu pozzolan alami dan pozzolan buatan. Contoh bahan pozzolan antara lain slag, yang merupakan pozzolan alami, dan slag, fly ash, dan silica fume, yang merupakan pozzolan buatan (Sutriono et al., 2018).

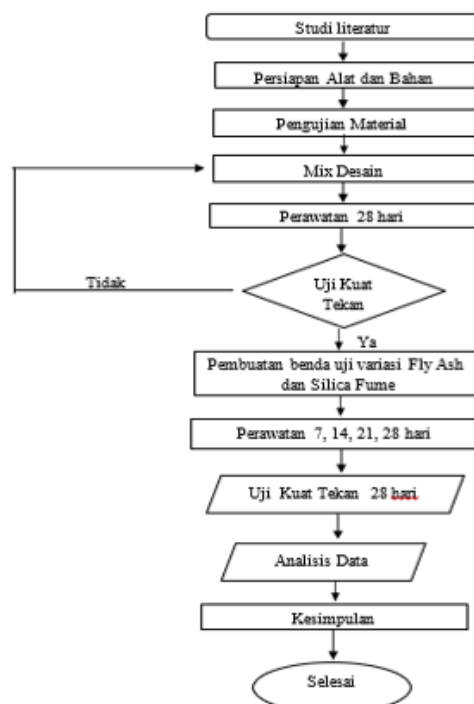
Limbah sandblasting (silica fume) pada proses produksi beton dapat bereaksi secara kimia dengan cairan alkali pada suhu tertentu sehingga membentuk bahan campuran yang memiliki sifat seperti semen. Saat ini limbah sandblasting dari industri baja dan perkapalan semakin meningkat dan menumpuk, untuk mengurangi volume tersebut, maka perlu dimanfaatkan sehingga dapat digunakan kembali. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan mortar beton dengan campuran silica fume 10% dan fly ash 15% menyamai kekuatan mortar beton normal (Sinulingga, 2014). Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan silica fume dan fly ash memberikan peningkatan kekuatan mortar beton, akan tetapi untuk campuran beton masih belum diketahui bagaimana pengaruhnya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini menggunakan material silica fume dan limbah batubara berupa fly ash sebagai bahan substitusi sebagian semen dengan menggunakan beton sebagai benda uji. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan silica fume dan fly ash sebagai bahan substitusi sebagian semen pada campuran beton serta pengaruh perbandingan silica fume dan fly ash terhadap kuat tekan beton.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya, dengan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode penelitian eksperimen. Adapun pengujian yang dilakukan ialah pengujian material untuk agregat (agregat kasar dan agregat halus), Pengujian agregat untuk semen, pembuatan mix design, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian kuat tekan beton. Pembuatan benda uji yang dilakukan berdasarkan proporsi campuran bahan mengacu pada SNI-03-2834-2000 tentang rencana campuran beton normal. Benda uji silinder dibuat dengan variasi Silica fume dan fly ash sebagai substitusi semen sebagian (Indonesia & Nasional, 2000), yaitu :

1. Benda Uji Variasi SF 5% FA 10% = 3 buah
2. Benda Uji Variasi SF 5% FA 15 % = 3 buah
3. Benda Uji Variasi SF 10% FA 20 % = 3 buah
4. Benda Uji Variasi SF 10% FA 25 % = 3 buah

Tahapan (proses) yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian Sumber : Penulis, 2023

Penelitian yang dilakukan adalah dengan membuat sampel benda uji silinder dengan ukuran 15 x 30 cm, selanjutnya melakukan pengujian material agregat dan semen di Laboratorium serta membuat benda uji beton campuran *silica fume* dan *fly ash* sesuai dengan variasi yang telah ditentukan.

HASIL

Berdasarkan hasil pengujian material, didapatkan berat jenis agregat kasar SSD 2,545 dan berat jenis agregat halus SSD 2,475. Nilai-nilai tersebut telah memenuhi standar SNI-03-1970-1990 (Lingkup, 1990). Berdasarkan data- data pengujian material agregat, rata-rata telah memenuhi standar spesifikasi, hasil pengujian material agregat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material Agregat

No	Jenis Pengujian	Hasil	Standar yang berlaku		Keterangan
			Peraturan	Nilai	
1	Analisa saringan Agregat Halus	3,89 %	SNI 03-1750-1990	1,5%-3,8%	Memenuhi
2	Analisa saringan Agregat Kasar	2,56 %	SNI 03-1968-1990	5%-8%	Tidak Memenuhi
3	Berat Jenis Agregat Halus	2,47	SNI 03-1970-1990	2,5-2,7	Memenuhi
4	Penyerapan Agregat Halus	4,82 %	SNI 03-1970-1990	3%	Memenuhi
5	Berat Jenis Agregat Kasar	2,54	SNI 03-1969-2008	2,5-2,7	Memenuhi
6	Penyerapan Agregat Kasar	1,49 %	SNI 03-1969-2008	3%	Memenuhi
7	Bobot Isi Gembur Agregat Halus	1,2208	SNI 03-4804-1998	Minimal 1,2	Memenuhi
8	Bobot Isi Padat Agregat Halus	1,3401	SNI 03-4804-1998	Minimal 1,2	Memenuhi
9	Bobot Isi Gembur Agregat Kasar	1,3274	SNI 03-4804-1998	Minimal 1,2	Memenuhi
10	Bobot Isi Padat Agregat Kasar	1,4977	SNI 03-4804-1998	Minimal 1,2	Memenuhi
11	Kadar Air Agregat Halus	9,07 %	SNI 03-1971-1990	3%-5%	Tidak Memenuhi
12	Kadar Lumpur Agregat Halus	1,02 %	SNI 03-4142-1996	Kurang dari 5%	Memenuhi
13	Kadar Air Agregat Kasar	4,15 %	SNI 03-1971-1990	Kurang dari 5%	Memenuhi
14	Kadar Lumpur Agregat Kasar	5,05 %	SNI 03-4142-1996	Kurang dari 1%	Memenuhi
15	Kekerasan Agregat	2,20%	SII 0052-80	< 30%	Memenuhi
16	Berat Jenis Semen	3,01	SNI-15-2531-1991	Minamal 3,0-3,20gr	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Dalam perencanaan beton dalam penelitian ini menggunakan *material Silica fume dan fly ash* sebagai pengganti semen sesuai dengan kadar yang telah ditentukan. Berikut tabel perhitungan perencanaan campuran beton pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Proporsi Campuran Untuk Tiap 3 sampel benda uji Silinder

No	Kode Benda Uji	Kadar Variasi (%)		Berat (Kg)					
		Silica Fume (SF)	Fly Ash (FA)	SF	FA	Semen	Pasir	Split	Air
1	CF1	5%	10%	0,380	0,76	6,46	10,81	20,08	3,80
2	CF2		15%	0,380	1,14	6,08	10,81	20,08	3,80
3	CF3	10%	20%	0,761	1,52	5,32	10,81	20,08	3,80
4	CF4		25%	0,761	1,90	4,94	10,81	20,08	3,80

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 sampel yang terdiri dari beton campuran material pengganti semen sebagian dengan *Fly Ash* (FA) dan *Silica Fume* (SF), menggunakan variasi (SF 5% FA 10%); (SF 5%, FA 15%); (SF 10%,FA 20%); (SF 10%,FA 25%). Hasil pengujian untuk variasi 1 Silica Fume 5% dan Fly Ash 10%

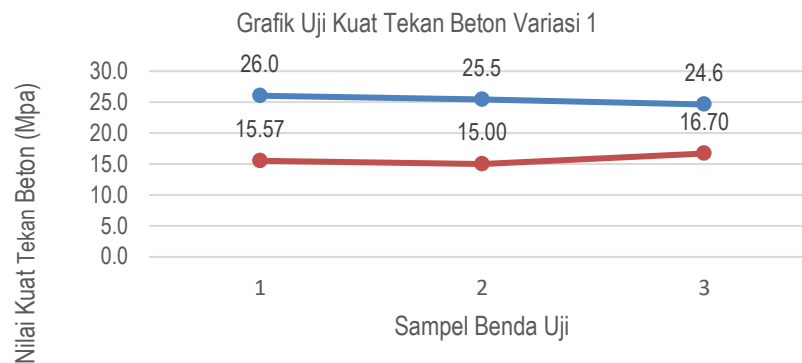
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1

Benda Uji	Variasi		Umur	Beban (KN)	Beban (N)	Luas Penampang (mm2)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (Mpa)
	SF (%)	FA (%)						
CF1	5%	10%	28	275	275000	17663	15,57	15,76
			28	265	265000	17663	15,00	
			28	295	295000	17663	16,70	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Menurut hasil pengujian kuat tekan beton untuk variasi 1 dengan kadar silica fume 5% dan fly

ash 10%, didapatkan kuat tekan rata-rata 15,76 Mpa, untuk lebih jelas kurva kuat tekan beton normal dan beton variasi 1 dapat dilihat grafik 1 berikut.



Gambar 2. Grafik Uji Kuat Tekan Beton Variasi 1

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 2 hasil dari kuat tekan beton variasi dengan campuran *silica fume* 5% dan *fly ash* 10% menunjukkan kuat tekan beton variasi 1 terbesar 16,70 Mpa dengan rata-rata kuat tekan 15,76 Mpa.

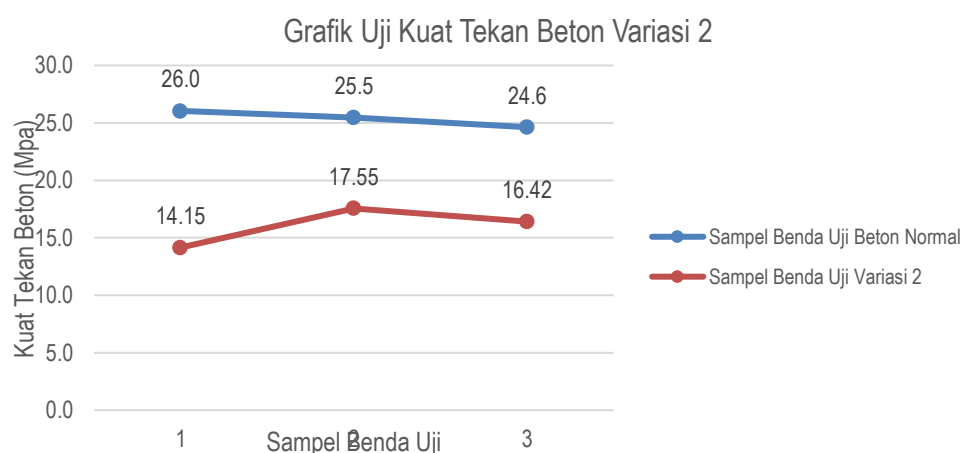
Sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk kuat tekan beton variasi *silica fume* 5% dan *fly ash* 15% pada umur 28 hari,

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2

Benda Uji	Variasi		Umur	Beban (KN)	Beban (N)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (Mpa)
	SF (%)	FA (%)						
CF2	5%	15%	28	250	250000	17663	14,15	16,04
			28	310	310000	17663	17,55	
			28	290	290000	17663	16,42	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan tabel yang didapat pada tabel 4 pada umur 28 hari didapat kuat tekan beton variasi *silica fume* 5% dan *fly ash* 15% sebesar 16,04 Mpa, berikut kurva kuat tekan beton variasi 1 dapat dilihat grafik 3 berikut.



Gambar 3 Grafik Uji Kuat Tekan Beton Variasi 2

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Sesuai hasil dari kuat tekan beton variasi dengan campuran *silica fume* 5% dan *fly ash* 15 % pada gambar 3 menunjukkan kuat tekan beton variasi 2 terbesar 17,55 Mpa dengan rata-rata kuat tekan 16,04 Mpa.

Hasil pengujian kuat tekan beton variasi silica fume 10% dan fly ash 20% dapat dilihat pada tabel 5.

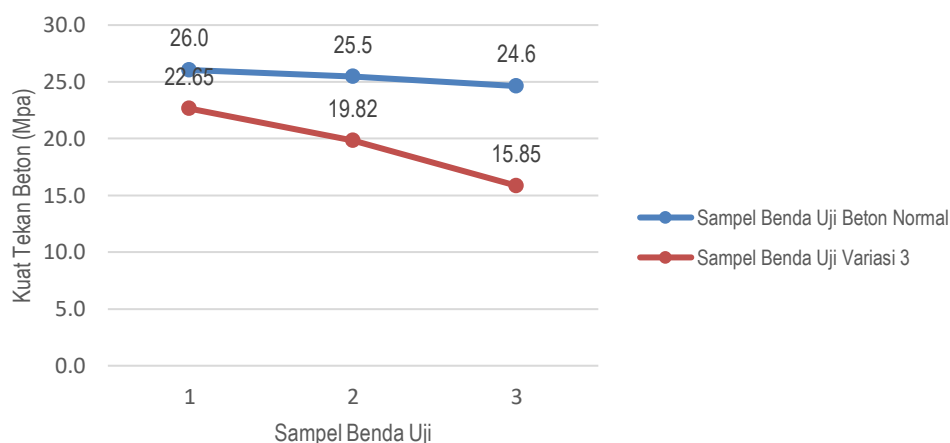
Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3

Benda Uji	Variasi		Umur	Beban (KN)	Beban (N)	Luas Penampang (mm2)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (Mpa)
	SF (%)	FA (%)						
CF3	10%	20%	28	400	400000	17663	22,65	19,44
			28	350	350000	17663	19,82	
			28	280	280000	17663	15,85	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Menurut tabel yang didapat pada tabel 5 pada umur 28 hari didapat kuat tekan beton variasi Silica fume 10% dan Fly Ash 20 % sebesar 19,44 Mpa.

Grafik Uji Kuat Tekan Beton Variasi 3



Gambar 4. Grafik Uji Kuat Tekan Beton Variasi 3

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

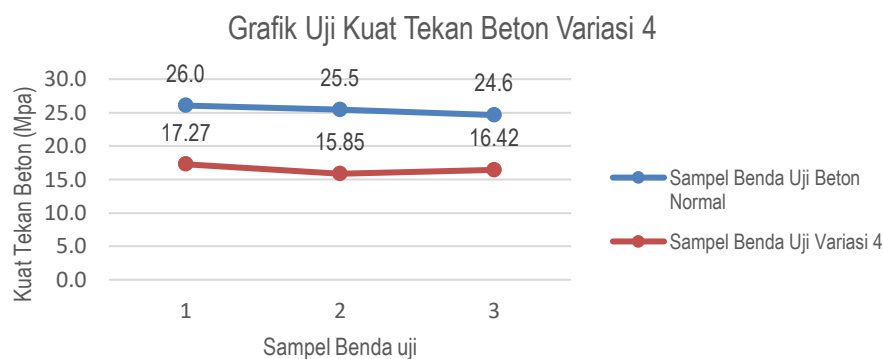
Sesuai hasil dari kuat tekan beton variasi dengan campuran silica fume 10% dan fly ash 20% pada gambar 4 menunjukkan kuat tekan beton variasi 3 terbesar 19,82 Mpa dengan rata-rata kuat tekan 19,44 Mpa. Selanjutnya untuk pengujian kuat tekan beton variasi silica fume 10% dan fly ash 25%

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 4

Benda Uji	Variasi		Umur	Beban (KN)	Beban (N)	Luas Penampang (mm2)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (Mpa)
	SF (%)	FA (%)						
CF4	10%	25%	28	305	305000	17663	17,27	16,51
			28	280	280000	17663	15,85	
			28	290	290000	17663	16,42	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Dalam tabel 6 beton variasi pada umur 28 hari didapat kuat tekan beton variasi silica fume 10% dan fly ash 25 % sebesar 16,51 Mpa.



Gambar 5 Grafik Uji Kuat Tekan Beton Variasi 4

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Berdasarkan hasil dari kuat tekan beton variasi dengan campuran *silica fume* 10% dan *fly ash* 25% pada gambar 5 menunjukkan kuat tekan beton variasi 4 terbesar 17,27 Mpa dengan rata-rata kuat tekan 16,51 Mpa.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian pada variasi 1 dengan kadar *silica fume* 5%, *fly ash* 10 %, untuk menggantikan jumlah semen menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 15,76 Mpa, kemudian kekuatan mengalami kenaikan pada variasi 2 dengan kadar *silica fume* 5%, *fly ash* 15 %, dengan menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 16,04 MPa. Selanjutnya nilai kuat tekan tertinggi tercapai pada variasi 3 yaitu dengan *silica fume* 10% dan kadar *fly ash* 20%. Kadar *silica fume* 10% dan *fly ash* 15% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 19,44 Mpa, kuat tekan tersebut mengalami kenaikan 2,1 % dari kuat tekan variasi 2 sebesar 16,04 Mpa. Kemudian tren kuat tekan mengalami penurunan pada kadar *silica fume* 10% dengan *fly ash* 25 % yang menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 16 Mpa. Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada umur beton 28 hari menunjukkan bahwa pemanfaatan *silica fume* dan *fly ash* untuk pengganti semen hanya mencapai kuat tekan tertinggi 19,44 Mpa dengan kadar *fly ash* 15% dan *silica fume* 10%.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada umur beton 28 hari menunjukkan bahwa pemanfaatan *silica fume* dan *fly ash* untuk pengganti semen bisa digunakan untuk mutu beton rendah yaitu dibawah 20 MPa, belum dapat digunakan untuk mutu beton sedang maupun tinggi . Nilai kuat tekan tertinggi dicapai variasi 3 yaitu dengan kadar *silica fume* 10% dan *fly ash* 20% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 19,44 Mpa. Dalam penelitian ini menunjukkan penambahan *silica fume* diatas 10% dan *fly ash* diatas 20% sebagai pengganti semen kurang efektif untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nilai resapan air berkurang seiring dengan peningkatan persentase *silica fume* dan *fly ash* diatas 20%, sehingga mengurangi pengikatan antara bahan pengikat dengan agregat.

DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Lingkup, R. (1990). *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. 1–5.
- Miller, S. A., Horvath, A., & Monteiro, P. J. M. (2016). Environmental Research Letters Readily implementable techniques can cut annual CO 2 emissions from the production of concrete by over 20% Readily implementable techniques can cut annual CO 2 emissions from the production of concrete by over 20%. *Environ. Res. Lett*, 11, 074029. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/7/074029/pdf>
- Mulyadi, A., Yunanda, M., Suanto, P., & Yulius, Y. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Sebagai Pengisi Dalam Campuran Mutu Beton K.250. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 50–59. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v11i2.516>
- Sinulingga, K. (2014). Pengaruh penambahan abu sekam padi dan abu boyler kelapa sawit terhadap efisiensi penggunaan semen pada kontruksi beton. *Jurnal Saintika*, 14(1), 54–63.

- Sutriono, 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>
- Zuraidah, S., & Hastono, B. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. *Ge- STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i1.801>