

## KARAKTERISTIK MEKANIK DAN DURABILITAS BETON BERKELANJUTAN: STUDI KOMPREHENSIF PENGGUNAAN FLY ASH (20%-30%) DAN ABU BATU (30%)

Nur Indri Artik<sup>1</sup>, Anggi Rahmad Zulfikar<sup>2</sup>

D4 Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya

E-mail: \*[nurindriartik.21051@mhs.unesa.ac.id](mailto:nurindriartik.21051@mhs.unesa.ac.id)<sup>1</sup>, [anggizulfikar@unesa.ac.id](mailto:anggizulfikar@unesa.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi Fly Ash (0%, 20%, 25%, dan 30%) sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan dan penyerapan air beton normal dengan campuran tetap 30% abu batu sebagai pengganti pasir. Tujuan penelitian adalah mencapai mutu beton rencana 30 MPa sambil memanfaatkan limbah industri. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari menunjukkan bahwa peningkatan fly ash di atas 20% menyebabkan tren penurunan kuat tekan (20% FA: 34,17 MPa; 30% FA: 30,37 MPa). Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya semen Portland dan hidrasi yang kurang optimal pada kadar fly ash tinggi. Meskipun demikian, semua variasi campuran memenuhi target mutu 30 Mpa. Sebaliknya, peningkatan persentase fly ash terbukti menurunkan nilai penyerapan air, yang mengindikasikan struktur pori-pori beton menjadi lebih padat. Secara keseluruhan, penggunaan fly ash dalam proporsi 20% hingga 25% dianggap paling optimal untuk mencapai kekuatan tekan maksimum dan meningkatkan durabilitas beton yang menggunakan 30% abu batu

### Kata kunci

**Fly Ash, Abu Batu, Kuat Tekan Beton, Penyerapan Air, Beton Normal, Mutu 30Mpa.**

### ABSTRACT

*This research investigates the effect of variations in Fly Ash (0%, 20%, 25%, and 30%) as a cement substitute on the compressive strength and water absorption of normal concrete, consistently utilizing a 30% stone ash mixture as a sand replacement. The primary goal of the study is to achieve the planned concrete quality of 30 MPa while simultaneously utilizing industrial waste. The results of the compressive strength tests at 28 days showed that increasing the percentage of fly ash above 20% led to a trend of decreasing compressive strength (20% FA: 34.17 MPa; 30% FA: 30.37 MPa). This decline is primarily attributed to the reduction in Portland cement content and sub-optimal hydration reactions at higher fly ash levels. Nevertheless, all tested mixture variations successfully met the target concrete quality of 30 MPa. Conversely, increasing the fly ash percentage was proven to reduce the water absorption value, suggesting that the concrete pore structure becomes denser and finer. Overall, the use of fly ash in proportions ranging from 20% to 25% is considered the most optimal range for maximizing compressive strength and enhancing the durability of concrete utilizing 30% stone ash.*

### Keywords

**Fly Ash, Stone Ash (atau Stone Dust), Concrete Compressive Strength, Water Absorption, Normal Concrete, 30 MPa Grade.**

## 1. PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi, beton merupakan material yang sangat vital karena kekuatan dan daya tahannya yang tinggi. Namun, tantangan lingkungan yang dihadapi saat ini mendorong para peneliti untuk mencari alternatif yang lebih berkelanjutan dalam produksi beton. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan bahan tambahan seperti fly ash dan abu batu, yang tidak hanya dapat meningkatkan kualitas beton tetapi juga mengurangi limbah industri.

Fly ash, yang dihasilkan dari pembakaran batubara, memiliki sifat pozzolanik yang dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton. Penelitian ini akan mengeksplorasi pengaruh variasi persentase fly ash, yaitu 20%, 25%, dan 30%, terhadap kekuatan tekan beton yang dicampur dengan 30% abu batu sebagai pengganti pasir. Dengan memahami bagaimana variasi ini mempengaruhi sifat mekanik beton, diharapkan dapat ditemukan campuran yang optimal untuk aplikasi konstruksi.

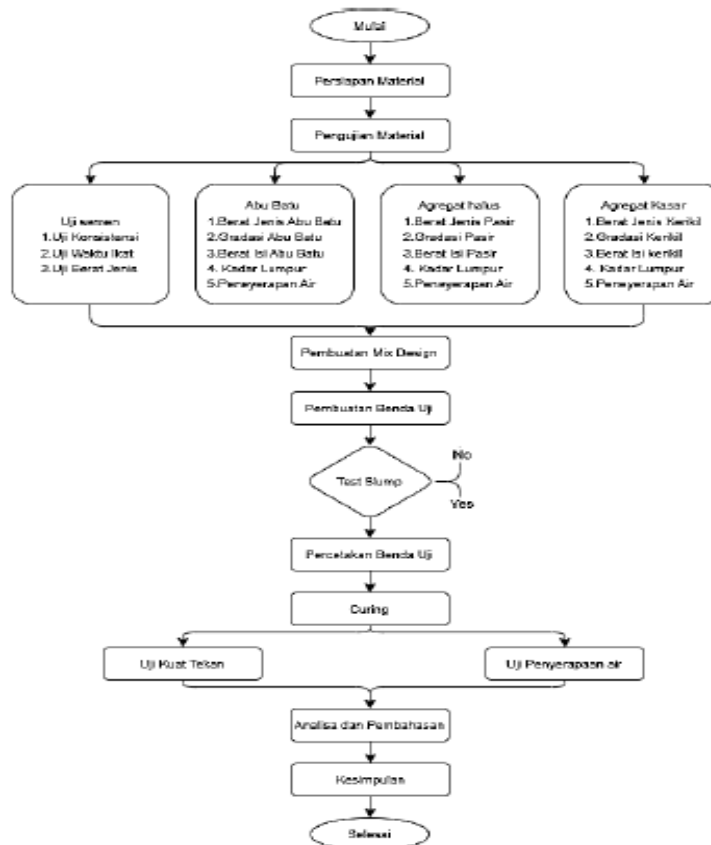
Selain itu, penelitian ini juga akan membahas pengujian penyerapan air sebagai salah satu indikator kualitas beton. Dengan menganalisis hasil pengujian, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai performa beton yang menggunakan campuran fly ash dan abu batu. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi interaksi dan dampak optimal dari variasi persentase *fly ash* (0%, 20%, 25%, dan 30%) terhadap karakteristik mekanik dan fisik beton yang telah disubstitusi 30% agregat halus nya dengan abu batu. Fokus utama penelitian ini adalah mengetahui:

- a. Pengaruh Variasi *Fly Ash* (20%, 25%, dan 30%) terhadap kuat tekan beton (umur 7, 14, dan 28 hari) dengan 30% campuran abu batu sebagai pengganti pasir.
- b. Pengaruh Variasi *Fly Ash* (20%, 25%, dan 30%) terhadap pengujian penyerapan air (air voids) pada beton dengan 30% campuran abu batu sebagai pengganti pasir.

Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menentukan komposisi material berkelanjutan yang paling efektif untuk mencapai mutu beton yang efisien dan berkualitas tinggi

## 2. METODE PENELITIAN



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Solusi Bangun Beton (SBB). Berikut alur penelitian :

### 2.1 Tahap 1 (Persiapan)

Tahap pertama penelitian ini mencakup persiapan yang meliputi kajian literature serta mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, termasuk fly ash, Abu Batu, semen, agregat halus dan kasar, dan air.

### 2.2 Tahap 2 (Uji Material dan Mix Design)

Pada Uji material ini meliputi uji semen, agregat halus dan kasar, uji silica fume.

- Pengujian Semen, meliputi : Uji konsistensi semen, waktu ikat semen, dan berat jenis semen.
- Pengujian Abu Batu, meliputi : Uji berat jenis abu batu, uji gradasi abu batu, uji berat isi abu batu, uji kadar lumpur agregat, uji Penyerapan abu batu
- Pengujian Agregat halus dan Kasar, meliputi : Uji berat jenis agregat, uji gradasi agregat, uji berat isi agregat, uji kadar lumpur agregat, uji penyerapan air agregat.
- Pada penelitian ini meneliti variasi komposisi beton mutu normal dengan mensubstitusikan semen dengan fly Ash dan Pasir dengan abu batu. Variabel bebas yang digunakan yaitu rasio substitusi fly Ash 0%, 20%, 25%, dan 30%. Sementara itu, variabel terikat yang diukur yaitu kuat tekan beton dengan mutu 30 Mpa.

### 2.3 Tahap 3 (Pembuatan Sampel Beton)

- a. Campurkan semua bahan kering ke dalam mini mixer (Agregat halus dan kasar, Fly Ash, Abu Batu).
- b. Mulai mix mixer dan secara bertahap tambahkan air hingga mencapai konsistensi yang diinginkan.
- c. Tuangkan campuran beton ke dalam cetakan silinder 15 x 30 cm yang telah diberi oli secara bertahap.
- d. Tuang campuran beton dengan 3x pengisian, setiap pengisian di rojok dan di pukul menggunakan palu karet, lakukan sebanyak 25 kali per bagian.
- e. Pastikan menuang beton pada cetakan tidak terlalu tinggi.
- f. Setelah beton terisi, ratakan permukaan cetakan dengan alat finishing seperti trowel hingga permukaan halus dan mulus.

#### **2.4 Tahap 4 (Perawatan Sampel Beton)**

Perawatan beton atau yang di sebut curing bertujuan untuk mencegah beton kehilangn kandungan air dengan waku yang cepat. Curing dilakukan dengan air tawar dalam kurun waktu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sesuai dengan umur pengujian benda uji. Sampel beton steleha dicetak di diamkan selama 1 hari di luar air dan curing dilakukan segera setelah pembukaan molding.

#### **2.5 Tahap 5 (Pengujian Kuat Tekan Beton)**

- a. Ambil benda uji yang usai di curing sesuai dengan umur yang diinginkan. Timbang benda uji untuk mengetahui beratnya. Dan catat hasil berat benda uji tersebut.
- b. Siapkan mesin kuat tekan beton dan tempatkan benda uji ke dalam mesin kuat tekan beton.
- c. Beban diterapkan bertahap hingga sampel beton pecah. Kecepatan penerapan harus konstan sekitar 0.2 Mpa per detik.
- d. Catat beban maksimum yang tertera sebelum benda uji rusak.
- e. Hitung kuat tekan beton.
- f. Lakukan secara berkala setiap variasinya hingga sampel benda uji habis teruji semua.

#### **2.6 Tahap 6 (Pengujian Penyerapan Air Beton)**

- a. Ambil benda uji yang telah di curing dengan umur 28 hari pada setiap variasinya.
- b. Timbang berat benda uji sebelum dimasukkan pada oven.
- c. Masukkan benda uji pada oven dengan suhu 220°C dalam kurun waktu 1 hari.
- d. Keluarkan benda uji dari dalam oven, lalu timbang benda uji.
- e. Hitung menggunakan rumus yang telah ditentukan hingga diketahui hasil penyerapan air pada beton tersebut.

#### **2.7 Tahap 7 (Pengolahan Data)**

Tahap ke delapan dalam penelitian ini yaiu pengolahan data, yang disertai analisis hasil pengujian dan perbandingan data teoritis. Data yang diperoleh dari pengujian ini disajikan dalam format tabel dan grafik dan dijelaskan dengan bentuk kalimat.

## 2.8 Tahap 8 (Prototype)

Prototype pada penelitian ini berupa panduan pengujian sifat fisik dan mekanik beton yang meliputi temperature hidrasi, kuat tekan beton, dan penyerapan air beton.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material, pada pengujian ini semen yang digunakan yaitu Dynamix OPC Type 1. mengikuti SNI 15-2049-2004. Berikut Hasilnya :

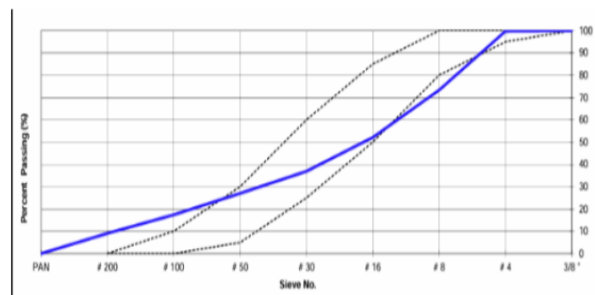
**Tabel 1. Hasil Uji Semen**

No.	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1	Uji Konsistensi Semen	28,4%
2	Waktu ikat	
	Pengikatan Awal	30 menit
	Pengikatan Akhir	140 menit
3	Berat Jenis	2,92 gr/cc

Hasil pengujian semen mencakup uji konsistensi, waktu ikat, dan berat jenis. Uji konsistensi menunjukkan penurunan 10 mm pada kadar air 28,4%, memenuhi standar SNI 2049:2015. Waktu ikat awal tercatat 30 menit dan akhir 140 menit, sesuai dengan SNI 15-2049-2004 Abu Batu yang digunakan yaitu berasal dari Jaledri dengan karakteristik berwarna hitam, Berikut hasil dari pengujian tersebut :

**Tabel 2. Hasil Uji Abu Batu**

No	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2,75 gram
2	Gradasi Abu Batu	2,93 %
3	Kadar Lumpur	3,47%
4	Penyerapan	2,78%
5	Berat Jenis Gabungan abu batu dan pasir	2,67 gram

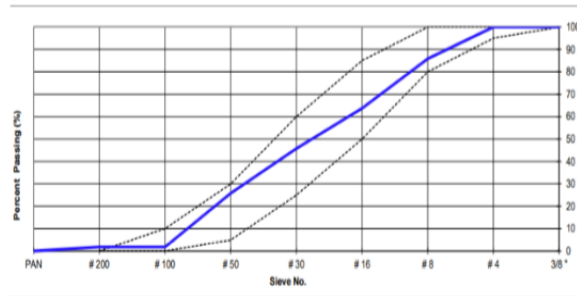


**Gambar 2. Grafik Uji Gradasi Abu Batu**

Hasil pengujian gradasi abu batu menunjukkan bahwa abu batu termasuk dalam zona 1 dengan tekstur kasar, sesuai dengan standar ASTM C.136. Modulus kehalusan abu batu yang diperoleh adalah 2.93%. Uji agregat Halus ini meliputi uji berat jenis, uji gradasi, uji berat isi, uji kadar lumpur, dan uji penyerapan air.

**Tabel 3. Hasil Uji Agregat Halus**

No	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2,77 gram
2	Gradasi	2,77 %
3	Berat Isi	1,65 gr/cm
4	Kadar Lumour	0,80%
5	Penyerapan Air	1,01 %

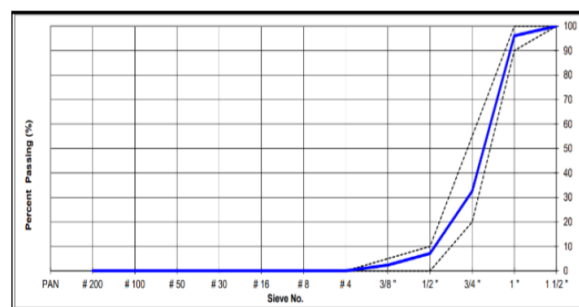


**Gambar 3. Grafik Uji Gradasi Agregat Halus**

Uji gradasi ini sudah sesuai ASTM C.136. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa agregat halus tersebut termasuk kategori pada zona II atau kategori sedang. Untuk agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini juga berasal dari Lumajang. Uji agregat kasar ini meliputi uji berat jenis, uji gradasi, uji berat isi, uji kadar lumpur, dan uji penyerapan air.

**Tabel 4. Hasil Uji Agregat Kasar**

No	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2,72 gram
2	Gradasi	7,65%
3	Berat Isi	1,54 gr/cm
4	Kadar Lumour	1,00%
5	Penyerapan Air	1,01 %



**Gambar 3. Grafik Uji Gradasi Agregat Kasar**

Grafik diatas menunjukkan grafik hasil uji gradasi agregat kasar, grafik tersebut menunjukkan bahwa batu pecah atau agregat kasar tersebut masuk ke dalam zona gradasi yang ditentukan, hingga batu pecah memenuhi syarat gradasi berdasarkan Gradasi No. 5 ASTM C-136. Berdasarkan dari hasil trial and eror terhadap berbagai variasi mix design, dan mix design ini dipilih karena sesuai dan memenuhi

standar uji beton. Mix design yang dipilih memiliki acuan SNI 03-2834-2000.

**Tabel 5. Komposisi Mix Design**

Komposisi Mix Design Volume 0,067	(Fc 30Mpa) (Kg)	(Fc 30Mpa) (Kg)	(Fc 30Mpa) (Kg)	(Fc 30Mpa) (Kg)
Kadar Fly Ash	0%	20%	25%	30%
Air	180	180	180	180
Semen	314	16,82	15,75	14,74
Fly Ash	0	63	79	94
Abu Batu	234	234	234	234
Split 12-25	668	668	668	668
Split 5-12	367	367	367	367
Pasir Lumajang	593	593	593	593

Hasil Pengujian ini dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian pada beton segar yang mengacu pada pedoman EFNARC 2005. Berikut hasil pengujian beton segar slump beton :

**Tabel 6. Hasil Nilai Slump**

Abu Batu (%)	Fly Ash (%)	Slump (cm)
30%	0%	10
	20%	13
	25%	14
	30%	15

Pada tabel 4 Hasil uji nilai slump menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase fly ash dalam campuran beton, semakin tinggi pula nilai slump yang dihasilkan. Misalnya, campuran dengan 0% fly ash memiliki slump 10 cm, sedangkan campuran dengan 30% fly ash mencapai slump 15 cm, menunjukkan peningkatan workability. Hal ini mengindikasikan bahwa fly ash sebagai bahan pozzolan meningkatkan keenceran beton, yang berpengaruh pada kemudahan pengerjaan, tetapi juga perlu diperhatikan agar tidak mengurangi kuat tekan beton setelah mengeras.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan pedoman ASTM C-39 atau SNI 03-1974-1990. Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan mesin Compressing Testing Machine (CTM) di Laboratorium PT. Solusi Bangun Beton. Mutu beton yang direncanakan yaitu mutu 30 Mpa. Berikut hasil uji kuat tekan beton berdasarkan umurnya :

**Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton 7 Hari**

Umur Beton 7 Hari					
Jenis Beton	Benda Uji	P Maks (N)	Luas permukaan (mm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
Fly Ash	0% (1)	4152802.5	176715	23.5	25.53

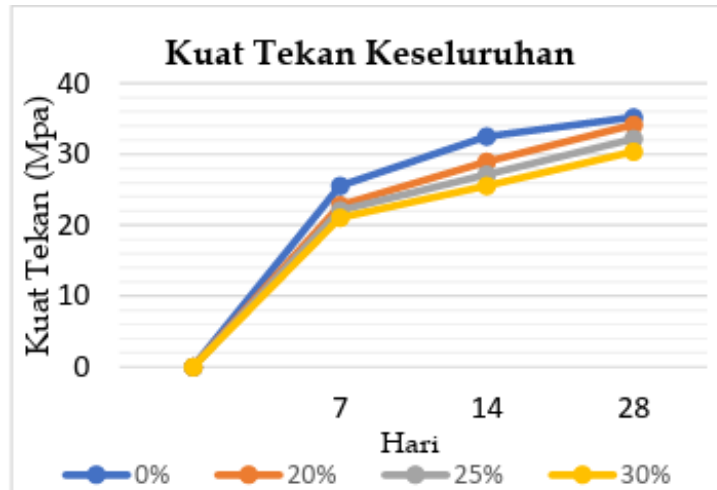
	0% (2)	4223488.5	176715	23.9	
	0% (3)	5160078	176715	29.2	
	20% (1)	4011430.5	176715	22.7	22.83
	20% (2)	3993759	176715	22.6	
	20% (3)	4099788	176715	23.2	
	25% (1)	4011430.5	176715	22.7	22.10
	25% (2)	3905401.5	176715	22.1	
	25% (3)	3799372.5	176715	21.5	
	30% (1)	3658000.5	176715	20.7	21.07
	30% (2)	3711015	176715	21	
	30% (3)	3799372.5	176715	21.5	

**Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan Beton 14 Hari**

Umur Beton 14 Hari					
Jenis Beton	Benda Uji	P Maks (N)	Luas permukaan (mm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
Fly Ash	0% (1)	5637208.5	176715	31.9	31.53
	0% (2)	5672551.5	176715	32.1	
	0% (3)	5407479	176715	30.6	
	20% (1)	5089392	176715	28.8	28.93
	20% (2)	5054049	176715	28.6	
	20% (3)	5195421	176715	29.4	
	25% (1)	4647604.5	176715	26.3	27.13
	25% (2)	4859662.5	176715	27.5	
	25% (3)	4877334	176715	27.6	
	30% (1)	4453218	176715	25.2	25.57
	30% (2)	4488561	176715	25.4	
	30% (3)	4612261.5	176715	26.1	

**Tabel 9. Hasil Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari**

Umur Beton 28 Hari					
Jenis Beton	Benda Uji	P Maks (N)	Luas permukaan (mm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
Fly Ash	0% (1)	6238039.5	176715	35.3	35.23
	0% (2)	6308725.5	176715	35.7	
	0% (3)	6132010.5	176715	34.7	
	20% (1)	6167353.5	176715	34.9	34.17
	20% (2)	5884609.5	176715	33.3	
	20% (3)	6061324.5	176715	34.3	
	25% (1)	5743237.5	176715	32.5	32.17
	25% (2)	5548851	176715	31.4	
	25% (3)	5760909	176715	32.6	
	30% (1)	5425150.5	176715	30.7	30.37
	30% (2)	5372136	176715	30.4	
	30% (3)	5301450	176715	30	



**Gambar 4. Grafik Uji Kuat Tekan Keseluruhan**

Hasil grafik uji kuat tekan keseluruhan menunjukkan hubungan antara umur beton dan kekuatan tekan yang dicapai pada berbagai persentase penggunaan fly ash. Grafik ini biasanya memperlihatkan bahwa kekuatan tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur, dengan rata-rata kuat tekan beton pada umur 28 hari mencapai target mutu 30 MPa. Selain itu, grafik juga menunjukkan bahwa variasi campuran dengan 0% fly ash memiliki kekuatan tekan tertinggi, sedangkan campuran dengan persentase fly ash yang lebih tinggi (20%, 25%, dan 30%) cenderung menunjukkan penurunan kekuatan tekan, meskipun masih dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi tertentu. Pada uji kuat tekan ini berpacu pada ASTM C39/C39M. Pengujian penyerapan air beton berfungsi untuk mengetahui besar penyerapan air pada beton. Hasil tes yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode uji penyerapan air dengan metode pengeringan di dalam oven. Untuk mengetahui besar hasil penyerapan air ini digunakan rumus :

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

Berikut hasil uji penyerapan air beton :

**Tabel 10. Data pengamatan Penyerapan air 0% Fly Ash**

waktu oven	Berat (kg)			Berat rata-rata (kg)
	1	2	3	
0	13,68	13,26	13,06	13,33
1	13,36	13,22	13,02	13,20

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100\% = \frac{13,33 - 13,20}{13,20} \times 100\% = 1,01\%$$

**Tabel 11. Data pengamatan Penyerapan air 20% Fly Ash**

waktu oven	Berat (kg)			Berat rata-rata (kg)
	1	2	3	
0	13,5	13,14	13,2	13,28
1	13,28	13,04	13,02	13,11

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100\% = \frac{13,28 - 13,11}{13,11} \times 100\% = 1,27\%$$

**Tabel 12. Data pengamatan Penyerapan air 25% Fly Ash**

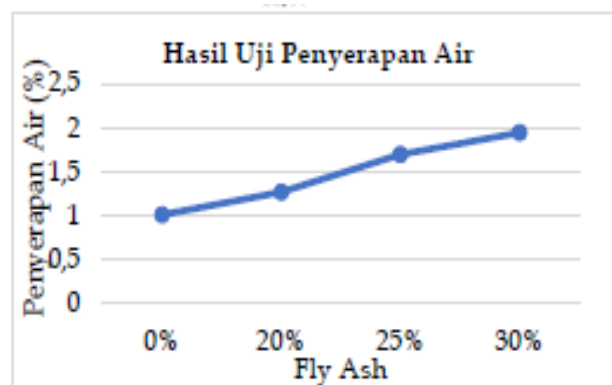
waktu oven	Berat (kg)			Berat rata-rata (kg)
	1	2	3	
0	13,18	12,6	12,48	12,75
1	13,04	12,04	12,54	12,54

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100\% = \frac{12,75 - 12,54}{12,54} \times 100\% = 1,7\%$$

**Tabel 13. Data pengamatan Penyerapan air 30% Fly Ash**

waktu oven	Berat (kg)			Berat rata-rata (kg)
	1	2	3	
0	12,66	12,52	12,92	12,70
1	12,54	12,31	12,52	12,46

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100\% = \frac{12,70 - 12,46}{12,46} \times 100\% = 1,95\%$$



**Gambar 5. Grafik Pengujian Penyerapan Air Beton**

Berdasarkan klasifikasi ASTM C618, penambahan fly ash di atas 25% dapat meningkatkan penyerapan air karena pada kadar tinggi, partikel fly ash yang tidak terdistribusi secara optimal gagal mengisi ruang antar-agregat secara sempurna (filler effect). Hal ini didukung oleh sifat pozolaniknya yang memerlukan kalsium hidroksida dari hasil hidrasi semen untuk bereaksi; jika kadar semen berkurang akibat substitusi fly ash yang terlalu besar, maka pembentukan gel C-S-H yang berfungsi menutup pori beton akan melambat, sehingga menyisakan lebih banyak rongga udara dan meningkatkan daya serap air dari 1,01% menjadi 1,95%.

#### 4. KESIMPULAN

Penggunaan fly ash sebagai substitusi semen dalam campuran beton mempengaruhi kuat tekan dan daya serap air beton. Kuat tekan tertinggi tercatat pada campuran dengan 20% fly ash, yaitu 34,17 MPa, sementara pada 30% fly ash, kuat tekan menurun menjadi 30,37 MPa, tetapi semua campuran memenuhi target mutu 30 MPa. Selain itu, penambahan fly ash meningkatkan daya serap air beton, menunjukkan potensi untuk pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Airnya, yaitu sebesar 1.69%. Dari hasil tersebut terbukti bahwa silica fume adalah bahan yang ramah lingkungan yang bisa digunakan pada industri konstruksi saat ini.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Amalia Wildayati, As'at Pujiyanto, dan Fanny Monika, (2021). Analisis Kuat Tekan Beton HVFA (High Volume Fly ash) dengan Variasi Campuran Limbah Abu Batu Stone Crusher
- Arman A, 2018 .Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar SNI 7656-2012 Dan ASTM C 136-06
- Armeyn, 2014. "Kuat Tekan Beton dengan Fly Ash Ex. PLTU Sijantang Sawahlunto." Jurnal Momentum, 16(2), pp. 24-33.
- Budiman dan James WTP, (2022). Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir"
- Crouch, L., et al., 2007. "Durability of Fly Ash Concrete." Construction and Building Materials, 21(2), pp. 487-491.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SNI 03-2834-1993. Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta
- Efrilia Rahmadona, Kiki Rizky Amalia, Luthfiyah Ulfah, & Norca Praditya (2024). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal 30 MPa.
- Feng, J. dan Ma G., 2015. "Pengaruh Fly Ash Terhadap Sifat Mekanik Beton." Jurnal Material dan Konstruksi, 8(3), pp. 150-156.
- Jain, S. dan Islam, M., 2013. "Utilisasi Fly Ash sebagai Substitusi Pasir dalam Campuran Beton." Jurnal Konstruksi, 12(2), pp. 75-82.
- Klarens, K., Indranata, M., Antoni, & Hardjito, D. (2023). Pemanfaatan Bottom Ash dan Fly Ash Tipe C Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan Paving Block. Universitas Kristen Petra.
- ohan Oberlyn Simanjuntak, Diana Suita, Simon Petrus Simorangkir, Nurvita Insani M. Simanjuntak, dan Garce Aprilia Simangunsong (2023). Kajian Korelasi Campuran 1:2:3 terhadap Kuat Beton dengan FAS (Faktor Air Semen) yang Berbeda
- Suarnita, 2011. "Pengaruh Fly Ash terhadap Kuat Tekan Beton." Jurnal Teknik Sipil, 5(2), pp. 78-85.
- Suprayitno, H. & Soemitro, R.A.A, serta Bayu Zamzam Nurjaman dan rekan-rekannya., (2022).Pengaruh Penggunaan Agregat Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus Alami Terhadap Sifat-Sifat Beton.
- Tjokrodimulyo, 1996. Beton: Sifat dan Pengujian. Jakarta: Gramedia.