



Perancangan Campuran Beton Mutu Tinggi dengan Kombinasi Abu Batu dan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Agregat Halus

Miftha Nur Zakinah^{a*}, Andi Abidah^b, Mohammad Junaedy Rahman^c

^{a,c}Departemen Teknik Sipil Bangunan Gedung, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

^bDepartemen Arsitektur, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

*Korespondensi Penulis: mifthanurzakijnah@gmail.com

Artikel Info

Riwayat Artikel

Diserahkan : 13 Juni 2023
 Direvisi : 20 September 2023
 Diterima : 24 September 2023

Kata Kunci:

Abu Batu;
 Beton;
Fly ash;
 Kuat Tekan Beton

Keywords:

Stone Ash;
 Concrete;
 Fly Ash;
 Compressive Strength of Concrete

A B S T R A K

Penelitian ini, terdapat enam komposisi variasi abu batu dan *fly ash* menggunakan *additive* campuran beton mutu tinggi yaitu variasi FA 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik beton mutu tinggi dengan variasi abu batu dan *fly ash*, untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi dengan berbagai variasi abu batu dan *fly ash* sebagai pengganti agregat halus dan untuk mengetahui variasi beton mutu tinggi dengan kombinasi abu batu dan *fly ash* sebagai pengganti agregat halus. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap penambahan persentase *fly ash*, dapat memberikan pengaruh yang membuat campuran beton juga ikut meningkat dan padat. Adapun hasil pengujian kuat tekan beton sebagai berikut: persentase variasi FA 5% tidak mencapai mutu rencana yaitu $F_c' 50$ MPa, dengan mendapatkan hasil kuat tekan rata-rata 30,36 MPa, FA 10% = hasil kuat tekan rata-rata 34,51 MPa, FA 15% = hasil kuat tekan rata-rata 37,03 MPa, FA 20% = hasil kuat tekan rata-rata 40,09 MPa, FA 25% = hasil kuat tekan rata-rata 45,06 MPa dan mencapai standar beton mutu tinggi tetapi tidak mencapai mutu rencana, dan untuk variasi FA 30% mencapai mutu rencana dengan kuat tekan rata-rata yaitu 50,04 MPa.

A B S T R A C T

This research is there were six compositions of variations in rock ash and fly ash using high-quality concrete mixture additives, namely FA variations of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The objectives of the study are to determine the characteristics of high-strength concrete with variations of crushed stone and fly ash, to compare the compressive strength of high-strength concrete with various combinations of crushed stone and fly ash as a substitute for fine aggregates, and to investigate the variations in high-strength concrete with a combination of crushed stone and fly ash as a substitute for fine aggregates. The results of this study show that every addition to the percentage of fly ash, can have an influence that makes the traceability of the concrete mixture increase and solid. The concrete compressive strength test results are as follows: the percentage of FA variation of 5% does not reach the quality of the plan, namely $F_c' 50$ MPa, by obtaining an average compressive strength result of 30.36 MPa, FA 10% = average compressive strength result of 34.51 MPa, FA 15% = average compressive strength result of 37.03 MPa, FA 20% = average compressive strength result of 40.09 MPa, FA 25% = average compressive strength result of 45.06 MPa and reaches high-quality concrete standards but does not reach the quality of the plan, and for FA variations 30% achieved plan quality with an average compressive strength of 50.04 MPa.



Open Access license
 CC-BY-NC-SA

DOI: <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v6i1.1193>

1. Pendahuluan

Beton sudah sangat banyak digunakan dalam berbagai konstruksi bangunan. Di seluruh dunia, konsumsi beton 25 miliar ton pertahun. Pertumbuhan industri ini dan produksi massal beton telah menyebabkan konsumsi sumber daya alam dan bahan baku yang dibutuhkan untuk pencampuran dalam jumlah yang sangat besar (Abrams, 1991). Bahan ini dibentuk dengan menggunakan agregat halus dan kasar yang didapatkan dari sungai atau lautan dan perbukitan yang jumlahnya lebih dari 50% dari total campuran. Perkiraan permintaan tahunan untuk bahan ini adalah sekitar 9 miliar ton pada tahun 2050.

Oleh karena itu, meluasnya penggunaan agregat dalam beton yang mengakibatkan penipisan yang signifikan dari aset tak terbarukan ini perlu diselesaikan demi kelestarian lingkungan, Industri bangunan harus menyadari pengurangan sumber daya, konservasi sumber daya alam dan konservasi energi (Wiwiek et al., 2021). Untuk meminimalkan masalah lingkungan yang disebabkan oleh produksi beton dan menjaga lingkungan yang berkelanjutan, penggunaan limbah industri sebagai campuran dianggap sebagai pilihan yang tepat untuk menghindari penggunaan aset bumi yang tidak dapat diperbarui secara berlebihan. Pemanfaatan limbah padat memungkinkan industri konstruksi menjadi lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Rahayu, 2023). Sampai saat ini, beberapa penelitian menyelidiki kelayakan mengintegrasikan limbah industri dalam pembuatan beton. Keberhasilan dalam mengintegrasikan limbah *granit poles*, *fly ash*, *bottom ash*, *stone ash*, *clinker*, *ferronickel slag*, cangkang buah dan cangkang telur dalam produksi pasir dan agregat akan menjadi langkah menuju konservasi sumber daya alam. Komponen abu batu yang sifat dan ukurannya sama seperti pasir atau agregat halus dapat menjadi bahan material substitusi dari pasir alam, juga dapat melestarikan sungai yang selalu di ambil pasirnya didasar sungai tersebut dan dapat mengurangi biaya dalam pembuatan beton (Hidayawanti et al., 2022).

Sejalan dengan perkembangan inovasi yang terus berkembang, produksi semen biasa yang digunakan dalam suatu proyek pembangunan semakin ditinggalkan. Kemajuan dalam produksi substansial terus bergerak. Salah satunya adalah beton mutu tinggi (Utama, 2021). Dalam pembuatan beton terdapat titik lemah yang disebut dengan zona antar permukaan (*zona interface*). Keretakan pada beton biasanya terjadi akibat zona antar permukaan yaitu campuran antara pasta semen dan agregat tidak mengikat dengan sempurna, maka dari itu untuk memperkuat zona antar permukaan adalah salah satu cara untuk mendapatkan beton mutu tinggi. Hasil pengujian yang telah dilaksanakan untuk beton normal dan beton dengan penggunaan *fly ash* sebesar 5%, 7,5%, 10% dan 12,5 % menghasilkan: 1. Nilai kuat tekan beton untuk masingmasing sampel beton normal memenuhi nilai kuat tekan kriteria K-300. 2. Nilai kuat tekan beton untuk beton dengan penggunaan *fly ash* sebesar 5%, 7,5%, 10% dan 12 % masih memenuhi nilai kuat tekan karakteristik beton K300. 3. Penggunaan *fly ash* sampai 12,5% pada campuran beton masih mendapatkan nilai kuat tekan beton yang direncanakan. Abdul Muis, Syamsul Bahri, Sulaiman (2021) menjelaskan tentang kelenturan beton dengan menggunakan *fly ash*. Kuat lentur tertinggi diperoleh pada beton mix-2 (0% FA – 10% ASP) yaitu 7,43 MPa pada umur 28 hari dan 7,98 MPa pada umur 56 hari. Nilai kuat lentur mix-2 lebih tinggi sebesar 2,78% dari beton kontrol yaitu 6,92 MPa pada umur 28 dan 7,76 pada umur 56 hari. Porositas beton terendah diperoleh pada beton mix-2 sesuai dengan hasil uji kuat tekan dan kuat lentur, nilai tertinggi terdapat pada beton mix-2. Pada beton yang menggunakan FA dan kombinasi antara FA dengan ASP porositas yang diperoleh meningkat (Solikin et al., 2022). Penggunaan *fly ash* dan *silica lume* dalam campuran beton ternyata dapat memperbaiki sifat mekanik dari beton mutu tinggi (Setiawan et al., 2017).

Untuk memperkuat zona antar permukaan ialah mengecilkan rongga antar agregat dan pasta semen, sehingga dapat dengan mudah melakukan pengikatan yang maksimal. Adapun cara-cara yang digunakan dalam memperkecil ukuran agregat yaitu dengan bervariasi abu batu dan *fly ash* sebagai agregat halus, untuk mengisi rongga pada beton sehingga beton bisa menjadi rapat, adapun kandungan *silika* yang terdapat pada *fly ash* dapat bereaksi dengan kapur mati sehingga mendapatkan senyawa yang bisa mempererat ikatan antar partikel pada semen (Rizal & Gazali, 2021). Penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir pada campuran beton cenderung

menurunkan nilai kuat tekan beton dibandingkan dengan variasi kontrolnya dan menurut penelitian bahwa Abu batu dapat digunakan untuk mensubstitusi agregat halus pada campuran beton hingga kadar 40%. Selain itu, Perubahan kuat tekan beton sebesar 56,93 MPa (13,86%) –64,52 MPa (29,03%) diatas kuat tekan yang direncanakan $f'c$ 50 Mpa pada umur 28 hari - umur 91 hari dengan pemakaian *fly ash* 40% pada campuran beton. semakin sedikit penggunaan air dan semakin kecil faktor W/C (berat air dibagi berat semen) menghasilkan mutu beton yang tinggi, akan tetapi dengan menggunakan *superplasticizer* yang memudahkan proses pengerjaan dan kelecakan (*workability*) pada campuran tersebut. hal ini dibuktikan dengan tercapainya mutu beton $f'c$ 50 MPa pada umur 28 hari sebesar 56,93 MPa dengan nilai faktor air semen 0,316. Kuat tekan maksimum pada umur 91 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 64,52 MPa dengan persentase kenaikan kuat tekan sebesar 29,03% dari mutu rencana (Sariman et al., 2023).

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik beton mutu tinggi dengan variasi abu batu dan *fly ash*, untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi dengan berbagai variasi abu batu dan *fly ash* sebagai pengganti agregat halus dan untuk mengetahui variasi beton mutu tinggi dengan kombinasi abu batu dan *fly ash* sebagai pengganti agregat halus.

2. Metodologi

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan komponen dari penelitian eksperimen yang akan dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan yang merupakan bagian dari Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang tujuannya untuk menemukan hasil dari sesuatu yang peneliti lakukan dengan sengaja. Penelitian eksperimen dapat juga disebut dengan kata latin “*ex-periri*” yang berarti “mencoba” (Salmaa, 2021). Suatu aktivitas dan persepsi yang dilakukan untuk memeriksa dugaan hubungan sebab akibat antara efek samping disebut penelitian eksperimen.

2.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan setelah izin penelitian disetujui dalam jangka waktu sekitar tiga bulan dari Januari hingga Maret 2023, dimulai dengan persiapan bahan dan diakhiri dengan pengujian kuat tekan benda uji. Bertempat di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Makassar, Jalan Daeng Tata Raya Parang Tambung, Mannuruki, Kec. Tamalate, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, menjadi tempat penelitian ini akan dilaksanakan. Adapun waktu penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Time Schedule* Pelaksanaan Penelitian

Agenda Kegiatan	Rencana Waktu Penelitian								
	Mg 1	Mg 2	Mg 3	Mg 4	Mg 5	Mg 6	Mg 7	Mg 8	Mg 9
Persiapan Material									
Pemeriksaan Agregat									
Perencanaan Mix Design									
Trial Mix									
Pembuatan Beton Mutu Tinggi Kombinasi Abu Batu dan <i>Fly Ash</i> Mutu 50 MPa, (K-600)									
Uji Slump									
Perawatan Benda Uji									
Pengujian Kuat Tekan Beton									
Analisis Data									

2.3. Desain Penelitian

Dalam melakukan pengujian kuat tekan beton mutu tinggi variasi abu batu dan *fly ash* yang dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar, dengan menggunakan mesin uji kuat tekan UTM (*Universal Testing Machine*). Dalam penelitian ini digunakan 72 sampel dalam pengujian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rincian Sampel Variasi Campuran Beton Abu Batu dan *Fly Ash*

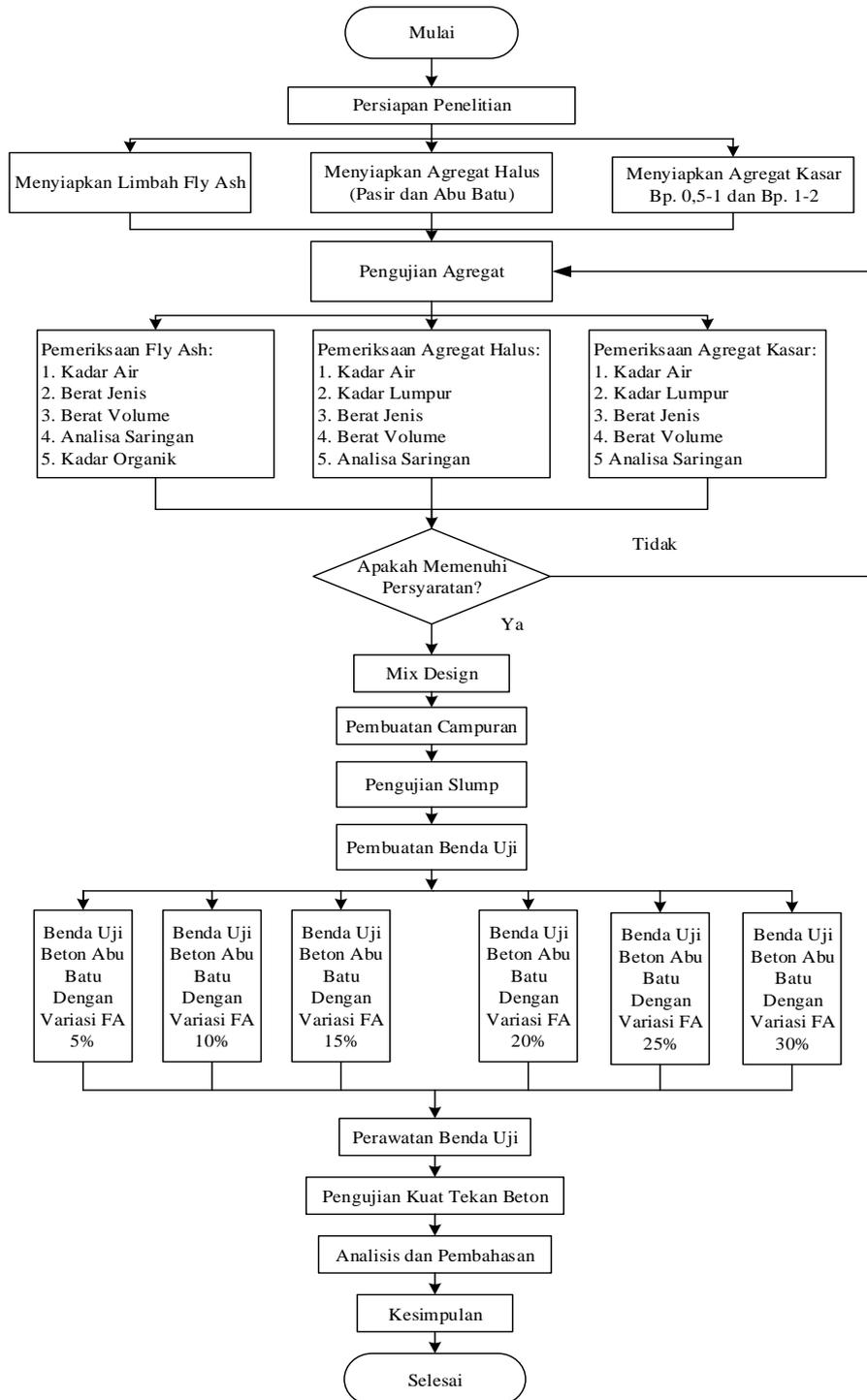
Ukuran	Variasi <i>Fly Ash</i>	Gabungan Halus (Abu Batu dan Pasir)	Jumlah Sampel	Total
Silinder Uk. 10x20 cm	5%	95%	4 Bh	24 Buah
	10%	90%	4 Bh	
	15%	85%	4 Bh	
	20%	80%	4 Bh	
	25%	75%	4 Bh	
	30%	70%	4 Bh	
Silinder Uk. 15x30 cm	5%	95%	5 Bh	30 Buah
	10%	90%	5 Bh	
	15%	85%	5 Bh	
	20%	80%	5 Bh	
	25%	75%	5 Bh	
	30%	70%	5 Bh	
Kubus Uk. 15x15 cm	5%	95%	3 Bh	18 Buah
	10%	90%	3 Bh	
	15%	85%	3 Bh	
	20%	80%	3 Bh	
	25%	75%	3 Bh	
	30%	70%	3 Bh	
Jumlah Sampel Semua Variasi				72 Buah

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah kubus berukuran 15x15 cm, silinder berukuran 15x30 cm, dan silinder berukuran 10x20 cm. Beton yang digunakan memiliki rencana F_c' sebesar 50 Mpa (K-600). Desain campuran dibuat dalam bentuk empat variasi substitusi Abu Batu (AB) dan *Fly Ash* (FA) pada pengganti agregat halus dengan sebanyak (FA 5% + AB 95%), (FA 10% + AB 90%), (FA 15% + AB 85%), (FA 20% + AB 80%), (FA 25% + AB 75%), dan (FA 30% + AB 70%). Abu batu yang lolos saringan No. 4 merupakan satu-satunya jenis abu batu yang dapat dimanfaatkan.

Benda uji yang harus dihasilkan sebanyak 72 buah, dengan rincian 4 benda uji untuk cetakan silinder 10x20 cm, 5 benda uji untuk cetakan silinder 15x30 cm, dan 3 benda uji untuk cetakan kubus 15x15 cm untuk setiap variasi campuran. Pengujian kuat tekan dilakukan sesuai dengan jumlah benda uji. Adapun bagan alur atau langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.4. Analisis Data

Pengujian kuat tekan di laboratorium menghasilkan data yang diolah dan dianalisis untuk penelitian ini. *Mix design* ditentukan dengan menggunakan informasi dari hasil pengujian beton, yang diolah menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* berupa grafik dan tabel sebelum digambarkan hasilnya.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

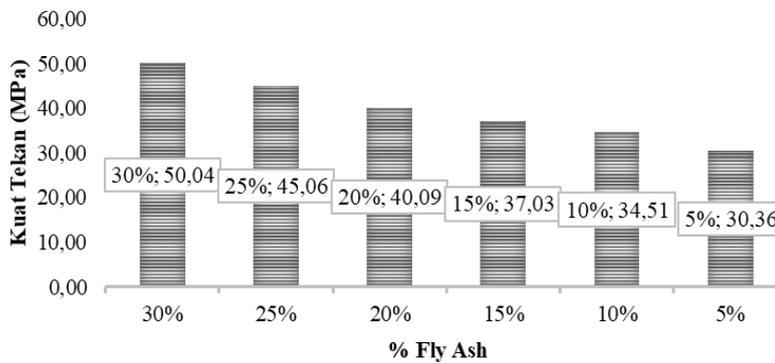
3.1. Hasil Penelitian

Tujuan dari uji slump adalah untuk mengetahui apakah campuran beton dapat berpengaruh bila ditambahkan *Fly Ash* dalam jumlah 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Uji *slump* yang dilakukan sudah sesuai standar (SNI 7656:2012). [Tabel 3](#) di bawah ini menunjukkan hasil uji slump pada beton abu batu dengan jumlah penambahan *fly ash* yang bervariasi.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Slump* Beton Abu Batu Variasi *Fly Ash*

Variasi	Air	Semen	Pasir	<i>Fly Ash</i>	Abu Batu	BP. 0,5-1	BP. 1-2	Nilai <i>Slump</i> (cm)
FA 5%	10,624	23,306	15,115	1,586	14,512	28,954	23,569	12
FA 10%	10,598	23,306	14,320	3,172	13,748	28,954	23,569	11
FA 15%	10,571	23,306	13,524	4,757	12,984	28,954	23,569	10,5
FA 20%	10,545	23,306	12,729	6,343	12,220	28,954	23,569	8
FA 25%	10,518	23,306	11,933	7,929	11,456	28,954	23,569	6,5
FA 30%	10,492	23,306	11,137	9,515	10,693	28,954	23,569	6

Nilai uji *slump* yang didapatkan pada setiap komposisi beton mutu tinggi dengan variasi abu batu dan *fly ash* yaitu pada komposisi campuran FA 5% = 12 cm, FA 10% = 11 cm, FA 15% = 10,5 cm, FA 20% = 8 cm, FA 25% = 6,5 cm, dan FA 30% = 6 cm. Adapun hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.

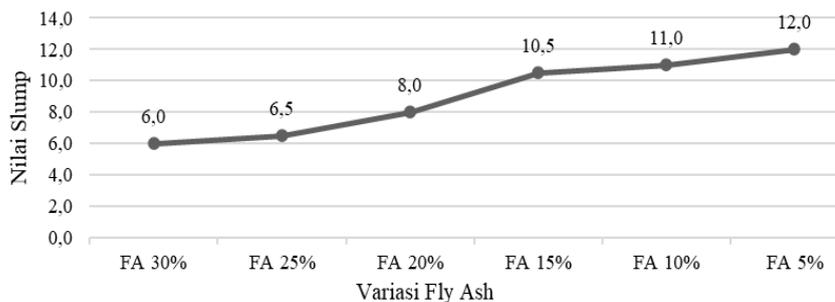


Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton Menggunakan *Additive*

Berdasarkan Gambar 2 bahwa, nilai kuat tekan rata-rata yang didapatkan pada beton mutu tinggi variasi abu batu dan *Fly ash* 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dengan menggunakan *superplasticizer* pada umur 28 hari yaitu FA 5% = 30,36 MPa, FA 10% = 34,51 MPa, FA 15% = 37,03 MPa, FA 20% = 40,09 MPa, FA 25% = 45,06 MPa, dan FA 30% = 50,04 MPa, nilai kuat tekan yang didapatkan pada campuran beton dengan menggunakan *additive* hanya variasi *fly ash* 30% yang mencapai kuat tekan rencana 50 MPa yaitu dengan hasil kuat tekan rata-rata 50,04 MPa.

3.2. Pembahasan

Untuk melihat kelacakan campuran pada setiap variasi *fly ash*, setelah semua material tercampur rata maka pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui kelacakan campuran dimana *slump* tertinggi yang didapatkan yaitu pada variasi *fly ash* 30% dengan nilai *slump* 6 cm. Untuk komposisi campuran *fly ash* dengan variasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%, nilai *slump* semakin meningkat kelacakannya pada setiap persentase penambahan *fly ash*, dan hasil yang didapatkan pada *slump* tesnya yaitu variasi campuran FA 5% = 12 cm, FA 10% = 11 cm, FA 15% = 10,5 cm, FA 20% = 8 cm, dan FA 25% = 6,5 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 3 terkait pengaruh *fly ash* terhadap nilai *slump*.



Gambar 3. Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Nilai *Slump*

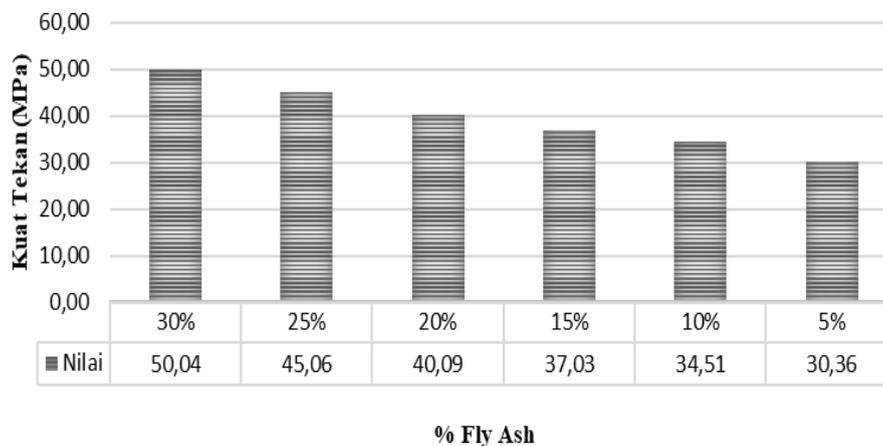
Gambar 3 menunjukkan grafik perbedaan antara nilai *slump* dan variasi campuran beton, pada grafik diatas terlihat peningkatan secara jelas pada persentase penambahan variasi *fly ash*. Untuk nilai *slump* pada tiap komposisi campuran *fly ash* mulai dengan variasi FA 25% sampai FA 30% mendapatkan nilai *slump* lebih rendah dibandingkan dengan FA 5% yang menjadi kontrol. Grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh terhadap variasi *fly ash* untuk campuran beton mutu tinggi pada kelacakan setiap campuran beton. Adapun hasil uji kuat tekan dengan beberapa variasi dapat dilihat pada Tabel 4. Setelah selesainya pengujian kuat tekan dengan umur beton 28 hari, diperoleh hasil dengan variasi FA (*Fly Ash*) 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan *Additive*

Variasi <i>Fly Ash</i>	Umur	Benda Uji	Nilai Kuat Tekan		Koefisien Umur	Faktor Bentuk	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
			Kubus (kg/cm ²)	Silinder (MPa)			
5%	28 Hari	Kubus	257,78	21,40	1	1	30,36
		Kubus	288,89	23,98	1	1	
		Kubus	333,33	27,67	1	1	
		Silinder	354,53	29,43	1	0,83	
		Silinder	361,35	29,99	1	0,83	
		Silinder	371,57	30,84	1	0,83	
		Silinder	463,62	38,48	1	0,83	
		Silinder	470,43	39,05	1	0,83	
		Silinder	322,15	26,74	1	0,83	
		Silinder	352,83	29,28	1	0,83	
		Silinder	398,85	33,10	1	0,83	
		Silinder	414,19	34,38	1	0,83	
10%	28 Hari	Kubus	302,22	25,08	1	1	34,51
		Kubus	328,89	27,30	1	1	
		Kubus	333,33	27,67	1	1	
		Silinder	381,80	31,69	1	0,83	
		Silinder	388,62	32,26	1	0,83	
		Silinder	494,30	41,03	1	0,83	
		Silinder	511,34	42,44	1	0,83	
		Silinder	477,25	39,61	1	0,83	
		Silinder	536,91	44,56	1	0,83	
		Silinder	375,84	31,19	1	0,83	
		Silinder	414,19	34,38	1	0,83	
		Silinder	444,87	36,92	1	0,83	
15%	28 Hari	Kubus	342,22	28,40	1	1	37,03
		Kubus	337,78	28,04	1	1	
		Kubus	337,78	28,04	1	1	
		Silinder	538,61	44,70	1	0,83	
		Silinder	518,16	43,01	1	0,83	
		Silinder	453,39	37,63	1	0,83	
		Silinder	443,16	36,78	1	0,83	
		Silinder	449,98	37,35	1	0,83	
		Silinder	490,89	40,74	1	0,83	
		Silinder	536,91	44,56	1	0,83	
		Silinder	460,21	38,20	1	0,83	
		Silinder	444,87	36,92	1	0,83	
20%	28 Hari	Kubus	340,00	28,22	1	1	40,09
		Kubus	333,33	27,67	1	1	
		Kubus	360,00	29,88	1	1	
		Silinder	552,25	45,84	1	0,83	
		Silinder	555,66	46,12	1	0,83	
		Silinder	463,62	38,48	1	0,83	
		Silinder	463,62	38,48	1	0,83	
		Silinder	395,44	32,82	1	0,83	
		Silinder	628,95	52,20	1	0,83	
		Silinder	644,29	53,48	1	0,83	
		Silinder	521,57	43,29	1	0,83	

Variasi Fly Ash	Umur	Benda Uji	Nilai Kuat Tekan		Koefisien Umur	Faktor Bentuk	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
			Kubus (kg/cm ²)	Silinder (MPa)			
25%	28 Hari	Silinder	536,91	44,56	1	0,83	45,06
		Kubus	364,44	30,25	1	1	
		Kubus	404,44	33,57	1	1	
		Kubus	364,44	30,25	1	1	
		Silinder	463,62	38,48	1	0,83	
		Silinder	463,62	38,48	1	0,83	
		Silinder	511,34	42,44	1	0,83	
		Silinder	569,29	47,25	1	0,83	
		Silinder	559,07	46,40	1	0,83	
		Silinder	720,99	59,84	1	0,83	
		Silinder	728,66	60,48	1	0,83	
		Silinder	705,65	58,57	1	0,83	
		Silinder	659,63	54,75	1	0,83	
30%	28 Hari	Kubus	422,22	35,04	1	1	50,04
		Kubus	437,78	36,34	1	1	
		Kubus	440,00	36,52	1	1	
		Silinder	620,43	51,50	1	0,83	
		Silinder	613,61	50,93	1	0,83	
		Silinder	606,79	50,36	1	0,83	
		Silinder	603,38	50,08	1	0,83	
		Silinder	606,79	50,36	1	0,83	
		Silinder	736,33	61,12	1	0,83	
		Silinder	728,66	60,48	1	0,83	
		Silinder	720,99	59,84	1	0,83	
		Silinder	697,98	57,93	1	0,83	

Tabel 4 menunjukkan hasil dari beban hancur dan kuat tekan rata-rata beton mutu tinggi dengan 6 (variasi) fly ash yang dimana beton dengan variasi FA 5% tidak mencapai mutu rencana yaitu $F_c' 50$ MPa, dengan mendapatkan hasil kuat tekan rata-rata dengan mutu 30,36 MPa, sedangkan pada variasi FA 10% mengalami kenaikan yaitu dengan hasil kuat tekan rata-rata 34,51 MPa, selanjutnya pada variasi FA 15% juga mengalami kenaikan yaitu dengan hasil kuat tekan rata-rata 37,03 MPa, selanjutnya untuk variasi campuran FA 20% juga mengalami kenaikan dengan hasil kuat tekan rata-rata 40,09 MPa, selanjutnya untuk variasi penambahan FA 25% juga mengalami kenaikan mutu yaitu dengan hasil kuat tekan rata-rata 45,06 MPa dan mencapai standar kuat tekan beton mutu tinggi yaitu $F_c' \geq 41,4$ MPa tetapi tidak mencapai mutu rencana yaitu $F_c' 50$ MPa, dan untuk penambahan variasi FA 30% mencapai mutu rencana dengan kuat tekan rata-rata yaitu 50,04 MPa. Adapun persentase hubungan antara (%) fly ash terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan *superplasticizer* pada umur 28 hari dengan seluruh variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan % Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan **Gambar 3**, menunjukkan bahwa bagaimana pengaruh jumlah *fly ash* yang digunakan sebagai agregat halus dan kuat tekan beton berhubungan satu sama lain. Hasil analisis data kemudian menunjukkan pengaruh variasi kombinasi abu batu dan abu terbang 30% sebagai agregat halus untuk campuran beton mutu tinggi. Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa seiring dengan meningkatnya penggunaan *fly ash*, maka kuat tekan dan berat jenis beton juga meningkat.

4. Kesimpulan

Karakteristik campuran beton mutu tinggi dengan kombinasi variasi abu batu dan *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%, berdasarkan dari nilai slump dan kepadatannya menunjukkan bahwa setiap penambahan persentase *fly ash*, dapat memberikan pengaruh yang membuat kelacakan campuran beton semakin meningkat dan padat sehingga dapat mempermudah dalam proses pengerjaan pencampuran beton.

Pengaruh penggunaan abu batu dan *fly ash* sebagai bahan pembuatan beton mutu tinggi dengan persentase variasi campuran 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%, maka didapatkan nilai dengan kuat tekan beton sebagai berikut: persentase variasi FA 5% tidak mencapai mutu rencana yaitu $F_c' 50$ MPa, dengan mendapatkan hasil kuat tekan rata-rata dengan mutu 30,36 MPa, FA 10% = hasil kuat tekan rata-rata 34,51 MPa, FA 15% = hasil kuat tekan rata-rata 37,03 MPa, FA 20% = hasil kuat tekan rata-rata 40,09 MPa, FA 25% = hasil kuat tekan rata-rata 45,06 MPa mencapai standar beton mutu tinggi tetapi tidak mencapai mutu rencana, dan untuk variasi FA 30% mencapai mutu rencana dengan kuat tekan rata-rata yaitu 50,04 MPa.

Daftar Pustaka

- Abrams, D.A. (1991) Design of Concrete Mixtures. Vol. 1, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago.
https://www.forgottenbooks.com/es/download/DesignofConcreteMixtures_10276916.pdf
- Hidayawanti, R., Widjoyo, I., Nur, H., & Febriany, F. (2022). Komparasi Abu Batu Sebagai Substitusi Pasir Untuk Mengurangi Harga Pokok Produksi Dalam Pembuatan Beton. *Jurnal Forum Mekanika*, 11(1), 22–28. <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v11i1.1540>
- Indah Suci Rahayu. (2022). BIM-Integrated Construction Safety Risk Assessment at the Design Stage of Building Projects. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 5(2), 124–131. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1121>
- Rizal, E. P., & Gazali, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Agregat halus pada campuran Beton $F_c' 20$ Terhadap Kuat Tekan Beton. *Uniska*, 1(2), 1–13. https://eprints.uniska-bjm.ac.id/8621/%0Ahttps://eprints.uniska-bjm.ac.id/8621/1/ARTIKEL_RIJAL_.pdf
- Salmaa. (2021). *Penelitian Eksperimen: Pengertian, Karakteristik, dan Langkah-Langkahnya*.
- Sariman, S., Setiawan, A., & Ridwan, R. (2023). Parameters of Compressive Strength of PCC Consequence Concrete the Difference in Curing Time and Specimen Shape. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(2), 660–665. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.2751>
- Setiawan, A. A., Busyairi, M., & Wijayanti, D. W. (2017). Pemanfaatan Fly Ash Pltu Sebagai Agregat Dalam Pembuatan Batako. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*, 11(101), 16–25. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/SEMNASTEK/article/download/972/881>
- Solikin, M., Setiawan, B., Nurchasanah, Y., & Prayogi, S. (2022). Analisis Penetrasi Ion Klorida pada Beton High Volume Fly Ash Mutu Tinggi dengan Variasi Tingkat Kehalusan Fly Ash. *Terus Jurnal*, 12(2), 425–434. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i2.749>
-

- Utama, J. P. (2021). Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Agregat Abu Batu dan Menggunakan Fly Ash Sebagai Pengganti Parsial Semen PCC. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 15(1), 6-16
- Widyakusuma, A., & Zainoeddin, A. M. (2022). Tinjauan Aktivitas Utama dan Penunjang Penghuni pada Perencanaan Hunian Vertikal Jenis Apartemen. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 5(2), 171–183. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1068>
- Wiwiek, Eng, M., Sukendar, I. I., Eng, Asean, Mahardika, A. N., & Fatmawati. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Konstruksi Pembuatan Genteng Dengan Metode QFD (Quality Function Deployment) Dan Uji Kelayakan. *Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula* 5, 5(Kimu 5), 21–27. <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/view/17883>