

Optimalisasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Fly Ash dan Superplasticizer

Fitry Rahmawaty^{1*}, Agata Iwan Candra², Evita Fitriani Hidiyati³, Andri Dwi Cahyono⁴, Zandy Bima Mahardana⁵, Dwifi Aprillia Karisma⁶, Mahardi Kamalika Khusna Ali⁷, Faiz Muhammad Azhari⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Teknik Sipil, Universitas Kadiri, Kediri, 64115, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: Fitry_rahmawaty@unik-kediri.ac.id

Received 8th June 2023; 1st Revision 14th June 2023; Accepted 27th June 2023

DOI: <https://doi.org/10.24036/cived.v10i2.124295>

ABSTRAK

Perekonomian Kota Kediri yang meningkat menjadikan masyarakat antusias dalam berinvestasi di dunia perumahan. Dengan data dari Kepala Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman mengungkapkan bahwa Pemkot Kediri juga telah menetapkan Rencana Detail Tata Ruang, dimana Sebagian wilayahnya diperuntukkan sebagai Kawasan perumahan dan pemukiman. Namun, masyarakat banyak beralih ke rumah bertingkat karena mampu meminimalisir lahan dan mendapatkan banyak ruang untuk anggota keluarga. Selain itu, rumah bertingkat harus didesain kokoh dan kuat agar mampu menopang beban baik beban mati maupun beban hidup dan beban-beban yang lain. Salah satu upaya memperkuat bangunan dengan memperkuat struktur bangunannya seperti kolom dan balok. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton dengan penambahan fly ash (FA) dan superplasticizer (SP) dengan harapan dapat mengurangi penggunaan semen dengan mutu yang sama. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan pengujian langsung di Laboratorium Teknik Universitas Sipil Kadiri yang mengacu pada SNI. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan lama pengerasan 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan kuat tekan rencana f_c' 21,7 MPa. Hasil penambahan fly ash dan Superplastizer didapatkan nilai slump untuk variasi FA0%, FA4%+SP0.5%, FA8%+SP0.5% berturut-turut 13 cm, 8 cm, 6 cm dan 6 cm. Hasil penelitian pada variasi FA0%, FA4%+SP0.5%, FA8%+SP0.5%, menunjukkan kuat tekan rata-rata tertinggi terdapat pada variasi FA 8% + SP 0.5% yaitu sebesar 29.8 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan pengujian kuat tekan beton dengan penambahan fly ash dan superplasticizer mendapatkan hasil kuat tekan terbesar pada campuran beton variasi fly ash 8% dan SP 0.5 % dengan umur beton 28 hari sebesar 32,8 Mpa setara dengan K-300. Hasil tersebut dapat diaplikasikan pada pekerjaan Kolom dan Balok pada bangunan bertingkat.

Kata Kunci: Beton; Fly Ash; Kuat Tekan; Superplasticizer

ABSTRACT

The increasing economy of Kediri City makes people enthusiastic about investing in the world of housing. With data from the Head of the Housing and Settlement Area Office, it was revealed that the Kediri City Government has also established a Detailed Spatial Plan, where part of the area is designated as residential and residential areas. However, many people switch to multi-storey houses because they are able to minimize land and get a lot of space for family members. In addition, multi-storey houses must be designed sturdy and strong to be able to support the burden of both dead loads and living loads and other loads. One of the efforts to

strengthen the building is by strengthening the structure of the building such as columns and beams. This study aims to increase the compressive strength of compressed concrete with the addition of fly ash (FA) and superplasticizer (SP) in the hope of reducing the use of cement of the same quality. The research method used in this study is an experimental method by conducting direct testing at the Engineering Laboratory of Kadiri Civil University which refers to SNI. The specimen used is cylindrical with a size of 15 cm x 30 cm with a hardening duration of 3 days, 7 days, 14 days and 28 days with a compressive strength of f_c' plan 21.7 MPa. The results of adding fly ash and Superplastizer obtained slump values for variations FA0%, FA4% + SP0.5%, FA8% + SP0.5% respectively 13 cm, 8 cm, 6 cm and 6 cm. The results of research on variations FA0%, FA4% + SP0.5%, FA8% + SP0.5%, showed the highest average compressive strength found in variations of FA 8% + SP 0.5%, which was 29.8 Mpa. The results showed that testing the compressive strength of concrete with the addition of fly ash and superplasticizer obtained the largest compressive strength results in a concrete mixture of 8% fly ash variation and 0.5% SP with a 28-day concrete life of 32.8 Mpa equivalent to K-300. These results can be applied to the work of Columns and Beams in multi-storey buildings.

Keywords: Concrete; Fly Ash; Strong Press; Superplasticizier

Copyright © Fitry Rahmawaty, Agata Iwan Candra, Evita Fitriani Hidiyati, Andri Dwi Cahyono, Zendy Bima Mahardana, Dwifi Aprillia Karisma, Mahardi Kamalika Khusna Ali, Faiz Muhammad Azhari

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

Perekonomian di kota Kediri meningkat sebesar 2,5% berdasarkan hasil dari Badan Pusat Statistik Kota Kediri. Pertumbuhan ekonomi kota Kediri pada tahun 2021 mencapai Rp. 141,47 triliun, sedangkan dasar harga konstan mencapai Rp. 86,49 triliun. Dari perekonomian yang meningkat, Pemerintah kota Kediri terus mencoba inovasi baru untuk mempercepat pemulihan perekonomian kota Kediri salah satunya berkolaborasi dengan Kamar Dagang dan Industri (KADIN) Kota Kediri melalui Kediri Property Expo pada tahun 2022. Kediri Property Expo tersebut bertujuan menjadikan momentum percepatan pemenuhan perumahan masyarakat di Kota Kediri. Mengingat antusias masyarakat dalam berinvestasi di dunia perumahan yang menjadikan kota Kediri disebut nyaman dan layak huni bagi masyarakat. Berdasarkan data Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA), capaian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) Kota Kediri tahun 2021 sebesar 77,80 dalam kategori baik. Hal tersebut meningkat daripada tahun sebelumnya yaitu 72,60. Kepala Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman mengungkapkan bahwa Pemkot Kediri juga telah menetapkan Rencana Detail Tata Ruang, dimana Sebagian wilayahnya diperuntukkan sebagai Kawasan perumahan dan pemukiman. Namun, masyarakat banyak beralih ke rumah bertingkat karena mampu meminimalisir lahan dan mendapatkan banyak ruang untuk anggota keluarga. Selain itu, rumah bertingkat harus didesain kokoh dan kuat agar mampu menopang beban baik beban mati maupun beban hidup dan beban-beban yang lain. Salah satu upaya memperkokoh bangunan dengan memperkuat struktur bangunannya seperti kolom dan balok.

Beton adalah material yang banyak digunakan dalam industri konstruksi. Penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan sifat dan kinerja beton tanpa mengurangi kualitasnya [1][2]. Beton terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan dengan atau tanpa proporsi tertentu. [3][4]. Kualitas beton bergantung pada bahan penyusunnya. Menggunakan admixtures dalam campuran beton dapat meningkatkan sifat-sifat

beton seperti mempercepat atau memperlambat pengerasan, mempermudah proses pengerjaan, dan meningkatkan kekuatan tekan. [5]. Beberapa keunggulan beton diantaranya yaitu harga yang relatif murah, memiliki kekuatan tekan tinggi, sifat tahan terhadap karat, mudah diangkut dan dibentuk serta tahan terhadap kebakaran[6].

Beton, bagaimanapun, memiliki kelemahan yang dapat mempersingkat masa pakainya. Beton getas sehingga mudah retak atau pecah ketika ditarik melebihi kapasitasnya. Jika retakan terjadi terus menerus, daya tahan beton akan menurun, dan korosi tulangan dapat terjadi ketika udara dan air bereaksi. [7]. Beton tidak selalu kedap air, sehingga air dapat masuk ke dalamnya dan air dengan kandungan garam dapat merusaknya.

Meskipun beton dapat dibuat dengan kekuatan yang tinggi dengan komposisi semen yang tepat, penggunaan terlalu banyak semen dapat menyebabkan susut dan retak yang lebih parah. Batu bara, yang memiliki partikel berbentuk bulat dan memiliki tingkat kehalusan yang hampir sama dengan semen, dapat digunakan sebagai pengganti semen dan mengurangi kebutuhan air campuran [8]. Fly ash sendiri memiliki kemampuan untuk mengikat seperti semen, kesamaan sifat tersebut dapat dilihat dari dua sifat utama yaitu sifat fisik dan kimia, jika terdapat air dan ukuran partikel yang halus maka silika oksida yang terkandung dalam fly ash akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida untuk menghasilkan zat yang memiliki kemampuan untuk mengikat [9][10]. Fly ash merupakan salah satu produk sampingan dari pembakaran batu bara yang banyak terdapat pada pembangkit listrik [11][12]. Penggunaan fly ash dalam beton untuk aplikasi struktural telah meningkat dari beberapa tahun terakhir karena berbagai keunggulan teknis dalam keadaan segar ataupun mengeras[13]. Superplasticizer adalah bahan tambah kimiawi, atau campuran kimiawi, yang lebih banyak digunakan untuk meningkatkan kinerja pelaksanaan. Mereka dapat mengurangi jumlah air yang dibutuhkan, mempercepat waktu pengerasan, dan meningkatkan workability. Sesuai yang disarankan kisaran dosis superplasticizer yaitu 0.1%-1% dari massa semen, karena jika dosis yang digunakan berlebihan menyebabkan beton mengalami setting time yang lama bahkan dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri [14].

Penelitian sebelumnya mengenai penambahan fly ash dan superplasticizer dalam campuran beton dengan persentase fly ash 0%, 20% dan 30%. Hasil kuat tekan mengalami peningkatan melebihi beton normal saat umur beton lebih dari 28 hari dan semakin meningkat seiring lamanya umur beton. Berdasarkan penelitian terdahulu kuat tekan paling tinggi didapatkan dengan persentase penambahan fly ash 20%[15].

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan mutu beton dengan penambahan fly ash dan superplasticizer, sehingga penambahan fly ash dapat mengurangi penggunaan semen pada campuran beton. Berdasarkan beberapa uraian yang telah dipaparkan diatas, penulis akan mencoba penelitian dengan metode eksperimental di laboratorium dengan menggunakan fly ash sebagai bahan tambahan campuran beton dengan persentase sebesar 0%, 4%, dan 8% dari berat semen dan superplasticizer dengan dosis 0.5% dari kadar semen dengan jumlah sampel 9 buah silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kontribusi penelitian ini guna mendapatkan inovasi baru yang meningkatkan mutu kuat tekan beton tersebut untuk pembuatan struktur dan juga untuk mengurangi penggunaan bahan pengikat semen dengan harga yang lebih terjangkau.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen sampel

beton dengan penambahan fly ash sebagai pengganti kadar semen dengan variasi 0%, 4%, 8% dan penambahan 0,5% superplasticizer dari kadar semen. Penelitian konkrit dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri dengan mengacu pada SNI dan AASHTO. Objek yang diteliti adalah beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Parameter penelitian ini adalah pengujian agregat, job mix design, produksi beton, uji slump, curing dan kuat tekan.

Bahan Penelitian

Penelitian beton dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri. Penelitian ini memiliki parameter penambahan bahan untuk mendapatkan hasil beton yang jauh lebih kuat tekan. Adapun bahan yang ditambahkan adalah fly ash dan superplastizer.

1. Fly Ash

Penggunaan batubara di kalangan industri saat ini meningkat pesat, karena harganya yang relatif murah dibandingkan dengan bahan bakar minyak untuk industri. Pembakaran batubara sebagai sumber energi pengganti bahan bakar minyak menghasilkan abu batubara sekitar 2-10%. Karena proses pembakaran batu bara akan terbentuk dua jenis abu yaitu fly ash dan bottom ash [9]. Abu terbang atau fly ash merupakan hasil sampingan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada pembangkit listrik [16][17][18]. Beberapa penelitian telah menentukan bahwa masuknya fly ash dalam pasta semen mengurangi tegangan leleh dan viskositas, karena bentuknya yang bulat dan distribusi ukuran partikel nya yang lebar sehingga meningkatkan fluiditas campuran dan menunjukkan adanya kandungan kalsium yang rendah, silica dan aluminium yang tinggi dalam fly ash [19][20].

Tabel 1. Persyaratan Kimia Fly Ash

No	Uraian	Kelas		
		N	F	C
1	SiO ₂ +Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ , Min (%)	70	70	50
2	SO ₃ , Maks (%)	4	5	5
3	Kadar Air, Maks (%)	3	3	3
4	Hilang Pijar, Maks (%)	10	6	6

2. Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan tambahan (admixture). Admixture adalah bahan tambah selain semen, agregat dan air untuk ditambahkan ke dalam campuran beton, proses sebelum atau selama pencampuran beton untuk merubah sifat-sifat beton sesuai dengan keinginan perencana [21]. Superplasticizer digunakan untuk meningkatkan fluiditas beton dengan penambahan air yang relatif rendah. Sejak diperkenalkan pada tahun 1930-an, sudah digunakan sebagai bahan tambahan kimia untuk beton modern [22]. Jenis penambahan superplasticizer juga memainkan peran penting dalam mengontrol kemampuan kerja campuran beton. Superplasticizer yang berbeda juga memiliki mekanisme aksi yang berbeda. Namun kandungan superplasticizer memiliki prinsip yang sama yaitu peningkatan sifat keadaan segar dicapai dengan mencegah flokulasi partikel semen [23]. Dosis superplasticizer sangat berpengaruh pada reologi beton segar; dosis yang terlalu kecil tidak akan mempengaruhi reologi beton, sementara dosis yang terlalu besar dapat menyebabkan segregasi dan blending. sebagai waktu yang dihabiskan untuk pengaturannya [24].

Pengujian Agregat

Pengujian agregat pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik bahan tersebut layak digunakan atau tidak untuk pencampuran beton. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian: kadar lumpur, berat jenis agregat halus, daya serap dan modulus kehalusan. Sedangkan pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar meliputi pengujian : kadar lumpur, berat jenis agregat kasar, keausan agregat kasar dan penyerapan [25].

Job Mix Design

Dalam penelitian ini, metode komposisi campuran digunakan, berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang pencampuran beton setiap 1 m³. Kekuatan desain yang dimaksud adalah kuat tekan dengan kualitas f_c 21,7 Mpa. Rencana campuran ini bertujuan untuk menghasilkan beton dengan kualitas yang diinginkan dengan memilih bahan campuran beton dan mempertimbangkan rasio masing-masing bahan. Dalam Mix planning digunakan sebagai acuan pembuatan beton untuk menentukan komposisi campuran hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar yang kemudian menentukan proporsi campuran beton berdasarkan ukuran benda uji. Dalam perencanaan campuran beton f_c' 21,7 Mpa perhitungannya akan disajikan pada Tabel 2.



Gambar 1. Proses Job Mix Bahan

Tabel 2. Komposisi Campuran Beton 3 Silinder

Kode Material	BT. N	BT. FA 4%+SP 0.5%	BT. FA 8%+SP 0.5%
Semen (kg)	7.327	6.997	6.704
Pasir (kg)	13.318	13.318	13.318
Kerikil (kg)	19.824	19.824	19.824
Air (L)	4.102	4.102	4.102
Fly ash (kg)	0	0.293	0,586
Superplasticizer (kg)	0	0.037	0.037

Dari Tabel 2 menunjukkan komposisi campuran beton untuk 3 silinder pada beton dengan variasi flyash 0% atau beton normal (BT. N), beton variasi flyash 4% dan superplasticizer 0.5% (BT. FA 4%+ SP 0.5%), beton variasi fly ash 8% dan superplasticizer 0.5% (BT. FA

8%+SP 0.5%).

Kuat Tekan Beton

Kemampuan beton untuk menahan gaya tekan per satuan luasnya dikenal sebagai kuat tekan beton (MPa atau kg/cm²) [26]. Pengujian kuat tekan dilaksanakan setelah benda uji berumur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Pada pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan adanya penambahan fly ash dan superplasticizer tanpa mengurangi mutu yang direncanakan [27]. Kekuatan tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut: Hasil pembacaan jarum mesin kuat tekan adalah angka tertinggi yang ditampilkan sebelum sampel retak atau hancur.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

fc = Kuat Tekan Beton (kg/cm²)

P = Beban Yang Bekerja (kg)

A = Luas Penampang Benda Uji (cm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini meliputi hasil pengujian agregat dan hasil kuat tekan beton.

Pengujian Agregat

Sebelum pembuatan benda uji dilakukan terlebih dahulu pengujian terhadap agregat dengan tujuan memperoleh karakteristik dan sifat sesuai dengan SNI.

a. Pengujian Agregat Halus

Dalam penelitian ini, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan air, dan modulus kehalusan diuji. Hasil pengujian agregat halus disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Pengujian	Ketentuan	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Lumpur	Maks 5%	3.39%	Memenuhi
2	Berat Jenis			
	a. Berat jenis kering oven	1.6 - 3.3	2.37	Memenuhi
	b. Berat jenis kering permukaan	1.6 - 3.4	2.52	Memenuhi
	c. Berat jenis semu	1.6 - 3.8	2.65	Memenuhi
3	Penyerapan	Maks 2%	1.73%	Memenuhi
4	Modulus Kehalusan	1.5 - 3.8	2.56	Memenuhi

Dari hasil Tabel 3 didapatkan hasil bahwa agregat halus yang digunakan memenuhi syarat standar SNI. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari pasir lumajang.

b. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar lumpur, berat jenis, keausan dan penyerapan air. Berikut hasil dari pengujian agregat kasar yang disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Pengujian karakteristik agregat kasar

No	Pengujian	Ketentuan	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Lumpur	< 1%	0.4%	Memenuhi
2	Berat Jenis			

	a. Berat jenis kering oven	1.6 - 3.3	2.18	Memenuhi
	b. Berat jenis kering permukaan	1.6 - 3.3	2.23	Memenuhi
	c. Berat jenis semu	1.6 - 3.3	2.15	Memenuhi
3	Keausan	< 40 %	28.52%	Memenuhi
4	Penyerapan	< 3 %	2.20%	Memenuhi

Dari hasil Tabel 4 didapatkan hasil bahwa agregat kasar yang digunakan memenuhi syarat standar SNI. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari koral/kerikil dari daerah Kedak, Semen, Kediri.

Hasil Slump Beton

Uji slump bertujuan untuk mengukur tingkat kekentalan atau keenceran campuran beton, hal ini berfungsi untuk memudahkan pekerjaan beton. Hasil uji slump campuran beton tanpa pasir disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Slump Beton Setiap Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Hasil Slump (cm)
1.	BT. N	12
2.	BT. FA 4% dan SP 0,5%	10,2
3.	BT. FA 8% dan SP 0,5%	9,5

Nilai slump yang diperoleh dalam penelitian ini adalah berupa beton normal (BT. N), Beton campuran fly ash 4% dan superplasticizier 0,5% (BT. FA 4%), Beton campuran fly ash 8% dan superplasticizier 0,5%. Dapat dilihat bahwa semakin banyak fly ash dan superplasticizier ditambahkan akan membuat adonan beton menjadi lebih cair. Hasil slump tersebut cocok digunakan untuk perencanaan balok kolom bangunan.

Hasil Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari, 28 hari dan benda uji yang digunakan merupakan benda uji berbentuk silinder ukuran 15 cm x 30 cm.



Tampilan Benda Uji Beton

Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah Pengujian Kuat Tekan

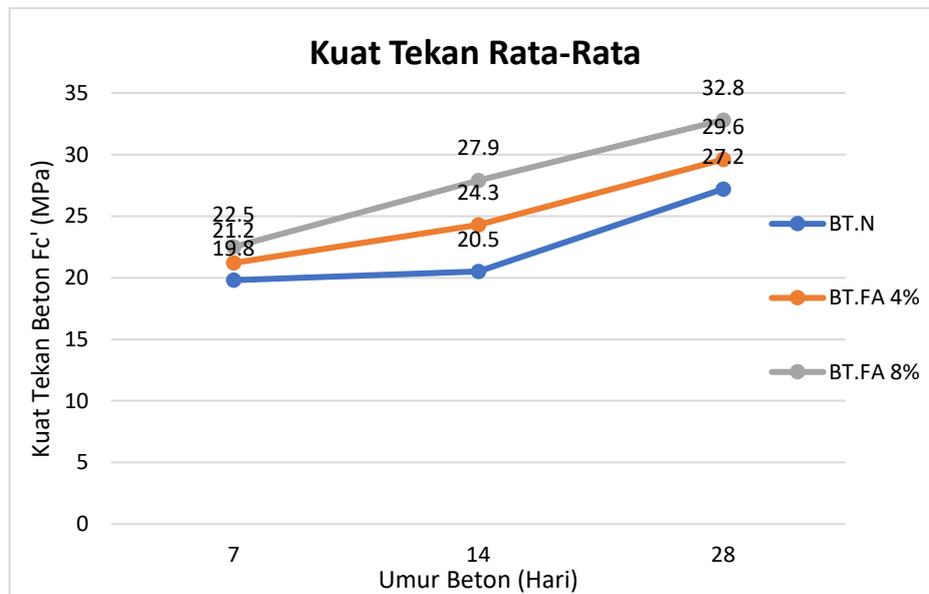
Gambar 2. Proses Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-rata

No	Benda Uji	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)
1	BT. N	7	19,8
2	BT. N	14	20,5

3	BT. N	28	27,2
4	BT. FA 4%	7	21,2
5	BT. FA 4%	14	24,3
6	BT. FA 4%	28	29,6
7	BT. FA 8%	7	22,5
8	BT. FA 8%	14	27,9
9	BT. FA 8%	28	32,8

Pada Tabel 6 di atas menunjukkan hasil kuat tekan rata-rata yang tertinggi pada beton campuran fly ash 8% dan superplasticizer 0.5%. Dari Tabel 6 hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton yang disajikan pada grafik berikut:



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Beton

Dari grafik pada Gambar 3 di atas hasil kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan fly ash 8% dan SP 0.5% menunjukkan kuat tekan rata-rata paling tinggi pada umur 7 hari sebesar 22,5 Mpa, umur 14 hari sebesar 27,9 Mpa, umur 28 hari sebesar 32,8 Mpa. Hasil pada umur beton 28 hari masuk dalam mutu beton K-300 yang mampu melebihi mutu yang direncanakan (beton normal) yaitu sebesar 27,2 Mpa. Hasil tersebut dapat diaplikasikan pada pekerjaan Kolom, Balok pada bangunan bertingkat.

Hasil Analisa Biaya

Job mix design ini juga mampu mengurangi penggunaan semen dan mampu mengurangi biaya pembuatan beton. Adapun rincian perbandingan biaya ada pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Biaya Job Mix Beton

KODE MATERIAL	HARGA (Rp)	KEBUTUHAN JOB MIX DESIGN (Rp)		
		BT. N	BT. FA 4%+SP 0.5%	BT. FA 8%+SP 0.5%
Semen (40 kg)	60.000	439.620	419.820	402.240
Fly ash (40 kg)	15.000	0	4.395	8.790
Superplasticizer (kg)	180.000	0	6.660	6.660
TOTAL (Rp)		439.620	430.875	417.690

Dari table diatas, didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan variasi ketiga sesuai dengan hasil kuat tekan tertinggi mampu mengurangi biaya produksi pembuatan sampel beton dengan selisih dari biaya normal Rp 439.620 menjadi Rp 417.690.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pengujian kuat tekan beton dengan penambahan fly ash dan superplasticizer mendapatkan hasil kuat tekan terbesar pada campuran beton variasi fly ash 8% dan SP 0.5 % dengan umur beton 28 hari sebesar 32,8 Mpa setara dengan K-300. Hasil tersebut mampu mengurangi biaya pembuatan beton dengan mengurangi penggunaan semen dan mampu diaplikasikan pada pekerjaan Kolom dan Balok pada bangunan bertingkat.

REFERENSI

- [1] A. Behnood and E. M. Golafshani, "Predicting the compressive strength of silica fume concrete using hybrid artificial neural network with multi-objective grey wolves," *Journal of Cleaner Production*, vol. 202, pp. 54–64, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.065.
- [2] Wicaksono. H. Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A, "Meningkatkan Kuat Tekan Beton Fc' 16,60 Mpa Menggunakan Fly Ash Dan Arang Batok Kelapa," *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, vol. 4, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121.
- [3] C. S. Mecha, T. Mulyono, and P. Prihantono, "Pengaruh Penambahan Superplasticizer Dan Abu Batu Sebagai Filler Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Normal," *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 10–17, 2018, doi: 10.21009/jmenara.v13i1.18919.
- [4] R. B. Bangun Giarto, K. Achmad, and M. Kiptiah, "Peningkatan Kuat Tekan Beton Tanpa Pasir Dengan Variasi Penambahan Sikamen Nn dan Serat Polipropilen," *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 23, no. 1, 2022, doi: 10.30595/techno.v23i1.11178.
- [5] A. Hasyim and D. Kartikasari, "Pembuatan Beton Campuran Styrofoam Menggunakan Agregat Pasir Bengawan Solo," *UKARsT*, vol. 4, no. 1, p. 27, 2020, doi: 10.30737/ukarst.v4i1.697.
- [6] T. Rosdiyani and Syahri, "Kuat Tekan Beton Fc'19 Mpa Menggunakan Campuran Styrofoam," *Jurmateks*, vol. 4, no. 1, pp. 59–73, 2021.
- [7] F. Concrete, C. Strength, and T. Strength, "Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Serat Menggunakan Agregat Ringan," vol. 24, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [8] A. Elkhebu, A. Zainorabidin, I. H. Bakar, B. B. K. Huat, L. Abdeljouad, and W. K. Dheyab, "Alkaline activation of clayey soil using potassium hydroxide & fly ash," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 10, no. 9, pp. 99–104, 2018, doi: 10.30880/ijie.2018.10.09.016.
- [9] M. Setiawati, "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton," *Seminar Nasional*

Sains dan Teknologi, vol. 17, pp. 1–8, 2018.

- [10] M. A. Sultan, I. Imran, and M. Faujan, “PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PEMBAKARAN BATUBARA (FLY ASH) Ex PLTU RUM PADA CAMPURAN BETON,” *Teras Jurnal*, vol. 9, no. 2, p. 83, 2019, doi: 10.29103/tj.v9i2.186.
- [11] Y. Hefni, Y. A. El Zaher, and M. A. Wahab, “Influence of activation of fly ash on the mechanical properties of concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 172, pp. 728–734, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.021.
- [12] R. Kurad, J. D. Silvestre, J. de Brito, and H. Ahmed, “Effect of incorporation of high volume of recycled concrete aggregates and fly ash on the strength and global warming potential of concrete,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 166, pp. 485–502, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.236.
- [13] M. Khan and M. Ali, “Improvement in concrete behavior with fly ash, silica-fume and coconut fibres,” *Construction and Building Materials*, vol. 203, pp. 174–187, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.103.
- [14] D. & Firmansyah, “Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Tembaga (Copper Slag) Terhadap Kuat Tekan Beton Sesuai Umurnya,” *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2/REKAT/18, 2018.
- [15] G. L. Golewski, “Green concrete composite incorporating fly ash with high strength and fracture toughness,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 172, pp. 218–226, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.065.
- [16] A. I. Candra, F. Romadhon, F. M. Azhari, and E. F. Hidiyati, “Increasing Compressive Strength of The Red Brick with Fly Ash and Rice Husk Ash,” *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, vol. 24, no. 2, pp. 107–117, 2022, doi: 10.15294/jtsp.v24i2.35855.
- [17] Y. Hefni, Y. A. El Zaher, and M. A. Wahab, “Influence of activation of fly ash on the mechanical properties of concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 172, pp. 728–734, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.021.
- [18] S. Sahu, P. Sarkar, and R. Davis, “Quantification of uncertainty in compressive strength of fly ash brick masonry,” *Journal of Building Engineering*, vol. 26, no. June, p. 100843, 2019, doi: 10.1016/j.jobbe.2019.100843.
- [19] J. A. Correa-Yepes, N. Rojas-Reyes, and J. I. Tobón, “Effect of fly ash and silica fume on rheology, compressive strength and self-compacting in cement mixtures,” *DYNA (Colombia)*, vol. 85, no. 206, pp. 59–68, 2018, doi: 10.15446/dyna.v85n206.68960.
- [20] F. Monika, H. Prayuda, B. C. Zega, and M. D. Cahyati, “Flexural and compressive strength on no-fines concrete slab using variations of fly ash and superplasticizer,” *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 11, no. 9 Special Issue, pp. 275–284, 2019.
- [21] M. S. Bahrudin, A. I. Candra, and S. Winarto, “Beton Fc’ 21,7 Mpa Menggunakan

-
- Agregat Kasar Biji Genitri,” *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 261, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1135.
- [22] A. A. Aristo Sofian, Aziz Bayu Ramadhan, “Analisis pengaruh campuran Fly Ash, Sikament NN dan Serbuk CaCO₃ pada Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Awal Beton,” *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 31–41, 2019.
- [23] M. Bravo, J. de Brito, L. Evangelista, and J. Pacheco, “Superplasticizer’s efficiency on the mechanical properties of recycled aggregates concrete: Influence of recycled aggregates composition and incorporation ratio,” *Construction and Building Materials*, vol. 153, pp. 129–138, 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.103.
- [24] O. A. Mohamed and O. F. Najm, “Compressive strength and stability of sustainable self-consolidating concrete containing fly ash, silica fume, and GGBS,” *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, vol. 11, no. 4, pp. 406–411, 2017, doi: 10.1007/s11709-016-0350-1.
- [25] E. Hunggurami, M. E. Bolla, and P. Messakh, “Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. VI, no. 2, pp. 165–172, 2017.
- [26] M. Bahrudin, A. I. Candra, and S. Winarto, “Pemanfaatan Limbah Galvalum Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Jobmix Beton,” *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 332, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1152.
- [27] R. M. Mohamad, A. Rachman, and R. Mointi, “Kuat tekan beton untuk mutu tinggi 45 MPa dengan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen,” *Radial*, vol. 8, no. 1, pp. 25–33, 2020.