



Tersedia Secara Online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

Meningkatkan Kuat Tekan Beton Fc' 16,60 Mpa menggunakan Fly Ash dan Arang Batok Kelapa

Y. I. Mahendra^{1*}, E. Gardjito², A. Ridwan³ H. Wicaksono⁴

^{1*,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Kadiri

Email : ^{1*} yusril.izam86@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 04 – 07 – 2021
Artikel revisi : 21 – 05 – 2021
Artikel diterima : 03 – 06 – 2021

Keywords :

Coconut Shell Charcoal,
Compressive Strength, Concrete, Fly Ash.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[8]

M. Soutsos, F. Kanavaris, and M. Elsageer, "Accuracy of maturity functions' strength estimates for fly ash concretes cured at elevated temperatures," *Constr. Build. Mater.*, vol. 266, p. 121043, 2021, doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.121043.

ABSTRACT

The science of concrete in the present era has developed. Research on efforts to improve the properties and performance of concrete has been carried out a lot. One of them is modifying a concrete mixture with fly ash as a substitute for some cement and coconut shell charcoal as a substitute for some sand. The chemical properties contained in fly ash are 80% in the form of silica and alumina. The purpose of this study was to determine the slump value and the compressive strength value of the test object added with fly ash with variations of 3%, 6%, 9% of the weight of cement, and 3% baroque coconut charcoal by weight of sand. This research method is experimental, which refers to the Indonesian National Standard with a test object cylinder size 15x30 cm totaling 12 samples tested at the age of 28 days with a quality plan fc'16.60 Mpa. The results showed that the highest slump value was obtained in the test object variation 3, namely 7 cm, while the average compressive strength of each variation has exceeded the quality of the plan with the highest value obtained in variation 2 with a compressive strength value of Fc'24.9 Mpa.

ABSTRAK

Ilmu pengetahuan tentang beton pada era sekarang telah berkembang. Penelitian mengenai usaha memperbaiki sifat, kinerja beton telah banyak dilakukan. Salah satunya dengan memodifikasi campuran beton dengan fly ash sebagai pengganti sebagian semen dan arang batok kelapa sebagai pengganti sebagian pasir. Sifat kimia yang terdapat dalam fly ash yaitu 80% berupa silika dan alumina. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai slump dan nilai kuat tekan benda uji yang ditambah Fly ash dengan variasi 3%, 6%, 9% terhadap berat semen dan arang barok kelapa 3% terhadap berat pasir. Metode pada penelitian ini yaitu metode eksperimental yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia, dengan benda uji silinder ukuran 15x30 cm berjumlah 12 sampel yang dilakukan pengujian pada umur 28 hari dengan mutu rencana fc'16,60 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, nilai slump tertinggi didapat pada benda uji variasi 3 yaitu 7 cm, sedangkan rata rata nilai kuat tekan tiap variasi telah melebihi mutu rencana

dengan nilai tertinggi didapat pada variasi 2 dengan nilai kuat tekan F_c '24.9 Mpa.

1. Pendahuluan

Berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan, telah banyak dilakukan penelitian untuk memperbaiki sifat dan kinerja beton dengan biaya yang efisien tanpa harus mengurangi mutu dari beton tersebut yaitu dengan cara memodifikasi campuran beton dengan bahan lain/limbah buangan seperti limbah keramik, limbah galvalum, arang kelapa tahun, abu terbang (*fly ash*), limbah abu sekam padi dan lain-lain [1][2][3].

Fly ash yaitu material dari sisa pembakaran batu bara berbentuk partikel halus *amorf* yang mempunyai ciri-ciri, memiliki ukuran yang halus hampir sama dengan tekstur semen, komposisi dari abu batu bara terdiri atas 10-20% abu dasar dan 80-90% abu terbang [4][5][6]. *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27% dengan specific gravity antara 2,15-2,6 dan mempunyai warna keabu-abuan. Sedangkan dari sifat kimia *fly ash* memiliki presentase 80% berupa silica dan alumina [7][8]. Selain *fly ash* arang batok kelapa juga dianggap mempunyai kesamaan sifat dengan *fly ash* [6].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dodi Riyanto et.al mengenai Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K225 disimpulkan bahwa pemakaian arang batok kelapa tidak melebihi 10% karena jika pemakaian melebihi 10% kuat tekan beton akan mengalami penurunan. [9]

Arang batok kelapa sendiri merupakan sisa dari industri rumah tangga yang bahan utamanya adalah daging kelapa. Biasanya di masyarakat kita batok kelapa bisa dimanfaatkan kembali yaitu untuk pengganti kayu bakar [10]. Arang batok kelapa sisa dari pengolahan industri biasanya digunakan sebagai kayu bakar dan ada juga yang dibiarkan menimbun begitu saja, maka dari itu penulis akan memanfaatkan limbah arang batok kelapa tersebut sebagai pengganti agregat halus (pasir) pada campuran beton karena sifat fisik dari arang batok kelapa yang dihaluskan hampir menyerupai pasir [11].

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sifat dan kinerja beton yang baik dengan penambahan bahan campuran berupa *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dan arang batok kelapa pengganti sebagian dari pasir.

2. Studi Literatur

2.1 Beton

Beton adalah salah satu material konstruksi yang sudah umum dipergunakan sebagai

pembangunan gedung, jembatan, dan jalan. Beton adalah suatu material komposit (campuran) dari sebagian bahan, yang bahan utamanya tersusun dari campuran antara pasta semen, agregat halus dan kasar, air, serta bahan tambahan/zat adiktif lain dengan proporsi perbandingan tertentu[12][13]. Karena beton merupakan material komposit, maka dari itu kualitas beton sangat tergantung pada kualitas masing-masing bahan pembentuk beton tersebut [14].

2.2 Bahan Pembentuk Beton

Bahan pembentuk beton sendiri terdiri dari air, semen dan agregat dengan uraian sebagai berikut:

1. Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton. Air merupakan salah faktor penting dalam pembuatan beton karena air dapat bereaksi dengan semen, yang berfungsi sebagai pasta pengikat agregat [15]. Air sangat berpengaruh pada pembuatan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang.[16]

2. Semen

Semen merupakan perekat yang berbentuk halus dan apabila ditambahkan air akan terjadi suatu reaksi yang disebut hidrasi dan dapat mengikat agregat kasar maupun halus menjadi satu kesatuan yang kuat[17]. Sedangkan semen portland yaitu semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland[18]. Terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.[19]

3. Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan pengisi beton, kandungan agregat dalam beton yaitu sekitar 70%-75% dari volume beton. Agregat penyusun beton dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar,[20] yaitu :

a. Agregat Kasar

Peranan agregat kasar yaitu sebagai penentu kekuatan suatu beton dan juga berfungsi untuk mengurangi volume pasta semen. Ukuran dari agregat kasar yaitu antara 5 sampai 40 mm yang disebut kerikil, dan berdiameter > 5 mm [21][22].

b. Agregat Halus

Agregat halus untuk bahan campuran beton dapat berupa pasir alam dari hasil perpecahan alami dari batu-batuan atau dapat berupa pasir buatan yang didapatkan dari mesin pemecah

batu, yang ukurannya tidak lebih dari 4,8 mm [23] [24].

2.3 Material Alternatif

Material alternatif digunakan sebagai bahan pengganti ataupun peneambah yang ditujukan untuk memperbaiki sifat atau karakteristik beton.

1. Fly Ash

Fly ash yaitu material dari sisa pembakaran batu bara berbentuk partikel halus *amorfy* yang mempunyai ciri-ciri, memiliki ukuran yang halus hampir sama dengan tekstur semen, komposisi dari abu batu bara terdiri atas 10-20% abu dasar dan 80-90% abu terbang [25] [26][27].



Sumber : Dokumentasi Penelitian

Gambar 1. Fly Ash

2. Arang Batok Kelapa

Arang batok kelapa atau tempurung kelapa merupakan sisa dari industri rumah tangga yang bahan utamanya adalah daging kelapa [10]. Arang batok kelapa sisa dari pengolahan industri biasanya digunakan sebagai kayu bakar dan ada juga yang dibiarkan menimbun begitu saja, maka dari itu penulis akan memanfaatkan limbah arang batok kelapa tersebut sebagai pengganti agregat halus (pasir) pada campuran beton [11][28].



Sumber : Dokumentasi Penelitian

Gambar 2. Arang Batok Kelapa

2.4 Tes Slump

Slump test yaitu proses pengujian untuk memperoleh besaran kekentalan (*viscosity*) plastis dan kohesif suatu beton segar. Pengujian ini dilakukan terhadap beton segar untuk mewakili campuran beton yang lain. Pengukuran Slump dilakukan mengacu pada SNI 1972-2008 tentang Cara Uji Slump Beton. Adapun kriteria penggunaan slump, sebagai berikut :

Tabel 1. Kriteria Penggunaan Slump

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9,0	2,5
3	Plat lantai, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber : Data Diolah

2.5 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah pemberian beban gaya tekan tertentu pada beton yang mengakibatkan beton akan hancur, yang dihasilkan oleh alat kuat tekan beton. Perhitungan kuat tekan mengacu pada SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan benda uji silinder. Nilai kuat tekan dapat dicapai yaitu dengan persamaan berikut.[7]

$$F_c = \frac{P}{A}$$

Dengan pengertian :

F_c = Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)

P = Beban yang bekerja (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)

3. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental di laboratorium serta tinjauan pustaka penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Kadiri dengan mengacu pada Standart Nasional Indonesia (SNI).

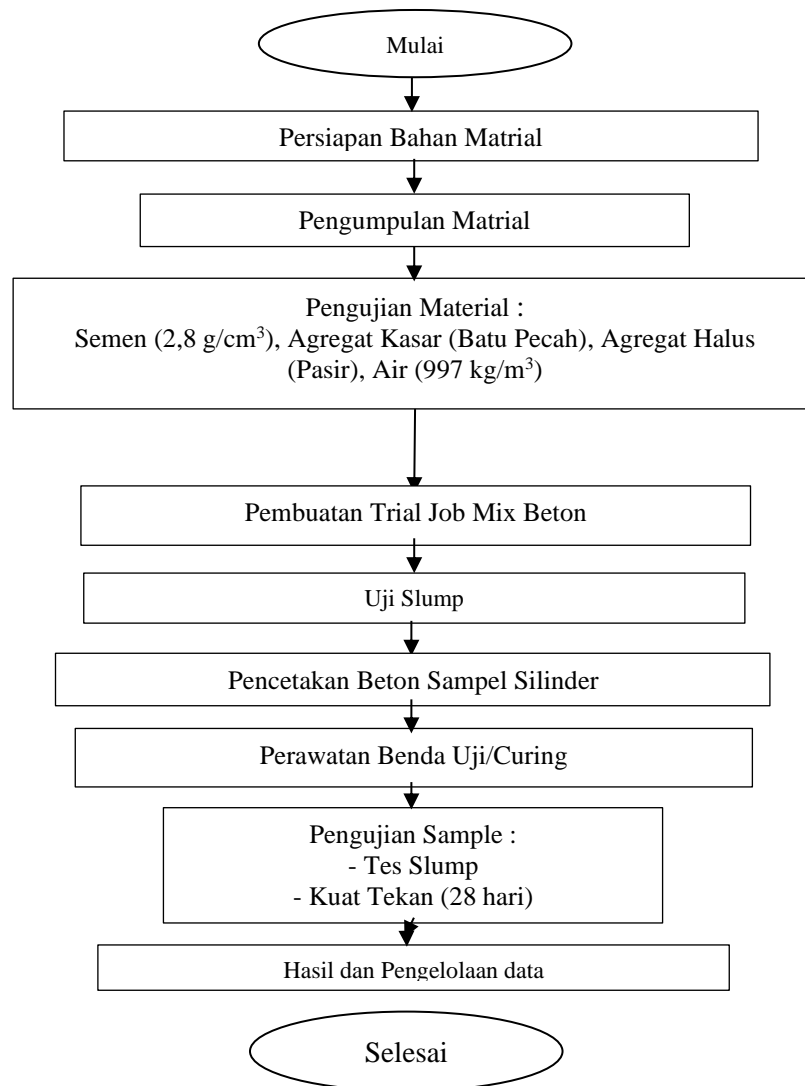
3.1 Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pembuatan benda uji berjumlah 12 sampel berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Material yang digunakan meliputi air, semen, agregat kasar dan halus, *fly ash* pengganti sebagian semen dengan variasi 3%, 6%, 9% dari

berat semen. Sedangkan arang batok kelapa digunakan sebagai pengganti sebagian pasir dengan variasi 3% dari berat pasir. Pengujian dilakukan meliputi tes *slump* dan tes kuat tekan, pengujian tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

3.2 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian dari jurnal ini :



Sumber : Data diolah

Gambar 3. *Flowchart*

Pada **Gambar 3**. Tahapan pertama pada penelitian ini yaitu mempersiapkan bahan penyusun beton, kemudian dilakukan pengujian agregat halus dan agregat kasar, dan apabila bahan telah memenuhi syarat sesuai pada SNI. Selanjutnya, pengukuran bahan pembentuk beton (mutu rencana K-200), selanjutnya job mix, tes slump, lalu curing selama 28 hari, dan terakhir pengujian kuat tekan.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian bahan merupakan tahapan yang harus dilakukan sebelum membuat benda uji. Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui apakah bahan-bahan/material yang digunakan untuk membuat benda uji sesuai atau memenuhi persyaratan SNI pembuatan beton yang berlaku. Dengan uraian sebagai berikut.

4.1 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, berat volume, modulus dan analisa saringan.

Tabel 2. Spesifikasi Hasil Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Air	2% - 5%	1,63	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maks 5%	1,25	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Lepas	1.6 - 1.9 kg/liter	1,72	Memenuhi
	b. Padat	1.6 - 1.9 kg/liter	1,78	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 2%	1,21	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj Curah	1.6 - 3.3	2,67	Memenuhi
	b. Bj Kering Permukaan	1.6 - 3.4	2,70	Memenuhi
	c. Bj Semu	1.6 - 3.8	2,76	Memenuhi
6	Modulus Halus Butir	1.5 - 3.8	3,26	Memenuhi

Sumber : Data Diolah

Berdasarkan **Tabel 2** diatas menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar air yaitu sebesar 1,63 %, dan prosentase kadar air yang disyaratkan adalah sebesar 2 % -5 %, jadi hasil pengujian kadar air tersebut memenuhi persyaratan.

Tabel 3. Spesifikasi Hasil Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Air	0.5% - 2%	2,0	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	0,80	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Lepas	1.4 - 1.9 kg/liter	1,48	Memenuhi
	b. Padat	1.4 - 1.9 kg/liter	1,56	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 3%	1,01	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj Curah	1.6 - 3.3	2,75	Memenuhi
	b. Bj Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2,78	Memenuhi
	c. Bj Semu	1.6 - 3.3	2,83	Memenuhi
6	Abrasi	Maks 40%	27,6	Memenuhi

Sumber: Data Diolah

Modifikasi Beton Dengan Fly Ash dan Arang Batok Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Pasir

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

© 2021 JURMATEKS. Jurnal Manajemen & Teknik Sipil. All rights reserved.



Hasil pengujian kadar air yaitu sebesar 2,0 % dan prosentase yang disyaratkan yaitu 0,5 % - 2 % sehingga hasil pengujian kadar air tersebut memenuhi persyaratan.

4.2 Hasil Perhitungan *Job Mix*

Tahap perancangan campuran beton ini mempunyai tujuan yaitu untuk menentukan proporsi bahan baku penyusun beton seperti semen, agregat halus dan agregat kasar, air, dan bahan tambahan yaitu *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dan arang batok kelapa sebagai pengganti sebagian pasir/agregat halus. Dari proses perancangan ini diharapkan mampu menghasilkan rancangan bahan penyusun beton yang optimum/baik dengan tetap mempertimbangkan teknik-teknisnya.

Tabel 4. Variasi Campuran dan Jumlah Benda Uji per 3 silinder.

Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Arang Batok Kelapa (kg)	<i>Fly Ash</i> (kg)	Air (liter)	Jumlah Sampel (Silinder)
Beton Normal	6,71	13,94	-	-	4,10	3
BV-I (FA 3%+ABK 3%)	6,51	13,53	0,42	0,20	4,10	3
BV-II (FA 6%+ABK 3%)	6,31	13,53	0,42	0,40	4,10	3
BV-III (FA 9%+ABK 3%)	6,11	13,53	0,42	0,60	4,10	3
Jumlah	25,65	54,52	1,25	1,21	16,60	12

Sumber: Data Diolah

4.3 Pengujian *Slump Test*

Pengujian *Slump* ditujukan untuk menentukan kekakuan dari beton segar untuk menentukan tingkat *workability* nya. Uji *Slump* juga bertujuan untuk patokan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air, karena kandungan air dalam campuran beton menentukan tingkat *workability* beton. Hasil uji *Slump* dapat dilihat pada **tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Slump*

Kode Benda Uji	Variasi	Nilai <i>Slump</i> (cm)
BT-N	-	14,0
BT-V1	ABK 3% +FA 3%	5,0
BT-V2	ABK 3% + FA 6%	6,8
BT-V3	ABK 3% + FA 9%	7,0

Sumber: Data Diolah

Modifikasi Beton Dengan Fly Ash dan Arang Batok Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Pasir

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

© 2021 JURMATEKS. Jurnal Manajemen & Teknik Sipil. All rights reserved.



Dari **Tabel 5.** menunjukkan nilai uji *Slump* pada Beton Normal (BN) yaitu sebesar 14,0 cm, V1 merupakan beton dengan bahan pengganti sebagian pasir dan semen yaitu arang batok kelapa 3% dari berat pasir dan *fly ash* 3% dari berat semen mempunyai nilai uji slump 5,0 cm. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan sebagian dari pasir dan semen yaitu *Fly Ash* (FA) dan Arang Batok Kelapa (ABK) pada bahan campuran beton maka, akan meningkatkan nilai *workability* beton yang dihasilkan.

4.4 Uji Kuat Tekan Beton

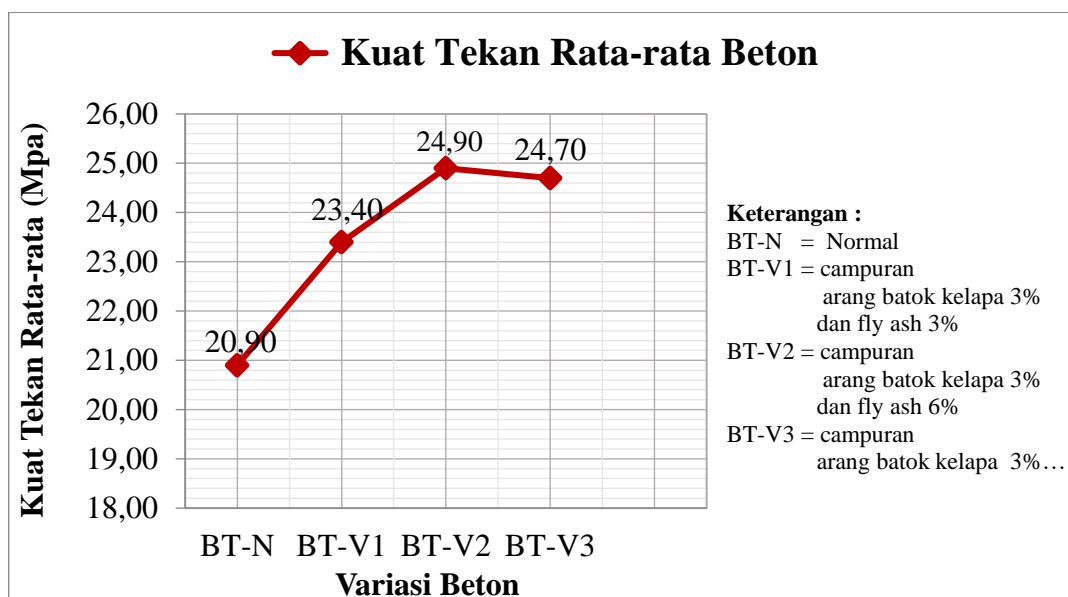
Pengujian kuat tekan dilakukan dengan sampel beton berukuran diameter 15 x tinggi 30 cm, dan dengan umur 28 hari. Metode yang digunakan pada pengujian kuat tekan ini yaitu mengacu pada SNI 1974:2011. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan alat tekan hidrolis digital di Laboraturium Dinas PUPR Kabupaten Madiun. Berikut hasil dari uji kuat tekan, antara lain :

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal dan Beton Variasi 1 sampai 3

No	Nomor Benda Uji	Prosentase Penambahan	Kekuatan Tekan	
			FC (Mpa)	K (Kg/cm ²)
1	Beton Normal	-	20,9	213,1
2	Beton Variasi 1	Arang Batok Kelapa 3% dan Fly Ash 3%	23,4	238,6
3	Beton Variasi 2	Arang Batok Kelapa 3% dan Fly Ash 6%	24,9	253,9
4	Beton Variasi 3	Arang Batok Kelapa 3% dan Fly Ash 9%	24,7	251,8

Sumber : Data Diolah

Dari **Tabel 6.** menunjukkan hasil kuat tekan rata-rata beton normal dan beton variasi 1 sampai 3. Adapun hasil kuat tekan rata-rata beton normal yaitu f_c' 20,9 Mpa, beton variasi 1 (BT-V1) yaitu f_c' 23,4 Mpa, beton variasi 2 (BT-V2) yaitu f_c' 24,9 Mpa, dan beton variasi 3 (BT-V3) yaitu f_c' 24,7 Mpa.



Sumber : Data Diolah

Gambar 4. Grafik Uji Kuat Tekan Rata-rata

Dari **Gambar 4.** menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan beton normal lebih kecil dibandingkan dengan hasil kuat tekan rata-rata beton variasi 1 sampai 3 yaitu 20,9 Mpa. Sementara hasil uji kuat tekan rata-rata beton variasi 1 yaitu 23,9 Mpa, beton variasi 2 sebesar 24,9 Mpa, dan beton variasi 3 sebesar 24,7 Mpa.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian beton dengan judul Modifikasi Beton Dengan *Fly Ash* dan Arang Batok Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Pasir, diperoleh hasil :

1. Uji Slump

Dari pengujian *Slump* yang telah dilakukan pada penelitian ini mengalami peningkatan berturut-turut, antara lain beton normal (BT-N) didapatkan uji slump sebesar 14 cm, beton variasi 1 (BT-V1) didapatkan hasil uji slump sebesar 5 cm, beton variasi 2 (BT-V2) didapatkan hasil uji slump sebesar 6,8 cm, dan pada beton variasi 3 (BT-V3) didapatkan hasil uji slump sebesar 7 cm.

2. Uji Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari beton normal yaitu f_c' 20,9 Mpa, sedangkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yang dihasilkan oleh beton campuran yaitu f_c' 24,9 yang dihasilkan dari beton variasi 2 (BT-V2) yaitu dengan penambahan arang batok 3% kelapa dan *fly ash* 6% sebagai pengganti sebagian pasir dan semen.

5.2 Saran

Berdasarkan pelaksanaan yang dilakukan di laboratorium mengenai Modifikasi Beton Dengan *Fly Ash* dan Arang Batok Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Pasir. Disarankan ada penelitian selanjutnya menggunakan variasi yang berbeda dengan yang peneliti lakukan. Dalam pelaksanaan pembuatan benda uji disarankan pada saat memasukkan beton segar ke dalam bekisting silinder tidak tergesa-gesa agar campuran beton segar tidak terbuang sia-sia, sehingga akan didapatkan hasil kuat tekan yang optimum.

Daftar Pustaka

- [1] S. Muwardin, D. L. C. Galuh, and I. Yasin, “Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut , Air Tawar , Air Sungai Dan Air Kapur,” pp. 52–60.
- [2] M. Abdul, B. Minanulloh, Y. C. S. P, and A. Ridwan, “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Beton K – 300,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 12–22, 2020.
- [3] O. Febrianita, A. Ridwan, and Y. C. S. Poernomo, “Penelitian Beton dengan Penambahan Abu Sekam Padi dan Limbah Keramik sebagai Substitusi Semen,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 275, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1138.
- [4] N. Affandy and Z. Lubis, “Pengaruh Penambahan Serat Alami Eceng Gondok Terhadap Kuat Tekan Beton Berkualitas Rendah,” *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 10, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.262.
- [5] H. Pratikto, “Penelitian Kuat Uji Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Beton Yang Tidak Terpakai,” *UKaRsT*, vol. 1, no. 2, p. 21, 2017, doi: 10.30737/ukarst.v1i2.411.
- [6] S. Kholishoh, “Pengaruh Perbedaan Sumber Fly Ash Terhadap Karakteristik Mekanik High Volume Fly Ash Concrete,” *Dr. Diss. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 1–9, 2014.
- [7] A. F. Kariri *et al.*, “Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Pelepeh Pisang Pada Beton Mutu K-200,” *U KaRsT*, vol. 2, no. 2, pp. 26–34, 2018.
- [8] M. Soutsos, F. Kanavaris, and M. Elsageer, “Accuracy of maturity functions’ strength estimates for fly ash concretes cured at elevated temperatures,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 266, p. 121043, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121043.
- [9] D. Riyanto, H. Cahyadi, R. Respati,) Alumni, F. T. Um, and P. Raya, “Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K225,” *Media Ilm. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 94–101, 2018.
- [10] F. Akbar, A. Ariyanto, and B. Edison, “Penggunaan tempurung kelapa terhadap kuat tekan beton k-100,” no. 1, pp. 1–11.
- [11] I. W. Suarnita, “Karakteristik Beton Ringan Dengan Menggunakan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar,” *SMARTek*, no. Vol 8, No 1 (2010), pp. 22–23, 2010.
- [12] A. I. Candra and E. Siswanto, “Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010,” *J. CIVILA*, vol. 3, no. 2, pp. 162–165, 2018.
- [13] K. D. Kurniawan, A. Ridwan, and Y. Cahyo, “Uji Kuat Tekan Dan Arbsorpsi Pada Beton Ringan Dengan Penambahan Limbah Bata Ringan Dan Bubuk Talek,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.872.
- [14] P. Tamayo, J. Pacheco, C. Thomas, J. de Brito, and J. Rico, “Mechanical and durability properties of concrete with coarse recycled aggregate produced with electric arc furnace slag concrete,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.3390/app10010216.
- [15] A. I. Candra, H. Wahyudiono, S. Anam, and D. Aprillia, “Kuat Tekan Beton Fc ’ 21 , 7 Mpa Menggunakan Water Reducing And High Range Admixtures,” *J. CIVILA*, vol. 5, no. 1, 2020.

- [16] N. Suprihatin, "Tinjauan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk 'W' Sebagai Bahan Tambah," *J. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 69–73, 2013, doi: 10.11113/jt.v56.60.
- [17] K. A. Alawi Al-Sodani, M. M. Al-Zahrani, M. Maslehuddin, O. S. Baghabra Al-Amoudi, and S. U. Al-Dulajjan, "Chloride diffusion models for Type I and fly ash cement concrete exposed to field and laboratory conditions," *Mar. Struct.*, vol. 76, no. November 2020, p. 102900, 2021, doi: 10.1016/j.marstruc.2020.102900.
- [18] S. Wimaya, A. Ridwan, and S. Winarto, "Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 234, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1096.
- [19] I. Marzuki, "Analisis Penambahan Additive Batu Gamping Terhadap Kualitas Komposisi Kimia Semen Portland," *J. Chem.*, vol. 10, no. 1, pp. 64–70, 2009.
- [20] A. Azam, "Tinjauan Pustaka Analisis Uji Kuat Beton," *Anal. Uji Kuat Tekan Bet. Univ. Muhammadiyah Purwokerto. Air menurut Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992.*, pp. 5–23, 2013.
- [21] Hendy Febriyatno, "Pemanfaatan Limbah Bahan Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 12 Suppl 1, no. 9, pp. 1–29, 2005, doi: 10.1007/978-1-4614-7990-1.
- [22] R. Rahmat and I. Hendriyani, "Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture," *Infoteknik*, vol. 17, no. 2, pp. 205–218, 2016, doi: 10.20527/infotek.v17i2.2497.
- [23] E. Gardjito, A. I. Candra, and Y. Cahyo, "Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam pembuatan Paving Block," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 36, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.374.
- [24] M. Vricilia, A. Ridwan, and A. I. Candra, "Kuat Tekan Pelat Beton Menggunakan Pasir Wlingi dan Wiremesh Diameter 4 mm," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 219, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1099.
- [25] M. T. Hasholt, K. U. Christensen, and C. Pade, "Frost resistance of concrete with high contents of fly ash - A study on how hollow fly ash particles distort the air void analysis," *Cem. Concr. Res.*, vol. 119, no. May 2018, pp. 102–112, 2019, doi: 10.1016/j.cemconres.2019.02.013.
- [26] Ambo Upe, "Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Portland Pozzolan Cement (PPC)." p. 7, 2006.
- [27] C. Lu and W. Wang, "A semi-quantitative investigation of the free expansion stage of steel corrosion in fly ash concrete," *J. Build. Eng.*, vol. 34, no. July, p. 101941, 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2020.101941.
- [28] N. A. Affandy and A. I. Bukhori, "Pengaruh Penambahan Serat Alami Eceng Gondok Terhadap Kuat Tekan Beton Berkualitas Rendah," *U KaRsT*, vol. 3, no. 2, pp. 65–72, 2019.