



Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa dan Silika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton

^{1*} Ian Sugiawan Saputra, ²Andi Sulfanita ³Misbahuddin

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare

*corresponding author: iansaputa01@gmail.com

Abstract

Coconut shell ash and silica fume can increase the strength and durability of concrete. Coconut shell ash, as organic waste, functions as a lightweight aggregate, while silica fume improves the bond between cement and aggregate and increases the durability of concrete. This study aims to compare the compressive strength results and determine the maximum percentage of coconut shell ash and silica fume in variations of normal concrete and mixed concrete at the age of 28 days using an experimental method. The results showed that the compressive strength of normal concrete at the age of 28 days was 26.33 MPa. After the addition of 2% coconut shell ash and 2% silica fume, the compressive strength increased significantly to 31.61 MPa, which showed an increase of 5.28 MPa. However, the addition of more than 2% coconut shell ash caused a decrease in compressive strength, with the lowest value of 22.36 MPa in a mixture of 10% coconut shell ash and 2% silica fume. The maximum percentage of coconut shell ash and silica fume usage that gives optimal results is 2% coconut shell ash and 2% silica fume, because it gives the highest compressive strength of 31.61 MPa, while the use of coconut shell ash above 2% actually reduces the compressive strength of the concrete.

Keywords: concrete, waste, coconut shell ash, silica fume, compressive strength

Abstrak

Abu tempurung kelapa dan silika fume dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan beton. Abu tempurung kelapa, sebagai limbah organik, berfungsi sebagai agregat ringan, sementara silika fume memperbaiki ikatan antara semen dan agregat serta meningkatkan ketahanan beton. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil kuat tekan serta menentukan persentase maksimum penggunaan abu tempurung kelapa dan silika fume dalam variasi beton normal dan beton campuran pada umur 28 hari dengan menggunakan metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal pada umur 28 hari adalah 26,33 MPa. Setelah penambahan abu tempurung kelapa 2% dan silika fume 2%, kuat tekan meningkat signifikan menjadi 31,61 MPa, yang menunjukkan peningkatan sebesar 5,28 MPa. Namun, penambahan abu tempurung kelapa lebih dari 2% menyebabkan penurunan kuat tekan, dengan nilai terendah 22,36 MPa pada campuran 10% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume. Persentase maksimum penggunaan abu tempurung kelapa dan silika fume yang memberikan hasil optimal adalah 2% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume, karena memberikan kuat tekan tertinggi 31,61 MPa, sementara penggunaan abu tempurung kelapa di atas 2% justru menurunkan kuat tekan beton.

Kata kunci : beton, limbah, abu tempurung kelapa, silika fume, kuat tekan

1. Pendahuluan

Beton berfungsi sebagai bahan konstruksi utama dalam bangunan kontemporer karena banyak manfaatnya, termasuk kekuatan tekan yang tinggi, persyaratan perawatan yang rendah, dan konstituen yang mudah diakses [1].

Beton diproduksi dengan menggabungkan semen Portland, udara, agregat halus dan kasar, bersama dengan aditif tertentu untuk meningkatkan kualitasnya, sehingga meningkatkan kinerja dan efektivitas biaya tanpa mengorbankan fitur fundamentalnya [2]. Beton pada umumnya didapatkan dari

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : xx-xx-20xx | Selesai Revisi : xx-xx-20xx | Diterbitkan Online : xx-xx-20xx

pencampuran agregat halus (pasir), agregat kasar (*kerikil/chipping*), air, dan semen *Portland* [3]. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama atau awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume atau kembang susutnya kecil [4]. Untuk mendapatkan agregat yang memenuhi syarat sulit dilakukan jika agregat diambil langsung dari alam sehingga untuk mendapatkan bentuk butiran agregat yang memenuhi spesifikasi [5]. Inisiatif pengembangan beton sering menggunakan produk sampingan pertanian dan industri yang sebagian besar kurang dimanfaatkan. Konsepnya adalah menggunakan tempurung kelapa, yang merupakan produk sampingan pertanian yang melimpah tetapi kurang dimanfaatkan [6]. Perkebunan kelapa tersebar luas di seluruh nusantara, menghasilkan panen yang melimpah. Daging kelapa kerap digunakan buat ekstraksi minyak serta aplikasi kuliner, namun tempurungnya umumnya diabaikan serta berkontribusi terhadap sampah lingkungan [7]. Penggunaan bahan limbah, seperti tempurung kelapa, tetap layak secara ekonomi dan belum diubah menjadi barang teknologi dalam industri furnitur dan kerajinan rumah [8]. Evaluasi inovasi dalam bahan campuran beton bertujuan untuk memberikan komposisi yang lebih ekonomis dengan mengganti bahan konvensional dengan alternatif, seperti sampah lokal, sehingga menawarkan opsi yang layak untuk pemanfaatan sumber daya limbah yang kurang [9].

Sejumlah penelitian sebelumnya menyelidiki kuat tekan abu tempurung kelapa dan superplasticizer, yang menunjukkan nilai kuat

tekan maksimum pada konsentrasi 5%: 24, 09 MPa pada 7 hari, 27, 21 MPa pada 14 hari, serta 31, 11 MPa pada 28 hari [10]. Percobaan selanjutnya mengungkapkan bahwa penggabungan abu tempurung kelapa memengaruhi kuat tekan beton setelah 28 hari, dengan variasi beton tipikal sebesar 273, 65 Kg/cm². Beton dengan 3% Abu Tempurung Kelapa memiliki kokoh tekan rata-rata 209, 48 Kg/cm², sedangkan beton dengan 5% Abu Tempurung Kelapa menunjukkan kuat tekan rata-rata 249, 12 Kg/cm². Sebaliknya, beton yang mengandung 7% Abu Tempurung Kelapa memiliki kuat tekan rata-rata 175, 51 Kg/cm² [11]. Penelitian perbandingan dengan abu tempurung kelapa menghasilkan hasil yang ideal, yaitu pada kondisi penggantian 0%, mencapai kuat tekan rata-rata 26, 37 MPa. Beton dengan penggantian 5%, 10%, 15%, dan 50% menghasilkan kuat tekan masing-masing 25, 41 MPa, 18, 09 MPa, 14, 44 MPa, serta 3, 46 MPa [12].

Riset ini bertujuan buat memakai abu tempurung kelapa serta asap silika selaku aditif buat tingkatkan daya guna biaya dan keberlanjutan lingkungan dari beton. Di beberapa daerah, memperoleh agregat kasar dan halus menimbulkan tantangan; dengan demikian, penemuan ini dapat membagikan opsi yang hemat biaya bagi masyarakat sambil mengurangi pencemaran lingkungan [13]. Penggunaan tempurung kelapa ke dalam campuran beton diantisipasi untuk meningkatkan efisiensi ekonomi dan memberikan metode alternatif untuk pengelolaan limbah. Tempurung kelapa memiliki potensi yang signifikan selaku bahan

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : xx-xx-20xx | Selesai Revisi : xx-xx-20xx | Diterbitkan Online : xx-xx-20xx

tambahan dalam formulasi beton, didukung oleh data teknis yang kuat, sehingga mendorong pembangunan.

1.1. Abu Tempurung Kelapa

Abu tempurung kelapa merupakan residu yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa yang telah mengalami karbonisasi atau pembakaran sempurna. Abu ini memiliki beberapa komponen, termasuk silika, kalsium oksida, dan karbon, sehingga menguntungkan untuk berbagai penggunaan, terutama dalam konstruksi serta pertanian[14].

Tabel 1. Komposisi kimia abu tempurung kelapa

Parameter	Kadar (%)
Selulosa	26,60
Lignin	29,40
Pentosan	27,70
Solvent ekstraktif	4,20
Uronat unhidrid	3,50
Abu	0,62
Nitrogen	0,11
Air	8,01



Gambar 1. Abu tempurung kelapa

1.2. Silika Fume

Silika Fume adalah material pozzolanik yang sangat halus, dihasilkan sebagai produk sampingan dari proses produksi silikon atau paduan silikon di dalam tungku busur listrik. Material ini terutama terdiri dari partikel amorf

silika (SiO_2) dengan ukuran partikel sangat kecil (sekitar 100 kali lebih halus dari semen portland), sehingga memiliki luas permukaan yang sangat besar [15].

Tabel 2. Komposisi kimia silika fume

Parameter	Kadar (%)
SiO_2	93.0% min
CaO	0.60% max
Fe_2O_3	0.805 max
K_2O	1.2% max
MgO	0.60% max
Al_2O_3	0.40% max
Na ₂ O	0.20% max
C (free)	2.0% max
SO_3	0.40% max
LOL	3.5% max



Gambar 2. Silika Fume

2. Metode Penelitian

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, meliputi pengumpulan data melalui beberapa pengujian, sehingga menghasilkan temuan yang signifikan secara statistik. Data penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium [16].

Penelitian ini menggunakan teknik eksperimen untuk menyelidiki tiga variasi: 2% abu tempurung kelapa dengan 2% silika fume, 6% abu tempurung kelapa dengan 2% silika fume,

Informasi Artikel

dan 10% abu tempurung kelapa dengan 2% silika fume. Metode eksperimen digunakan untuk menentukan kuat tekan menggunakan *Compression Testing Machine*.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, yang terletak di Jl. Jenderal Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang, Kota Parepare, selama kurang lebih tiga bulan, yaitu mulai tanggal 24 Juli 2024 sampai dengan tanggal 11 September 2024.

2.3. Alat dan Bahan Penelitian

Pemeriksaan meliputi saringan agregat halus bernomor 4, 8, 16, 30, 50, 100, dan 200, beserta saringan agregat kasar bernomor 3/4, 1/2, 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100, dan 200, yang semuanya dilengkapi dengan tutup panci dan vibrator untuk menentukan gradasi agregat. Timbangan, gelas ukur, piknometer, jangka sorong, oven, mixer beton, kerucut Abrams, penggaris, cetakan silinder 15x30 cm, peralatan uji kompresi, dan mesin uji Los Angeles.

Penelitian ini menggunakan semen Portland Tonasa Tipe I, yang mengikat agregat kasar atau halus setelah terhidrasi dengan air; Agregat kasar terdiri dari kerikil dengan ukuran partikel antara 4,8 mm dan 40 mm, sedangkan agregat halus meliputi pasir dengan ukuran partikel 0,15 mm hingga 4,8 mm, selain abu tempurung kelapa, air, dan asap silika.

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik penelitian kuantitatif digunakan untuk mengumpulkan data melalui pengiriman banyak pengujian pada individu eksperimental di laboratorium. Metode pengumpulan data meliputi dua teknik:

Data primer diperoleh dari beberapa investigasi penelitian yang dilakukan di Laboratorium, termasuk fase pertama analisis agregat kasar dan halus, yang meliputi evaluasi berat jenis, penyerapan, kandungan organik, keausan, kadar air, dan kadar lumpur. Langkah kedua pembuatan spesimen meliputi formulasi desain campuran, pencampuran beton, evaluasi nilai slump, dan pencetakan beton. Langkah ketiga perawatan beton memerlukan perendaman spesimen uji selama 28 hari. Proses keempat menilai kekuatan tekan beton [17].

Metode untuk menilai kuat tekan beton memerlukan penentuan kuat tekan benda uji silinder melalui persamaan [18] :

$$F_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

F_c menunjukkan kuat tekan beton (kg/cm²), P menunjukkan beban yang diberikan (kg), dan A menunjukkan luas penampang benda uji (cm²).

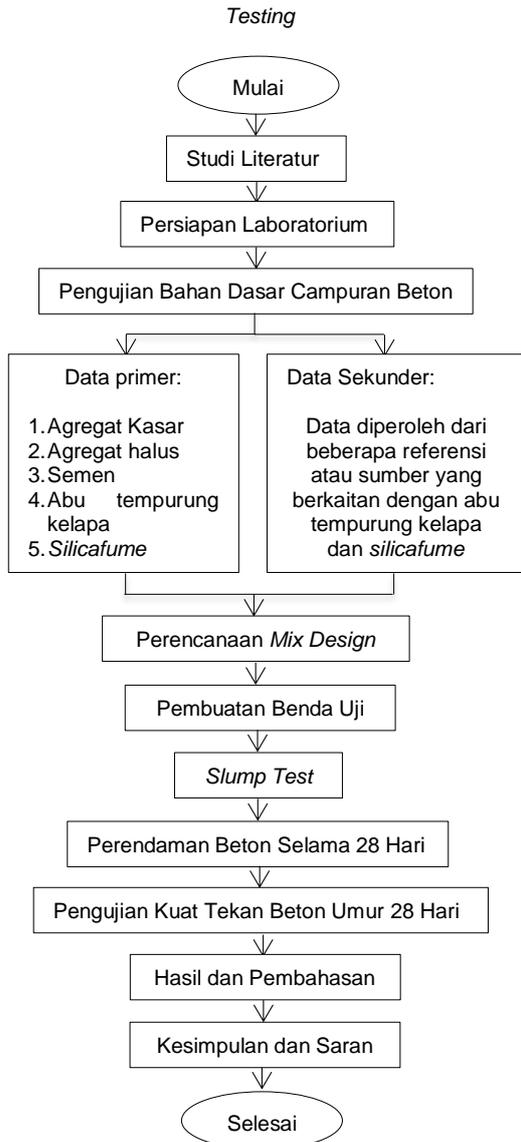
Data sekunder diperoleh dari beberapa sumber yang relevan untuk penelitian ini, termasuk Standar Nasional Indonesia, literatur akademis, penelitian sebelumnya yang mendukung penelitian ini, dan wawasan dari guru besar pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare .

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : xx-xx-20xx | Selesai Revisi : xx-xx-20xx | Diterbitkan Online : xx-xx-20xx



Gambar 3. Pengujian kuat tekan dimesin *Compression Testing*



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat yang sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan pada agregat kasar, agregat halus, dan agregat total. Hasil pengujian agregat dirinci dalam ringkasan uji laboratorium sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi pengujian agregat halus

Karakteristik Agregat	Interval	Hasil
Kadar lumpur	Maks 5%	4,10%
Kadar organik	< No. 3	No. 2
Kadar air	2% - 5%	4,18%
Berat volume		
a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,41
b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,47
Absorpsi	0,2% - 2%	1,73%
Berat jenis spesifik		
a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,35
b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,26
c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,30
Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,17

Tabel 1 menunjukkan bahwa agregat pasir sungai memenuhi semua spesifikasi untuk dimasukkan dalam campuran beton. Mempertimbangkan atribut ini, agregat pasir sungai dapat digunakan secara efisien dalam pembuatan beton yang unggul.

Tabel 2. Rekapitulasi pengujian agregat kasar

Karakteristik Agregat	Interval	Hasil
Kadar lumpur	Maks 1%	0,95%
Keausan/Abrasi	Maks 50%	25,5%
Kadar air	0,5% - 2%	0,60%
Berat volume		
a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,60
b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,62
Absorpsi	Maks 4 %	1,84%
Berat jenis spesifik		
a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,67
b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,55
c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,59
Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,71

Informasi Artikel

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian untuk agregat kasar memenuhi semua standar spesifikasi yang relevan untuk dimasukkan dalam campuran beton.

Tabel 3. Rekapitulasi pengujian abu tempurung kelapa

Karakteristik Agregat	Interval	Hasil
Kadar lumpur	Maks 5%	4,10%
Kadar organik	< No. 3	No. 1
Kadar air	2% - 5%	2,57%
Berat volume		
a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,41
b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,44
Absorpsi	0,2% - 2%	0,91%
Berat jenis spesifik		
a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,67
b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,61
c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,63
Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2,90

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil uji abu tempurung kelapa mematuhi semua standar spesifikasi yang relevan untuk penggunaannya dalam campuran beton.

3.2. Perencanaan Campuran Beton

Tabel 4. Kebutuhan campuran 3 silinder beton

Variasi	Umur Perawatan	Total Benda Uji
Normal	3	3
ATK 2%; SF 2%	3	3
ATK 6%; SF 2%	3	3
ATK 10%; SF 2%	3	3
Total		12 buah

Pada Tabel 4, ATK adalah abu tempurung kelapa dan SF adalah silica fume.

Tabel 5. Kebutuhan campuran 3 silinder beton

	Kebutuhan 3 Silinder (kg)			
	0 %	2%	6%	10%
W semen	7,34	7,23	7,23	7,23
W pasir	11,77	11,53	10,84	10,38
W kerikil	21,07	21,07	21,07	21,07
W abu tem. kelapa	-	0,22	0,65	1,08
W Silika fume 2%	-	0,11	0,11	0,11
W air	3,73	3,73	3,73	3,73

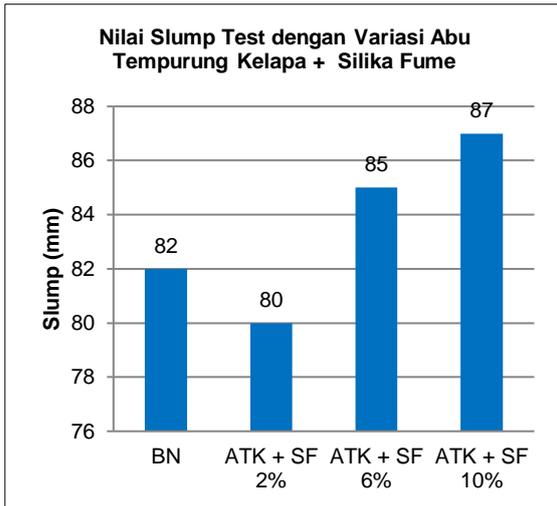
3.3. Nilai Slump

Tidak seperti nilai slump yang digunakan untuk menilai konsistensi dan kemampuan kerja beton dalam kondisi tertentu, hasil uji slump menunjukkan perbedaan kadar air dalam campuran beton [19]. Nilai slump yang lebih rendah menandakan beton yang lebih padat, yang mengarah pada proses pemadatan atau aplikasi yang lebih sulit dan lebih lama [20]. Pengoperasian atau pemadatan lebih efisien dan membutuhkan lebih sedikit waktu selama proses pemadatan [21].

Kerucut Abrams digunakan untuk menilai keandalan uji Slump. Kerucut Abrams pertama-tama dibasahi sebelum ditempatkan pada permukaan yang rata. Kerucut kemudian diisi dengan tiga lapisan beton baru, meratakan permukaan atas setelah setiap lapisan mencapai sepertiga dari volume kerucut Abrams dan melubanginya 25 kali ke dasar setiap lapisan. Kerucut dinaikkan vertikal selama kurang lebih 30 detik, kemudian dilakukan pengukuran tinggi campuran dan membandingkannya dengan tinggi kerucut untuk mengetahui nilai slump [22].

Hasil uji slump untuk slump yang ditentukan adalah 60 - 180 mm, seperti terlihat pada grafik berikut:

Informasi Artikel



Gambar 5. Grafik variasi campuran dengan nilai *slump*

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai slump untuk beton konvensional adalah 8,2 cm; sebaliknya, hasil uji slump untuk campuran dengan 2% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume menghasilkan 8,0 cm, campuran dengan 6% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume menghasilkan 8,5 cm, dan campuran yang mengandung 10% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume menghasilkan 8,7 cm. Hasil uji slump meningkat dengan semakin tingginya proporsi abu tempurung kelapa dalam campuran.

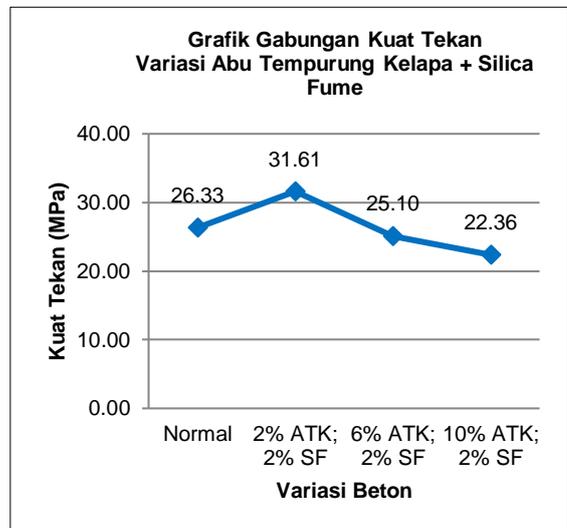
3.4 Kuat Tekan

Setelah persiapan dan pengawetan benda uji, evaluasi kuat tekan dilakukan. Uji kuat tekan dilakukan pada benda uji berumur 28 hari, menggunakan tiga sampel silinder berukuran 150 x 300 mm, yang meliputi empat variasi campuran yaitu beton normal, abu tempurung kelapa 2% + *silica fume* 2%, abu tempurung kelapa 6% + *silica fume* 2%, abu tempurung kelapa 10% + *silica fume* 2%.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang diperoleh sebagai berikut :.

Tabel 6. Hasil kuat tekan beton 28 hari

Variasi Beton	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
Normal	12,31	475	26,89
	12,00	455	25,76
	12,30	465	26,33
Rata – rata	12,20	465	26,33
ATK 2%; SF 2%	12,05	570	32,27
	12,01	545	30,86
	12,01	560	31,71
Rata – rata	12,02	558	31,61
ATK 6%; SF 2%	12,00	450	25,48
	11,81	435	24,63
	11,80	445	25,19
Rata – rata	11,87	443	25,10
ATK 10%; SF 2%	12,03	405	22,93
	12,20	385	21,80
	11,76	395	22,36
Rata – rata	12,00	395	22,36



Gambar 6. Grafik pengujian kuat tekan variasi campuran

Pada Gambar 6, dapat dijelaskan bahwa beton umur 28 hari mengalami peningkatan dan penurunan kuat tekan dari beton normal ke beton variasi abu tempurung kelapa dan silika fume.

Kuat tekan beton normal ke abu tempurung kelapa 2% dan silika fume 2% mengalami peningkatan sebesar 5,28 MPa, sedangkan dari abu tempurung kelapa 2% dan silika fume

Informasi Artikel

2% ke abu tempurung kelapa 6% dan silika fume 2% mengalami penurunan sebesar 6,51 MPa dan dari variasi abu tempurung kelapa 6% dan silika fume 2% ke abu tempurung kelapa 2% dan silika fume 2% mengalami penurunan sebesar 2,74 MPa.

Dari grafik diatas, hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari menunjukkan peningkatan dan penurunan nilai seiring bertambahnya jumlah abu tempurung kelapa. Beton normal dengan kuat tekan 26,33 MPa, abu tempurung kelapa 2% + silika fume 2% dengan kuat tekan 31,61 MPa, abu tempurung kelapa 6% + silika fume 2% dengan kuat tekan 25,10 MPa, penurunan lebih besar terjadi pada campuran abu tempurung kelapa 10% + silika fume 2%, dengan kuat tekan 22,36 MPa.

Dalam penelitian Beni Anggi Saputro dengan judul Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. Hasil uji kuat tekan didapat nilai tertinggi yaitu pada variasi substitusi 0% mencapai kuat tekan rata-rata sebesar 26,37 Mpa. Sedangkan beton dengan substitusi 5% 25,41 MPa, 10% 18,09 MPa, 15% 14,44 MPa, dan 50% 3,46 MPa.

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian Beni Anggi Saputro, yaitu:

Jenis campuran penelitian penulis menggunakan kombinasi abu tempurung kelapa dengan silika fume, sementara penelitian Beni Anggi Saputro hanya menggunakan abu tempurung kelapa.

Respons terhadap penambahan penelitian penulis, proporsi rendah (2%) meningkatkan kuat tekan, sedangkan pada penelitian Beni,

semua variasi proporsi abu tempurung kelapa menyebabkan penurunan.

Penurunan kuat tekan penelitian penulis menunjukkan penurunan terjadi pada proporsi lebih tinggi (6% dan 10%), sedangkan penelitian Beni menunjukkan penurunan terjadi sejak substitusi mulai 5%.

Kuat tekan penelitian penulis: 22,36 MPa pada 10% abu tempurung kelapa. Penelitian Beni: 3,46 MPa pada 50% abu tempurung kelapa.

Disimpulkan bahwa penggunaan silika fume dalam penelitian penulis menunjukkan efek memperbaiki kuat tekan pada proporsi rendah, berbeda dengan penelitian Beni yang hanya menggunakan abu tempurung kelapa dan mengalami penurunan kuat tekan pada semua variasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan beton mengalami peningkatan dan penurunan nilai seiring bertambahnya jumlah abu tempurung kelapa dan silika fume. Beton normal memiliki kuat tekan 26,33 MPa, abu tempurung kelapa 2% dan silika fume 2% dengan kuat tekan 31,61 MPa, abu tempurung kelapa 6% dan silika fume 2% hasil kuat tekan turun menjadi 25,10 MPa, penurunan lebih besar terjadi pada campuran abu tempurung kelapa 10% dan silika fume 2%, dengan kuat tekan hanya 22,36 MPa.

Kuat tekan maksimum diperoleh pada campuran abu tempurung kelapa 2% dan silika fume 2% dengan nilai 31,61 MPa. Dibandingkan dengan beton normal 26,33 MPa, menunjukkan peningkatan kuat tekan

Informasi Artikel

sebesar 5,28 MPa. Penambahan abu tempurung kelapa 2% dan silika fume 2% memberikan hasil optimal, sementara penggunaan abu tempurung kelapa 6% dan 10% justru menurunkan hasil kuat tekan beton.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton bervariasi dengan peningkatan jumlah abu tempurung kelapa dan silika fume. Beton standar memiliki kuat tekan sebesar 26,33 MPa, sedangkan campuran yang mengandung 2% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume menunjukkan kuat tekan sebesar 31,61 MPa; lebih lanjut, formulasi dengan 6% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume dicatat. Nilai kuat tekan menurun menjadi 25,10 MPa, dengan penurunan signifikan terlihat pada kombinasi yang mengandung 10% abu tempurung kelapa dan 2% silika fume, menghasilkan kuat tekan hanya 22,36 MPa.

Kekuatan tekan maksimum sebesar 31,61 MPa dicapai dengan menggunakan campuran 2% abu tempurung kelapa dan 2% asap silika. Dibandingkan dengan beton standar pada 26,33 MPa, beton ini menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 5,28 MPa. Penambahan abu tempurung kelapa 2% dan asap silika 2% memberikan hasil yang lebih baik; sebaliknya, penambahan abu tempurung kelapa 6% dan 10% menghasilkan penurunan kuat tekan beton

Ucapan Terimakasih

Dengan penuh rasa syukur, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Parepare yang telah memberikan dukungan moril, fasilitas, serta kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima

kasih juga ditujukan kepada para dosen yang tidak hanya memberikan bimbingan, ilmu, dan motivasi selama proses penelitian, tetapi juga selalu mendampingi dengan penuh kesabaran. Rasa terima kasih yang mendalam juga saya sampaikan kepada keluarga tercinta atas segala doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti, yang menjadi pendorong utama dalam menyelesaikan penelitian ini.

Selain itu, saya mengapresiasi peran serta mahasiswa Program Studi Teknik Sipil yang telah berpartisipasi aktif dan memberikan kontribusi berharga selama penelitian ini berlangsung. Semoga semua bantuan, dukungan, dan doa yang diberikan oleh berbagai pihak dapat menjadi berkah dan membawa manfaat tidak hanya untuk penelitian ini, tetapi juga untuk pengembangan ilmu pengetahuan di masa mendatang..

Daftar Rujukan

- [1] Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- [2] SNI 03-2847-2019, 2019. *Persyaratan Beton Struktural Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Hakzah, H., Sumardi, S., & Hamsyah, H., 2022. Analisis pengaruh substitusi limbah kaca sebagai agregat halus pada beton ditinjau dari kuat tekan beton. *Karajata Engineering*, 2(1), pp. 1–4.
- [4] Hakzah, H., Atmaja, H. K., & Adnan, A., 2022. Studi karakteristik beton menggunakan agregat kasar gunung seraung kabupaten sidenreng rappang. *Karajata Engineering*, 2(1), pp. 1–6.
- [5] Hakzah, H., Sulfanita, A., & Yulianti, Y., 2021. Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan (Quarry Gunung Lakera Bum, Gunung Lompong, Dan Gunung Benderae Kab. Pinrang). *Karajata Engineering*, 2(1), pp. 1–6.
- [6] Tjokrodiluljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : xx-xx-20xx | Selesai Revisi : xx-xx-20xx | Diterbitkan Online : xx-xx-20xx

- [7] Cahya, M. A. D., Destania, H. R. & Fauzi, M., 2022. Pengaruh Penambahan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Kuat Tekan Batako. *Jurnal Tekno Global*, 11(2), pp. 62–66.
- [8] Hardini B., Abdi, F. N., Haryanto, B., Jamal, M. & Arifin, T. S. P., 2022. Penambahan Abu Tempurung Kelapa sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Paving Block. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknik Sipil*, 5(2), pp. 1–5.
- [9] Saputra, M. A. A., Mustakim, M. & Misbahuddin, M., 2022. Pemanfaatan Limbah Popok Bayi Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Bata Ringan. *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), pp. 1–6.
- [10] Langitan, G. M., Sumajow, M. D. J. & Dapas, S. O., 2022. Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Agregat Lokal dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 10(2), pp. 135–141.
- [11] Mahindra, A. H., 2021. *Pengaruh Abu Tempurung Kelapa Sebagai Variasi Komposisi Terhadap Kuat Tekan Beton K250*. Jawa Timur: Universitas Islam Lamongan.
- [12] Beni, A. S., 2020. *Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Universitas Mercu Buana Jakarta.
- [13] Sulfanita, A., Dirawan, G. D., & Ali, M. I., 2021. Investigation of the Effect of using Salak Seeds as Coarse Aggregate in Concrete. *Asian Journal of Applied Sciences*, 9(3), pp. 172–178.
- [14] Zakina, B. L., Zainnudin, Z. & Fathoni, A. F., 2024. "Pengaruh Penggunaan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Pasir Bengawan Solo Pada Kuat Tekan Paving Block. *Journal Of Social Science Research*, 4(1), pp. 664–672.
- [15] Adnan, A., Wajeni, M. F., & Mustakim, M., 2024. Kekuatan Tekan Beton Berpori Additive Sika Fume Mix Self Compacting Concrete. *Jurnal Manufaktur*, 2(2), pp. 134–148.
- [16] Panjaitan, N. P., Ramadhani, R. S., & Sitanggang, E. S. Y., 2021. Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton. *Jurnal Teknik Sipil Agregat*, 1(1), pp. 1–5.
- [17] SNI 03-2461-2002, 2002. *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [18] Septrianto, W. & Sulfanita, A., 2022. Studi Eksperimental Limbah Plastik LDPE Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus pada Kuat Tekan. *Jurnal Karajata Engineering*, 3(3), pp. 1–6.
- [19] SNI 1974-2011, 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [20] Hakzah, H., Nurfitriana, N., & Hamsyah, H. 2023. Studi Kelayakan Agregat Kasar Dan Agregat Halus (Study Kasus: Agregat Kasar Gunung Buccumpare Dan Agregat Halus Sungai Lasape). *Jurnal Karajata*, 3(1), pp. 52-58.
- [21] Purwanto, P. & Priastiwi, Y. A., 2017. Pengaruh Kadar Lumpur Pada Agregat Halus Dalam Mutu Beton. *Jurnal Teknik*, 33(2), pp. 46–52.
- [22] Kandyufiter, S. & Ramang, R. C., 2012. Substitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(4), pp. 74–86.
- [23] SNI 1972:2008, 2008. *Cara Uji Slump Test*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi : xx-xx-20xx | Selesai Revisi : xx-xx-20xx | Diterbitkan Online : xx-xx-20xx