



Pengaruh Komposisi Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton

Fany Hasbhi Noerangga^{a,*}, I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa^b, Putu Ariawan^c, Komang Agus Ariana^d

^aUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

^bUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

^cUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

^dUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

*Corresponding author, email address: fanyhasbhi@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2 Januari 2023

Revised: 15 Januari 2023

Accepted: 20 April 2023

Available Online: 30 April 2023

Kata Kunci:

campuran beton, beton normal, factor air semen, abu sekam, kuat tekan beton

Keywords:

Concrete mixture, normal concrete, water-to-cement ratio, rice husk ash, concrete compressive strength

ABSTRAK

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menggali bahan pengganti dalam campuran beton, namun masih ada keterbatasan dalam menemukan bahan yang mampu sepenuhnya menggantikan komponen utama dalam pencampuran beton. Benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dibuat dan menjalani perawatan selama 28 hari. Variasi penambahan abu sekam padi dalam komposisi beton direncanakan sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%, dengan faktor air semen 0,5. Sebanyak 16 benda uji dipersiapkan, masing-masing dengan 4 variasi. Hasil pengujian berat jenis beton menunjukkan rata-rata nilai 2.169,81 kg/m³ untuk beton normal. Beton dengan penambahan ASP sebesar 5% memiliki berat jenis sekitar 2.122,64 kg/m³, beton ASP 10% sekitar 2.091,19 kg/m³, dan beton ASP 15% sekitar 2.075,47 kg/m³. Meskipun hasil ini belum memenuhi standar berat jenis beton normal (2.200-2.500 kg/m³), akan tetapi melebihi berat jenis beton ringan (1.600-2.000 kg/m³). Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan nilai tertinggi kuat tekan (15,19 MPa) terdapat pada beton dengan komposisi ASP 5%, sementara nilai terendah (4,47 MPa) pada ASP 15%. Penelitian ini memberikan wawasan bahwa penambahan abu sekam padi dapat memengaruhi kuat tekan beton, dan hasilnya dapat bervariasi tergantung pada jumlah abu sekam padi yang ditambahkan. Meskipun nilai kuat tekan pada beberapa komposisi masih di bawah beton normal, yang dimana memiliki nilai kuat tekan beton sebesar 16,89 MPa, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam mencari bahan pengganti yang lebih efektif dalam campuran beton.

ABSTRACT

Several studies have been conducted to explore substitutes for concrete mixtures, but there are still limitations in finding materials that can fully replace the main components in concrete mixing. Cylindrical test specimens with a diameter of 15 cm and height of 30 cm are created and undergo a curing process for 28 days. Various additions of rice husk ash (ASP) in the concrete composition are planned at 0%, 5%, 10%, and 15%, with a water-to-cement ratio of 0.5. A total of 16 test specimens are prepared, each with 4 variations. The results of the concrete density test show an average value of 2,169.81 kg/m³ for normal concrete. Concrete with 5% ASP addition has a density of approximately 2,122.64 kg/m³, 10% ASP concrete around 2,091.19 kg/m³, and 15% ASP concrete approximately 2,075.47 kg/m³. Although these results do not meet the standard density of normal concrete (2,200-2,500 kg/m³), they exceed the density of lightweight concrete (1,600-2,000 kg/m³). Compressive strength test results indicate that the highest compressive strength (15.19 MPa) is found in concrete with a 5% ASP composition, while the lowest value (4.47 MPa) is observed in 15% ASP. This study provides insights that the addition of rice husk ash can influence the compressive strength of concrete, and the outcomes may vary depending on the amount of rice husk ash added. Despite compressive strength values in some compositions being below normal concrete, which typically has a compressive strength of 16.89 MPa, this research can serve as a foundation for further development in finding more effective substitutes in concrete mixtures.



1. PENDAHULUAN

Penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian atau seluruh semen dalam campuran beton telah menjadi topik penelitian yang semakin populer. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton jika digunakan dengan benar. Namun, efeknya tergantung pada faktor-faktor seperti sumber abu sekam padi, kualitas semen, dan perawatan beton setelah pengecoran.

Salah satu permasalahan dalam penelitian ini adalah ketidakpastian mengenai efektivitas dan keamanan penggunaan abu sekam padi dalam beton (Lestari et al., 2022). Meskipun ada hasil positif dalam peningkatan kuat tekan beton, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan efektivitasnya dalam skala yang lebih besar dan berkelanjutan.

Pentingnya penelitian ini terletak pada potensi abu sekam padi sebagai alternatif ramah lingkungan dalam industri konstruksi, mengurangi masalah limbah dan polusi lingkungan (Wahyuni et al., 2013). Sebelum diterapkan secara luas, diperlukan penelitian mendalam mengenai pengaruh abu sekam padi pada sifat-sifat beton.

Langkah-langkah penelitian melibatkan uji coba campuran semen dengan variasi abu sekam padi, uji kuat tekan beton, analisis hasil uji, pencarian pola pengaruh abu sekam padi, formulasi campuran optimal, dan memberikan rekomendasi penggunaan abu sekam padi untuk meningkatkan keberlanjutan (Tata & Amir Sultan, 2016).

Rumusan masalah mencakup seberapa besar pengaruh abu sekam padi pada kuat tekan beton dan kekuatan tekan beton dengan variasi komposisi abu sekam padi. Tujuan penelitian adalah memahami pengaruh abu sekam padi pada kuat tekan beton dan menentukan kekuatan tekan beton dengan berbagai komposisi abu sekam padi. Manfaat penelitian melibatkan kontribusi bagi mahasiswa, perguruan tinggi, dan pembaca yang tertarik pada konstruksi dan material bangunan. Penelitian ini memiliki batasan terkait bentuk benda uji, usia beton, komposisi abu sekam padi, jumlah benda uji, dan ketidakpertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas beton.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton, menurut PUBI-1982, adalah suatu bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen, air, dan agregat seperti pasir, kerikil, atau batu-batu kecil. Setelah pencampuran, campuran ini dicetak dan ditempatkan dalam bekisting untuk membentuk struktur yang diinginkan, seperti balok, kolom, atau pelat (Pratiwi et al., 2014).

Beton memiliki sifat-sifat yang sangat menguntungkan sebagai bahan konstruksi, termasuk kekuatan, ketahanan terhadap tekanan dan gesekan, serta daya tahan terhadap cuaca dan api. Oleh karena karakteristik tersebut, beton banyak digunakan dalam pembangunan berbagai jenis bangunan, termasuk rumah, jembatan, gedung, dan infrastruktur lainnya. Terdapat tiga jenis beton yang dapat dibedakan:

- a. Beton normal: Jenis beton ini memiliki berat volume antara 2200 kg/m^3 hingga 2500 kg/m^3 .
- b. Beton berat: Beton berat memiliki berat volume lebih dari 2500 kg/m^3 .
- c. Beton massa: Beton massa memiliki dimensi penampang komponen yang besar, sehingga memerlukan perlakuan khusus untuk mengatasi panas yang dihasilkan selama proses hidrasi semen dan mengendalikan perubahan volume yang dapat menyebabkan retak (SNI 7656:2012, 2012).

2.2. Bahan Penyusun Beton

Bahan-bahan yang membentuk beton melibatkan campuran semen, Agregat Kasar, Agregat Halus, dan air. Terkadang, bahan tambahan atau aditif digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat khusus beton. Semen Portland, salah satu bahan utama, terkenal akan kekuatannya, ketahanan terhadap tekanan dan gesekan, serta daya tahan terhadap cuaca dan api. Jenis-jenis Semen Portland seperti Tipe I, Tipe II, Tipe III, dan Tipe V memiliki karakteristik yang berbeda dan sesuai untuk aplikasi tertentu (Bigatti & Cronan, 2002).

Agregat Kasar, terdiri dari batu pecah atau kerikil, berfungsi sebagai pengisi utama dan penyedia kekuatan struktural. Agregat halus, seperti pasir, berperan sebagai bahan pengisi yang memberikan

stabilitas dan kerapatan pada beton. Air, sebagai komponen esensial, digunakan untuk mengaktifkan reaksi kimia dan proses hidrasi semen, membentuk pasta pengikat agregat.

Dalam konstruksi beton, kuantitas air harus diatur dengan cermat karena mempengaruhi kekuatan dan sifat akhir beton. Lebih lanjut, air memberikan konsistensi pada campuran beton, diukur dengan slump atau kekentalan. Penggunaan tepat air adalah kunci untuk hasil optimal dalam hal kekuatan, kepadatan, dan sifat mekanis beton. Selain bahan-bahan tersebut, abu sekam padi, limbah dari pembakaran sekam padi, sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam beton. Kandungan senyawa silika dalam abu sekam padi memberikan kontribusi pada sifat *pozzolanik* beton, meningkatkan sifat mekanik dan durabilitasnya. Oleh karena itu, penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti semen dapat memberikan solusi yang ramah lingkungan dan efektif untuk meningkatkan kualitas beton.

2.3. Uji Slump

Slump adalah parameter yang menilai konsistensi beton segar atau campuran semen, mencerminkan tingkat kelembutan atau deformabilitas campuran. Uji *slump* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan beton atau campuran semen dalam aliran dan pengolahan selama penggunaannya. Prosedur uji melibatkan pengukuran penurunan campuran beton setelah wadah campuran yang diisi beton ditarik perlahan ke atas menggunakan kerucut. Pengukuran penurunan ini dianggap sebagai nilai *slump*. Hasil uji *slump* menjadi kunci dalam menentukan konsistensi beton untuk proyek konstruksi, di mana nilai yang diinginkan bervariasi sesuai jenis konstruksi dan spesifikasi teknis beton (SNI 1972:2008, 2008). Semakin tinggi nilai *slump*, semakin mudah proses pemadatan beton, dan evaluasi nilai *slump* menjadi penting untuk memastikan kesesuaian beton dengan tuntutan dan spesifikasi proyek konstruksi yang sedang berlangsung.

2.4. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah ukuran kekuatan beton atau bahan konstruksi untuk menahan tekanan atau beban. Proses pengukuran dilakukan dengan menghancurkan sampel beton dalam mesin uji, diberi beban perlahan, dan diukur gaya yang dibutuhkan untuk menghancurkan sampel tersebut. Hasilnya diukur dalam megapascal (MPa) atau *pound per inch* persegi (psi). Kuat tekan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kualitas bahan baku, rasio campuran, metode pengadukan, pengerasan, dan kondisi lingkungan. Pengujian ini sangat penting untuk menilai kualitas beton, serta untuk memastikan keamanan dan ketahanan bangunan yang menggunakan beton (SNI 1974:2011, 2011). Standar kuat tekan biasanya diatur oleh spesifikasi teknis dan kode standar dalam suatu proyek konstruksi

3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Data Penelitian

Penelitian ini mengadopsi metode eksperimen sebagai pendekatan kuantitatif untuk menguji dampak variabel independen (perlakuan) pada variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendali. Metode ini memastikan bahwa tidak ada faktor lain yang memengaruhi variabel dependen dengan mengendalikan kondisi penelitian. Untuk mencapai kontrol yang optimal, penelitian ini memasukkan kelompok kontrol sebagai pembanding. Secara umum, penelitian eksperimen ini dilakukan di lingkungan laboratorium.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pendidikan Nasional Denpasar.

3.3. Analisis Data

a. Analisa ayakan

Analisis ayakan agregat halus melibatkan beberapa langkah. Pertama, agregat halus dikeringkan menggunakan oven. Selanjutnya, diambil dua sampel pasir kering dengan berat masing-masing 400 gram. Ayakan disiapkan dengan ukuran dari yang terkecil hingga terbesar, dan pasir dimasukkan ke dalam ayakan yang rapat. Proses pengayakan dilakukan dengan mesin penggetar selama 5 menit, dan sampel yang tertahan pada masing-masing ayakan ditimbang setelah selesai. Langkah serupa dilakukan pada analisis ayakan agregat kasar, dengan perbedaan berat sampel yang diambil sebesar

2000 gram. Setelah proses pengayakan, dilakukan perhitungan persentase lolos, persentase total tertahan, dan persentase dalam berbagai fraksi, mendekati 0,1% berdasarkan massa awal contoh uji yang sudah kering. Jika contoh uji sebelumnya telah diuji dengan metode lain, massa total contoh uji sebelum pencucian digunakan sebagai dasar perhitungan. Selanjutnya, massa bahan tertahan pada setiap saringan dijumlahkan untuk menghitung persentase sesuai ketentuan. Jika diperlukan, modulus kehalusan dapat dihitung dengan mengakumulasikan persentase bahan tertahan pada setiap saringan dengan ukuran butir yang berbeda.



Gambar 1. Proses pengujian analisa ayakan

b. Pengujian kadar lumpur

Langkah-langkah pelaksanaan pengujian dapat diuraikan sebagai berikut: Pertama, timbang wadah tanpa benda uji. Kemudian, timbang benda uji dan masukkan ke dalam wadah. Selanjutnya, tambahkan air pencuci yang telah dicampur dengan bahan pembersih ke dalam wadah hingga benda uji terendam. Lakukan pengadukan pada benda uji dalam wadah untuk memisahkan butir kasar dan bahan halus yang dapat melewati saringan Nomor 200 (0,075 mm). Pastikan bahwa bahan halus tersebut berada dalam keadaan melayang di dalam larutan air pencuci untuk mempermudah pemisahan. Selanjutnya, tuangkan air pencuci dengan hati-hati di atas saringan Nomor 16 (1,18 mm), di bawahnya terdapat saringan Nomor 200 (0,075 mm), dengan tujuan menjaga agar bahan kasar tidak ikut terbuang. Ulangi langkah-langkah pencucian sampai air pencuci yang dituangkan terlihat jernih. Kembalikan semua benda uji yang tertahan pada saringan Nomor 16 (1,18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah, lalu keringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap. Terakhir, timbang sampel dengan ketelitian maksimum 0,1% dari berat contoh. Persentase bahan yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm) menggunakan rumus-rumus berikut :

Bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W_3 = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Dimana W_3 adalah % bahan lolos saringan nomor 200, berat kering benda uji awal (W_1), dan berat kering benda uji setelah pencucian (W_2)

c. Pengujian berat jenis

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, sesuai dengan standar SNI 1970:2008, dapat diuraikan sebagai berikut. Pertama, siapkan peralatan dan ambil 500 gram agregat halus sebagai berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan. Kemudian, masukkan agregat halus ke dalam gelas ukur dan tambahkan air hingga mencapai volume 400 ml. Aduk campuran untuk mengeluarkan gelembung udara, lalu tambahkan air lagi hingga volume mencapai 1000 ml. Timbang campuran bersama gelas ukur dan buang air perlahan untuk memisahkan air dari agregat halus. Selanjutnya, keringkan agregat halus dalam oven pada suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Isi gelas ukur dengan air hingga volume 1000 ml, timbang bersama gelas ukur, dan timbang agregat halus yang sudah dikeringkan. Terakhir, hitung nilai berat jenis dan penyerapan dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan. Dengan langkah-langkah ini, pengujian dapat dilakukan secara akurat sesuai

dengan standar yang berlaku.

Berat jenis curah kering (S_d)

$$S_d = \frac{A}{(B+S-C)}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)

$$S_s = \frac{S}{(B+S-C)}$$

Berat jenis semu (S_a)

$$S_a = \frac{A}{(B+A-C)}$$

Persentase penyerapan air (S_w)

$$S_w = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)



Gambar 2. Pasir kondisi jenuh kering permukaan (SSD)

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, sesuai dengan ketentuan SNI 1969:2008, dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, siapkan peralatan dan ambil 5 kg agregat kasar dengan ukuran saringan No. 1 ½ inci. Cuci agregat untuk menghilangkan debu atau kotoran, lalu rendam dalam air selama 24±4 jam. Setelah itu, angkat agregat dan keringkan hingga mencapai kondisi SSD (*Surface Saturated Dry*) dengan mengelap menggunakan kain. Timbang agregat dalam kondisi SSD, hasilnya adalah berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan. Selanjutnya, masukkan agregat ke dalam keranjang kawat dan gerakkan agar udara yang terjebak dapat keluar. Timbang berat agregat dalam air untuk mendapatkan nilai benda uji dalam air. Setelah itu, keringkan agregat dalam oven pada suhu 110±5°C, dan biarkan mendingin pada suhu kamar selama 1 jam hingga 3 jam. Timbang berat agregat setelah dingin, dan hasilnya adalah nilai benda uji dalam kondisi kering oven. Dengan langkah-langkah ini, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku.

Berat jenis curah kering (S_d)

$$S_d = \frac{A}{(B-C)}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)

$$S_s = \frac{B}{(B-C)}$$

Berat jenis semu (S_a)

$$S_a = \frac{A}{(A-C)}$$

Persentase penyerapan air (S_w)

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\%$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)



Gambar 3. Koral kondisi jenuh kering permukaan (SSD)

d. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mengikuti pedoman yang terdapat dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000 mengenai prosedur pembuatan rencana campuran beton normal. Proses ini bertujuan untuk menjamin konsistensi dan standar dalam pengembangan campuran beton. Benda uji tersebut kemudian diuji setelah mencapai usia 28 hari, sesuai dengan standar waktu pematangan yang umumnya digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan karakteristik beton. Dengan mengikuti panduan SNI tersebut, pembuatan benda uji dapat dilakukan dengan tepat dan memastikan bahwa campuran beton normal yang dihasilkan memenuhi standar yang berlaku.

e. Uji *slump* beton

Berikut adalah tahapan uji *slump* beton sesuai dengan SNI 1972:2008. Pertama, siapkan peralatan yang diperlukan, termasuk cetakan *slump*, wadah pengaduk, alat pengukur *slump*, timbangan, dan *stopwatch*. Basahi cetakan *slump* dengan air bersih dan letakkan di permukaan yang datar. Timbang wadah pengaduk kosong dan catat beratnya. Tambahkan agregat kasar, agregat halus, dan semen ke dalam wadah pengaduk sesuai perencanaan campuran beton yang akan diuji. Berikutnya, tambahkan air ke dalam wadah dan mulai mengaduk hingga campuran beton mencapai kekonsistensi homogen yang diinginkan. Setelah mencapai konsistensi tersebut, timbang kembali wadah pengaduk bersama dengan campuran beton dan catat beratnya. Siapkan cetakan *slump* yang telah dibasahi dengan air bersih, lalu tuangkan campuran beton secara perlahan ke dalam cetakan. Ratakan permukaan campuran beton di atas cetakan menggunakan alat yang rata. Angkat cetakan dengan gerakan perlahan secara vertikal sehingga campuran beton tinggal di dalam cetakan. Selanjutnya, ukur *slump* beton dengan alat pengukur *slump*, letakkan alat di atas cetakan, dan ukur perubahan tinggi campuran beton dari posisi awal. Terakhir, catat hasil pengukuran sebagai nilai *slump* beton.

f. Perlakuan benda uji

Pengujian tekan pada benda uji yang telah dijaga kelembabannya seharusnya dilakukan sesegera mungkin setelah dipindahkan dari lingkungan pelembaban. Selama periode antara pemindahan benda uji dari tempat pelembaban hingga proses pengujian, benda uji harus dipertahankan dalam

kondisi lembab menggunakan metode yang dipilih. Saat dilakukan pengujian, benda uji harus tetap dalam keadaan lembab dan berada pada suhu ruangan.

g. Toleransi waktu pengujian

Seluruh benda uji yang telah ditentukan untuk umur uji harus diuji dalam batas waktu yang diperbolehkan sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Toleransi waktu yang diizinkan

Umur uji	Waktu yang diizinkan
12 jam	+ 15 menit atau 2,1%
24 jam	+ 30 menit atau 2,1%
3 hari	+ 2 jam atau 2,8%
7 hari	+ 6 jam atau 3,6%
28 hari	+ 20 jam atau 3,0%
90 hari	+ 2 hari atau 2,2%

(Sumber : SNI 1974:2011)

h. Uji kuat tekan

Tempatkan landasan tekan datar dengan bagian bawahnya menghadap ke atas di atas meja atau permukaan datar mesin uji, langsung di bawah blok setengah bola. Lakukan pembersihan pada permukaan atas dan bawah landasan tekan, serta permukaan benda uji. Tempatkan benda uji di atas permukaan bawah landasan tekan. Mulai bebaskan benda uji secara bertahap tanpa lonjakan beban. Teruskan proses pembebanan hingga benda uji hancur, dan catat nilai beban maksimum yang diterima selama proses pembebanan. Catat tipe kehancuran dan kondisi visual beton pada benda uji. Selanjutnya, hitung nilai kuat tekan beton menggunakan rumus yang telah diberikan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian dan Analisa Agregat

Dalam pengujian ini, analisis data hasil penelitian dilakukan untuk mencapai campuran beton yang diinginkan. Setelah menjalani uji agregat, nilai-nilai dari data tersebut kemudian disajikan dalam Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Data-data hasil pengujian agregat

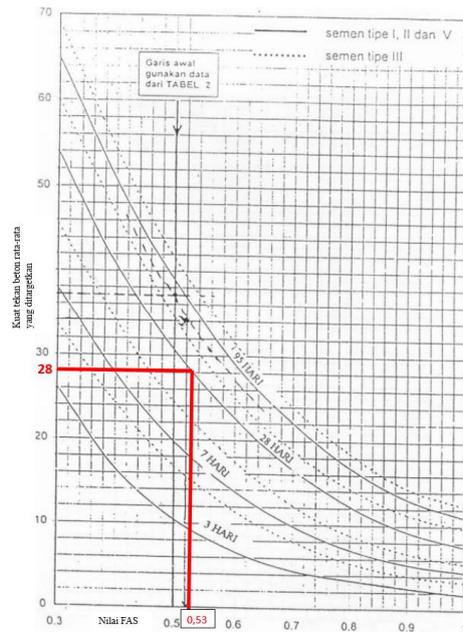
No.	Data Pengetesan	Nilai
1	Modulus kehalusan agregat halus	2,68
2	Modulus kehalusan agregat kasar	7,19
3	Berat jenis agregat halus	2,48 gram/cm ³
4	Berat jenis agregat kasar	2,39 gram/cm ³
5	Penyerapan agregat halus	4,83%
6	Penyerapan agregat kasar	3,62%
7	Kadar air agregat halus	4,60%
8	Kadar air agregat kasar	3,49%
9	Kadar lumpur agregat halus	3,12%
10	Kadar lumpur agregat kasar	0,76%
11	Nilai slump rencana	30-60 mm
12	Ukuran agregat maksimum	40 mm

(Sumber : Data pengujian, 2023)

4.2. Perencanaan Komposisi Beton Normal

Dalam situasi ini, Tabel 2 memberikan informasi yang akan digunakan untuk merancang campuran beton dengan target kekuatan 16 MPa. Kekuatan tekan yang direncanakan (f'_c) adalah 16 MPa, dan pengujian benda uji dijadwalkan setelah umur 28 hari. Dikarenakan jumlah pengujian kurang dari 15, deviasi standar diterapkan dengan nilai sebesar 12 MPa. Kekuatan tekan beton rata-rata yang ditargetkan

(f'_{cr}) dihitung dengan rumus $f'_{cr} = f'_c + M$, yang menghasilkan nilai 28 MPa. Selanjutnya, langkah berikutnya adalah menentukan nilai faktor air semen (FAS).



Gambar 4. Grafik nilai faktor air semen dengan kuat tekan beton rata-rata (f'_{cr})
 (Sumber : SNI 03-2834-2000)

Dengan merujuk pada Gambar 4 yang mempertimbangkan kaitan antara faktor air semen dan kekuatan tekan rata-rata beton yang ditargetkan sebesar 28 MPa, menggunakan semen portland tipe I, pengujian setelah 28 hari, dan benda uji silinder, FAS yang digunakan adalah 0,53. Berdasarkan persyaratan faktor air maksimum untuk penggunaan beton dalam kondisi ruangan dan lingkungan non-korosif, faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,6.

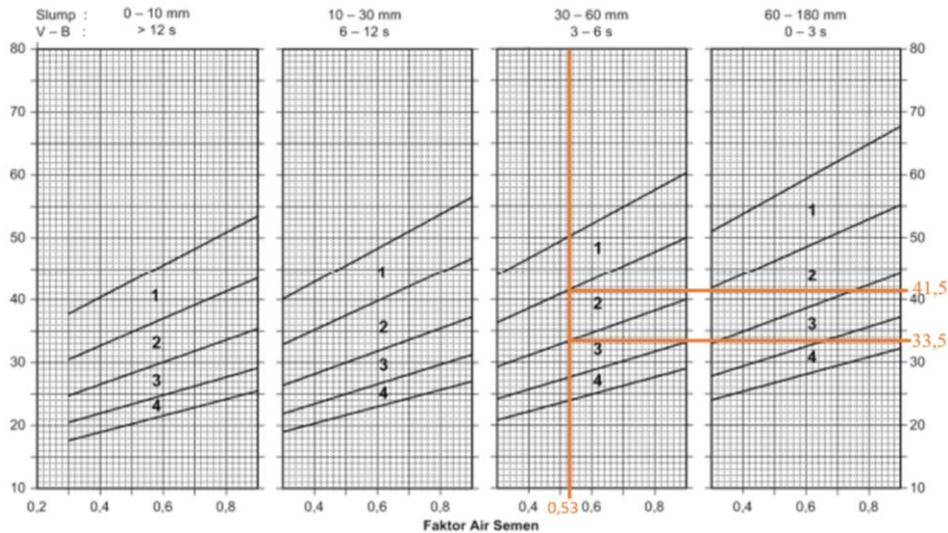
Kandungan air bebas dalam campuran agregat, dengan ukuran agregat maksimum 40 mm dan nilai slump target 30-60 mm. Hasil perhitungan menunjukkan nilai estimasi jumlah air untuk agregat halus (Wh) sebesar 160 dan agregat kasar (Wk) sebesar 190. Oleh karena itu, nilai kadar air bebas adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \\ &= \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Kadar air semen dihitung dengan membagi kadar air bebas dengan faktor air semen, sehingga diperoleh jumlah semen yang digunakan:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\ &= \frac{170}{0,53} \\ &= 320,76 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Jumlah semen maksimum adalah 320,76 kg/m³, dan jumlah semen minimum yang direncanakan dalam ruangan adalah 275 kg/m³. Dengan mendapatkan faktor air semen sebesar 0,53, gradasi agregat halus di wilayah nomor 2, dan nilai slump rencana sebesar 30-60 mm, persentase agregat halus dan kasar dapat diperoleh dari Gambar 5.



Gambar 5. Grafik persen agregat halus terhadap kadar total agregat
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Untuk menentukan persentase agregat di atas, langkah pertama adalah menggambar garis tegak lurus melalui faktor air semen yang telah diperoleh sebelumnya, yaitu 0,53, hingga memotong daerah gradasi nomor 2. Selanjutnya, dari titik perpotongan kurva atas dan batas bawah pada daerah gradasi nomor 2, ditarik garis mendatar ke arah kanan hingga memotong sumbu tegak. Dari penarikan garis atas dan garis bawah tersebut, diperoleh angka masing-masing sebesar 41,5 dan 33,5. Persentase agregat halus (%AH) dan agregat kasar (%AK) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

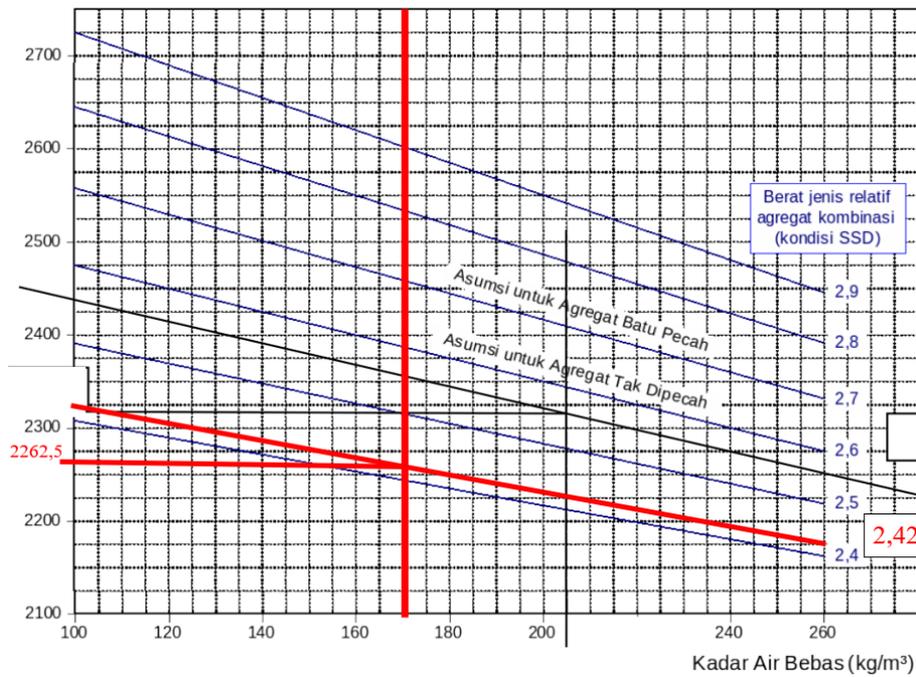
$$\begin{aligned} \%AH &= \frac{41,5 + 33,5}{2} \\ &= 37,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%AK &= 100\% - \%AH \\ &= 100\% - 37,5\% \\ &= 62,5\% \end{aligned}$$

Perhitungan berat jenis agregat gabungan dilakukan dengan merangkum berat jenis agregat halus dan agregat kasar dari Tabel 2, di mana berat jenis agregat halus (BJ_{AH}) adalah 2,48 dan berat jenis agregat kasar (BJ_{AK}) adalah 2,39. Selanjutnya, berat jenis agregat gabungan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} BJ_{gabungan} &= \%AH \times BJ_{AH} + \%AK \times BJ_{AK} \\ &= 37,5\% \times 2,48 + 62,5\% \times 2,39 \\ &= 2,42 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai berat jenis gabungan sebesar 2,42, langkah selanjutnya adalah membuat garis kurva baru secara proposional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawah yang sudah ada. Selanjutnya, tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang diperoleh, yaitu 170 kg/m³, sampai memotong kurva baru. Kemudian, dari titik potong tersebut, tarik garis mendatar ke arah kiri hingga memotong sumbu tegak. Dari langkah ini, diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2.262,5 kg/m³.



Gambar 6. Perkiraan berat isi beton basah yang telah dipadatkan
 (Sumber : SNI 03-2834-2000)

Perhitungan proporsi agregat gabungan beton dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} W_{gab} &= B_{Jbeton} - W_{semen} - W_{air} \\ &= 2.262,5 - 320,76 - 170 \\ &= 1.771,74 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan proporsi agregat halus dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} W_{AH} &= \%AH \times W_{gab} \\ &= 37\% \times 1.771,74 \\ &= 664,4 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk proporsi agregat kasar dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} W_{AK} &= \%AK \times W_{gab} \\ &= 63\% \times 1.771,74 \\ &= 1.107,34 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Proporsi campuran, di mana agregat berada dalam kondisi jenuh kering permukaan, harus dihitung untuk semen, air, agregat halus, dan agregat kasar per meter kubik campuran:

- Semen	$= \frac{320,76}{320,76}$	= 1
- Air	$= \frac{170}{320,76}$	= 0,53
- Agregat halus	$= \frac{664,4}{320,76}$	= 2,07

$$- \text{ Agregat kasar} = \frac{1.107,34}{320,76} = 3,45$$

Koreksi proporsi campuran diperlukan jika agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Perbandingan campuran harus disesuaikan dengan kandungan air dalam agregat. Koreksi perbandingan campuran sebaiknya dilakukan setidaknya sekali sehari terhadap kadar air dalam agregat. Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air (B)} &= 170 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Jumlah Agregat halus (C)} &= 664,4 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Jumlah agregat kasar (D)} &= 1.107,34 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Penyerapan agregat halus (Ca)} &= 4,83\% \\ \text{Penyerapan agregat kasar (Da)} &= 3,62\% \\ \text{Kadar air agregat halus (Ck)} &= 4,60\% \\ \text{Kadar air agregat kasar (Dk)} &= 3,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Air} \\ \text{Air} &= B - (Ck-Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk-Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (4,6-4,83) \times \frac{664,4}{100} - (3,49-3,62) \times \frac{1.107,34}{100} \\ &= 172,97 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Agregat halus} \\ \text{Agregat halus} &= C + (Ck-Ca) \times \frac{C}{100} \\ &= 664,4 + (4,6-4,83) \times \frac{664,4}{100} \\ &= 662,87 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Agregat kasar} \\ \text{Agregat kasar} &= D + (Dk-Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 1.107,34 + (3,49-3,62) \times \frac{1.107,34}{100} \\ &= 1.105,9 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, untuk setiap meter kubik diperlukan :

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 320,76 : 320,76 = 1 \\ \text{Air} &= 172,97 : 320,76 = 0,54 \\ \text{Agregat halus} &= 662,87 : 320,76 = 2,07 \\ \text{Agregat kasar} &= 1.105,9 : 320,76 = 3,45 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan campuran beton normal, kebutuhan bahan untuk 1 m³ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Semen} &: 320,76 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregat halus} &: 662,87 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregat kasar} &: 1.105,9 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Air} &: 172,97 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk benda uji silinder dengan tinggi 30 cm dan lebar 15 cm, volume silinder dapat dihitung menggunakan rumus $\pi r^2 t$, yang setara dengan 0,0053 m³. Dengan demikian, kebutuhan bahan untuk satu

silinder uji dapat dihitung sebagai berikut:

Semen yang dibutuhkan : 1,7 kg
 Agregat halus yang dibutuhkan : 3,5 kg
 Agregat kasar yang dibutuhkan : 5,86 kg
 Air yang dibutuhkan : 0,917 kg

Berdasarkan perhitungan ini, proporsi campuran beton untuk setiap 1 benda uji dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan proporsi campuran beton untuk 1 benda uji dengan volume 0,0053 m³.

	Data Perhitungan			
	Beton Normal	Beton Komposisi ASP 5%	Beton Komposisi ASP 5%	Beton Komposisi ASP 5%
Semen	1,7 kg	1,615 kg	1,53 kg	1,445 kg
Agregat halus	3,5 kg	3,5 kg	3,5 kg	3,5 kg
Agregat kasar	5,86 kg	5,86 kg	5,86 kg	5,86 kg
Air	0,917 liter	0,917 liter	0,917 liter	0,917 liter
Abu sekam padi	-	0,085 kg	0,17 kg	0,255 kg

(Sumber : Data perhitungan, 2023)

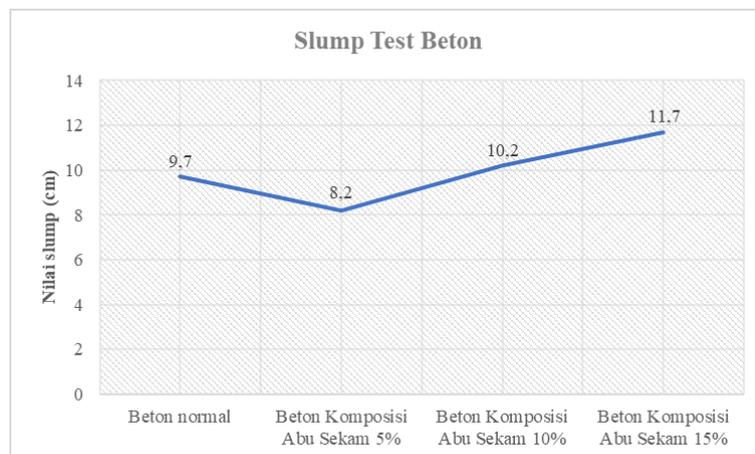
4.3. Pengujian Slump

Dalam pengujian ini, dilakukan observasi terhadap campuran beton menggunakan metode slump test dengan memasukkan campuran beton ke dalam kerucut *Abrams*. Hasil slump test menunjukkan bahwa untuk beton normal, nilai slump test adalah 9,7 cm. Sementara itu, beton yang mengandung abu sekam padi sebanyak 5% memiliki nilai *slump test* sebesar 8,2 cm, beton dengan komposisi ASP 10% menunjukkan nilai 10,2 cm, dan beton dengan komposisi ASP 15% memiliki nilai *slump test* sebesar 11,7 cm. Data lengkap dapat ditemukan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai slump test beton

No	Variasi	Nilai Slump (cm)
1	Beton normal	9,7
2	Beton komposisi abu sekam padi 5%	8,2
3	Beton komposisi abu sekam padi 10%	10,2
4	Beton komposisi abu sekam padi 15%	11,7

(Sumber : Data pengujian, 2023)



Gambar 7. Grafik nilai *slump test* beton

(Sumber : Data pengujian, 2023)

Dari gambar 7, terlihat variasi nilai *slump* yang mengindikasikan fluktuasi penurunan dan peningkatan. Perubahan tersebut dapat diatribusikan pada kemampuan tinggi abu sekam padi dalam menyerap air. Oleh karena itu, sejumlah air dalam campuran beton tidak sepenuhnya terlibat dalam reaksi adukan beton, tetapi sebagian diserap oleh abu sekam padi. Fenomena ini menjadi faktor penentu perubahan nilai *slump* pada hasil pengujian.

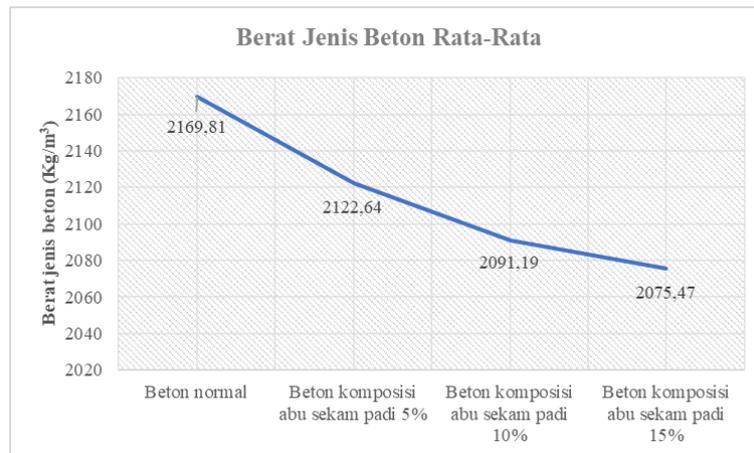
4.4. Berat Jenis Beton

Dalam penelitian ini, pengujian berat jenis beton menghasilkan nilai rata-rata untuk beton normal sebesar 2.169,81 kg/m³. Sementara itu, beton dengan penambahan abu sekam padi (ASP) sebesar 5% memiliki berat jenis sekitar 2.122,64 kg/m³, beton ASP 10% sekitar 2.091,19 kg/m³, dan beton ASP 15% sekitar 2.075,47 kg/m³. Hasil ini belum memenuhi standar berat jenis beton normal, yang biasanya berada dalam rentang 2.200-2.500 kg/m³, dan bahkan telah melebihi berat jenis beton ringan yang berada dalam rentang 1.600-2.000 kg/m³.

Tabel 5. Hasil pengujian berat jenis beton

Benda Uji	Nama Sampel	Berat Beton (Gram)	Berat Jenis Beton (Kg/m ³)	Rata-rata (Kg/m ³)
1	Beton Normal	11.500	2.169,81	2.169,81
2		11.500	2.169,81	
3		11.500	2.169,81	
1	ASP 5%	11.250	2.122,64	2.122,64
2		11.500	2.169,81	
3		11.000	2.075,47	
1	ASP 10%	11.250	2.122,64	2.091,19
2		11.000	2.075,47	
3		11.000	2.075,47	
1	ASP 15%	11.000	2.075,47	2.075,47
2		11.000	2.075,47	
3		11.000	2.075,47	

(Sumber : Data pengujian, 2023)



Gambar 8. Grafik berat jenis beton rata-rata

(Sumber : Data pengujian, 2023)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa berat jenis beton rata-rata tertinggi terdapat pada beton normal, sementara berat jenis terendah ditemukan pada beton dengan komposisi abu sekam padi 15%.

4.5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan sesuai dengan ketentuan standar SNI 1974:2011, dengan pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari menggunakan mesin uji tekan. Bentuk benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Rincian hasil pengujian kekuatan tekan dapat ditemukan dalam

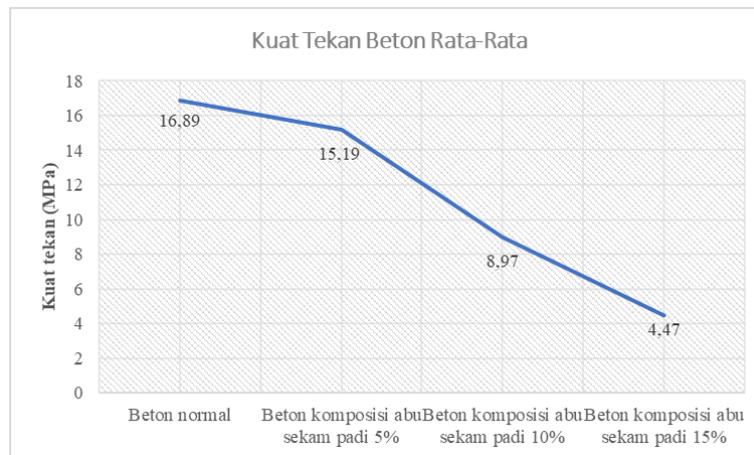
tabel yang disajikan di bawah.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton

Benda Uji	Nama Sampel	Beban Maksimum	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	Beton Normal	291,39	16,49	16,89
2		317,65	17,98	
3		286,43	16,21	
1	ASP 5%	275,69	15,60	15,19
2		252,19	14,27	
3		277,30	15,69	
1	ASP 10%	152,86	8,65	8,97
2		152,92	8,65	
3		169,58	9,60	
1	ASP 15%	82,31	4,66	4,47
2		71,18	4,03	
3		83,42	4,72	

(Sumber : Data pengujian, 2023)

Dengan menggunakan informasi yang ada dalam Tabel 6, kita dapat membuat grafik untuk mengilustrasikan korelasi antara kekuatan tekan rata-rata beton dan variasi komposisi abu sekam padi.



Gambar 9. Grafik kuat tekan beton rata-rata

(Sumber : Data pengujian, 2023)

Berdasarkan pengujian kuat tekan beton, didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton sebagai berikut: 16,86 MPa untuk beton normal, 15,19 MPa untuk beton dengan komposisi abu sekam padi 5%, 8,97 MPa untuk beton dengan komposisi abu sekam padi 10%, dan 4,47 MPa untuk beton dengan komposisi abu sekam padi 15%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, dapat diambil beberapa kesimpulan. Pertama, penggunaan abu sekam padi berdampak signifikan terhadap kuat tekan beton, namun kontribusinya kurang positif dan belum mencapai nilai kuat tekan beton normal. Oleh karena itu, abu sekam padi tidak dianjurkan sebagai solusi untuk bangunan konstruksi, melainkan lebih efektif digunakan dalam pembuatan bahan non-konstruksi seperti batako atau paving block. Kedua, terdapat variasi hasil kuat tekan beton, dengan komposisi beton normal mencapai kuat tekan 16,89 MPa. Pada komposisi ASP, kuat tekan tertinggi pada ASP 5% (15,19 MPa), sedangkan terendah pada ASP 15% (4,47 MPa). Perbedaan ini disebabkan oleh pengurangan penggunaan semen sebagai bahan pengikat, yang secara langsung memengaruhi kuat tekan beton. Dalam konteks ini, penurunan kuat tekan dapat dihubungkan dengan pengurangan kandungan semen

dalam campuran beton.

5.2. Saran

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi beton dan penerapannya di lapangan. Selain itu, diinginkan bahwa penelitian ini akan menjadi dasar bagi penelitian-penelitian berikutnya yang dapat melakukan eksplorasi lebih lanjut. Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa saran dapat diajukan.

Disarankan untuk melanjutkan penelitian dengan mengeksplorasi penambahan bahan lain sebagai alternatif untuk mencapai target kuat tekan yang diinginkan. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan solusi baru yang lebih efektif. Selain itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dalam menguji komposisi abu sekam untuk menetapkan batasan variasi yang dapat menghasilkan kuat tekan yang stabil. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai optimalisasi penggunaan abu sekam dalam campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Lestari, A. Nikmah, P. Harprastanti, and H. Sulistiawati, "Efektifitas Penggunaan Bahan Stabilisator Berbasis Pozolan Pada Tanah Berbutir Halus Ditinjau Dari Sifat Fisik dan Mekanis Tanah," 2022.
- [2] A. S. Wahyuni, A. Dlucef, and F. Supriani, "Pengaruh Penambahan Serat Bambu Dan Penggantian 10% Agregat Halus Dengan Abu Sekam Padi dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tarik Beton," 2013.
- [3] Tata and M. Amir Sultan, "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton," vol. 06, 2016.
- [4] C. Pratiwi, A. S. Kusno, K. Nurhenu, and Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI - 1982)," 2014.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7656: 2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa," *Badan Stand. Nas. Indones.*, 2012.
- [6] S. M. Bigatti, and T. A. Cronan, "A Comparison of Pain Measures Used With Patients With Fibromyalgia," *Journal of Nursing Measurement*, vol. 1, no. 10, pp. 5–14, 2002.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, "Cara Uji Slump Beton (SNI 1972: 2008)," *Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia*, 2008.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974-2011)," *Badan Stand. Nas. Indones.*, pp. 1–15., 2011.