

ANALISIS KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON DENGAN VARIASI PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DAN *SUPERPLASTICIZER* SEBAGAI BAHAN TAMBAH

Hikmah Rahmatun Nisa¹, Yanti Defiana², Uu Saepudin³.

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh Ciamis

Email : hikmahrnisa@gmail.com, yanti.defiana@gmail.com, uusaepudin20@gmail.com

ABSTRACT

The development of construction technology has led to innovations to improve concrete quality, one of which is the use of waste materials as partial substitutes. Concrete is a mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate, water, and additives. This study investigates the use of rice husk ash as a partial cement substitute with the addition of superplasticizer to evaluate the compressive strength and modulus of elasticity of concrete. The variations of rice husk ash were 0%, 4%, 8%, and 12%, with 1% superplasticizer. Tests were conducted on cylindrical specimens sized 150×300 mm at 28 days to determine the effects on compressive strength and modulus of elasticity. The results showed that the compressive strength of normal concrete was 30.56 MPa. With 4% and 8% rice husk ash, the compressive strength increased to 33.20 MPa and 31.12 MPa, but decreased to 29.24 MPa at 12%. The optimum level was obtained at 4.94% with a maximum compressive strength of 32.53 MPa. The modulus of elasticity of normal concrete was 32812 MPa, increased to 37670 MPa at 4%, and decreased to 35308 MPa and 34216 MPa at 8% and 12%. The optimum level was obtained at 6.25% with a maximum modulus of 36866 MPa. In conclusion, rice husk ash with superplasticizer improves concrete performance, with the optimum range at 4–6% for both compressive strength and modulus of elasticity.

Keywords : Concrete, Rice Husk Ash, Superplasticizer, Compressive Strength, Modulus of Elasticity

I. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor yang memiliki dampak besar terhadap lingkungan, terutama akibat penggunaan material beton yang luas. Saat ini beton dikenal sebagai bahan bangunan yang sangat populer yang berbahan dasar *agregat*, air, dan semen portland, atau yang biasa disebut dengan beton konvensional. Beton konvensional banyak digunakan dalam pembangunan berbagai infrastruktur, (Santosa et al., 2024).

Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas campuran beton, tetapi secara desain dibatasi oleh kuat tekan beton. Untuk membuat beton dengan kuat tekan yang tinggi, perlu untuk mengurangi jumlah air yang dikonsumsi dan jumlah air dalam semen, namun hal tersebut akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan. Kini dengan kemajuan teknologi ditemukan bahan tambah atau alternatif campuran beton, (Abdi et al., 2018). Untuk meningkatkan durabilitas beton, diperlukan penambahan bahan tambah

mineral seperti pozzolan. Abu sekam padi merupakan salah bahan pozzolan alami karena memiliki kandungan silika (SiO₂) yang tinggi yakni mencapai 89,64%, (Santosa et al., 2024). Sehingga mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk senyawa pengikat yang meningkatkan kekuatan serta ketahanan beton.

Oleh karena itu, inovasi dalam material beton menjadi hal yang sangat penting guna menciptakan konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti sebagian semen. Penggunaan abu sekam padi oleh masyarakat masih tergolong belum optimal, sehingga diperlukan inovasi untuk meningkatkan pemanfaatannya. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan inovatif dalam pembuatan beton. Penggunaan abu sekam padi tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap semen, tetapi juga mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian yang selama ini kurang

dimanfaatkan secara maksimal. Selain itu, substitusi sebagian semen dengan abu sekam padi berpotensi meningkatkan durabilitas beton dan mengurangi dampak lingkungan akibat produksi semen.

Selain substitusi semen, penggunaan bahan tambahan kimiawi seperti superplasticizer menjadi solusi dalam meningkatkan workability dan performa beton. Superplasticizer memungkinkan pengurangan rasio air-semen tanpa mengorbankan kemudahan pengerjaan beton, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan serta modulus elastisitas beton. Dengan penggunaan yang tepat, superplasticizer dapat menghasilkan beton berkinerja tinggi dengan efisiensi material yang lebih baik.

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang penulis lakukan untuk ketersediaan limbah abu sekam padi dapat ditemukan pada daerah yang memiliki area sawah yang luas. Daerah Kabupaten Majalengka, seperti Desa Kagok, yang terletak di Kecamatan Banjaran, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu daerah dengan area sawah yang luas. Mayoritas masyarakat Desa Kagok merupakan petani, dengan area sawah yang luas dan produksi padi yang besar, mengakibatkan banyaknya penumpukan limbah dari produksi padi berupa abu sekam padi (ASP).

Abu sekam padi digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen karena memiliki ukuran partikel yang sangat halus dan dapat lolos saringan No. 200 (0,075 mm), sehingga cocok digunakan dalam campuran beton sebagai bahan pozzolan.

Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa abu sekam padi mampu memberikan kontribusi positif terhadap sifat mekanis beton, khususnya dalam hal kuat tekan. Salah satu penelitian sebelumnya, dilakukan oleh Rochmah et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi semen sebesar 5% hingga 10% dengan tambahan superplasticizer 1,5% mampu meningkatkan kuat tekan beton, dengan hasil optimal pada kadar 10% sebesar 26,53 MPa. Namun, pada kadar 12,5% terjadi penurunan kuat tekan akibat meningkatnya penyerapan air oleh abu sekam padi yang menyebabkan terbentuknya rongga dalam beton. Hasil ini menunjukkan

bahwa abu sekam padi dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai bahan tambah ramah lingkungan jika digunakan dalam takaran yang sesuai.

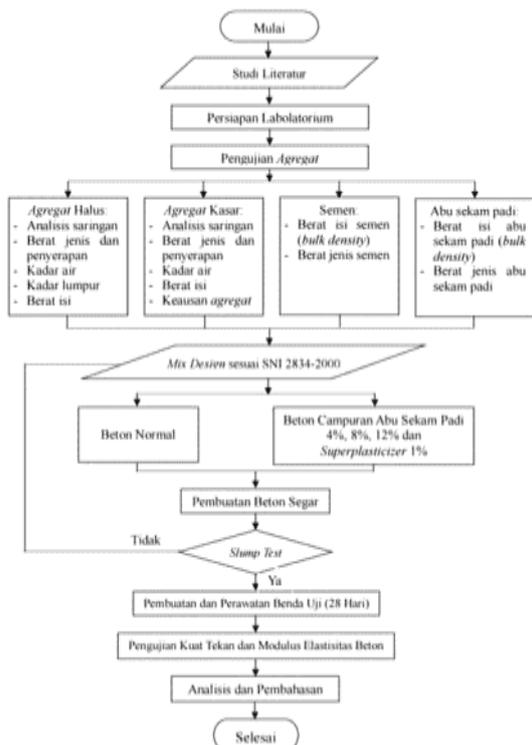
Oleh karena itu, penulis ini akan melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah abu sekam padi dalam pembuatan beton dengan mutu $f_c' = 25$ MPa berbentuk silinder. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum kuat tekan dan modulus elastisitas beton dari penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan variasi sebesar 0% (beton normal), 4%, 8%, dan 12%, serta penambahan superplasticizer sebesar 1%.

Manfaat yang diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah dan nilai guna limbah pada pemanfaatan bahan bangunan untuk bahan konstruksi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh Ciamis. Dalam penelitian ini, mutu beton yang direncanakan adalah $f_c' = 25$ MPa dengan variasi penambahan bahan tambahan. Benda uji yang digunakan terdiri dari dua jenis campuran, yaitu beton normal dan beton eksperimen dengan penambahan abu sekam padi sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12%, serta penambahan superplasticizer sebesar 1%.

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Adapun metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tahapan sebagai berikut:

1. Pengujian Bahan/Material Beton
 Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan kualitas bahan penyusun beton. Agregat diuji melalui analisis gradasi, kadar air, berat jenis, penyerapan air, kadar lumpur, dan keausan menggunakan mesin Los Angeles. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar SNI/ASTM guna memastikan kelayakan material. Data ini menjadi dasar dalam perhitungan mix design agar campuran beton memenuhi syarat mutu dan workability.
2. Job Mix Formula
 Setelah karakteristik bahan beton diketahui, dilakukan perancangan komposisi campuran beton (Job Mix Formula) berdasarkan SNI 2834-2000 untuk mencapai mutu beton yang ditargetkan. Perancangan ini mempertimbangkan mutu beton rencana (f_c'), nilai slump, ukuran maksimum agregat, faktor air semen, serta kebutuhan workability dan durabilitas. Langkah-langkahnya mencakup penentuan jumlah air, berat semen, proporsi agregat halus, dan agregat

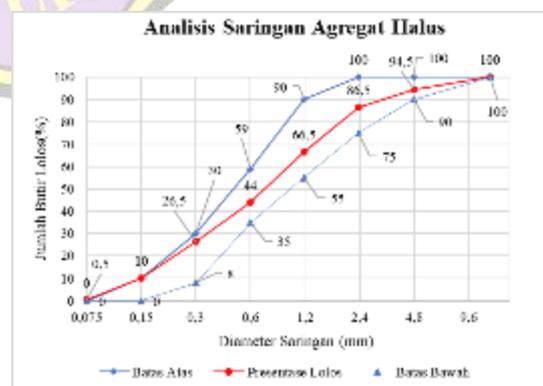
kasar. Penyesuaian dilakukan berdasarkan kadar air dalam agregat, dan hasil perhitungan kemudian diuji melalui trial mix untuk memastikan campuran memenuhi syarat kuat tekan dan konsistensi yang diinginkan.

3. Pengujian Kuat Tekan Beton
 Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) pada umur 28 hari. Variasi abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen sebesar 0% (beton normal), 4%, 8%, dan 12%, serta penambahan superplasticizer sebesar 1% dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan beton. Tiap variasi yang diuji sebanyak 3 buah benda uji, dan hasil rata-ratanya dibandingkan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan abu sekam padi dalam meningkatkan atau mempertahankan kuat tekan beton.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Bahan Dan Material Penyusun Beton

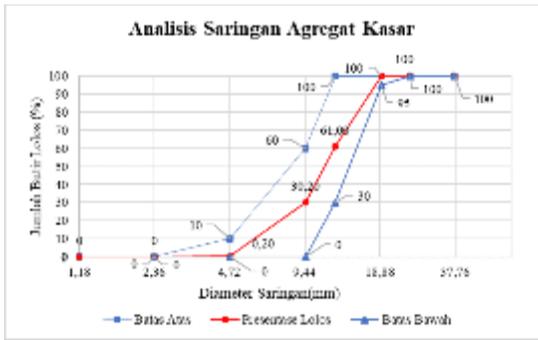
- Hasil analisis saringan



Sumber : Data primer yang telah diolah (2025).

Gambar 2. Batas Gradasi Agregat Halus

Hasil analisis saringan agregat halus menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan dalam pembuatan adukan beton termasuk ke dalam gradasi No. 2, yaitu pasir dengan gradasi sedang. Agregat ini memenuhi syarat analisis saringan sebagai bahan yang layak digunakan dalam campuran beton.



Sumber : Data primer yang telah diolah (2025).

Gambar 3. Batas Gradasi Agregat Kasar

Hasil analisis saringan agregat kasar menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan adukan beton berada dalam batas spesifikasi, yaitu batas gradasi untuk kerikil atau koral dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat tersebut memenuhi persyaratan gradasi yang ditetapkan dan layak digunakan sebagai bahan dalam campuran beton.



Gambar 4. Batas Gradasi Abu Sekam Padi

Hasil analisis saringan abu sekam padi menunjukkan bahwa abu sekam padi yang digunakan dalam pembuatan adukan beton termasuk ke dalam gradasi No. 4, yaitu abu sekam padi dengan gradasi halus. Abu sekam padi ini memenuhi syarat analisis saringan sebagai bahan yang layak digunakan dalam campuran beton.

- Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
A Berat contoh jenis kering permukaan (SSD) (SSD)	300	300	300
B Berat contoh kering	48,5	48,5	48,5
C Berat labu + Temperatur 28°C	66,5	66,0	66,2,5
D Berat labu + Contoh SSD Temperatur 25°C	93,0	92,5	92,7,5
E Berat Jenis (<i>bulk specific Gravity</i>) = $B/[C-A-D]$	2,06	2,06	2,06
F Berat jenis permukaan (<i>surface Surface Dry</i>) = $A/[C+A-D]$	2,13	2,13	2,13
G Berat jenis semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>) = $B/[C+B-D]$	2,20	2,20	2,20
H Penyerapan (<i>absorption</i>) = $[A-B]/B*100\%$	3,09	3,09	3,09

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus, diperoleh nilai rata-rata bahwa berat jenis (*bulk specific Gravity*) sebesar 2,06 gram/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,13 gram/cm³, dan berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,20 gram/cm³. Adapun rata-rata nilai penyerapan air (*absorpsi*) agregat halus sebesar 3,09%. Seluruh hasil tersebut berada dalam rentang spesifikasi yang dipersyaratkan, yaitu berat jenis antara 1,4 hingga 2,2 gram/cm³.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
A Berat contoh kering	2325	2320	2323
B Berat contoh jenis kering permukaan (SSD)	2500	2500	2500
C Berat contoh dalam air	1435	1155	1295
D Berat Jenis (<i>bulk specific Gravity</i>) = $A/[B-C]$	2,18	1,72	1,93
E Berat jenis permukaan (<i>surface Surface Dry</i>) = $B/[B-C]$	2,35	1,86	2,10
F Berat jenis semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>) = $A/[A-C]$	2,61	1,99	2,26
G Penyerapan (<i>absorption</i>) = $[B-A]/A*100\%$	7,53	7,76	7,64

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar, diperoleh nilai rata-rata bahwa berat jenis (*bulk specific Gravity*) sebesar 1,93 gram/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,10 gram/cm³, dan berat jenis semu sebesar 2,26 gram/cm³. Sementara itu, nilai rata-rata penyerapan air agregat kasar adalah 7,64%. Hasil ini sesuai dengan spesifikasi berat jenis yang dipersyaratkan, yaitu antara 1,8 hingga 2,2 gram/cm³.

- Hasil Kadar Air

Tabel 3. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

No	Keterangan	Sampel	
		A	B
A	Berat Contoh Basah + Cawan (gram)	51.54	49.22
B	Berat Contoh Kering + Cawan (gram)	47.02	45.02
C	Berat Cawan (gram)	9.25	9.8
D	Berat Contoh basah [A-C] (gram)	42.29	39.42
E	Berat Contoh Kering [B-C] (gram)	37.77	35.22
F	Berat Air [D-E] (gram)	4.52	4.2
G	Kadar Air [F/E*100%] (%)	11.967	11.925
Kadar air rata-rata		11.95	

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan menggunakan dua sampel. Hasilnya, kadar air pada sampel pertama sebesar 11,967% dan pada sampel kedua sebesar 11,925%, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 11,95%. Selisih antara kedua hasil pengujian hanya 0,042%, yang masih berada dalam batas toleransi sesuai SNI 1971 2011, yaitu perbedaan antar sampel tidak boleh melebihi 0,79%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Item Pengujian	Sampel	
	I	II
A Berat Contoh Basah + Cawan (gram)	770	840
B Berat Contoh Kering + Cawan (gram)	765	835
C Berat Cawan (gram)	50	50
D Berat Contoh basah [A-C] (gram)	720	790
E Berat Contoh Kering [B-C] (gram)	715	785
F Berat Air [D-E] (gram)	5	5
G Kadar Air [F/E*100%] (%)	0.699	0.637
Kadar air rata-rata		0.67

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan menggunakan dua sampel. Hasilnya, kadar air pada sampel pertama sebesar 0,699% dan pada sampel kedua sebesar 0,637%, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,67%. Selisih antara kedua hasil pengujian hanya 0,062%, yang masih berada dalam batas toleransi sesuai SNI 1971-2011, yaitu perbedaan antar sampel tidak boleh melebihi 0,79%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kadar Air Abu Sekam Padi

No	Item Pengujian	Sampel	
		I	II
A	Berat Contoh Basah + Cawan (gram)	22,00	22,00
B	Berat Contoh Kering + Cawan (gram)	21,31	21,27
C	Berat Cawan (gram)	10,61	10,76
D	Berat Contoh basah [A-C] (gram)	11,39	11,24
E	Berat Contoh Kering [B-C] (gram)	10,70	10,51
F	Berat Air [D-E] (gram)	0,69	0,73
G	Kadar Air [F/E*100%] (%)	6,45	6,95
Kadar air rata-rata		6,70	

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Pengujian kadar air abu sekam padi dilakukan menggunakan dua sampel. Hasilnya, kadar air pada sampel pertama sebesar 6,45% dan pada sampel kedua sebesar 6,95%, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 6,70%. Selisih antara kedua hasil pengujian hanya 0,50%, yang masih berada dalam batas toleransi sesuai SNI 1971-2011, yaitu perbedaan antar sampel tidak boleh melebihi 0,79%.

- Hasil Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
A Berat Container (gram)	1.665	1.665	1665
B Berat Container + Agregat (gram)	6.390	6.380	6385
C Berat Agregat = [B-A]	4.725	4.715	4720
D Volume Container (cm ³)	3002.6	3002.6	3003
E Berat isi = C/D	1.5736	1.5703	1.572
Rata-rata			1.572

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
A Berat Container (gram)	1.665	1.665	1665
B Berat Container + Agregat (gram)	6.505	6.610	6558
C Berat Agregat = [B-A]	4.840	4.945	4893
D Volume Container (cm ³)	3002.6	3003	3003
E Berat isi = C/D	1.6119	1.647	1.629
Rata-rata			1.629

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Tabel 8. Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
A Berat Container (gram)	1.665	1.665	1665
B Berat Container + Agregat (gram)	6.030	5.970	6000
C Berat Agregat = [B-A]	4.365	4.305	4335
D Volume Container (cm ³)	3002.6	3002.6	3003
E Berat isi = C/D	1.4337	1.4337	1.444
Rata-rata			1.444

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Tabel 9. Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
A Berat Container (gram)	1.665	1.665	1665
B Berat Container + Agregat (gram)	6.175	6.175	6175
C Berat Agregat = [B-A]	4.510	4.510	4510
D Volume Container (cm ³)	3002.6	3003	3003
E Berat isi = C/D	1.502	1.502	1.502
Rata-rata			1.502

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Pengujian berat isi *agregat* dilakukan dalam dua kondisi, yaitu padat dan gembur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi padat, berat isi *agregat* halus sebesar 1,57 gram/cm³ dan *agregat* kasar sebesar 1,63 gram/cm³. Sedangkan pada kondisi gembur, berat isi *agregat* halus sebesar 1,44 gram/cm³ dan *agregat* kasar sebesar 1,50 gram/cm³. Berat isi dalam kondisi padat lebih tinggi dibandingkan kondisi gembur. Hal ini disebabkan oleh metode penumbukan yang digunakan pada kondisi padat. Sebaliknya, pada kondisi gembur, *agregat* hanya dituangkan ke dalam wadah tanpa pemadatan, sehingga masih terdapat rongga atau ruang kosong di antara butiran *agregat*.

- Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Tabel 10. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Item Pengujian	Satuan	Sampel	
		A	B
Berat agregat kering (Awal) + Cawan	Gram	50	50
Berat agregat kering (Akhir) + Cawan	Gram	49.24	49.68
Berat cawan	Gram	11.42	11.47
Berat agregat kering (Awal) [A]	Gram	38.58	38.53
Berat agregat kering (Akhir) [B]	Gram	37.82	38.21
Kadar lumpur dan lempung = [A-B]/A	%	1.97	0.83
Kadar Lumpur dan Lempung rata-rata			1.4

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Menurut SNI 03-4142-1996, batas maksimum kadar lumpur yang diperbolehkan pada

agregat halus adalah 5%. Berdasarkan hasil pengujian, pasir yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar lumpur sebesar 1,4%, sehingga masih berada dalam batas yang diizinkan.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Item Pengujian	Satuan	Sampel	
		A	B
Berat agregat kering (Awal) - Cawan	Gram	300	300.00
Berat agregat kering (Akhir) - Cawan	Gram	297.83	298.52
Berat cawan	Gram	34.64	35.23
Berat agregat kering (Awal) [A]	Gram	265.36	264.77
Berat agregat kering (Akhir) [B]	Gram	263.19	263.29
Kadar lumpur dan lempung = [A-B]/A	%	0.82	0.56
Kadar Lumpur dan Lempung rata-rata			0.69

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Menurut SNI 03-4142-1996, batas maksimum kadar lumpur yang diperbolehkan pada *agregat* kasar adalah 1%. Berdasarkan hasil pengujian, *split* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar lumpur sebesar 0,69%, sehingga masih berada dalam batas yang diizinkan.

- Hasil Pengujian Keausan Agregat

Tabel 12. Hasil Pengujian Keausan Agregat

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran = 500 putaran	
Ukuran saringan			
Lolos	Tertahan		
76,2 (3")	63,5 (2 1/2")		
63,5 (2 1/2")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 1/2")		
36,1 (1 1/2")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (3/4")	2500	
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	2500	
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")		
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")		
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)		
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)		
Jumlah Berat		5000	
Berat tertahan saringan No. 12 setelah percobaan		3715	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Pengujian keausan *agregat* dilakukan sampel yang diuji menggunakan dua saringan yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian menggunakan mesin abrasi los angeles selama 500 putaran dan kemudian diayak *agregat* yang telah dilakukan pengujian dilakukan pengayakan menggunakan saringan no 12. Hasilnya, keausan *agregat* mencapai 26% yang masih berada dalam batas toleransi sesuai SNI 2417 2008, yaitu keausan *agregat* untuk pembuatan beton tidak boleh melebihi 40%.

2. Hasil Pembuatan Rencana Campuran Beton (*Job Mix Design*)

Tabel 13. Hasil *Job Mix Design* Beton

No	Uraian	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Hasil	Keterangan/Satuan			
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus)	Ditetapkan	25	Mpa pada 28 hari.			
2	Deviasi Standar	2.4.2 persyaratan teknis (hal.39)	7	Mpa			
3	Nilai tambah (margin)	2.4.2 persyaratan teknis (hal.39)	11,48	$1,64 \times 7 = 11,48$ Mpa			
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	2.4.2 persyaratan teknis (hal.39)	37	$25 + 11,48 = 36,48$ Mpa			
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Semen Tipe I	Ditetapkan			
6	Jenis Agregat Agregat Kasar Agregat Halus		Batu Pecah Pasir (alami)	Ditetapkan			
7	Faktor air semen bebas	Gambar 2.2 (hal.42)	0,44	Ambil nilai terendah			
8	Faktor air semen	Tabel 2.13 (hal.43)	0,6	Ditetapkan			
9	Slump	Tabel 2.12 (hal.43)	60 - 180	mm			
10	Ukuran agregat maksimum	Gambar 4.2 (hal.69)	20	mm			
11	Kadar air bebas	Gambar 2.21 (hal.43) Rumus 24 (hal. 40)	205	kg/m ³			
12	Jumlah semen	11 : 8 atau 7	465.909	kg/m ³			
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	-	kg/m ³			
14	Jumlah semen minimum	Tabel 2.13 (hal.43)	275	kg/m ³ (pakai bila lebih besar)			
15	Faktor air semen yang disesuaikan	-	-	-			
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1 (hal.68)	Gradasi	Daerah gradasi susunan butir 2			
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2 (hal.69)	20	mm			
18	Persen agregat halus	Gambar 2.14 daerah 2 (hal.52)	38,5	Persen (%)			
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Diketahui/dianggap	2,56	-			
20	Berat isi beton	Gambar 2.16 (hal.53)	2320	kg/m ³			
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11	1649,09	kg			
No	Uraian	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Hasil	Keterangan/Satuan			
22	Kadar agregat halus	21 × 18	634,9	kg			
23	Kadar agregat Kasar	21-22	1014,19	kg			
24	Proporsi C ampuran						
		Semen (Kg)	Air (Kg/m ³)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Superplasticizer (Kg)	Abu Sekam Padi (Kg)
	0%	465,91	205,00	634,90	1014,19	0	0
	4%	442,80	205,00	634,90	1014,19	4,66	18,45
	8%	424,35	205,00	634,90	1014,19	4,66	36,90
	12%	405,90	205,00	634,90	1014,19	4,66	55,35

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Tabel 14. Kebutuhan Bahan Seluruh Sampel

Jenis Campuran Beton	Volume Beton (m ³)	Volume Bolong Standar (m ³)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Superplastisizer (kg)	Abu Sekam Padi (kg)
0%	0,0053	0,0139	7,41	3,26	10,10	16,13	0,000	0,000
4%	0,0053	0,0139	7,04	3,26	10,10	16,13	0,074	0,293
8%	0,0053	0,0139	6,75	3,26	10,10	16,13	0,074	0,587
12%	0,0053	0,0139	6,46	3,26	10,10	16,13	0,074	0,880
Jumlah			27,66	13,04	40,39	64,52	0,222	1,761

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Berdasarkan hasil pengujian material di laboratorium dan perhitungan Job Mix Design, diperoleh kebutuhan bahan untuk 12 sampel benda uji dalam penelitian ini, yaitu semen sebanyak 27,66 kg, air sebanyak 13,04 kg, agregat halus sebanyak 40,39 kg, agregat kasar sebanyak 64,52 kg, abu sekam padi sebanyak 1,761 kg, dan *superplasticizer* sebanyak 0,222 kg.

3. Hasil Pengujian Slump

Tabel 15. Hasil Pengujian Slump

Campuran	Keterangan	Nilai Slump (cm)
0%	Beton normal	9,5
4%	Beton dengan tambahan abu sekam padi 4% dan <i>superplasticizer</i> 1%	8,8
8%	Beton dengan tambahan abu sekam padi 8% dan <i>superplasticizer</i> 1%	9
12%	Beton dengan tambahan abu sekam padi 12% dan <i>superplasticizer</i> 1%	8,6
	Rata-rata	9,0

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*

Rentang nilai slump yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 60-180 mm. Hasil pengujian menunjukkan nilai slump sebesar 90 mm, yang berada dalam kisaran tersebut. Dengan demikian, nilai slump tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dalam SNI 2834-2000.

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 16. Hasil Kuat Tekan Beton

Campuran	Tinggi Puncak	Tinggi Pasangan	Ukur (mm)	Massa Jenis (kg/m ³)	Dimensi (mm)	Jenis Silindris (mm ²)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	
0%	2306,202,5	2107,202,5	28	12,515	300	150	17671,5	480	31,12
							480	27,16	
							590	33,79	
							540	38,56	
4%	2606,202,5	2407,202,5	28	12,580	300	150	17671,5	640	36,22
							640	36,22	
							560	31,69	
							586,67	33,28	
8%	2606,202,5	2407,202,5	28	12,515	300	150	17671,5	560	30,56
							560	31,69	
							550	31,12	
							550	31,12	
12%	2706,202,5	2507,202,5	28	12,395	300	150	17671,5	480	27,73
							480	27,73	
							550	31,12	
							516,67	29,24	

Sumber : *Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).*



Sumber : *Data primer yang telah diolah (2025).*

Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

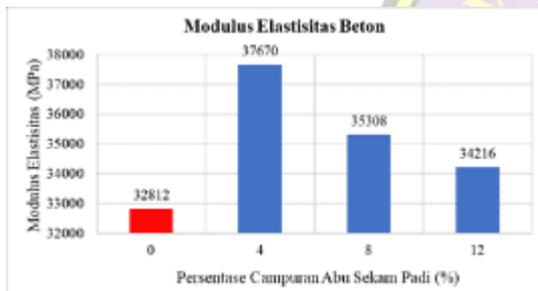
Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada di atas, penambahan abu sekam padi dan *superplasticizer* sebagai bahan substitusi sebagian semen menunjukkan pengaruh yang bervariasi terhadap kuat tekan beton. Pada variasi 4% abu sekam padi dengan 1% *superplasticizer* dan 8% abu sekam padi dengan 1% *superplasticizer*, kuat tekan mengalami peningkatan dibandingkan beton normal, masing-masing menjadi 33,20 MPa dan 31,12 MPa. Namun pada variasi 12% abu sekam padi dengan 1% *superplasticizer*, kuat tekan menurun menjadi 29,24 MPa. Dengan demikian, penambahan abu sekam padi sebesar 4% hingga 8% dengan 1% *superplasticizer* masih memberikan peningkatan atau mempertahankan kekuatan beton, sedangkan pada penambahan 12% abu sekam padi dengan 1% *superplasticizer* mulai menurunkan performa. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh abu sekam padi terhadap kuat tekan beton bersifat optimal pada kadar tertentu dan dapat menurun apabila dosisnya terlalu tinggi.

5. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Tabel 17. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Eksperimen

No	Kode Benda Uji	Ec Perhitungan (MPa)	Ec Perhitungan Rata-rata (Mpa)
1		34654	
2	0%	33104	32812
3		30678	
1		32091	
2	4%	40444	37670
3		40476	
1		37553	
2	8%	31164	35308
3		37208	
1		35754	
2	12%	33104	34216
3		33789	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).



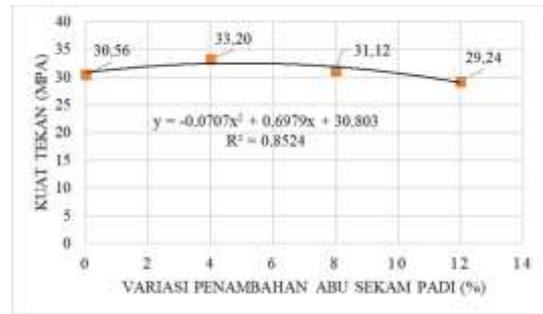
Sumber : Data primer yang telah diolah (2025).

Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Berdasarkan grafik di atas yang menunjukkan nilai modulus elastisitas beton pada umur 28 hari, diketahui bahwa beton tanpa campuran abu sekam padi memiliki rata-rata modulus elastisitas sebesar 32812 MPa. Dengan penambahan abu sekam padi sebesar 4%, nilai modulus meningkat menjadi 37670 MPa. Namun, pada penambahan abu sekam padi 8% dan 12%, nilai modulus elastisitas menurun menjadi 35308 MPa dan 34216 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas beton. Kenaikan modulus terjadi hingga pada kadar 4%, namun penambahan lebih lanjut cenderung menyebabkan penurunan nilai elastisitas beton.

6. Pembahasan

- Penambahan Abu Sekam Padi yang Optimum Terhadap Kuat Tekan



Sumber : Data primer yang telah diolah (2025).

Gambar 7. Grafik Persamaan Regresi Kuat Tekan Beton

Berdasarkan grafik di atas, dapat ditentukan variasi penambahan abu sekam padi yang menghasilkan nilai optimum. Penentuan kadar optimum ini dilakukan menggunakan persamaan kuadrat yang diperoleh dari grafik hubungan antara variasi penambahan abu sekam padi dan kuat tekan beton, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$y = -0,0707x^2 + 0,6979x + 30,803$$

$$y' = -0,1414x + 0,6979$$

Nilai optimum didapat dari x saat $y' = 0$

$$y' = -0,1414x + 0,6979$$

$$x = 0,6979 / 0,1414$$

$$x = 4,94$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh bahwa variasi penambahan abu sekam padi yang optimum adalah sebesar 4,94%, dengan nilai kuat tekan maksimum sebagai berikut: Kuat tekan maksimum

$$= -0,0707(4,94)^2 + 0,6979(4,94) + 30,803$$

$$= -1,7221 + 3,4444 + 30,803$$

$$= 32,53 \text{ MPa}$$

Maka, dengan variasi penambahan abu sekam padi optimum sebesar 4,94%, diperoleh kuat tekan beton maksimum sebesar 32,53 MPa.

- Penambahan Abu Sekam Padi yang Optimum Terhadap Modulus Elastisitas



Sumber : Data primer yang telah diolah (2025).

Gambar 8. Grafik Persamaan Regresi Modulus Elastisitas Beton

Berdasarkan grafik di atas, dapat ditentukan variasi penambahan abu sekam padi yang menghasilkan nilai optimum. Penentuan kadar optimum ini dilakukan menggunakan persamaan kuadrat yang diperoleh dari grafik hubungan antara variasi penambahan abu sekam padi dan modulus elastisitas beton, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$y = -92,969x^2 + 1161,9x + 33236$$

$$y' = -185,938x + 1161,9$$

$$\text{Nilai optimum didapat dari } x \text{ saat } y' = 0$$

$$y' = -185,938x + 1161,9$$

$$x = 1161,9 / 185,938$$

$$x = 6,25$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh bahwa variasi penambahan abu sekam padi yang optimum adalah sebesar 6,25%, dengan nilai kuat tekan maksimum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas maksimum} &= -92,969(6,25)^2 + 1161,9(6,25) + 33236 \\ &= -3630,4395 + 7260,7131 + 33236 \\ &= 36866 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Maka, dengan variasi penambahan abu sekam padi optimum sebesar 6,25%, diperoleh modulus elastisitas beton maksimum sebesar 36866 MPa.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen, serta penggunaan

superplasticizer sebagai bahan tambahan, memberikan hasil sebagai berikut:

1. Penambahan abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen dengan tambahan *superplasticizer* terbukti meningkatkan kuat tekan beton. Beton normal memiliki kuat tekan 30,56 MPa, sedangkan pada kadar optimum 4,94% diperoleh kuat tekan maksimum 32,53 MPa. Peningkatan ini terjadi karena abu sekam padi berfungsi sebagai micro-filler dan bereaksi pozzolan menghasilkan C-S-H tambahan yang memperkuat struktur beton. Namun, pada kadar lebih tinggi dari 4,94%, kuat tekan menurun akibat berkurangnya reaksi hidrasi primer, meningkatnya kebutuhan air, serta terbentuknya rongga mikro yang membuat struktur pasta semen kurang padat.
2. Abu sekam padi dengan *superplasticizer* juga memengaruhi modulus elastisitas beton. Beton normal memiliki nilai 32812 MPa, sedangkan pada kadar optimum 6,25% diperoleh modulus elastisitas maksimum 36866 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran partikel abu sekam padi yang sangat halus sehingga mampu meningkatkan kepadatan campuran, mengurangi porositas, serta memperkuat ikatan antarpartikel melalui pembentukan C-S-H tambahan. Akan tetapi, pada kadar di atas 6,25%, modulus elastisitas menurun karena penggantian semen berlebihan menurunkan reaksi hidrasi primer dan meningkatkan rongga, sehingga kepadatan serta kekakuan beton tidak lagi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jurnal

- Abdi, F. N., Jamal, M., & Nugraha, R. F. (2018). Studi Penelitian Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Sebagian Semen dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Menggunakan Agregat Kasar Ex. Palu Dan Agregat Halus Ex. Palu. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Sipil*, 2(1), 58–64.

Santosa, R. P., Rochman, A., & Sulaiman, H. M. (2024). Analisis Ketahanan Beton dengan Memanfaatkan Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Lingkungan Sulfat. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2024*, 61–68.

Rochmah, N., Sutriyono, B., Beatrix, M., & Pertiwi, D. (2022). Pengaruh Abu Sekam sebagai Substitusi Semen pada Kuat Tekan Flowing Concrete. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 10(1), 019. <https://doi.org/10.30742/axial.v10i1.2172>

2. Buku

Mulyono, T. (2018). *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. Research Gate, October, 1–26.

Nugraha Antoni. (2007). *Teknologi beton*. Yogyakartaandi.

SNI 03 1969. 1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air *Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03 1970. 1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air *Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03 1971. 2011. Uji Kadar Air *Agregat*. Badan Standar Nasional.

SNI 03 1972. 1990. Uji Slump Beton. Badan Standar Nasional.

SNI 03 1974. 2011. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Badan Standar Nasional.

SNI 03 2834. 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standar Nasional.

SNI 03 2847. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03 4142. 1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam *Agregat* Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm). Badan Standar Nasional.

SNI 03 4804. 1998. Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam *Agregat*. Badan Standar Nasional.

SNI 15 2049. 2004. Semen Portland. Badan Standar Nasional

SNI 2417. 2008. Uji Keausan *Agregat* Dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*. Badan Standar Nasional.

SNI 2493. 2011. Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium. Badan Standar Nasional Indonesia.

SNI 2816. 2014. Metode Uji Bahan Organik Dalam *Agregat* Halus Untuk Beton. Badan Standar Nasional.

Teknologi Bahan. (2020). *Teknologi Bahan “Agregat.”* Teknologi Bahan, 11–52.

Tumpu, M. (2022). *Teknologi Beton*. Tohar Media.