

ANALISIS PENGGUNAAN SERAT RAMI TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON DAN *SILICA FUME* SEBAGAI BAHAN TAMBAH

Allynda Putri Setyawati¹, Yanti Defiana², Taufik Martha³.

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

Email : allyndaput18@gmail.com, yanti.defiana@gmail.com, taufikmartha90@gmail.com

ABSTRACT

Concrete is a widely used construction material because it is relatively inexpensive, easy to shape, and has high compressive strength despite its weakness in tension. The general composition of concrete consists of cement as a binder, fine aggregate, coarse aggregate, and water as a medium for chemical reactions. To increase its tensile strength, one method used is to add fibers to the concrete mixture. This study used ramie fibers (*Boehmeria nivea*) at 0.5% of the cement weight with a length of 20 mm, as well as variations in silica fume at 0%, 5%, 10%, and 15%. The tests were conducted at 28 days of age using cylindrical test specimens measuring 150×300 mm to determine the effect of mixture variations on the compressive strength and elastic modulus of concrete. The results showed that normal concrete had a compressive strength of 25.46 MPa and an elastic modulus of 27,559 MPa. Concrete with flax fiber without silica fume experienced a decrease in compressive strength to 23.01 MPa and an elastic modulus of 25,896 MPa. This decrease is due to the hygroscopic nature of flax fibers, which absorb water, thereby inhibiting the cement hydration process and resulting in less than optimal bonding. Conversely, the addition of silica fume can improve the performance of flax fiber concrete. With the addition of 5% silica fume, the compressive strength increased to 26.79 MPa and the modulus of elasticity to 31,931 MPa. At 10%, the compressive strength reached 27.16 MPa and the modulus of elasticity was 33,887 MPa, while at 15% the highest values were obtained with a compressive strength of 28.29 MPa and a modulus of elasticity of 34,990 MPa. These results indicate that silica fume plays a role in increasing concrete strength through pozzolanic reactions and micro-pore filling, thereby compensating for the weaknesses caused by the addition of hemp fibers.

Keywords : Concrete, Ramie Fibers, Silica Fume, Compressive Strength, Modulus of Elasticity.

I. PENDAHULUAN

Dalam bidang konstruksi pembangunan, beton merupakan salah satu material yang umum digunakan. Selain karena harga beton yang relatif murah dan mudah dibentuk, beton juga memiliki kemampuan untuk menahan tekanan yang tinggi. Akan tetapi, beton cenderung lemah dalam kuat tarik. Beton akan mengalami keretakan beton yang biasanya langsung diikuti oleh keruntuhan beton apabila beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya, (Asroni, Ali 2017).

Cara mengatasi kelemahan beton dalam menahan kuat tarik, diperlukan upaya memperbaiki karakteristik tersebut. Salah satu cara yang terbukti efektif adalah dengan menambahkan material berupa serat ke dalam campuran beton. Komposisi umum beton meliputi semen sebagai pengikat, Agregat

halus seperti pasir, Agregat kasar berupa batu pecah (*split*), serta air sebagai media reaksi kimia.

Penambahan serat bertujuan agar beton tidak hanya kuat terhadap tekanan, tetapi juga lebih tangguh dalam menghadapi gaya tarik yang dapat menyebabkan retakan awal pada struktur.

Penambahan serat pada beton dapat berupa bahan serat alami, serat plastik (*polypropylene*), serat baja ataupun serat kawat. Serat alami bisa dijadikan sebagai campuran beton yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Namun, beton yang menggunakan serat alami hanya cocok untuk bangunan yang bersifat semi-struktur.

Serat rami berasal dari tanaman rami yang dalam bahasa latin dikenal sebagai *Boehmeria Nivea*. Serat yang dihasilkan tanaman rami berasal dari serat *vegetative* alami dari pita (*ribbons*) pada bagian kulit batang rami yang

keras dan mengkilap.

Pemanfaatan serat rami di Indonesia hingga kini masih tergolong minim, meskipun tanaman ini memiliki potensi besar sebagai penghasil serat alami berkualitas tinggi. Salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah dari tanaman rami adalah dengan mencampurkan serat rami ke dalam campuran beton sebagai bahan tambah.

Serat rami memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan serat alami lainnya. Kandungan selulosa dalam serat rami cocok digunakan sebagai bahan perkuatan dalam berbagai aplikasi, termasuk beton. Karakteristik ini membuat serat rami memiliki kemampuan dalam meningkatkan kekuatan tarik, serta memiliki ketahanan terhadap kelembapan dan suhu tinggi. Berkat sifat-sifat tersebut, serat rami berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam material komposit seperti beton berserat, (Musaddad & Mien Aminah, 2007).

Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa serat rami mampu memberikan kontribusi positif terhadap sifat mekanis beton, khususnya dalam hal kekuatan tarik dan lentur. Salah satu penelitian sebelumnya, dilakukan oleh Kusuma, Guzmarys Yudha (2018), dengan hasil penelitian penggunaan serat rami pada beton normal sebanyak 0,5% dari berat semen dengan mutu beton K-300 dapat meningkatkan kuat tarik sebesar 4,052 MPa, dan kuat lentur sebesar 3,410 MPa. Akan tetapi mengalami penurunan kuat tekan beton sebesar 29,961 MPa dimana kuat tekan beton normal tanpa serat rami memiliki kuat tekan sebesar 31,801 MPa.

Penambahan *Silica fume* bertujuan untuk mengatasi penurunan kekuatan tekan beton yang dapat terjadi akibat penambahan material lain, seperti serat alami. *Silica fume* dikenal sebagai bahan tambahan (*pozzolan*) yang efektif dalam meningkatkan sifat mekanik beton. Penambahan *Silica fume* mampu meningkatkan kuat tekan beton, mengurangi permeabilitas, serta meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat. Selain itu, *Silica fume* memainkan peran signifikan dalam memperbaiki zona transisi antar pasta semen dan *Agregat* melalui mekanisme fisik (efek pengisian partikel halus) dan reaksi kimia (reaksi *pozzolan* terhadap *kalsium hidroksida*), sehingga

menghasilkan struktur beton yang lebih padat dan homogen. (Isa dan Martini, 2024)

Efektivitas penambahan *Silica fume* ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Isa dan Martini (2024), yang menunjukkan bahwa penambahan *Silica fume* sebesar 0,10% dari berat semen menghasilkan kuat tekan optimal sebesar 56,741 MPa pada umur 28 hari.

Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian mengenai beton dengan menambahkan serat rami sebesar 0,5% dari berat semen. Pemilihan persentase serat pengganti semen ini merupakan batas optimum untuk meningkatkan sifat mekanis beton tanpa menurunkan *workability* secara signifikan atau menimbulkan segregasi. Panjang serat 20 mm dipilih karena tergolong ukuran serat sedang, sehingga serat mampu terdistribusi secara merata dalam campuran beton tanpa menyebabkan kesulitan pencampuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *Silica fume* sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dalam meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton, karena *Silica fume* sebagai bahan *pozzolan* aktif dapat membentuk senyawa C-S-H tambahan yang memperpadat struktur dan meningkatkan kekuatan beton.

Manfaat yang diharapkan dapat memberikan alternatif solusi dalam pemanfaatan bahan serat alami pada industri pembuatan beton berserat.

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 serat rami.

sebesar 0,5% dari berat semen dengan panjang 20 mm.

1. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil pengujian di laboratorium, meliputi:

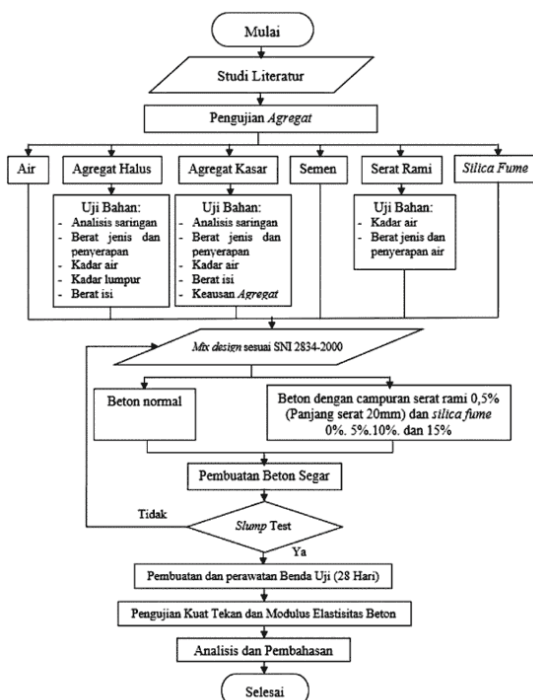
- Hasil pengujian Analisis Saringan
- Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air *Agregat* halus

- Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air *Agregat* kasar
- Hasil pengujian Kadar Air *Agregat*
- Hasil pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam *Agregat*
- Hasil pengujian Kadar Lumpur
- Hasil pengujian Keausan *Agregat*
- Hasil pengujian berat jenis dan berat isi semen
- Hasil pengujian berat jenis dan berat isi serat rami

2. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai literatur terkait teknik beton, pedoman pembuatan beton, serta data teknis yang merujuk pada SNI 2834-2000 dan sumber lain yang relevan dengan penelitian beton.

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Adapun langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perencanaan Campuran Beton Normal (*Mix design*)
Langkah-langkah perencanaan campuran beton dilakukan sebagai berikut:
 - Menentukan kuat tekan beton yang ditargetkan (f'_c);

- Menghitung deviasi standar dan nilai tambah untuk menentukan kuat tekan rata-rata (f'_{cr});
- Menentukan jenis semen, *Agregat* halus, dan *Agregat* kasar;
- Menetapkan faktor air-semen dan nilai slump;
- Menentukan ukuran maksimum *Agregat* dan kadar air bebas;
- Menghitung jumlah semen berdasarkan air bebas dan faktor air-semen;
- Menyesuaikan jumlah semen jika terlalu besar atau terlalu kecil dari batas yang ditentukan;
- Menentukan distribusi butir *Agregat* halus dan kasar dari grafik;
- Menghitung persentase pasir, berat jenis *Agregat*, dan berat isi beton;
- Menghitung jumlah *Agregat* halus dan kasar;
- Menentukan proporsi campuran dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD);
- Melakukan koreksi jika diperlukan, kemudian membuat campuran uji dan mencatat nilai slump serta kuat tekan.

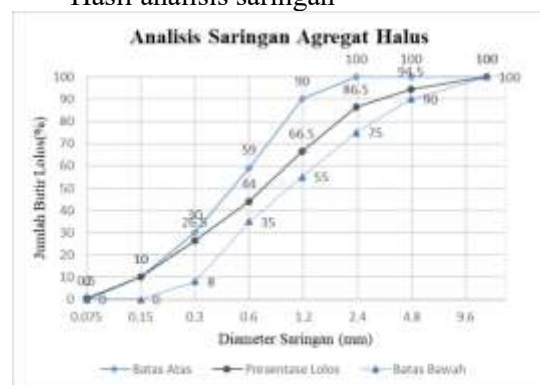
2. Membuat benda uji beton normal dan beton dengan campuran serat rami sebanyak 0,5% dari berat semen (panjang serat 20 mm) dan bahan tambah *Silica fume* sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen

3. Melakukan pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas dari benda uji yang telah dibuat.

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.

- 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	
	(gram)	(gram)	(gram)
A Berat contoh jenuh kering permukaan (SSD) (550)	500	500	500
B Berat contoh kering	485	485	485
C Berat labu + Temperatur 28°C	665	660	662.5
D Berat labu + Contoh SSD Temperatur 25°C	930	925	927.5
E Berat Jenis (<i>bulk specific Gravity</i>) = $B/[C+A-D]$	2.06	2.06	2.06
F Berat jenis permukaan (<i>saturated 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 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. Nilai rata-rata penyerapan air (*absorpsi*) *Agregat* halus sebesar 3,09%. 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	
	(gram)	(gram)	(gram)
A Berat contoh kering	2325	2320	2323
B Berat contoh jenuh 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>saturated 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.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Serat Rami

Item Pengujian	Sampel		Rata-rata
	I	II	
	(gram)	(gram)	(gram)
A Berat contoh jenuh kering permukaan (SSD)	17.24	17.22	2500
B Berat contoh kering oven	16.59	16.4	16.50
C Berat contoh basah	18.7	18.4	18.55
D Berat contoh dalam air	11.87	11.59	11.73
E Berat Jenis (<i>bulk specific Gravity</i>) = $B/[B-D]$	3.51	3.41	3.46
F Penyerapan (<i>absorption</i>) = $[C-B]/B*100\%$	12.72	12.20	12.46

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 serat rami sebesar 3,46 gram/cm³. Sementara itu, nilai rata-rata penyerapan air serat rami adalah 12,64%.

- Hasil Kadar Air

Tabel 4. Hasil Pengujian Kadar Air *Agregat* Halus

Item Pengujian	Sampel	
	I	II
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 5. 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 6. Hasil Pengujian Kadar Air Serat Rami

Item Pengujian	Sampel	
	I	II
A Berat Contoh Basah + Cawan (gram)	28.02	26.59
B Berat Contoh Kering + Cawan (gram)	27.37	25.94
C Berat Cawan (gram)	10.78	10.78
D Berat Contoh basah [A-C] (gram)	17.24	15.81
E Berat Contoh Kering [B-C] (gram)	16.59	15.16
F Berat Air [D-E] (gram)	0.65	0.65
G Kadar Air [F/E*100%] (%)	3.918	4.288
Kadar air rata-rata	4.10	

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

Pengujian kadar air serat rami dilakukan menggunakan dua sampel. Hasilnya, kadar air pada sampel pertama sebesar 4,288 % dan pada sampel kedua sebesar 3,918%, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 4,1%. Selisih antara kedua hasil pengujian hanya 0,37%, 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 7. 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 8. 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 9. 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	1.4537	1.4337	1.444
Rata-rata	1.444		

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

Tabel 10. 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 11. Hasil Pengujian Kadar Lumpur *Agregat* Halus

Item Pengujian	Satuan	Sampel	
		I	II
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 12. Hasil Pengujian Kadar Lumpur *Agregat* Kasar

Item Pengujian	Satuan	Sampel	
		I	II
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 13. 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 14. Hasil Job Mix Design Beton

No	Uraian	Tabel/Grafik/perhitun	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.40)	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 2.1 (hal.41)	0.44	Ambil nilai terendah			
8	Faktor air semen maksimum	Tabel 2.9 (hal.43)	0.6	Ditetapkan			
9	Slump	Tabel 2.8 (hal.43)	60 - 180	mm			
10	Ukuran agregat maksimum	Gambar 4.2 (hal.69)	20	mm			
11	Kadar air bebas	Gambar 4.2 (hal.69) Rumus 19 (hal. 41)	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 2.9 (hal.43)	275	kg/m ³ (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15)			
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 2.13 daerah 2 (hal 52)	38.5	Persen (%)			
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Diketahui/dianggap	2.56	-			
20	Berat isi beton	Gambar 2.15 (hal.53)	2320	kg/m ³			
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11	1649.09	kg			
22	Kadar agregat halus	21 $\times$ 18	634.9	kg			
23	Kadar Gregat Kasar	21-22	1014.19	kg			
24	Proporsi Campuran						
		Semen (Kg)	Air (Kg/lt)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Serat Rami (Kg)	Silica Fume (Kg)
	0%	465.91	205.00	634.90	1014.19	0	0
	0% SF	463.58	205.00	634.90	1014.19	2.33	0
	5% SF	440.40	205.00	634.90	1014.19	2.33	23.18
	10% SF	417.22	205.00	634.90	1014.19	2.33	46.36
	15% SF	394.04	205.00	634.90	1014.19	2.33	69.54

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).

Tabel 15. Kebutuhan Bahan Seluruh Sampel

Jenis Campuran Beton	Volume Bekisting (m ³)	Volume Bekisting 3 Silinder (m ³)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Serat Rami (kg)	Silica fume (kg)
0% SF (0,5% serat rami)	0.0053	0.0159	7.41	3.26	10.1	16.13005	0	0
5% SF (0,5% serat rami)	0.0053	0.0159	7.37	3.26	10.1	16.13005	0.03705	0
10% SF (0,5% serat rami)	0.0053	0.0159	7.00	3.26	10.1	16.13005	0.03705	0.3686466
15% SF (0,5% serat rami)	0.0053	0.0159	6.64	3.26	10.1	16.13005	0.03705	0.7372931
15% SF (0,5% serat rami)	0.0053	0.0159	6.27	3.26	10.1	16.13005	0.03705	1.1059397

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

Berdasarkan hasil pengujian material di laboratorium dan perhitungan Job Mix Design, diperoleh proporsi campuran beton per meter kubik (m³) dengan kebutuhan air sebanyak 205 liter/m³, Agregat halus sebanyak 634,90 kg/m³, Agregat kasar sebanyak 1014,19 kg/m³, serat rami digunakan sebanyak 0,05% dari berat semen, yaitu sebanyak 9,32 kg. Dan kebutuhan bahan tambah *Silica fume* sebanyak 139,08 kg/m³.

3. Hasil Pengujian Slump

Tabel 16. Hasil Pengujian Slump

Campuran	Keterangan	Nilai Slump (cm)
0%	Beton normal	9.5
0% SF (0,5% Serat Beton dengan tambahan 0.5% serat rami dan 0% silica fume rami)		8.5
5% SF (0,5% Serat Beton dengan tambahan 0.5% serat rami dan 5% silica fume rami)		9
10% SF (0,5% Serat Beton dengan tambahan 0.5% serat rami dan 10% silica fume rami)		8.8
15% SF (0,5% Serat Beton dengan tambahan 0.5% serat rami dan 15% silica fume rami)		9.5
Rata-rata		9.06

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 90,6 mm, termasuk kategori sedang. Kategori ini menunjukkan workability yang cukup baik untuk beton struktural. Namun dalam hal ini, beton tidak terlalu cair sehingga tidak bisa mengalir dan memadat sendiri. Maka dari itu, beton perlu dipadatkan menggunakan alat getar untuk memastikan beton mengisi seluruh ruang cetakan dengan rapat. Dengan demikian, nilai slump tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dalam SNI 2834-2000.

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Campuran	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Massa Benda Uji (kg)	Dimensi L (mm) D (mm)	Luas Bidang (mm ²)	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kenaikan (%)
0%	23/06/2025	22/07/2025	28	12.350 12.500 12.600	300 150	17671.5	460 440 450	26.03 24.90 25.46	0.00%
Rata-rata				12.375			450	25.46	
0% SF (0,5% Serat Rami)	28/06/2025	26/07/2025	28	12.570 12.430	300 150	17671.5	410 430	23.20 24.33	-9.63%
Rata-rata				12.665			406.67	23.01	
5% SF (0,5% Serat Rami)	28/06/2025	26/07/2025	28	12.365 12.270	300 150	17671.5	500 440	28.29 24.90	5.19%
Rata-rata				12.240			473.33	26.79	
10% SF (0,5% Serat Rami)	30/06/2025	28/07/2025	28	12.370 12.380	300 150	17671.5	480 500	27.16 28.29	6.67%
Rata-rata				12.465			480	27.16	
15% SF (0,5% Serat Rami)	30/06/2025	28/07/2025	28	12.450 12.115	300 150	17671.5	520 480	29.43 27.16	11.11%
Rata-rata				12.115			500	28.29	

Tabel 17. Hasil Kuat Tekan Beton

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



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

Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan di atas, pembuatan beton normal mencapai kekuatan tekan 25,46 MPa dari kuat rencana 25 MPa. Penambahan serat rami sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton berserat menunjukkan pengaruh yang bervariasi terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan beton dengan campuran serat rami tanpa penambahan *silica fume* menunjukkan penurunan (-9,36%) dari kuat tekan beton normal atau kuat tekan beton hanya mencapai 23,01 MPa. Sedangkan beton berserat rami dengan bahan tambah *silica fume* mengalami peningkatan kuat tekan. Penambahan *silica fume* sebesar 5% dari berat semen mengalami peningkatan kuat tekan yaitu mencapai kuat tekan 26,79 MPa atau peningkatan sebesar 5,19%. Penambahan *silica fume* sebesar 10% dari berat semen mengalami peningkatan kuat tekan yaitu mencapai kuat tekan 27,16 MPa atau peningkatan sebesar 6,67%. Dan penambahan *silica fume* sebesar 15% dari

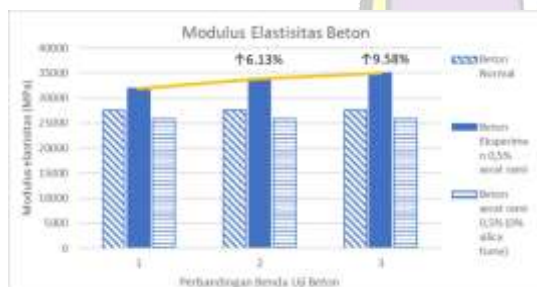
berat semen mengalami peningkatan kuat tekan yaitu mencapai kuat tekan 28,29 MPa atau peningkatan sebesar 11,11%.

5. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Tabel 18. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Eksperimen

No.	Kode Benda Uji	Ec Perhitungan (MPa)	Ec Perhitungan Rata-rata (MPa)
1		24317	
2	Normal	30641	27559
3		27719	
1	SF 0 % (0,5% Serat Rami)	23450	
2		29964	25896
3		24273	
1	SF 5 % (0,5% Serat Rami)	30678	
2		30314	31931
3		34801	
1	SF 10 % (0,5% Serat Rami)	34654	
2		34953	33887
3		32054	
1	SF 15 % (0,5% Serat Rami)	32869	
2		32090	34990
3		40010	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Galuh (2025).



Sumber : Data primer yang telah diolah (2025).

Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Berdasarkan grafik modulus Elastisitas beton diatas, menurut waktu 28 hari, nilai modulus elastisitas rata-rata pada campuran beton normal sebesar 27559 Mpa, campuran beton dengan penambahan 0.5% serat rami dan 0% *silica fume* mengalami penurunan jika dibandingkan dengan modulus elastisitas beton normal, yaitu sebesar 25895,667 Mpa, sedangkan pada campuran beton dengan penambahan 0.5% serat rami dan 5% *silica fume* mengalami kenaikan sebesar 31931 Mpa, campuran beton dengan penambahan 0.5% serat rami dan 10% *silica fume* sebesar 33887 Mpa, campuran beton dengan

penambahan 0.5% serat rami dan 15% *silica fume* sebesar 34989,67 Mpa.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton berserat rami tanpa penambahan *silica fume* cenderung menurunkan nilai modulus elastisitas beton, sedangkan penambahan *silica fume* pada campuran serat rami dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas beton.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan serat rami sebagai bahan alami pada pembuatan beton berserat dengan penambahan *silica fume* menghasilkan temuan sebagai berikut:

1. Penambahan serat rami tanpa *silica fume* menurunkan kuat tekan beton sebesar - 9,36% menjadi 23,01 MPa. Penurunan ini terjadi karena serat rami yang berbahan alami memiliki sifat *higroskopis* (menyerap air), sehingga sebagian air dalam campuran beton terserap oleh serat. Padahal, semen memiliki sifat *hidrofilik* yang membutuhkan air dalam jumlah cukup untuk memicu sifat hidrauliknya, yaitu kemampuannya mengeras dan mengikat *Agregat* melalui reaksi hidrasi. Penyerapan air oleh serat rami menyebabkan proses hidrasi semen tidak optimal., Sehingga distribusi tegangan dalam beton menjadi tidak merata. Kondisi ini dapat memicu terbentuknya rongga di sekitar serat, yang kemudian menjadi titik awal terjadinya retakan dan menurunkan kapasitas beton dalam menahan kuat tekan. Sebaliknya, penambahan *silica fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen meningkatkan kuat tekan menjadi 26,79 MPa (+5,19%), 27,16 MPa (+6,67%), dan 28,29 MPa (+11,11%). Peningkatan ini terjadi karena reaksi pozzolan *silica fume* membentuk C-S-H sekunder, mengisi rongga mikro, meningkatkan kerapatan, memperbaiki ikatan serat-pasta, mengurangi porositas, dan membuat transfer beban lebih efektif, sehingga secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan beton berserat rami.

2. Penambahan serat rami sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton berserat menunjukkan pengaruh yang bervariasi terhadap modulus elastisitas beton. Penambahan serat rami 0,5% tanpa *silica fume* menyebabkan penurunan modulus elastisitas beton dari 27.559 MPa menjadi 25.895,667 MPa, atau turun sekitar 1.663,33 MPa, yang kemungkinan disebabkan oleh sifat serat rami yang lebih elastis dibanding pasta semen, sehingga mengurangi kekakuan material. Sebaliknya, kombinasi serat rami dengan *silica fume* justru menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pada campuran dengan 5% *silica fume*, modulus elastisitas meningkat menjadi 31.931 MPa (naik menjadi 33.887 MPa (naik 6.328 MPa), dan pada 15% *silica fume* mencapai 34.989,67 MPa (naik 7.430,67 MPa). Peningkatan ini terjadi karena *silica fume* mampu memperbaiki mikrostruktur beton, mengisi pori-pori halus, serta mengoptimalkan ikatan antara serat dan semen, sehingga mampu mengimbangi dan bahkan melampaui kekakuan beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jurnal

- Isa; Martini, Sri. 2024. "Variasi Persentase Pozzolan *Sillica Fume* Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Performa Kuat Tekan Beton." jurnal semnastek umj 2024 1-12. (<https://jurnal.umj.ac.id>) diakses pada tanggal 2 Maret 2025
- Kusuma, Guzmansyah Yudha. 2018. "Pemanfaatan Serat Rami Pada Pembuatan Beton Normal Terhadap Kemampuan Uji Sifat Mekanis." Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. 1-5. (<https://ejournal.unesa.ac.id>) diakses pada tanggal 5 Maret 2025

2. Buku

- Asroni, Ali. 2017. Teori Dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan Sni-2847-2013.

Yogyakarta: Muhammadiyah University Press.

- Musaddad, Mien Aminah. 2007. Agribisnis Tanaman Rami. Garut: Niaga Swadaya.
- SNI 03 1968. 1990. Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. Badan Standarisasi Nasional.
- 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.
- Zulkarnain, Fahrizal. 2021. Teknologi Beton. Medan: Umsupress