

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Material CV. Global Engineering didapat data-data dari sifat fisik agregat kasar, agregat halus dengan hasil analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, bobot isi, kadar air dan kadar lumpur, serta pengujian fly ash dan silica fume seperti berat jenis dan pengujian semen yaitu berat jenis semen, konsistensi semen, dan waktu ikat semen.

Bahan-bahan yang diuji pada penelitian ini diambil dari beberapa daerah, seperti yang dijelaskan di bawah ini:

1. Agregat kasar berupa batu pecah 1 – 2 yang berasal dari musi II, Sumatera Selatan.
2. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Tanjung Lubuk, Ogan Komering Ilir.
3. Pengganti sebagian semen berupa limbah batu bara atau fly ash yang berasal dari PT. Bukit Asam, Tanjung Enim.
4. Bahan tambah yang digunakan berupa silica fume.
5. Semen yang digunakan yaitu semen Portland tipe 1 dengan merek dagang batu raja.
6. Air diambil dari air PDAM Tirta Musi Palembang.

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan terhitung dari bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2026. Berikut merupakan uraian dari hasil penelitian seperti dijelaskan di bawah ini

4.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh rekapitulasi pengujian sifat fisik agregat kasar berupa split ukuran $\frac{1}{2}$, yang disajikan pada table 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Standar Nasional Indonesia (SNI)
Analisa Saringan	4,779	-	5,00 – 8,00	SNI ASTM C136:2012
Berat Jenis Bulk	2,639	-	2,5 – 2,7	SNI 1969:2016
Berat Jenis SSD	2,671	-	2,5 – 2,7 <	SNI 1969:2016
Penyerapan	1,206	%	< 3%	SNI 1969:2016
Bobot Isi Gembur	1,405	gr/cm ³	> 1,2	SNI 03-4804-1998
Bobot Isi Padat	1,552	gr/cm ³	> 1,2	SNI 03-4804-1998
Kadar Air	1,847	%	3 - 5	SNI 1971 - 2011
Kadar Lumpur	0,694	%	< 1	SNI ASTM C117:2012

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik agregat kasar yang telah dilakukan, diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi Standar Nasional Indonesia yang berlaku.

4.2.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar yang dilakukan di laboratorium CV. Global Engineering adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Berat sample tertahan		Persentase sample tertahan		Persentase Kumulatif Tertahan	Persentase Kumulatif Lolos
Inch	Mm	Gram		%		%	%
Pengujian		I	II	I	II	Rata-rata	=
2 ^{1/2} "	63,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0

Ukuran Saringan		Berat sample tertahan		Persentase sample tertahan			Persentase Kumulatif Tertahan	Persentase Kumulatif Lolos
Inch	Mm	Gram		%		%	%	%
Pengujian		I	II	I	II	Rata-rata	-	=
2"	50,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0
1	25,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0
3/4"	19,0	216,0	220,0	10,75	10,98	10,86	10,86	89,14
1/2"	12,5	1256,0	1252,0	62,49	62,48	62,48	73,34	26,66
3/8"	9,5	444,0	445,0	22,09	22,21	22,15	95,49	4,51
No. 4	4,75	82,0	75,0	4,08	3,74	3,91	99,40	0,60
No. 8	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,40	0,60
No.16	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,40	0,60
PAN		12,0	12,00	0,60	0,60	0,60	100,0	0,00
Total		2000,0	2000,0	100,0	100,0	100,0		
Modulus Kehalusan = 4,779								

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar didapat nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 4,779. Hasil perhitungan tersebut memenuhi nilai SNI ASTM C136:2012 : Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan agregat kasar, dengan ketentuan modulus halus agregat kasar sebesar 5,00 – 8.00.

4.2.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

No.	Keterangan	Agregat Kasar		Satuan
		I	II	
1	Berat sampel kondisi SSD	502,00	505,0	Gram
2	Berat sampel dalam air	314,0	316,0	Gram
3	Berat sample kondisi kering	496,0	499,0	Gram
	Perhitungan	I	II	Rata – Rata
	Berat Jenis (Bulk) =			
4	$\frac{Bk}{W2 + Bj - W1}$	2,638	2,640	2,639
	Berat Jenis SSD =			
5	$\frac{Bj}{W2 + Bj - W1}$	2,670	2,672	2,671
	Berat Jenis Semu =			
6	$\frac{Bk}{W2 + Bk - W1}$	2,725	2,727	2,726
	Penyerapan =			
7	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,210	1,202	1,206

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapat nilai berat jenis kering sebesar 2,639 ; Berat jenis SSD 2,671 ; dan penyerapan sebesar 1,206 . Hasil perhitungan tersebut memenuhi nilai Standar Nasional Indonesia SNI 1969:2016 : Metode pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar, dengan ketetapan berat jenis minimum sebesar 2,5 dan nilai penyerapan maksimum adalah 3%.

4.2.3. Bobot Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian bobot isi padat dan bobot isi gembur agregat kasar didapatkan hasil sebesar:

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur Agregat Kasar

Pengujian Bobot isi gembur	I	II	Satuan
Diameter Wadah	19,90	19,90	Cm
Tinggi Wadah	19,60	19,60	Cm
Volume Wadah	6,096	6,096	Liter
Berat Wadah	4,137	4,137	Kg
Berat Wadah + Sample	12,850	12,550	Kg
Berat Sample	8,713	8,413	Kg
Perhitungan	I	II	Rata - rata
Berat isi kondisi gembur (kg/liter) =			
$\frac{\text{Berat sampel}}{\text{Volume Wadah}}$	1,429	1,380	1,405

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Pengujian Bobot isi padat	I	II	Satuan
Diameter Wadah	19,90	19,90	Cm
Tinggi Wadah	19,60	19,60	Cm
Volume Wadah	6,096	6,096	Liter
Berat Wadah	4,137	4,137	Kg
Berat Wadah + Sample	13,500	13,700	Kg
Berat Sample	9,363	9,563	Kg

Pengujian Bobot isi padat	I	II	Satuan
Perhitungan	I	II	Rata - rata
Berat isi kondisi gembur (kg/liter) =			
$\frac{\text{Berat sampel}}{\text{Volume Wadah}}$	1,536	1,569	1,552

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

4.2.4 Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar air dan kadar lumpur agregat kasar didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Keterangan	Benda Uji		Satuan
	I	II	
Berat Agregat Kasar (W1)	2000	2000	Gram
Berat Agregat Kasar Kering Oven (W2)	1963	1935	Gram
Berat Agregat Kasar Setelah direndam (W3)	1950	1941	Gram
Perhitungan	I	II	Rata - rata
Kadar Air Total (P) = $\frac{w1-W2}{W2} \times 100\%$	1,885	1,809	1,847 %
Kadar Lumpur = $\frac{W2-W3}{W3} \times 100\%$	0,667	0,721	0,694%

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

4.3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh rekapitulasi pengujian sifat fisik agregat halus berupa pasir, yang disajikan dalam table 4.7 berikut ini.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Standar Nasional Indonesia (SNI)
Analisa Saringan	3,555	-	1,50 – 3,80	SNI ASTM C136:2012
Berat Jenis Bulk	2,574	-	2,5 – 2,7	SNI 1970:2016
Berat Jenis SSD	2,632	-	2,5 – 2,7	SNI 1970:2016
Penyerapan	2,250	%	< 3%	SNI 1970:2016
Bobot Isi Gembur	1,314	gr/cm ³	> 1,2	SNI 03-4804-1998
Bobot Isi Padat	1,414	gr/cm ³	> 1,2	SNI 03-4804-1998
Kadar Air	3,093	%	3 - 5	SNI 1971 - 2011
Kadar Lumpur	1,937	%	< 5	SNI ASTM C117:2012

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus yang dilakukan di laboratorium CV. Global Engineering adalah sebagai berikut:

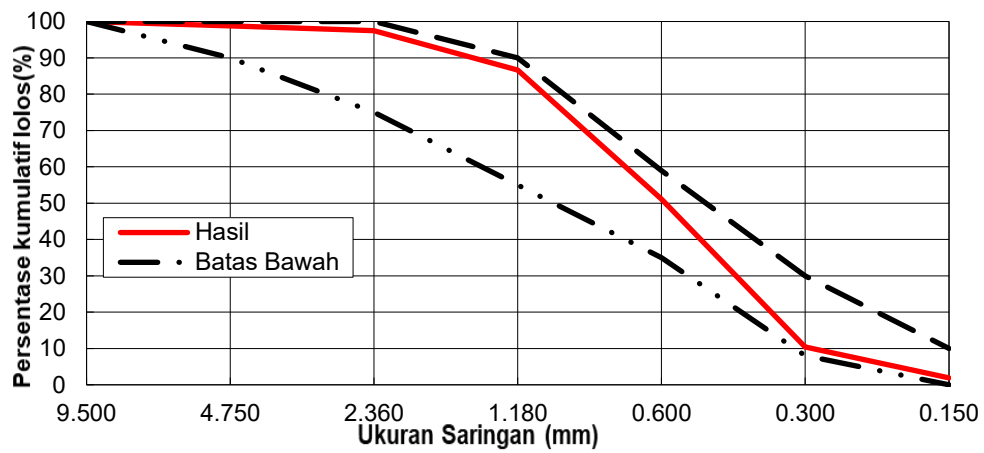
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat sample tertahan		Persentase sample tertahan		Persentase Kumulatif Tertahan	Persentase Kumulatif Lolos
Inch	mm	Gram		%	%	%	%
Pengujian		I	II	I	II	Rata-rata	
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0
No. 4	4,750	14,00	15,00	1,39	1,47	1,43	98,57
No. 8	2,360	14,00	17,00	1,39	1,67	1,53	97,05

Ukuran Saringan		Berat sample tertahan		Persentase sample tertahan			Persentase Kumulatif Tertahan	Persentase Kumulatif Lolos
Inch	mm	Gram		%			%	%
Pengujian		I	II	I	II	Rata-rata	-	=
No.16	1,180	110,0	114,0	10,89	11,18	11,03	13,99	86,01
No.30	0,600	360,0	356,0	35,64	34,90	35,27	49,26	50,74
No.50	0,300	410,0	412,0	40,59	40,39	40,49	89,75	10,25
No.100	0,150	84,00	86,00	8,32	8,43	8,37	98,13	1,87
No.200	0,075	18,00	20,00	1,78	1,96	1,87	100,0	0,00
PAN		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0	0,00
Total		1020,0	1000,0	100,0	100,0	100,0		
Modulus Kehalusan = 3,555								

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus didapat nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,555. Hasil perhitungan tersebut memenuhi nilai Standar Nasional Indonesia SNI ASTM C136:2012 : Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan agregat kasar, dengan ketetapan modulus halus agregat sebesar 1,50 – 3.80.



Gambar 4. 1 Grafik zona agregat halus

Dari gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa pasir yang digunakan masuk ke dalam zona 2. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi ukuran butiran pasir sesuai dengan kriteria dan standar yang berlaku sesuai ketentuan zona tersebut.

4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

No.	Keterangan	Agregat Halus		Satuan
		I	II	
1	Berat benda uji kering oven (BK)	490,0	488,0	Gram
2	Berat benda uji kering jenuh (BJ)	500,0	500,00	Gram
3	Berat piknometer, air, agregat halus (W1)	940,0	938,0	Gram
4	Berat piknometer, dan air (W2)	629,0	629,0	
Perhitungan		I	II	Rata – Rata
Berat Jenis (Bulk) =				
5	$\frac{Bk}{W2 + Bj - W1}$	2,593	2,555	2,574
Berat Jenis SSD =				
6	$\frac{Bj}{W2 + Bj - W1}$	2,646	2,618	2,632
Berat Jenis Semu =				
7	$\frac{Bk}{W2 + Bk - W1}$	2,737	2,726	2,732
Penyerapan =				
8	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,041	2,459	2,250

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus didapat nilai berat jenis kering sebesar 2,574; Berat jenis SSD 2,632; dan penyerapan sebesar 2,250%. Hasil perhitungan tersebut memenuhi nilai Standar Nasional Indonesia SNI 1970:2016: Metode pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dan

agregat kasar, dengan ketetapan berat jenis berada pada interval 2,5 – 2,7 dan nilai penyerapan <3%.

4.3.3 Bobot Isi Agregat Halus

Hasil pengujian bobot isi padat dan bobot isi gembur agregat halus didapatkan hasil sebesar:

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur Agregat Halus

Pengujian Bobot isi kondisi gembur	I	II	Satuan
Diameter Wadah	17,50	17,50	Cm
Tinggi Wadah	17,00	17,00	Cm
Volume Wadah	4,089	4,089	Liter
Berat Wadah	3,258	3,258	Kg
Berat Wadah + Sample	8,635	8,625	Kg
Berat Sample	5,377	5,367	Kg
Perhitungan	I	II	Rata - rata
Berat isi kondisi gembur (kg/liter) =			
$\frac{\text{Berat sampel}}{\text{Volume Wadah}}$	1,315	1,313	1,314

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil pengujian bobot isi gembur agregat halus didapat nilai sebesar 1,314 gr/cm³. Bobot isi gembur dapat digunakan untuk mengetahui berat satuan volume.

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Bobot Isi Padat Agregat Halus

Pengujian bobot isi kondisi padat	I	II	Satuan
Diameter Wadah	17,50	17,50	Cm
Tinggi Wadah	17,00	17,00	Cm
Volume Wadah	4,089	4,089	Liter
Berat Wadah	3,258	3,258	Kg
Berat Wadah + Sample	9,035	9,045	Kg
Berat Sample	5,777	5,787	Kg
Perhitungan	I	II	Rata - rata
Berat isi kondisi gembur (kg/liter) =			
$\frac{\text{Berat sampel}}{\text{Volume Wadah}}$	1,413	1,415	1,414

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil pengujian bobot isi padat agregat halus didapat nilai sebesar 1,414 gr/cm³. Bobot isi padat dapat digunakan untuk mengetahui berat satuan volume yang telah dipadatkan.

4.3.4 Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar air dan kadar lumpur agregat Halus didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Halus			
Keterangan	Benda Uji		Satuan
	I	II	
Berat Agregat Halus (W1)	1000	1000	Gram
Berat Agregat Halus Kering Oven (W2)	971,0	969,0	Gram
Berat Agregat Halus Setelah direndam (W3)	1950	1941	Gram
Perhitungan	I	II	Rata - rata
Kadar Air Total (P) = $\frac{w1-W2}{W2} \times 100\%$	2,987	3,199	3,093 %
Kadar Lumpur = $\frac{W2-W3}{W3} \times 100\%$	1,833	2,041	1,937 %

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil perhitungan kadar air agregat halus didapatkan hasil sebesar 3,093 % . Hasil perhitungan tersebut memenuhi standar nilai SNI 1971-2011: Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan, dengan batas yang ditentukan antara 3% - 5%.

Hasil perhitungan kadar lumpur agregat halus didapatkan hasil sebesar 1,937%. Hasil perhitungan tersebut memenuhi standar nilai SNI ASTM C117:2012 : Cara uji kadar lumpur lolos saringan 200) total agregat dengan pengeringan, dengan batas yang ditentukan, yaitu <5%.

4.4 Pengujian Berat Jenis Fly Ash

Hasil pengujian berat jenis fly ash yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Pengujian Berat jenis fly ash

Berat Jenis Fly Ash	Pengujian	Satuan
Berat Fly Ash	64	gram
Bacaan Awal (V1)	0,2	cc
Bacaan Akhir (V2)	20,5	cc
Berat Jenis Fly Ash =		
$\frac{Wc}{V2 - V1 \times d}$	3,15	gr/cm ³

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil perhitungan dari pengujian berat jenis fly ash diperoleh nilai sebesar 3,15 gr/cm³. Hasil tersebut memenuhi standard SNI 15-2531-2015 : Metode Pengujian Berat Jenis Semen *Portland*, yang telah disyaratkan sebesar 3,00 – 3,20 gr/cm³.

4.5 Pengujian Berat Jenis Silica Fume

Hasil pengujian berat jenis silica fume yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 14 Berat Jenis Silica Fume

Berat Jenis Silica Fume	Pengujian	Satuan
Berat Silica Fume	64	gram
Bacaan Awal (V1)	0,2	cc
Bacaan Akhir (V2)	20,3	cc
Berat Jenis Silica Fume =		
$\frac{Wc}{V2 - V1 \times d}$	3,18	gr/cm ³

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil perhitungan dari pengujian berat jenis silica fume diperoleh nilai sebesar 3,18 gr/cm³. Hasil tersebut memenuhi standard SNI 15-2531-2015 : Metode Pengujian Berat Jenis Semen *Portland*, yang telah disyaratkan sebesar 3,00 – 3,20 gr/cm³.

4.6 Hasil Pengujian Sifat Fisik Semen

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik semen berjenis *portland type I* yang disajikan pada tabel 4. 15 berikut:

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Sifat Fisik Semen

Jenis Pengujian	Hasil	Semen	Spesifikasi	Standar Nasional
				Indonesia (SNI)
Berat Jenis Semen	3,09	gr/cm ³	3,00 – 3,20	SNI 15-2531-2015
Konsistensi Semen	9,50	mm	(10 ± 1)	SNI 03-6826-2002
Waktu Ikat Semen	68,33	Menit	(49 – 207) menit	SNI 03-6827-2002

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik semen Portland yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semen yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain adalah:

4.6.1 Pengujian Berat Jenis Semen

Hasil pengujian berat jenis semen yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 16 Berat Jenis semen

Berat Jenis Semen	Pengujian	Satuan
Berat Semen	64	gram
Bacaan Awal (V1)	0,5	cc
Bacaan Akhir (V2)	21,2	cc
Berat Jenis Semen =		
$\frac{Wc}{V2 - V1 \times d}$	3,09	gr/cm ³

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil perhitungan dari pengujian berat jenis semen diperoleh nilai sebesar 3,09 gr/cm³. Hasil tersebut memenuhi standard SNI 15-2531-2015 : Metode Pengujian Berat Jenis Semen *Portland*, yang telah disyaratkan sebesar 3,00 – 3,20 gr/cm³.

4.6.2 Pengujian Konsistensi Semen

Hasil pengujian konsistensi semen yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Konsistensi semen

No. Pengujian	Semen (gr)	Air (ml)	Penurunan Jarum Tiap 30 detik (mm)	Konsistensi Semen (%)
1	500	120	5	24
2	500	125	9,5	25

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Hasil pengujian konsistensi semen yang telah dilakukan mendapatkan hasil penurunan sebesar 9,5 mm. Hasil tersebut memenuhi standard SNI 03-6826-2002 : *Semen Portland* yaitu (10 ± 1) mm.

4.6.3 Pengujian Waktu Ikat Semen

Hasil pengujian waktu ikat semen yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Waktu ikat semen

No. Pengamatan Penurunan	Waktu Penurunan (Menit)	Penurunan (mm)
1	30	42
2	45	38
3	60	29
4	75	16
5	90	14
6	105	10

No. Pengamatan Penurunan	Waktu Penurunan (Menit)	Penurunan (mm)
7	120	8
8	135	6
9	150	2
10	165	0

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Perhitungan Interpolasi:

$$\begin{aligned}\frac{75-x}{75-60} &= \frac{29-25}{25-16} \\ \frac{75-x}{15} &= \frac{4}{9} \\ 675 - 9x &= 60 \\ 9x &= 615 \\ x &= 68,33 \text{ menit}\end{aligned}$$

Hasil pengujian waktu ikat semen yang telah dilakukan didapatkan waktu pengikatan awal dengan penurunan sebesar 25 mm, terjadi pada interval waktu (60 75) menit dengan perhitungan interpolasinya pada menit ke- 68,33 dan waktu pengikatan akhir terjadi pada menit ke- 165 dengan penurunan sebesar 0 mm. Hasil tersebut telah memenuhi standar SNI 03-6827-2002: Metode Pengujian Waktu Ikat Portland Semen Dengan Alat Vicat, yaitu waktu pengikatan awal berada dalam rentang (49-207) menit.

4.7 Concrete Mix Design

Berikut ini merupakan perencanaan campuran beton (Concrete Mix Design) untuk beton normal berdasarkan SNI 7656 – 2012 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal :

Tabel 4. 19 Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai	Keterangan
1	Deviasi Mutu Beton	25 MPa	f'_c
2	Deviasi Standar	7,0 MPa	Ss
3	$f'_{cr} = f'_c + 1.34 \cdot S_s$	34,4 MPa	Persamaan (5-1) SNI 2847:2013
4	$f'_{cr} = f'_c + 2.33 \cdot S_s - 3.5$	37,8 MPa	Persamaan (5-2) SNI 2847:2013
5	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	37,8 MPa	Diambil yang terbesar dari no (3) dan (4)
6	Target Slump	10 ± 2 cm	Slump Normal
7	Jenis Semen	OPC Type I	Conch
8	Ukuran maksimum agregat	25,40 mm	Batu pecah 1-2
9	Modulus agregat halus campuran	3,555	Pasir
10	Faktor air semen	0,433	Tabel 3 SNI 7656-2012 Halaman 8
11	Perkiraan kebutuhan air	193 kg/m ³	Tabel 2 SNI 7656-2012 Halaman 5
12	Banyaknya udara dalam beton	1,5 %	Tabel 2 SNI 7656-2012 Halaman 5
13	Kadar semen	445,73 kg/m ³	(9)/(8)
14	Kadar semen minimum	290 kg/m ³	Berdasarkan SNI 03-2915-2002 Tabel 3
15	Kadar semen yang digunakan	445,73 kg/m ³	Diambil yang terbesar dari no (11) dan (12)
16	Perkiraan volume agregat kasar	0,594 m ³	Tabel 5 SNI 7656-2012 Halaman 13
17	Perkiraan awal berat beton segar	2380 kg/m ³	Tabel 6 SNI 7656-2012 Halaman 13
18	Berat volume agregat kasar	1552.30 kg/m ³	Berat isi campuran agregat kasar
19	Perkiraan berat agregat kasar	922,82 kg	(14)*(16)
20	Perkiraan berat agregat halus	818,45 kg	(15)-(17)-(11)-(9)

No	Uraian	Nilai	Keterangan		
21	Komposisi campuran beton per m ³				
22	- Semen	445,73 kg			
23	- Agregat Halus	818,45 kg	Komposisi Pasir		
24	- Agregat Kasar	922,82 kg	Komposisi Batu 1-2 100%		
25	- Air	193 kg	Koreksi Berat Terhadap Berat Jenis & Kadar Air		
26	Komposisi campuran beton per m ³		Vol. Absolut	Koreksi Vol.	B. Koreksi
27	- Semen	445,73 kg	0,144	0,144	445,73 kg
28	- Pasir	818,45 kg	0,311	0,312	846,551 kg
29	- Batu 1-2	922,82 kg	0,350	0,351	925,9 kg
30	- Air	193 kg	0,193	0,193	180,145 kg

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

4.7.1 Proporsi Perhitungan Jumlah Penggunaan Bahan

Berikut merupakan perhitungan proporsi jumlah kebutuhan bahan pembuatan beton normal:

Komposisi campuran untuk 15 beton normal:

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= \text{Kadar semen} \times \text{Jumlah benda uji} \times \text{Volume cetakan} \\
 &= 445,73 \times 15 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 35,435 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Split} &= \text{Kadar split} \times \text{Jumlah benda uji} \times \text{Volume cetakan} \\
 &= 922,82 \times 15 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 73,364 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= \text{Kadar pasir} \times \text{Jumlah benda uji} \times \text{Volume cetakan} \\
 &= 818,45 \times 15 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 65,066 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= \text{Kadar air} \times \text{Jumlah benda Uji} \times \text{Volume Cetakan} \\
 &= 193 \times 15 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 15,343 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

4.7.2 Perhitungan Campuran *Silica Fume* Terhadap Beton Geopolimer *Hybrid*

Berikut ini merupakan perhitungan proporsi jumlah kebutuhan bahan pembuatan beton geopolimer *hybrid* dengan campuran *silica fume*.

Tabel 4. 20 Perhitungan Campuran *Silica Fume* Terhadap Beton Geopolimer *Hybrid*

Persentase Silica Fume (%)	Silica Fume (Kg)	Fly Ash (Kg)	Semen (Kg)	Split (Kg)	Pasir (Kg)	Alkali Aktivator (L)		Air (L)
						NaOH	Na ₂ Sio ₃	
0%	-	17,717	17,717	73,36	65,06	8,859	7,087	-
22%	7,795	13,819	13,819	73,36	65,06	8,859	7,087	-
24%	8,504	13,465	13,465	73,36	65,06	8,859	7,087	-

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

4.8 Pengujian *Slump*

Hasil pengujian slump beton normal dan beton geopolimer *hybrid* dengan variasi *silica fume* 0%, 22% dan 24% yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Pengujian Slump Beton Normal

No	Nilai Slump (cm)	Rata - rata	Jumlah Air (L)
1	11,0		
2	10,8	11,0	15,105
3	11,2		

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Tabel 4. 22 Pengujian Slump BGSF Variasi 0%

No	Nilai Slump (cm)	Rata - rata	Jumlah Air (L)
1	10,8	10,06	15,105
2	10,0		
3	11,2		

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Tabel 4. 23 Pengujian Slump BGSF Variasi 22%

No	Nilai Slump (cm)	Rata - rata	Jumlah Air (L)
1	9,05	9,11	15,105
2	9,10		
3	9,20		

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Tabel 4. 24 Pengujian Slump BGSF Variasi 24%

No	Nilai Slump (cm)	Rata - rata	Jumlah Air (L)
1	8,30	8,66	15,105
2	8,50		
3	9,20		

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

Berdasarkan hasil pengujian slump beton normal dan beton geopolimer hybrid variasi 0%, 22%, 24% silica fume yang telah dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan dari campuran beton, didapatkan nilai slump beton normal 11.0, beton geopolimer hybrid variasi silica fume 0% 10.06, 22% 9.11, dan 24% 8.66. Sehingga semakin banyak penambahan silica fume pada campuran maka nilai slump semakin menurun dikarenakan silica fume bersifat aditif yang membuat campuran beton lebih cepat mengeras dan padat.

4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berikut ini merupakan hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan beton normal dan beton geopolimer *hybrid* variasi 0%, 22% dan 24% silica fume yang telah diuji dengan mesin hydraulic pump di Laboratorium Cv. Global Engineering.

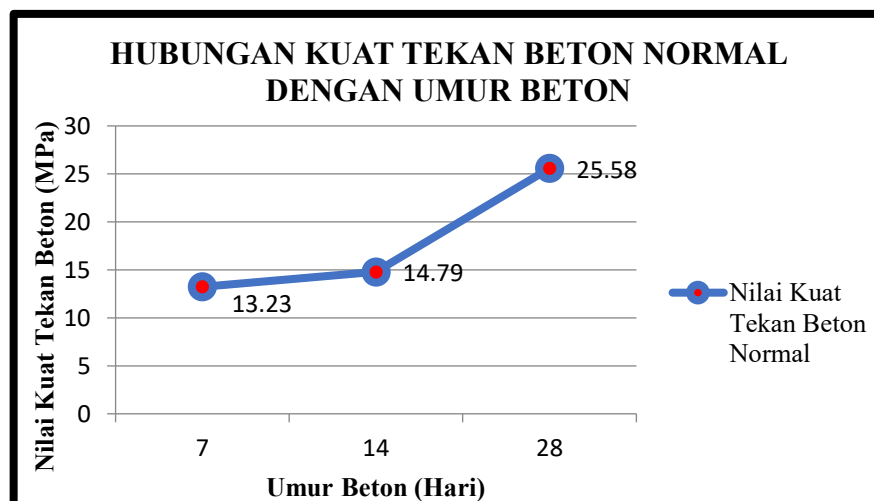
4.9.1 Hasil Pengujian Rata- Rata Kuat Tekan Beton

Berikut adalah rata – rata kuat tekan beton yang dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4. 25 Kuat Tekan Rata - Rata Beton Normal

Umur Beton (Hari)	Benda Uji (Mpa)					Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
7	13,93	13,06	13,49	13,06	12,62	13,23
14	15,43	14,79	14,47	15,11	14,15	14,79
28	26,31	25,46	25,46	25,75	24,90	25,58

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 2 Grafik hubungan kuat tekan beton normal dengan umur beton

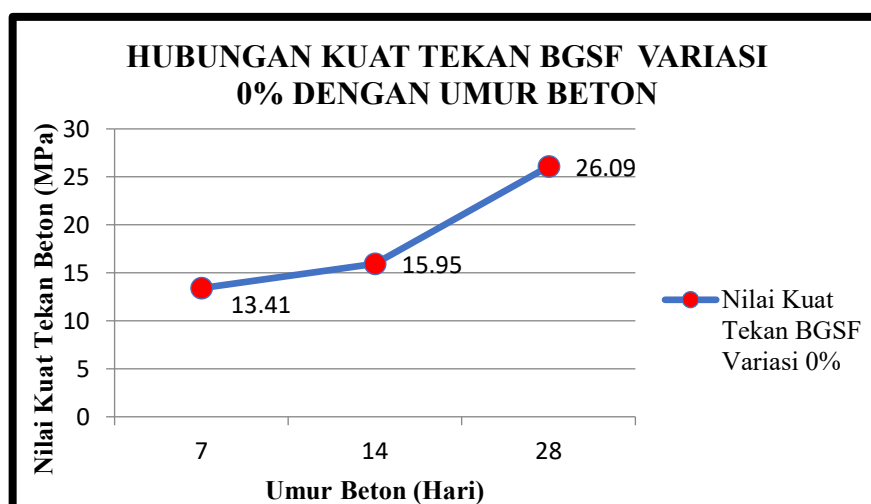
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan rata – rata beton normal pada umur 7 hari sebesar 13,23 MPa, pada umur 14 hari sebesar 14,79 MPa, dan pada umur 28 hari

sebesar 25,58 MPa. Kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton.

Tabel 4. 26 Kuat Tekan Rata – Rata BGSF Variasi 0%

Umur Beton (Hari)	Benda Uji (Mpa)					Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
7	14,36	13,49	13,49	13,06	12,62	13,41
14	14,79	16,08	16,40	15,75	16,72	15,95
28	26,88	25,46	26,60	25,75	25,75	26,09

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



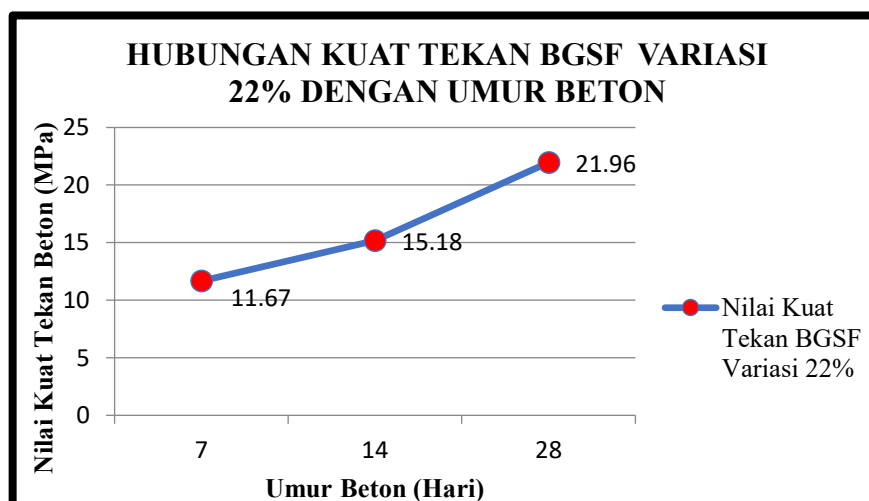
Gambar 4. 3 Grafik hubungan kuat tekan BGSF variasi 0% dengan umur beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer hybrid variasi 0% yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan rata – rata pada umur 7 hari sebesar 13,41 MPa, pada umur 14 hari sebesar 15,95 MPa, dan pada umur 28 hari sebesar 26,09 MPa. Kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton.

Tabel 4. 27 Kuat Tekan Rata – Rata BGSF Variasi 22%

Umur Beton (Hari)	Benda Uji (Mpa)					Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
7	11,32	12,19	10,88	12,19	11,75	11,67
14	15,75	15,43	15,43	14,47	14,79	15,18
28	22,92	21,50	21,79	22,35	21,22	21,96

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



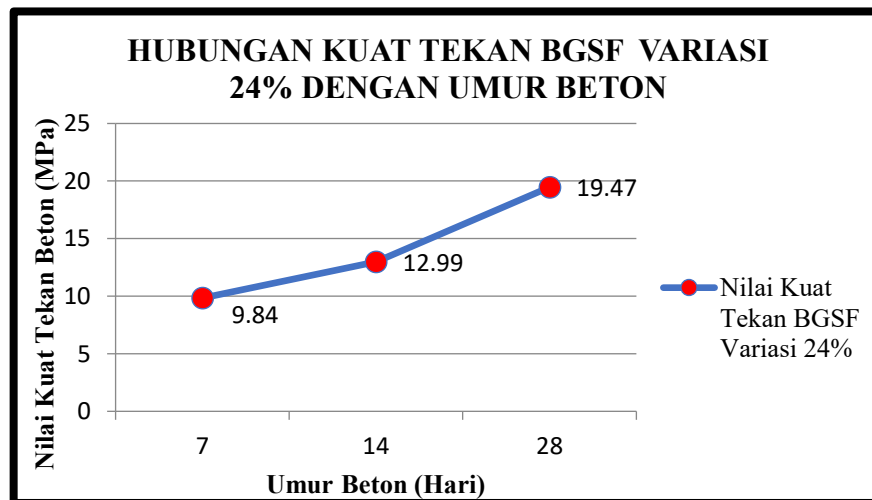
Gambar 4. 4 Grafik hubungan kuat tekan BGSF variasi 22% dengan umur beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer hybrid variasi 22% yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan rata – rata pada umur 7 hari sebesar 13,41 MPa, pada umur 14 hari sebesar 15,95 MPa, dan pada umur 28 hari sebesar 26,09 MPa. Kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton.

Tabel 4. 28 Kuat Tekan Rata – Rata BGSF Variasi 24%

Umur Beton (Hari)	Benda Uji (Mpa)					Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
7	9,14	9,58	10,88	10,45	9,14	9,84
14	12,86	13,18	13,50	12,86	12,54	12,99
28	20,37	18,96	19,81	19,24	18,96	19,47

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 5 Grafik hubungan kuat tekan BGSF variasi 24% dengan umur beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer hybrid variasi 24% yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan rata – rata pada umur 7 hari sebesar 9,84 MPa, pada umur 14 hari sebesar 12,99 MPa, dan pada umur 28 hari sebesar 19,47 MPa. Kuat tekan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton.

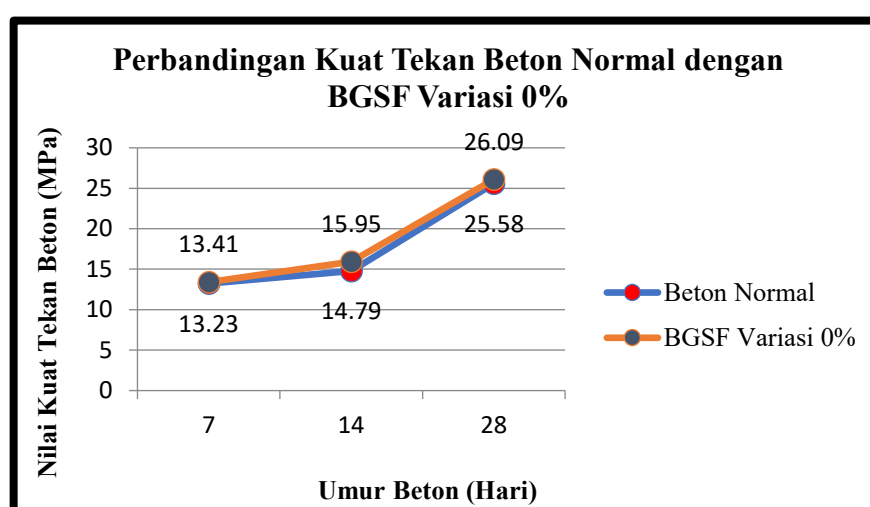
4.9.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Geopolimer hybrid Variasi Silica Fume

Berikut ini adalah tabel kuat tekan beton dan grafik perbandingan beton normal dan beton campuran sebagai berikut:

Tabel 4. 29 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dan BGSF 0%

Benda Uji Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)		
	7	14	28
Normal	13,23	14,79	25,58
BGSF 0%	13,41	15,95	26,09

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 6 Grafik perbandingan beton normal dengan BGSF variasi 0%

Berdasarkan grafik perbandingan di atas, beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 13,23 MPa pada umur 7 hari. Sedangkan BGSF 0% menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 13,41 MPa atau lebih tinggi sebesar 0,18 MPa dibandingkan beton normal. Pada umur 14 Hari, BGSF 0% kembali menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi yaitu sebesar 15,95 MPa atau meningkat 1,16 MPa dibandingkan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 14,79 MPa. Selanjutnya, pada umur 28 hari BGSF 0% mencapai kuat tekan sebesar 26,09 MPa, lebih tinggi sebesar 0,51 MPa dibandingkan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 25,58 MPa.

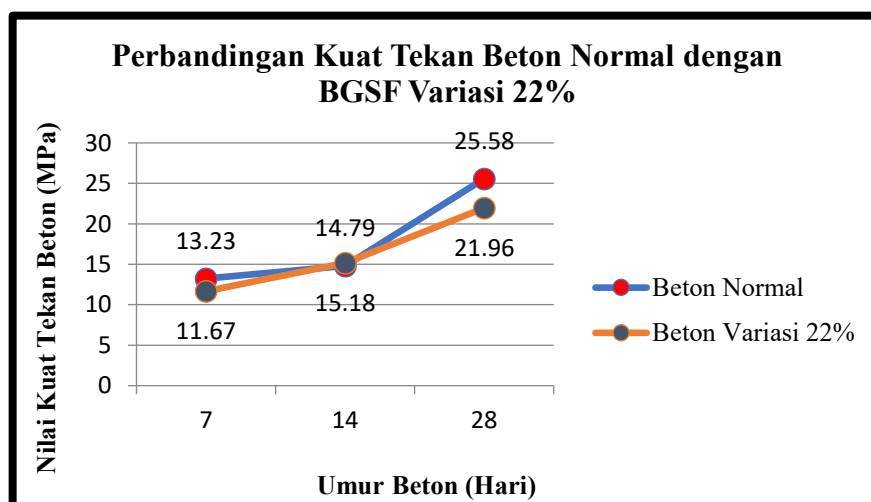
Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa beton normal dan beton geopolimer hybrid variasi 0% silica fume menghasilkan peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Selain itu, BGSF 0% mampu

menghasilkan nilai kuat tekan di umur 7, 14 dan 28 hari yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan campuran fly ash dan semen pada beton geopolimer hybrid tanpa substitusi silica fume mampu mencapai nilai kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari. Namun, nilai kuat tekan pada umur awal masih relative rendah dan naik signifikan di umur 28 hari, hal ini terjadi karena reaksi pozzolanik fly ash dan proses geopolimerisasi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menghasilkan ikatan beton yang optimal, sehingga peningkatan kuat tekan menjadi signifikan pada umur 28 hari.

Tabel 4. 30 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dan BGSF 22%

Benda Uji Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)		
	7	14	28
Normal	13,23	14,79	25,58
BGSF 22%	11,67	15,18	21,96

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 7 Grafik perbandingan beton normal dengan BGSF variasi 22%

Berdasarkan grafik perbandingan di atas, beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 13,23 MPa pada umur 7 hari. Sedangkan BGSF 22% menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 11,67 MPa atau lebih rendah sebesar 1,56 MPa dibandingkan beton normal. Pada umur 14 Hari, BGSF 22% menunjukkan nilai

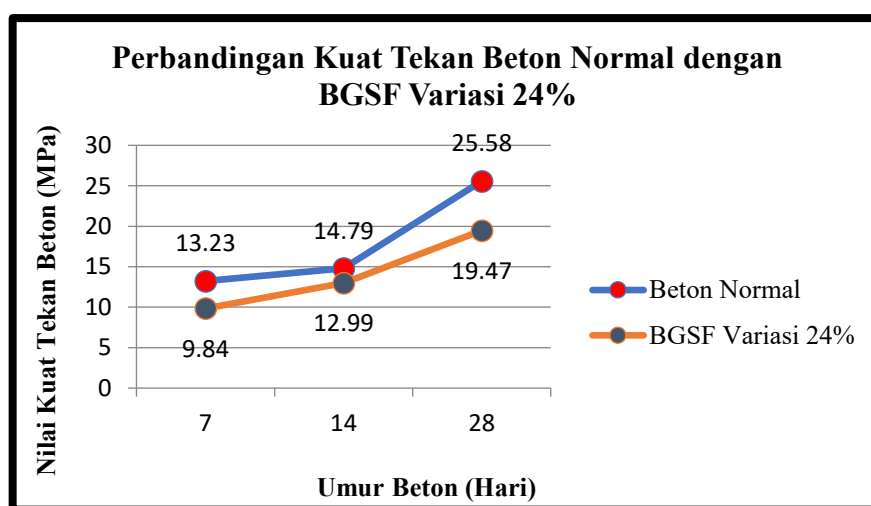
kuat tekan yang lebih tinggi yaitu sebesar 15,18 MPa atau meningkat 0,39 MPa dibandingkan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 14,79 MPa. Selanjutnya, pada umur 28 hari BGSF 22% dengan nilai kuat tekan 21,96 MPa dan kembali turun 3,62 MPa dibandingkan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 25,58 MPa.

Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penggunaan silica fume sebesar 22% sebagai substitusi binder belum mampu mencapai nilai kuat tekan yang optimum. Penurunan kuat tekan pada umur 28 hari terjadi karena tingginya persentase substitusi silica fume terhadap binder yang menyebabkan berkurangnya jumlah material pengikat utama dalam campuran beton.

Tabel 4. 31 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dan BGSF 24%

Benda Uji Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)		
	7	14	28
Normal	13,23	14,79	25,58
BGSF 24%	9,84	12,99	19,47

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 8 Grafik perbandingan beton normal dengan BGSF variasi 24%

Berdasarkan grafik perbandingan di atas, beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 13,23 MPa pada umur 7 hari. Sedangkan BGSF 24% menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 9,84 MPa atau lebih rendah sebesar 3,39 MPa dibandingkan beton normal. Pada umur 14 Hari, BGSF 24% menunjukkan nilai kuat tekan yang rendah yaitu sebesar 12,99 MPa atau menurun 1,80 MPa dibandingkan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 14,79 MPa. Selanjutnya, pada umur 28 hari BGSF 24% nilai kuat tekan 19,47 MPa dan kembali turun 6,18 MPa dibandingkan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 25,58 MPa.

Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penggunaan silica fume sebesar 24% sebagai substitusi binder belum mampu mencapai nilai kuat tekan yang optimum. Penurunan kuat tekan pada umur 28 hari terjadi karena tingginya persentase substitusi silica fume terhadap binder yang menyebabkan berkurangnya jumlah material pengikat utama dalam campuran beton. Pada variasi BGSF 24%, tingginya persentase silica fume menyebabkan penurunan workability campuran beton geopolimer hybrid. Campuran yang lebih kaku dapat menghambat proses pemadatan benda uji saat di cetak. Kondisi ini menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kuat tekan beton BGSF 24% lebih rendah dibanding beton normal.

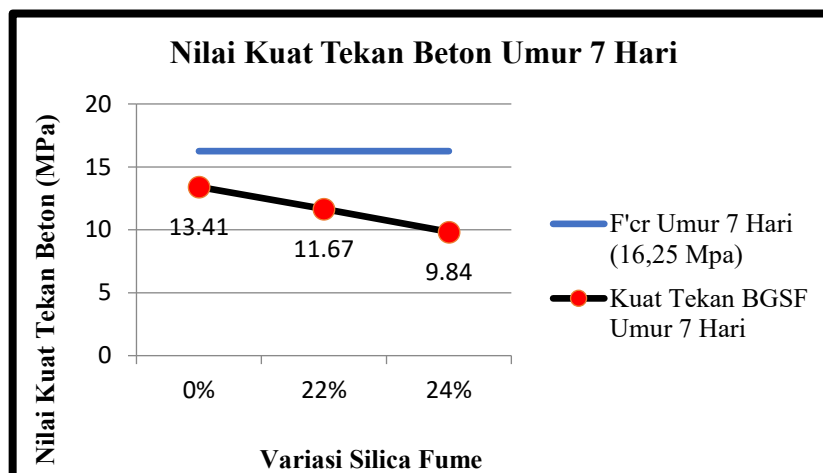
4.9.3 Rekapitulasi Rata – Rata Kuat Tekan Beton

Berikut ini adalah rata – rata kuat tekan beton yang dirangkum dalam table berikut:

Tabel 4. 32 Kuat Tekan Rata- Rata Beton Umur 7 Hari

Variasi Beton	Benda Uji (Mpa)					Rata – Rata Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
BGSF 0%	14,36	13,49	13,49	13,06	12,62	13,41
BGSF 22%	11,32	12,19	10,88	12,19	11,75	11,67
BGSF 24%	9,14	9,58	10,88	10,45	9,14	9,84

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 9 Grafik nilai kuat tekan beton umur 7 Hari

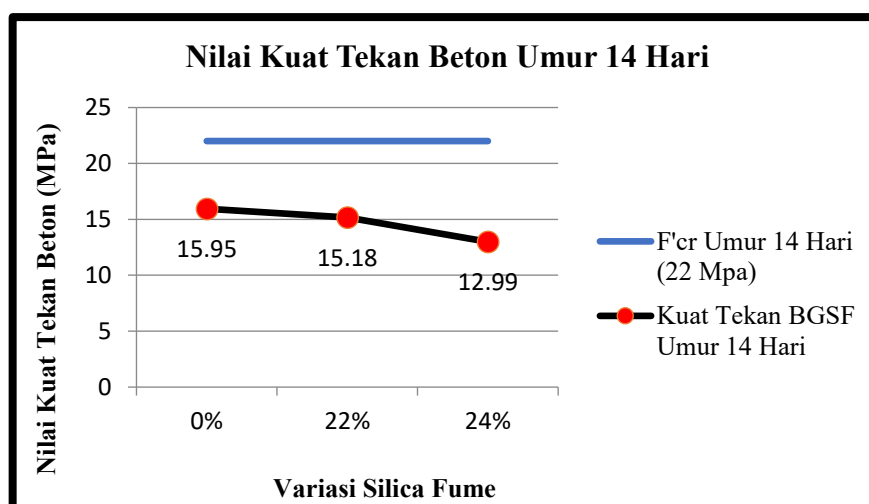
Berdasarkan Tabel 4.31 dan Grafik 4.8 di atas menunjukkan hubungan antara variasi substitusi silica fume dan nilai kuat tekan beton geopolimer hybrid pada umur 7 hari yang dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan rencana (F'_{cr}) untuk umur 7 hari adalah sebesar 16,25 MPa. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa beton dengan variasi BGSF 0% memiliki kuat rata – rata tertinggi yaitu sebesar 13,41 MPa. Pada variasi BGSF 22% nilai kuat tekan mengalami penurunan menjadi 11,67 MPa, sedangkan pada variasi BGSF 24% kuat tekan kembali menurun hingga mencapai 9,84 MPa.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa substitusi silica fume sebesar 0%, 22% dan 24% terhadap total binder belum dapat memberikan peningkatan nilai kuat tekan beton geopolimer hybrid pada umur 7 hari, bahkan menyebabkan penurunan kuat tekan seiring dengan meningkatnya kadar silica fume yang digunakan. Selain itu, seluruh variasi beton yang diuji belum mencapai nilai kuat tekan rencana (F'_{cr}) sebesar 16,25 MPa.

Tabel 4. 33 Kuat Tekan Rata- Rata Beton Umur 14 Hari

Variasi Beton	Benda Uji (Mpa)					Rata – Rata Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
BGSF 0%	14,79	16,08	16,40	15,75	16,72	15,95
BGSF 22%	15,75	15,43	15,43	14,47	14,79	15,18
BGSF 24%	12,86	13,18	13,50	12,86	12,54	12,99

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)



Gambar 4. 10 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Berdasarkan Tabel 4.32 dan Grafik 4.9 di atas menyajikan gambaran mengenai hubungan antara variasi substitusi silica fume dan nilai kuat tekan beton geopolimer hybrid pada umur 14 hari yang dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan rencana (F'_{cr}) untuk umur 14 hari adalah sebesar 22 MPa. Berdasarkan data yang ditampilkan, terlihat bahwa beton dengan variasi BGSF 0% memiliki kuat rata – rata tertinggi yaitu sebesar 15,95 MPa. Pada variasi BGSF 22% nilai kuat tekan mengalami penurunan menjadi 15,18 MPa, sedangkan pada variasi BGSF 24% kuat tekan kembali menurun hingga mencapai 12,99 MPa.

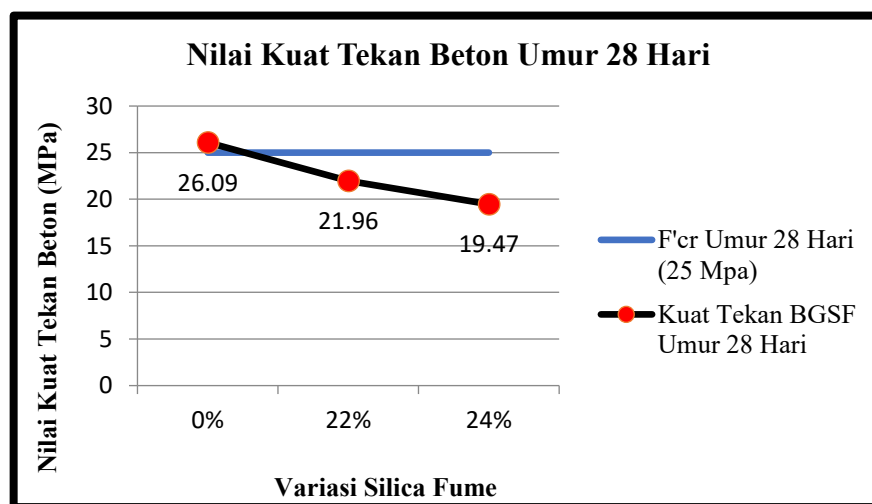
Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa substitusi silica fume sebesar 0%, 22% dan 24% terhadap total binder belum dapat memberikan peningkatan nilai kuat tekan beton geopolimer hybrid pada umur 14 hari. Selain

itu, seluruh variasi beton yang diuji belum mencapai nilai kuat tekan rencana (F'_{cr}) sebesar 22 MPa.

Tabel 4. 34 Kuat Tekan Rata- Rata Beton Umur 28 Hari

Variasi Beton	Benda Uji (Mpa)					Rata – Rata Kuat Tekan (MPa)
	I	II	III	IV	V	
BGSF 0%	26,88	25,46	26,60	25,75	25,75	26,09
BGSF 22%	22,92	21,50	21,79	22,35	21,22	21,96
BGSF 24%	20,37	18,96	19,81	19,24	18,96	19,47

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2026)

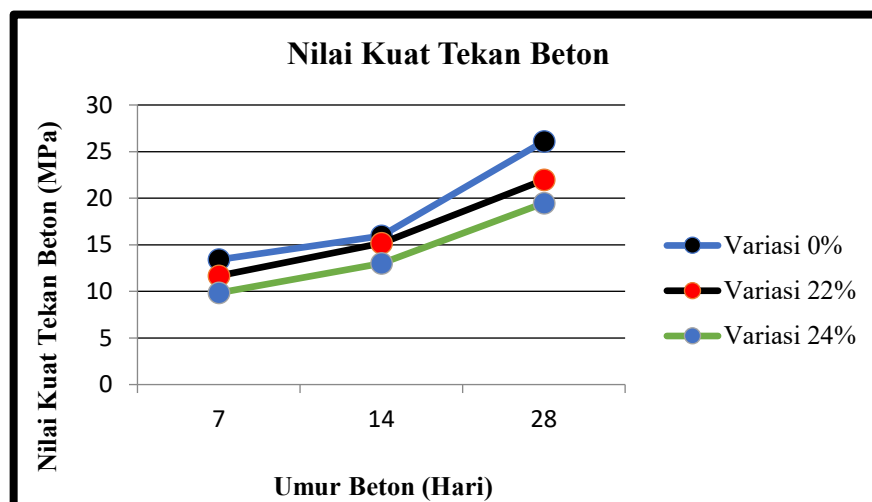


Gambar 4. 11 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan Tabel 4.33 dan Grafik 4.10 di atas menggambarkan hubungan antara variasi substitusi silica fume dan nilai kuat tekan beton geopolimer hybrid pada umur 28 hari yang dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan rencana (F'_{cr}) untuk umur 28 hari adalah sebesar 25 MPa. Berdasarkan data yang ditampilkan, variasi BGSF 0% menghasilkan kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 26,09 dan telah mencapai nilai kuat tekan rencana (f'_{cr}) sebesar 25 MPa. Pada variasi BGSF 22%, diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 21,96 MPa, sedangkan variasi BGSF 24% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,47 MPa. Hasil

tersebut menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi silica fume terhadap binder cenderung menyebabkan penurunan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Hal ini dikarenakan semakin besar persentase penggunaan silica fume sebagai substitusi binder dapat mengurangi jumlah material pengikat utama. Sehingga variasi 0% menunjukkan hasil yang lebih tinggi dan mencapai nilai kuat tekan rencana dibandingkan dengan variasi 22% dan 24%.

4.10 Pembahasan



Gambar 4. 12 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton 7, 14 dan 28 Hari

Grafik yang disajikan di atas menggambarkan nilai kuat tekan beton pada umur 7, 14 dan 28 hari, dimana persentase silica fume sebagai substitusi dengan variasi 0%, 22% dan 24%. Dari data yang ditampilkan, terdapat beberapa poin penting yang dapat diambil terkait pengaruh penggunaan silica fume sebagai substitusi binder terhadap kekuatan beton.

Pada umur 7 hari, variasi 0% memiliki nilai kuat tekan tertinggi yang mencapai 13,41 MPa. Pada variasi 22% kuat tekan hanya mencapai 11,67 MPa, dan variasi 24% mencapai 9,84 MPa.

Pada umur 14 hari, kuat tekan terus menunjukkan tren kenaikan pada variasi 0% dengan nilai kuat tekan sebesar 15,95 MPa. Pola penurunan kembali ketika silica fume digunakan pada proporsi 22% dan 24%, yaitu dengan nilai kuat tekan sebesar 15,18 MPa dan 12,99 MPa.

Saat beton mencapai umur 28 hari, tren peningkatan kekuatan menjadi lebih jelas hingga mencapai titik tertinggi pada variasi 0%, dengan nilai kuat tekan terbesar yaitu 26,09 MPa. Namun, sama dengan sebelumnya kuat tekan kembali menurun pada variasi 22% dan 24% hanya mencapai 21,96 MPa dan 19,47 MPa.

Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa penggunaan silica fume sebagai substitusi binder sebesar 0% memberikan hasil paling optimal yaitu sebesar 26,09 MPa dan telah mencapai nilai kuat tekan rencana (f'_{cr}) sebesar 25 MPa dan telah mencapai target beton mutu sedang. Sedangkan penggunaan silica fume sebesar 22% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 21,96 MPa dan belum mencapai nilai kuat rencana (f'_{cr}) sebesar 25 MPa tetapi mencapai target beton mutu sedang. Sebaliknya penggunaan silica fume sebesar 24% menghasilkan mutu beton paling rendah dibandingkan dengan beton variasi silica fume 0% dan 22%, dengan kuat tekan sebesar 19,47 MPa dan belum mencapai nilai kuat rencana (f'_{cr}) sebesar 25 MPa dan termasuk dalam beton mutu rendah.

Dengan demikian, campuran beton geopolimer hybrid dengan variasi silica fume 0% dengan kuat tekan sebesar 26,09 MPa dan termasuk jenis beton mutu sedang layak digunakan pada konstruksi beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, kerb beton percetak, gorong – gorong beton bertulang dan bangunan bawah jembatan. Sedangkan variasi 22% dengan kuat tekan sebesar 21,96 MPa dan termasuk jenis beton mutu sedang juga layak digunakan pada konstruksi yang sama dengan variasi 0%. Untuk variasi 24% dengan nilai kuat tekan sebesar 19,47 dan termasuk dalam beton mutu rendah bisa digunakan dalam konstruksi struktur beton tanpa tulangan seperti trotoar.