

## **Penggunaan *Silica Fume* Sebagai Substitusi Semen Dengan Bahan Tambah Abu Pecahan Karang Pada Beton**

**Andika Pasulu <sup>\*1</sup>, Jonie Tanjijaya <sup>\*2</sup>, Desi Sandy <sup>\*3</sup>**

<sup>\*1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia [andikapasulu1@gmail.com](mailto:andikapasulu1@gmail.com)

<sup>\*2,3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia<sup>2</sup> [jonie.tanjijaya@gmail.com](mailto:jonie.tanjijaya@gmail.com) <sup>\*2</sup> dan [sandy.mylife@yahoo.co.id](mailto:sandy.mylife@yahoo.co.id) <sup>\*3</sup>

**Corresponding Author :** [andikapasulu1@gmail.com](mailto:andikapasulu1@gmail.com)

### **Abstrak**

*Silica Fume* merupakan material pozzolan yang sangat halus, dimana mengandung komposisi silika lebih banyak dari sisa produksi silicon atau alloy besi silikon. *Silica fume* yang digunakan berbentuk bubuk sebagai substitusi semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase yang menggunakan *silica fume* sebagai substitusi semen dengan bahan tambah abu pecahan karang terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Penelitian ini metode SNI ( $f'c$ ) 30 MPa dan sampel bentukan silinder dimensi 150 mm x 300 mm. Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, variasi *Silica fume* 9% dan Abu Pecahan Karang 0%, 5%, 7,5%, 10% diperoleh nilai kuat tekan umur 28 hari berturut turut adalah 30,951 MPa, 32,744 MPa, 31,989 MPa, dan 31,423 MPa, hasil uji kuat tarik belah sampel sebesar 3,161 MPa, 3,397 MPa, 3,491 MPa, dan 3,303 MPa, hasil modulus elastisitas sebesar 28233,7885 MPa, 33486,8743 MPa, 32409,6667 MPa, dan 30350,5834 Mpa. Dari hasil penelitian penggunaan *silica fume* dan abu pecahan karang pada beton dapat mempengaruhi kekuatan beton, dimana nilai didapatkan bervariasi. Kuat tekan dan modulus elastisitas maksimum pada variasi 5% dan kuat tarik belah maksimum pada variasi 7,5%.

**Kata kunci :** *Silica Fume*, Abu Pecahan Karang, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

### **Abstract**

*Silica Fume* is a very fine pozzolan material, which contains more silica composition than the rest of silicon production or silicon iron alloys. *Silica fume* is used in the form of powder as a cement substitution. This study aims to determine the effect of percentages using *silica fume* as a substitution of cement with coral fragment ash added material on the compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity of concrete. This research is the SNI ( $f'c$ ) 30 MPa method and a sample of cylindrical formations with dimensions of 150 mm x 300 mm. Based on the results of the study obtained, variations of *Silica fume* 9% and Coral Fractional Ash 0%, 5%, 7.5%, 10% obtained compressive strength values aged 28 consecutive days were 30,951 MPa, 32,744 MPa, 31,989 MPa, and 31,423 MPa, sample tensile strength test results of 3,161 MPa, 3,397 MPa, 3,491 MPa, and 3,303 MPa, elasticity modulus results of 28233,7885 MPa, 33486,8743 MPa, 32409.6667 MPa, and 30350.5834 MPa. From the results of research, the use of *silica fume* and coral fragment ash in concrete can affect the strength of concrete, where the value obtained varies. Compressive strength and elasticity modulus are maximum at 5% variation and maximum split tensile strength at 7.5% variation.

**Keywords :** *Silica Fume*, Coral Fragment Ash, Compressive Strength, Tensile Strength Split, Modulus of Elasticity

## PENDAHULUAN

Beton tersusun dari material penyusun yaitu agregat kasar, agregat halus, semen *portland*, air dan terkadang juga ditambahkan bahan-bahan lainnya untuk mencapai mutu beton yang ingin dicapai. Beton memiliki kelebihan yaitu mampu menahan gaya tekan yang tinggi, tahan terhadap perubahan iklim, dan mudah dibentuk.

*Silica fume* merupakan material *pozzolan* yang sangat kecil, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan sisa produksi silikon atau alloy besi silikon. *silica fume* memiliki sifat kimia dan sifat mekanis. Sifat kimianya dapat masuk pada rongga kecil bahan pengikat (semen) dan akibatnya ukuran pori kecil. Dari sisi mekaniknya memiliki sifat yang *pozzolan* atau bahan yang mengandung silika (Si)/silika dioksida (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al) dapat bereaksi terhadap kapur (CaCO<sub>3</sub>) yang ada didalam semen [1].

Untuk mengurangi potensi pencemaran pecahan karang di tepi pantai, maka perlu dilakukan pengembangan dan penelitian terhadap pecahan karang. Pecahan terumbu karang sendiri banyak mengandung kapur (CaCO<sub>3</sub>) dikarenakan dibangun oleh biota bawah laut penghasil kapur. Jenis material penting dalam produksi semen ialah kandungan kapur seperti yang dimiliki oleh karang. Bahan tambah karang terhadap beton merupakan bahan alternatif untuk membentuk beton lebih padat, Hingga saat ini, penelitian penggunaan pecahan terumbu sebagai pengganti semen masih kurang dan perlu dikaji lebih dalam penggunaannya.

Berdasarkan uraian itu, maka penelitian yang dilaksanakan penulis akan dipaparkan dalam skripsi ini dengan tujuan untuk meninjau pengaruh dari persentase nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas pada karya tulis judul “Penggunaan *Silica Fume* Sebagai Substitusi Semen Dengan Bahan Tambah Abu Pecahan Karang Pada Beton”

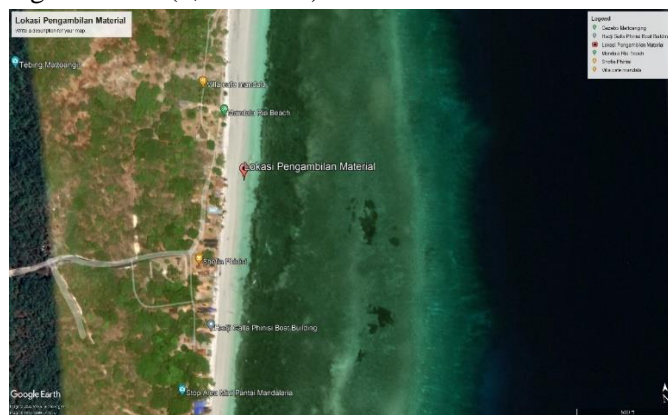
Sebelum dilaksanakannya penelitian ini, telah banyak dilakukan penelitian yang sama dengan menggunakan *silica fume* dan pecahan karang yaitu Penelitian oleh Ramahayati Nuzshi judul penelitian “Pengaruh Abu Pecahan Terumbu Karang dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”. Menggunakan abu pecahan terumbu karang 70% dan abu sekam padi 30% pada beton terhadap kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan tertinggi pada variasi 7,5% dan mengalami penurunan kuat tekan rata-rata pada variasi 10% [2]. Penelitian yang dilakukan oleh Maryudi Trie judul skripsi “Pengaruh Penggunaan Abu Pecahan Terumbu Karang Sebagai Bahan Penambahan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton” menggunakan abu pecahan terumbu karang sebagai bahan penambahan semen pada beton. Hasilnya kuat tekan tertinggi pada variasi 7,5% dengan nilai 38,11 MPa dan terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 10% dengan nilai 36,91 MPa [3]. Penelitian dilakukan oleh Sebang, Surya judul yaitu “Tinjauan Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi Dengan *Silica Fume* Sebagai Bahan Tambahan” menggunakan *silica fume* sebagai bahan tambahan pada beton alir mutu tinggi. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan maksimum pada variasi *silica fume* sebesar 9% mencapai 43,83 MPa [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Fauzan, Herlina Suciati dengan judul “Efek Penggunaan Limbah Terumbu Karang Pada Komposit Beton” menggunakan terumbu karang mati sebagai pengganti agregat kasar dan hasil penelitian menunjukkan benda uji menurunkan kuat tekan beton 62,34% (11,3 MPa) [5]. Hendy Ramadana Putra, Tri Sefrus melakukan penelitian dengan judul “Studi Karang Mati Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Adukan Beton” tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan karang yang telah mati di pesisir pantai kaur Bengkulu untuk mengurangi populasi limbah karang yang mati hasil penelitian menunjukkan menggunakan 60% agregat kasar dengan perbandingan 1 semen 1,6 pasir dan 2,5 kerikil mendapatkan beton yang lebih baik dari beton lainnya [6]. Adika Kurniawan, Yuzuar Afrizal, Agustin Gunawan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Terumbu Karang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” hasilnya menunjukkan peningkatan variasi 25% meningkat sebesar 3,024%, 50% sebesar 6,61%, 75% sebesar 9,219% dan turun pada variasi 100% sebesar 1,220% [7]. Samun Haris, Rizal Firdaus melakukan

penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Silica Fume Powder* Terhadap Kuat Tekan Beton”, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton umur 28 hari dengan variasi *silica* 15% lebih besar kuat tekannya daripada 5% ini memperlihatkan bahwa *silica* meningkatkan kuat tekan pada umut beton tua [8]. “Studi Penggunaan *Silica Fume* Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton” oleh Reni O. Tarru, Bastian Arnanto, Harni E. Tarru dan Rosalina S. Bandaso melakukan penelitian menggunakan *silica fume* sebagai bahan pengisi/filler di dalam beton dengan variasi 0% 5%,10% dan 15% dan hasil pengujian adalah ini menunjukkan semakin tinggi variasi *silica fume* semakin besar kuat tekannya [9]. “Pengaruh Bahan *Silica Fume* Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi” oleh Amalia A. Puspitas, Bahrul Anif dan Zuherna Mizwar melakukan penelitian dengan *silica fume* 5%, 10%, 15% dan 30% pada beton mutu tinggi dan hasil perhitungan menunjukkan bahwa variasi 15% menjadi kuat tekan optimum sebesar 45,42 MPa [10]. “Pengaruh *Silica Fume* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi” oleh Vincentius Davendra, Retno Trimurtningrum dengan hasil penelitian *silica fume* 2,5% sebesar 53,8 MPa, 5% sebesar 55,8 MPa, 7,5% 51,2 Sebesar MPa dan 10% sebesar 50,8 MPa.

## METODOLOGI

### 1. Lokasi Pengambilan Material

Lokasi pengambilan material pecahan karang di Pantai Mandala Ria, Bulukumba, Sulawesi Selatan. Pecahan karang yang telah rusak diambil di pinggir pantai pasir putih Mandala Ria secara manual, lalu dihancurkan menjadi abu atau lolos saringan no.200 (0,0075 mm).



Gambar 1. Lokasi pengambilan pecahan terumbu karang

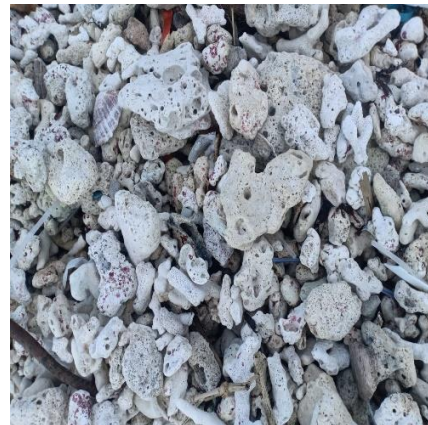
Lokasi pengambilan *silica fume* di PT. Sika Indonesia Jl. Mappanyukki, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. *Silica fume* hasil produksi dari PT. Sika.

### 2. Pengadaan Material

- Semen PCC (*Portland Cement Composit*).
- Agregat halus berupa pasir saring dan agregat kasar berupa batu pecah dari Sungai Jeneberang, Bili-Bili.
- Pecahan karang dari Pantai Mandala Ria, Bulukumba.
- Silica fume* dari PT. Sika Indonesia Jl. Mappanyukki, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
- Air bersih dari Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Paulus.



Gambar 2. Silica fume



Gambar 3. Pecahan Karang

### 3. Mix Desain (SNI 03-2834-2000)

Tabel 1. Komposisi campuran

Material	Berat Kg/m <sup>3</sup>			
	Pecahan Karang			
	0%	5%	7,50%	10%
Semen	444,716	444,716	444,716	444,716
Air	210	210	210	210
Agregat Halus	600,109	600,109	600,109	600,109
Agregat Kasar	1078,518	1078,518	1078,518	1078,518
Silica Fume 9%	22,452	22,452	22,452	22,452
Pecahan Karang	0	24,528	37,735	49,056

### 4. Pengujian Beton

Pengujian beton dilakukan dengan 3 jenis pengujian yaitu kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas

#### a. Kuat Tekan

Kuat tekan guna untuk mengetahui kemampuan beton dalam menerima beban vertikal

#### b. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah bertujuan mengetahui ketahanan beton dari gaya geser di elemen struktur

#### c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas bertujuan untuk mengukur kekakuan/*stiffness* bahan pada gaya deformasi.



Gambar 4. Beton yang sudah diuji kuat tekan



Gambar 5. Beton yang sudah diuji kuat tarik belah



Gambar 6. Beton yang sudah diuji modulus elastisitas

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 1. Karakteristik Material

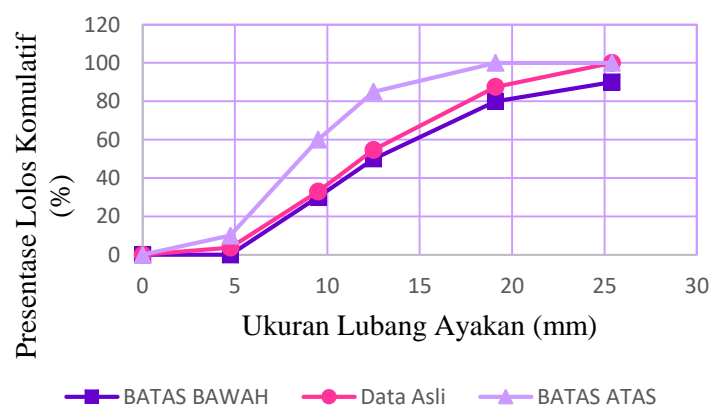
Pemeriksaan karakteristik material dilakukan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan ASTM (*American Standard Testing and Materials*).

#### a. Agregat Halus

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

No.	Karakteristik	Hasil	Interval	Keterangan
1	Kadar Air	1,304%	0,5% - 2,00%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,827%	0,20% - 1,00%	Memenuhi
3	Berat Volume Padat	1,748 kg/liter	1,4 – 1,9 kg/l	Memenuhi
4	Berat Volume Gembur	1,671 kg/liter	1,4 – 1,9 kg/l	Memenuhi
5	Berat Jenis SSD	2.709	1,60 – 3,20	Memenuhi
6	Absorpsi (Penyerapan)	1,461%	0,20% – 2,00 %	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	7.210	5,50 – 8,50	Memenuhi

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi Standar Nasional Indonesia.



Gambar 7. Grafik Pembagian Gradasi Agregat Halus

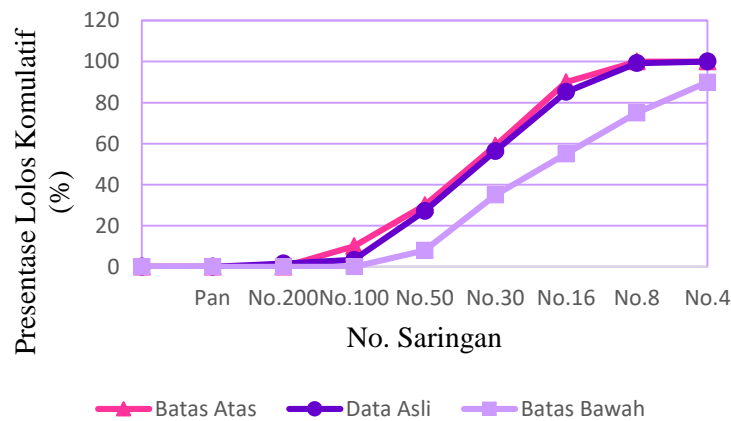
Dari gambar 2 dapat dilihat hubungan persentase lolos kumulatif terhadap ukuran lubang anyakan memunjukkan bahwa data yang diperoleh memenuhi standar SNI ASTM C33-90 dikarenakan data yang didapatkan berada di antara batas atas dan batas bawah.

**b. Agregat Kasar**

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Hasil	Interval	Keterangan
1	Kadar Air	3,413%	0% - 5,0%	Memenuhi
2	Zat Organik	No.1	< No.3	Memenuhi
3	Kadar Lumpur	1,523%	0,20% - 6,0%	Memenuhi
4	Berat Volume Padat	1,663 kg/liter	1,4 – 1,9 kg/l	Memenuhi
5	Berat Volume Gembur	1,590 kg/liter	1,4 – 1,9 kg/l	Memenuhi
6	Berat Jenis SSD	2.578	1,60 – 3,20	Memenuhi
7	Absorpsi (Penyerapan)	1,833%	0,20% – 2,00 %	Memenuhi
8	Modulus Kehalusan	2.422	2,20 – 3,10	Memenuhi

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi Standar Nasional Indonesia.



Gambar 8. Grafik Pembagian Gradasi Agregat Kasar

Dari gambar 3 dapat dilihat hubungan persentase lolos kumulatif terhadap ukuran lubang anyakan memunjukkan bahwa data yang diperoleh memenuhi standar SNI ASTM C33-90 dikarenakan data yang didapatkan berada di antara batas atas dan batas bawah.

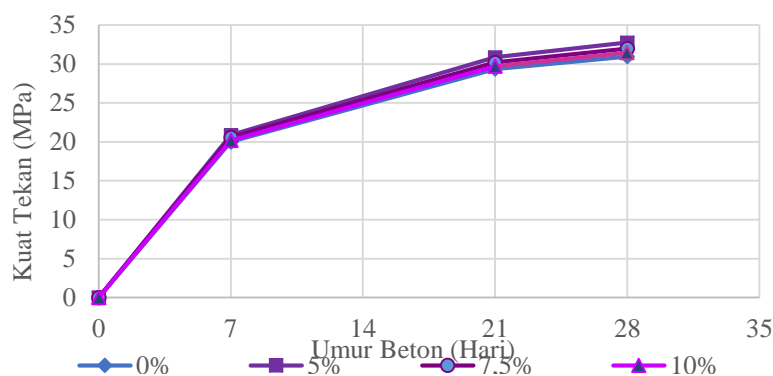
**2. Hasil Penelitian**

**a. Kuat Tekan Beton**

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tekan benda uji pada variasi 0%, 5%, 7,5% dan 10%.

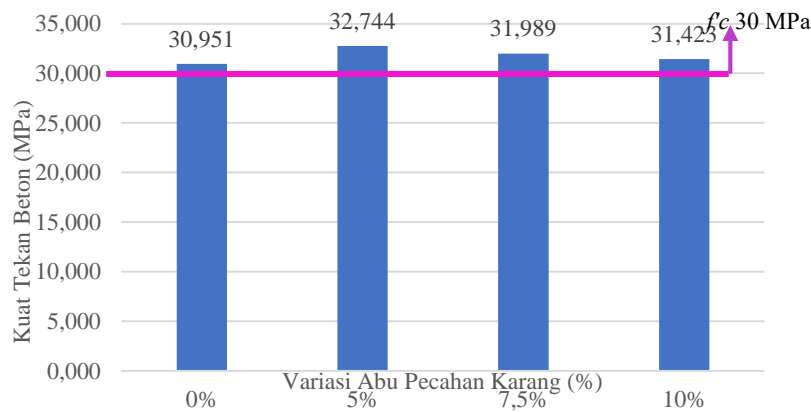
Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan 28 Hari

Variasi Abu Pecahan Karang	Umur	$f_c$ Aktual (MPa)	Faktor Umur	Konversi 28 Hari (MPa)	Rata-rata
0%	7 Hari	19.533	0.65	30.051	30.776
		20.665		31.793	
		19.816		30.486	
	21 Hari	29.441	0.95	30.990	30.891
		28.592		30.096	
		30.007		31.586	
28 Hari	31.423	1	31.423	30.951	
	30.573		30.573		
	30.856		30.856		
5%	7 Hari	20.665	0.65	31.793	32.083
		20.099		30.922	
		21.798		33.535	
	21 Hari	30.856	0.95	32.480	32.480
		31.706		33.374	
		30.007		31.586	
28 Hari	32.272	1	32.272	32.744	
	31.423		31.423		
	34.536		34.536		
7.5%	7 Hari	20.665	0.65	31.793	31.648
		20.948		32.228	
		20.099		30.922	
	21 Hari	29.441	0.95	30.990	31.785
		30.290		31.884	
		30.856		32.480	
28 Hari	31.706	1	31.706	31.989	
	33.404		33.404		
	30.856		30.856		
10%	7 Hari	20.099	0.65	30.922	31.067
		19.250		29.615	
		21.231		32.664	
	21 Hari	28.592	0.95	30.096	31.288
		30.573		32.182	
		30.007		31.586	
28 Hari	32.272	1	32.272	31.423	
	30.573		30.573		
	31.423		31.423		



Gambar 9. Grafik Kuat Tekan Aktual Terhadap Umur Beton

Pada gambar 4. dapat dilihat jika umur beton berbanding lurus dengan kuat tekan pada setiap variasi, yang berarti semakin lama umur beton maka kuat tekan beton semakin besar kemampuan beton dalam menerima beban tekan vertikal.



Gambar 10. Grafik Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari

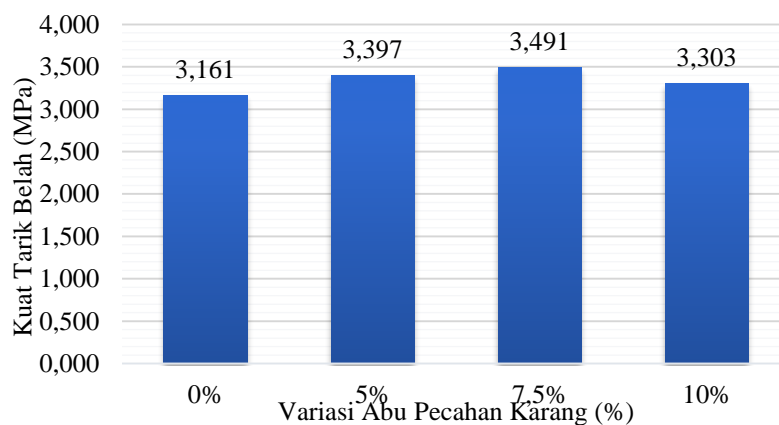
Dari gambar 5 diatas dapat dilihat kuat tekan rata rata umur 28 hari setiap variasi *silica fume* 5% abu pecahan karang didapatkan nilai yang bervariasi dimana pada variasi 5% abu pecahan karang mengalami peningkatan tetapi pada variasi 7,5% dan 10% terjadi penurunan dengan kuat tekan 31,423 MPa, kuat tekan maksimum ada pada variasi 5% sebesar 32,744 MPa dan kuat tekan terendah ada pada variasi 10% dengan kuat tekan 31,423% akan tetapi semua benda uji memenuhi kuat tekan rencana awal yaitu 30 MPa.

**b. Kuat Tarik Belah**

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tarik belah benda uji pada variasi 0%, 5%, 7,5% dan 10%.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah

Variasi Abu Pecahan Karang	Umur Beton	Beban Maksimum (N)	L	D	ft	Rata-rata
0%	28	230000	300	150	3.255	3.161
		225000	300	150	3.185	
		215000	300	150	3.043	
5%	28	240000	300	150	3.397	3.397
		245000	300	150	3.468	
		235000	300	150	3.326	
7.5%	28	255000	300	150	3.609	3.491
		250000	300	150	3.539	
		235000	300	150	3.326	
10%	28	225000	300	150	3.185	3.303
		245000	300	150	3.468	
		230000	300	150	3.255	



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah



Dari gambar 6 dapat kita lihat bahwa nilai yang didapatkan bervariasi. Pada abu pecahan karang 5% dan 7,5% mengalami peningkatan tetapi pada variasi 10% terjadi penurunan kuat tarik belah. Kuat tarik belah maksimum didapatkan pada variasi 7,5% sebesar 3,491 MPa dan variasi terendah ada pada variasi 10% sebesar 3,303 MPa.

**c. Modulus Elastisitas**

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tarik belah benda uji pada variasi 0%, 5%, 7,5% dan 10%.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Variasi	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-rata Modulus Elastisitas (MPa)
Abu Pecahan Karang 0%	30,77648938	30190,34645	28233,789
	30,89109894	26202,45578	
	30,95069592	28308,56334	
Abu Pecahan Karang 5%	32,08303845	33634,8107	33486,874
	32,48035162	32235,76288	
	32,7435716	34590,04929	
Abu Pecahan Karang 7,5%	31,64752209	33485,49934	32409,667
	31,78505358	32759,26983	
	31,98867657	30984,23095	
Abu Pecahan Karang 10%	31,06683361	32135,08253	30350,5834
	31,28841211	29121,73572	
	31,42250531	29794,93182	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian modulus elastisitas bervariasi, dimana variasi abu pecahan karang 5% memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi sebesar 33486,874 MPa dan pada variasi abu pecahan karang 7,5% dan 10% mengalami penurunan modulus elastisitas.

**3. Pembahasan**

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan *silica fume* 9% sebagai bahan substitusi semen dan abu pecahan karang 0%, 5%, 7,5% dan 10% sebagai bahan tambah pada beton hasil yang didapatkan bervariasi dimana kuat tekan dan modulus elastisitas maksimum berada pada variasi 5% lalu terjadi penurunan pada variasi 7,5% dan 10% serta kuat tarik belah maksimum ada pada variasi 7,5% lalu mengalami penurunan pada variasi 10% abu pecahan karang akan tetapi hasil pengujian memenuhi kuat tekan yang direncanakan yaitu 30 MPa.

**a. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton**

Tabel 7. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Variasi Abu Pecahan Karang	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	<i>f<sub>t</sub></i> (MPa)	Persentase Hubungan %
0%	30.951	3.161	10.213
5%	32.744	3.397	10.375
7.5%	31.989	3.491	10.914
10%	31.423	3.303	10.511

Pada tabel 7 menunjukkan hasil hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah pada variasi abu pecahan karang 0%, 5%, 7,5%, dan 10% adalah 10,213%, 10,375%, 10,914%, dan 10,511%. Nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa telah memenuhi syarat ketentuan, berkisar 7% - 11%.

b. Hubungan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton

Tabel 8. Hubungan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Variasi Abu Pecahan Karang	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	E (MPa)	Modulus Elastisitas Teoritis ( $4700 \sqrt{\text{kuat tekan}}$ )
0%	30,951	28233,7885	26147,67433
5%	32,744	33486,8743	26894,33949
7,50%	31,989	32409,6667	26582,51052
10%	31,423	30350,5834	26346,21685

Dari tabel dapat dilihat bahwa hasil pengujian modulus elastisitas di laboratorium lebih besar dari modulus elastisitas teoritis. Nilai modulus elastisitas teoritis yang didapatkan pada variasi abu pecahan karang 0%, 5%, 7,5%, dan 10% berturut-turut adalah 26147,67433 MPa, 26894,33949 MPa, 26582,51052 Mpa, dan 26346,21685 MPa.

## KESIMPULAN

Pengaruh persentase pada variasi abu pecahan karang 0%, 5%, 7,5% dan 10% serta *silica fume* 9% terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas ialah nilai yang didapatkan bervariasi. Persentase kenaikan kuat tekan maksimum pada variasi 5% sebesar 8,119%, tetapi pada variasi 7,5% dan 10% terjadi penurunan nilai kuat tekan. Persentase kenaikan kuat tarik belah maksimum pada variasi 7,5% sebesar 4,492% dan pada variasi 10% terjadi penurunan kuat tarik belah. Modulus elastisitas maksimum pada variasi abu pecahan karang 5%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM C.1240, “*Spesification for Silica Fume For Use In Hydraulic Cemen Concrete and Mortar*”, 2003. <https://pdf.wecabrio.com/astm-c-1064.pdf>
- [2] Nuzshi R., Yuzuar Afrizal, dan Mukhlis Islam, “Pengaruh Pemanfaatan Abu Pecahan Terumbu Karang dan Abu Sekam Pada Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”, Vol.11, No.2, pp. 12-16, 2019. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/inersiajurnal>
- [3] Trie Maryudi, Ronny, “Pengaruh Penggunaan Abu Pecahan Terumbu Karang Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”, Vol.11, No.1, pp. 48-57, 2019. <https://ejournal.unib.ac.id>
- [4] Surya Sebang, “Tinjauan Sifat-Sifat Mekanik Beton Alir Mutu Tinggi Dengan Silika Fume Sebagai Bahan Tambahan”, Vol.15 No.2, pp.132-138, 2011. <https://media.neliti.com/media/publications/140001-ID-none.pdf>
- [5] Fauzan, Herliana Suciati, “Efek Penggunaan Limbah Terumbu Karang Pada Komposit Beton”, Vol. 5 No.1, pp. 119-127, 2022. <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php>
- [6] Hendy Ramadana Putra, Tri Sefrus, “Studi Karang Mati Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Adukan Beton”, Vol. 13 No.1, pp.1-10, 2022. <https://journals.unihaz.ac.id/index.php/simes>

- [7] Adika Kurniawan, Yuzuar Afrizal, dan Agustin Gunawan, “Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Terumbu Karang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”, Vol. 8, No. 2, pp. 17-24, 2016. <https://ejournal.unib.ac.id/inersiajurnal>
- [8] Samun Haris, Rizal Firdaus, “Pengaruh Penggunaan *Silica Fume Powder* Terhadap Kuat Tekan Beton”, Vol. 16 No. 1, pp. 97-102, 2021. <https://www.ejournal.sttmandalabdg.ac.id/index.php/JIT>
- [9] Reni O. Tarru, Bastian Arnanto, Harni E. Tarru dan Rosalina S. Bandaso, “Studi Penggunaan *Silica Fume* Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton”, Vol. 3 No. 1, 2017. <https://media.neliti.com/media/publications/315781>
- [10] Amalia A. Puspitas, Bahrul Anif dan Zuherna Mizwar, “Pengaruh Bahan *Silica Fume* Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi”, Vol. 1 No. 1, pp. 357-361, 2019. <https://ejournal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTSP>
- [11] Vincentius Davendra, Retno Trimurtningrum, “Pengaruh *Silica Fume* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi”, Vol. 5 No. 2, pp. 1-8, 2022. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi>