

## Penggunaan Silika Fume untuk Reduksi Semen dengan Limbah Granit sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton

Rina Aswanti, Syahrul Sariman, Eka Yuniarto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail : rinal1071998@gmail.com

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima: 02-09-2023

Direvisi: 05-01-2024

Disetujui: 30-01-2024

**Abstract.** Concrete is a mixture of cement, sand, gravel, and water. In order to obtain good quality in the process, added ingredients, waste, or other materials with a certain ratio value are added. In this case, the use of granite waste as a substitute for coarse aggregate that is easy to find and the use of silica fume which aims to increase the compressive strength of concrete. The purpose of this study was to determine the effect of granite waste and silica fume, as well as the relationship between compressive strength and tensile strength of concrete with these variations. The percentage of granite waste and silica fume varied, ranging from 5%-10% granite waste and 0%, 7.5%, 15%, 22.5%, and 30% silica fume. Concrete testing was carried out after the concrete was 28 days old. The planned compressive strength is 25 Mpa. From the results obtained, the average normal concrete compressive strength was 27.69 Mpa and the average normal concrete tensile strength was 3.14 Mpa. The addition of 5% - 10% percentage granite waste and 0% silica fume obtained an average compressive strength of 27.74 Mpa and 27.65 Mpa, and an average tensile strength of 3.18 Mpa and 3.16 Mpa. The percentage of 10% granite waste and silica fume 7.5%, 15%, 22.5%, and 30% obtained average compressive strengths of 26.42 Mpa, 26.33 Mpa, 25.10 Mpa, and 25.01 Mpa respectively and average tensile strengths of 2.71 Mpa, 2.64 Mpa, 2.50 Mpa, and 2.41 Mpa respectively.

**Abstrak.** Beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari campuran semen, pasir, kerikil, dan air. Untuk mendapatkan mutu yang baik dalam pengerjaannya ditambahkan bahan tambah, limbah, ataupun bahan lainnya dengan nilai perbandingan tertentu. Dalam hal ini, penggunaan limbah granit sebagai bahan pengganti agregat kasar yang mudah ditemukan dan penggunaan silika fume yang bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah granit dan silika fume, serta hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton dengan variasi tersebut. Persentase limbah granit dan silika fume bervariasi, mulai dari limbah granit 5%-10% dan silika fume 0%, 7,5%, 15%, 22,5%, dan 30%. Pengujian beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Kuat tekan yang direncanakan 25 Mpa. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tekan beton normal rata-rata sebesar 27,69 Mpa dan kuat tarik beton normal rata-rata sebesar 3,14 Mpa. Pada penambahan limbah granit presentase 5% - 10% dan silika fume 0% memperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 27,74 Mpa dan 27,65 Mpa, serta kuat tarik rata-rata sebesar 3,18 Mpa dan 3,16 Mpa. Persentase limbah granit 10% dan silika fume 7,5%, 15%, 22,5%, dan 30% diperoleh kuat tekan rata-rata masing-masing sebesar 26,42 Mpa, 26,33 Mpa, 25,10 Mpa, dan 25,01 Mpa serta kuat tarik rata-rata masing-masing sebesar 2,71 Mpa, 2,64 Mpa, 2,50 Mpa, dan 2,41 Mpa.

#### Keywords:

Granite Waste; Silica Fume;  
Compressive Strength; Tensile  
Strength

#### Corresponden author:

Email: rinal1071998@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

## 1. PENDAHULUAN

Semakin modernnya dunia, ide-ide dalam perkembangan di dunia konstruksi pun semakin menciptakan inovasi-inovasi yang dapat mengembangkan dan menghasilkan suatu ciptaan yang dapat membantu kebutuhan manusia khususnya dalam bidang konstruksi. Dengan didukung pemanfaatan limbah-limbah yang jarang dimanfaatkan kembali, maka sebagian orang mulai mengembangkan penemuan dengan menambah material yang tidak terpakai atau limbah dengan metode menggantikan material yang tidak terpakai tersebut. Pengoptimalan material untuk menjadi sebuah karya yang dapat layak pakai berguna untuk kebutuhan masyarakat.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan masyarakat maka dari itu perlu pengembangan suatu bahan dan komponen yang dapat layak pakai dengan mutu standar yang berlaku sehingga cukup ekonomis dalam pengurangan biaya. Salah satu kebutuhan sarana dan prasarana akan bangunan yang diperlukan masyarakat pada saat ini kebutuhan akan beton. Sebab tingkat kebutuhan penggunaan beton di masyarakat sebagai struktur

bangunan sangat tinggi. Dalam penelitian berinovasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan limbah pecahan granit untuk pengganti substitusi parsial agregat kasar. Hal ini dilakukan karena banyaknya limbah granit di industri granit, gedung-gedung, dan rumah yang dalam proses pengerjaannya menggunakan granit.

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007). Berdasarkan SNI 2847:2013 definisi beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari. Sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen atau bahan tambah kimia), sehingga sangat menguntungkan sehingga secara ekonomis. Namun pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencanaan tidak memahami karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang akan dibuat. Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan mix design beton untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak yang dihasilkan.

Batu granit adalah batuan beku yang berasal dari perut bumi (muntahan magma) yang terdiri dari elemen kuarsa dan feldspar, sedangkan mineral lainnya dalam jumlah kecil seperti biotit, muskovit, hornblende, dan piroksen (ESDM, 2015). Dalam bidang industri, pemanfaatan batuan granit banyak dipakai dalam pembuatan keramik (G. Bayrak, 2013) dan bahan baku pembuatan batu hias, lantai maupun ornament dinding. Penyebaran batu granit di Indonesia cukup luas, terutama di daerah Indonesia bagian barat (Buku Ensiklopedia pelajar dan umum). Kata "granit" sendiri berasal dari bahasa latin granum, berarti butiran. Hal ini dikarenakan adanya butiran mineral gelap yang terlihat di permukaan batuan. Batuan ini terbentuk dari kristalisasi magma yang lambat di bawah permukaan bumi. Batuan ini umumnya berukuran masif, keras dan tangguh. Granit dengan karakteristik memiliki butiran kasar dan mempunyai kepadatan yang lebih keras dari marmer. Kepadatan tersebut memungkinkan granit untuk tahan terhadap erosi dan abrasi, maupun menahan beban yang berat, menjadikan beton lebih kedap dan awet, serta tahan terhadap pelapukan batuan. Inovasi dari limbah pecahan granit ini adalah untuk memanfaatkan limbah pecahan granit sebagai substituent parsial kerikil sehingga memberi nilai tambah terhadap limbah pecahan granit tersebut. Kelebihan penggunaannya adalah selain mendapat kuat tekan yang besar juga dapat memanfaatkan limbah untuk mengurangi penggunaan bahan segar serta lebih ekonomis.

Silika fume mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Dilihat dari sifat kimianya, secara geometris silika fume mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Sedangkan dari sifat mekaniknya, silika fume memiliki reaksi yang bersifat pozzolan (bahan yang mempunyai kandungan senyawa silika/silika dioksida dan alumina) yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas semen. Hasil reaksi keduanya menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) sebagaimana yang dihasilkan hidrasi semen yang memberikan kekuatan pada beton kerasnya. Reaksi tersebut tersebar merata pada seluruh tempat di dalam beton termasuk pada ruang-ruang kosong pada lapisan agregat-pasta semen, sehingga menambah kekuatan lekatan antara agregat dan pasta semen. Selain itu, penggunaan silika fume untuk reduksi semen dilakukan guna meningkatkan kemampuan kerja beton. Telah kita ketahui bahwa silika fume telah banyak digunakan dalam percobaan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah granit dan silika fume, serta hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton dengan variasi tersebut serta memperoleh hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan limbah granit dengan variasi silika fume.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium berupa pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Air, Agregat Halus (pasir), Agregat Kasar (batu pecah 1-2), Semen, Limbah Granit, Zat aditif Silika Fume. Variabel penelitian yakni variabel terikat merupakan variabel yang tergantung pada variabel lainnya. Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi : semen dan agregat kasar. Variabel Bebas merupakan variabel yang sifatnya tidak terikat atau dapat diubah sesuai perencanaan. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi : limbah granit dan silika fume sedangkan Variabel tetap merupakan variabel yang dijaga konstan atau tidak berubah. Variabel tetap dalam penelitian ini meliputi : agregat halus dan air.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang dapat ditahan sampel beton per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur ketika dibebani dengan gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. (Pane et al., 2015)

Kuat tekan beton drumuskan sebagai:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dalam hal ini :

F<sup>'</sup>c = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum

A = Luas penampang

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kirakira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke baha percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986:11).

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$$

Dalam hal ini :

f<sub>ct</sub> = Kuat tarik bela beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

d = diameter benda uji silinder (mm)

L = panjang benda uji silinder (mm)

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental murni yang dilakukan di laboratorium untuk memberikan suatu gambaran mengenai pengaruh pengganti bahan tambah limbah granit dan silika fume.

**Tabel 1.** Variasi Benda Uji Kuat Tekan Dan Kuat Tarik

No	Notasi Sampel	Semen	Silika fume	Agregat Halus	Agregat Kasar	Limbah Granit	Air	Jumlah Sampel	
								Kuat Tekan	Kuat Tarik
1	Beton Normal	100%	0%	100%b	100%	0%	100%	20	3
1	BG 5% SF 0%				95%	5%		3	3
2	BG 10% SF 0%				3	3			
3	BG 10% SF 7,5%	92,50%	7,5%		3	3			
4	BG 10% SF 15%	85,00%	15%		3	3			
5	BG 10% SF 22,5%	77,50%	23%		3	3			
6	BG 10% SF 30%	70%	30%	3	3				

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik agregat didasarkan pada SNI. dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa Saringan	-	Lampiran	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maksimal 5%	4,37%	Memenuhi
3	Kadar Air	3% - 5%	3,69%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9 gram/cm <sup>3</sup>	1,4 gram/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	- Padat		1,52 gram/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 2%	1,86%	Memenuhi
6	Berat Jenis Spesifikasi			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,2	2,27	Memenuhi
	- Berat Jenis SSD	1,6 - 3,2	2,32	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,2	2,38	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa Saringan	-	Lampiran	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maksimal 1%	0,87%	Memenuhi
3	Kadar Air	0,5 % - 2 %	1,34%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9 gram/cm <sup>3</sup>	1,63 gram/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	- Padat		1,76 gram/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 4%	2,56%	Memenuhi
6	Berat Jenis Spesifikasi			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,2	2,63	Memenuhi
	- Berat Jenis SSD	1,6 - 3,2	2,69	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,2	2,82	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah ukuran maksimum 20 mm) yang berasal dari Sungai Bili-bili, Gowa. Berdasarkan pelaksanaan pemeriksaan agregat di Laboratorium Bahan dan Struktur Beton Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, diperoleh hasil pemeriksaan karakteristik.

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 7 dibawah ini.

**Tabel 4.** Hasil Kuat Tekan Beton Normal

No Benda Uji	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Umur	Beban Maksimum	Kekuatan Tekan
	( cm )	cm	( cm <sup>2</sup> )	( hari )	(KN)	N/mm <sup>2</sup>
1	15	30	176,625	28	435	27,18
2	15	30	176,625	28	555	30,01
3	15	30	176,625	28	470	27,46
4	15	30	176,625	28	490	27,74
5	15	30	176,625	28	475	26,89
6	15	30	176,625	28	450	28,31
7	15	30	176,625	28	490	27,74
8	15	30	176,625	28	470	27,46
9	15	30	176,625	28	400	27,18
10	15	30	176,625	28	430	24,91
11	15	30	176,625	28	450	26,61
12	15	30	176,625	28	480	27,46
13	15	30	176,625	28	475	26,89
14	15	30	176,625	28	395	24,63
15	15	30	176,625	28	580	32,84
16	15	30	176,625	28	475	26,89
17	15	30	176,625	28	510	28,87
18	15	30	176,625	28	500	28,31
19	15	30	176,625	28	490	28,03
20	15	30	176,625	28	445	26,89
Jumlah						552,30
Kuat Tekan Rata - rata (F'cr)						27,62
Standar Deviasi (Sr)						1,71
Kuat Tekan Karakteristik (F'c)						27,69

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

**Tabel 5.** Hasil Kuat Tekan Beton Variasi

Simbol	No Benda Uji	Limbah Granit	Silika Fume	Slump	Berat Sampel	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
		%	%	(cm)	(gram)	(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Mpa)
BG 5% SF 0%	1	5%	0%	8,5	12555	176,625	500	28,31
	2			8,5	12665	176,625	485	27,46
	3			8,5	12522	176,625	485	27,46
	Rata - Rata							490,00
BG 10% SF 0%	1	10%	0%	8,5	12595	176,625	490	27,74
	2			8,5	12750	176,625	485	27,46
	3			8,5	12644	176,625	490	27,74
	Rata - Rata							488
BG 10% SF 7,5%	1	10%	7,5%	8,5	12230	176,625	475	26,89
	2			8,5	12452	176,625	485	27,46
	3			8,5	12442	176,625	440	24,91
	Rata - Rata							467
BG 10% SF 15%	1	10%	15%	8,5	12260	176,625	480	27,18
	2			8,5	12060	176,625	465	26,33
	3			8,5	12310	176,625	450	25,48
	Rata - Rata							465
BG 10% SF 22,5%	1	10%	22,5%	8,5	11875	176,625	450	25,48
	2			8,5	11830	176,625	445	25,19
	3			8,5	11856	176,625	435	24,63
	Rata - Rata							443
BG 10% SF 30%	1	10%	30%	8,5	11740	176,625	450	25,48
	2			8,5	11832	176,625	440	24,91
	3			8,5	11740	176,625	435	24,63
	Rata - Rata							442

**Tabel 6.** Hasil Kuat Tarik Beton Normal

No Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Umur (hari)	Beban Maksimum (KN)	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )
1	15	30	176,625	28	220	3,11
2	15	30	176,625	28	230	3,26
3	15	30	176,625	28	215	3,04
Jumlah						9,41
Kuat Tekan Rata - rata (F <sub>cr</sub> )						3,14

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

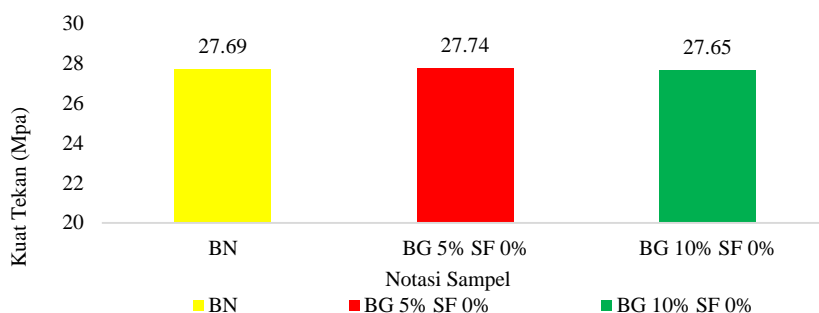
**Tabel 7.** Hasil Kuat Tarik Beton Variasi

Simbol	No Benda Uji	Limbah Granit (%)	Silika Fume (%)	Slump (cm)	Berat Sampel (gram)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tarik (Mpa)
BG 5% SF 0%	1	5%	0%	8,5	12810	176,625	250	3,54
	2			8,5	12740	176,625	220	3,11
	3			8,5	12485	176,625	205	2,90
	Rata - Rata							225
BG 10% SF 0%	1	10%	0%	8,5	12834	176,625	220	3,11
	2			8,5	12766	176,625	225	3,18
	3			8,5	12740	176,625	225	3,18
	Rata - Rata							223
BG 10% SF 7,5%	1	10%	7,5%	8,5	12487	176,625	200	2,83
	2			8,5	12405	176,625	205	2,90
	3			8,5	12250	176,625	170	2,41
	Rata - Rata							192
BG 10% SF 15%	1	10%	15%	8,5	12425	176,625	180	2,55
	2			8,5	12254	176,625	190	2,69
	3			8,5	12145	176,625	190	2,69
	Rata - Rata							187
BG 10% SF 22,5%	1	10%	22,5%	8,5	11830	176,625	180	2,55
	2			8,5	11844	176,625	175	2,48
	3			8,5	11953	176,625	175	2,48
	Rata - Rata							177
BG 10% SF 30%	1	10%	30%	8,5	11690	176,625	160	2,26
	2			8,5	11761	176,625	175	2,48
	3			8,5	11785	176,625	175	2,48
	Rata - Rata							170

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

**Pengaruh Limbah Granit sebagai Substitusi Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton**

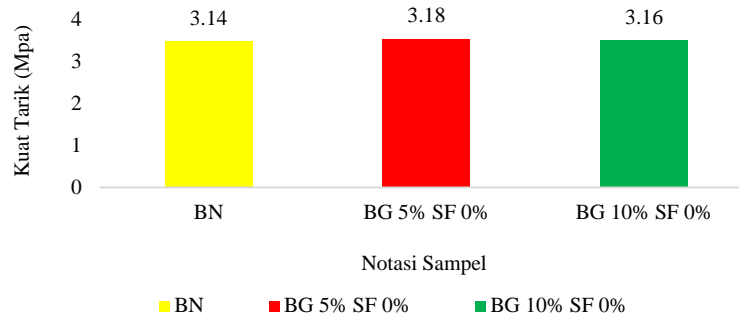
Pada penelitian ini limbah batu granit menjadi material substitusi terhadap agregat kasar dengan persentase yang berbeda-beda yakni sebanyak 5% dan 10%. Berdasarkan Gambar 1 dibawah ini menunjukkan diagram perbandingan kuat tekan beton normal terhadap substitusi limbah granit sebagai berikut.



**Gambar 1.** Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton dengan Variasi Limbah Granit

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata dari substitusi limbah granit terhadap agregat kasar dengan jumlah 5% dan 10% yakni berturut-turut 27,69 Mpa dan 27,65 Mpa dimana kuat tekan rata-rata beton normal yang direncanakan yaitu sebesar 27,62 Mpa. Pada persentase selisih kuat tekan beton normal dengan beton variasi mengalami peningkatan dengan menggunakan limbah granit sebagai substitusi agregat kasar yang paling optimum pada penelitian ini diperoleh pada variasi BG 5% SF 0%.

Berikut Gambar 2 dibawah ini menunjukkan diagram perbandingan kuat tarik beton normal terhadap substitusi limbah granit sebagai berikut

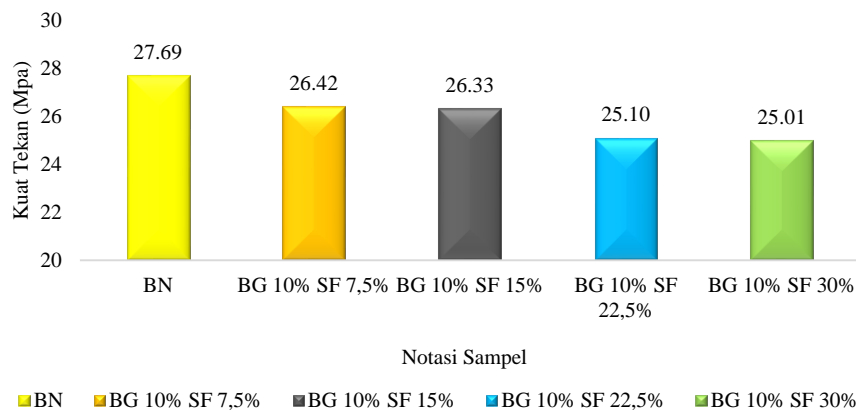


**Gambar 2.** Perbandingan Nilai Kuat Tarik Beton dengan Variasi Limbah Granit

Berdasarkan Gambar 2 diatas dapat disimpulkan bahwa beton variasi limbah granit mengalami penurunan kuat tarik belah beton. Dimana semakin tinggi variasi limbah granit maka semakin menurun kuat tarik belah beton yang dihasilkan. Nilai kuat tarik belah beton rata-rata untuk beton normal yaitu 3,14 Mpa, sedangkan kuat tarik belah beton pada variasi BG 5% SF 0% dan BG 10% SF 0%, berturut-turut sebesar 3,18 Mpa dan 3,16 Mpa. Nilai kuat tarik belah rata-rata untuk benda uji yang menggunakan limbah granit sebagai substitusi agregat kasar yang paling optimum pada penelitian ini diperoleh pada variasi BG 5% SF 0%. Pada persentase diatas menunjukkan peningkatan pada variasi tersebut.

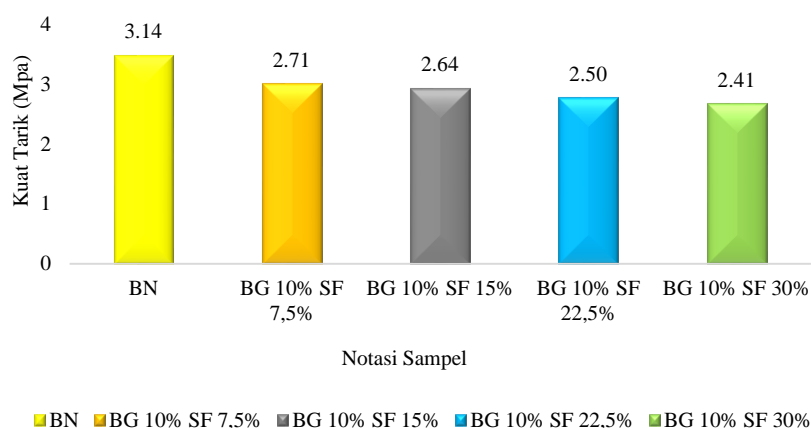
***Pengaruh Variasi Silika Fume terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton***

Pada variasi ini menggunakan bahan tambah silika fume dengan jumlah yang berbeda dengan mengikutsertakan limbah granit sebagai substitusi agregat kasar dengan jumlah sebanyak 10%. Dengan jumlah silika fume sebanyak 7,5%, 15%, 22,5%, dan 30%. Berdasarkan Gambar 3 dibawah ini, dapat digambarkan diagram perbandingan kuat tekan beton normal terhadap penambahan silika fume dan limbah granit sebagai berikut.



**Gambar 3.** Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton dengan Variasi Normal I dengan Variasi Limbah Granit dan Silika Fume

Dari Gambar 3 diatas, dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata dari substitusi limbah granit dan reduksi semen menghasilkan berturut-turut 26,42 Mpa, 26,33 Mpa, 25,10 Mpa, dan 25,01 Mpa. Dengan kuat tekan rata-rata beton normal 27,69 Mpa.

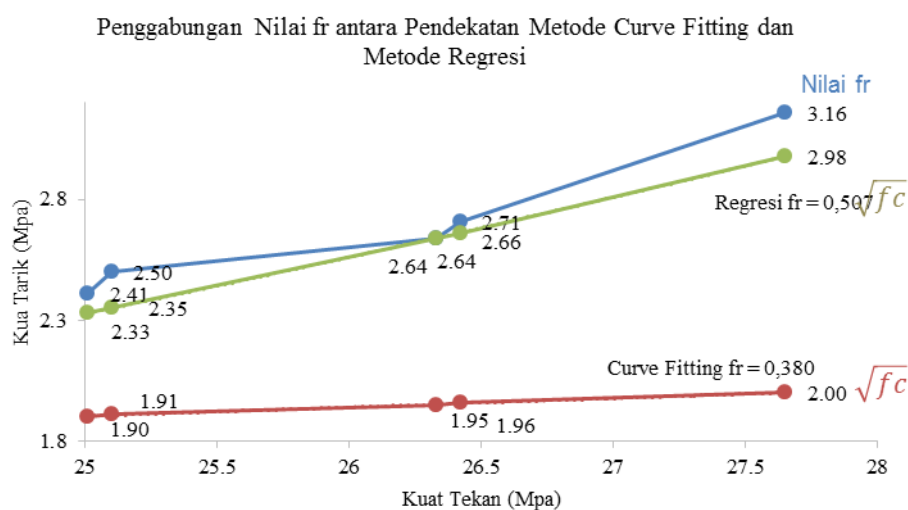


**Gambar 4.** Perbandingan Nilai Kuat Tarik Beton dengan Variasi Normal I dengan Variasi Limbah Granit dan Silika Fume

Dari Gambar 4 di bawah dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata dari substitusi limbah granit dan reduksi semen menghasilkan berturut-turut 2,71 Mpa, 2,64 Mpa, 2,50 Mpa, dan 2,41 Mpa. Dengan kuat tarik rata-rata beton normal 3,14 Mpa. Pada nilai persentase menunjukkan penurunan terhadap kuat tarik beton normal dengan beton variasi limbah granit dan silika fume. Pengaruh pada variasi ini mengalami sedikit perbedaan hasil kuat tarik

**Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Variasi**

Hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton untuk mendapatkan nilai koefisien a dengan pendekatan metode Curve Fitting dan Regresi. Korelasi antar kuat tekan dan kuat tarik belah menggunakan metode curve fitting dengan nilai 0,9354 yang berarti hubungan yang kuat antara kuat tekan terhadap kuat tarik.



**Gambar 5.** Penggabungan Nilai fr antara Pendekatan Metode Curve Fitting dan Metode Regresi

**4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan komposisi campuran beton normal  $f_c = 25$  Mpa per  $m^3$  adalah air sebanyak 205,00 kg, semen sebanyak 436,17 kg, pasir sebanyak 683,82 kg, dan batu pecah ukuran max 20 mm sebanyak 995,01 kg. Pengaruh penggunaan limbah granit sebesar 5% dan 10% pada kuat tekan dan tarik beton mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Namun pada keadaan tersebut masih sesuai dengan nilai kuat yang direncanakan sebesar 25 Mpa. Penggunaan silika fume sebagai bahan reduksi terhadap semen sebesar 7,5% hingga 30% mengalami penurunan nilai kuat tekan dan kuat tarik beton dalam skala kecil. Semakin tinggi silika fume maka semakin menurun nilai kuat tekan dan kuat tarik beton. Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan dan kuat tarik dengan pendekatan metode curve fitting diperoleh  $f_{ct} = 0,380 \sqrt{f_c}$ , dengan  $R^2 = 0,9354$  menunjukkan hubungan yang kuat antara kuat tekan terhadap kuat tarik., sedangkan dengan

menggunakan regresi diperoleh  $f_{ct} = 0,5075\sqrt{f'_c}$ . Hal ini menunjukkan metode yang paling mendekati nilai  $f_r$  adalah dengan metode regresi.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 150, 2012. Standard Specification for Portland Cement, Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 1602, 2006. Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete, Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 29, 2016. Standard Test Method of Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate, Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 39, 2020. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C 40, 2011. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregate for Concrete, Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials.
- Bayrak, G., & Yilmaz, S. (2014). Bahan keramik kaca berbahan dasar granit. *Acta Phys. Pol. A*, 125(2), 623-625.
- Beton, Aplikasi, and Kinerja Tinggi. Semen Portland Di Indonesia.
- CUBE, TIM. "Silica Fume, Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton." *Ums.ac.id*, 15 Dec. 2019, [cube.ums.ac.id/2019/12/silica-fume-sebagai-bahan-tambah.html](http://cube.ums.ac.id/2019/12/silica-fume-sebagai-bahan-tambah.html). Accessed 17 Apr. 2022.
- HADI, SURYA. "Pengaruh Penambahan Limbah Granit Terhadap Kuat Tekan Beton." *GANEC SWARA*, vol. 14, no. 1, 2020, pp. 476–480, [journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA/article/view/123/117](http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA/article/view/123/117). Accessed 17 Apr. 2022.
- Mulyono, T., "Teknologi Beton", Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Jakarta. 2003
- Neville, A. M. 1997. *Properties of Concrete*, Longman, and Final Ed., London.
- Rahmadiyanto, Candra; Samekto, Muryati., "Teknologi Beton", Penerbit Kanisius, Jakarta. 2001.
- Simatupang, H. Partogi., 2017. Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete.
- SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- SNI 03-6821-2002, Spesifikasi Agregat Ringan untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dindingl.
- Susilo, Dwi Afif. 2012. Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton Ringan.
- Tjokrodinuljo, K., 2003, *Teknologi Bahan Konstruksi*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wahyu Hudha Prasetya. "Inovasi High Early Strength Concrete Dengan Pemanfaatan Limbah Batu Granit, Cangkang Kerang Dan Fly Ash." *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, 27Nov. 2019, pp. 31–41, [ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi/article/view/6398](http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi/article/view/6398), 10.14710/potensi.2019.6398. Accessed 17 Apr. 2022.
- Wicaksono, Wahyu Satrio, et al. "Pengaruh Kadar Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Pada High Strength Self Compacting Concrete (Hsscc) Benda Uji Silinder D 7,5 CM X 15 Cm Usia 14 Dan 28 Hari." *Matriks Teknik Sipil*, vol. 6, no. 4, 11 Dec. 2018, [jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/36537](http://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/36537), 10.20961/mateksi.v6i4.36537. Accessed 17 Apr. 2022.