

## ANALISIS KUAT TEKAN DAN TARIK BETON NORMAL MENGGUNAKAN SERBUK LIMBAH GERGAJI MARMER SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN

**Rimadian Nastalia<sup>1</sup>, Armin Naibaho<sup>2</sup>, Sugeng Riyanto<sup>3</sup>**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [rimadiannstl3@gmail.com](mailto:rimadiannstl3@gmail.com)<sup>1</sup>, [armin.naibaho@polinema.ac.id](mailto:armin.naibaho@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [sugeng.riyanto@polinema.ac.id](mailto:sugeng.riyanto@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Limbah dari hasil gergaji batu marmer yang tidak terolah dengan baik mampu menyebabkan berbagai masalah pada lingkungan. Salah satunya yaitu adanya pencemaran air sungai pada daerah-daerah penghasil kerajinan marmer yang dapat mempengaruhi kualitas air pada pemukiman tersebut. Maka pemilihan yang tepat dalam pemanfaatan ulang limbah marmer dapat diterapkan pada dunia konstruksi yaitu sebagai substitusi semen karena terdapat persamaan kandungan pada semen dengan serbuk limbah marmer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik beton terhadap kuat tekan dan tarik belah setelah mensubstitusikan sebagian semen dengan variasi berat 0%, 5%, 10%, 15% terhadap berat semen. Benda uji yang dipakai dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran Ø150mm dan tinggi 300mm. Uji kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 14 hari, pada nilai kuat tekan 28hari didapatkan dari hasil konversi benda uji. Kuat tekan pada setiap variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% adalah sebesar 25,41 MPa ; 26,46 MPa ; 22,63 MPa ; dan 19,32 MPa. Untuk uji kuat tarik belah pada setiap variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% didapatkan nilai 7,333 MPa ; 7,778 MPa ; 6,741 MPa ; dan 5,519 MPa. Hasil perhitungan biaya yang dibutuhkan paling ekonomis adalah pada variasi 15% yaitu Rp. 358.327, namun penambahan limbah gergaji marmer yang terlalu banyak dapat menurunkan kekuatan beton.

Kata kunci : Serbuk Limbah Marmer; Beton Normal; Kuat Tekan; Kuat Tarik Belah.

### ABSTRACT

*Waste from marble saws that are not treated properly can cause various problems in the environment. One of them is the pollution of river water in marble-producing areas that can affect the water quality in these settlements. So the right choice in the reuse of marble waste can be applied to the construction world, namely as a substitute for cement because there are similarities in the content of cement with marble waste powder. The purpose of this study was to analyze the characteristics of the concrete on the compressive strength and split tensile strength after substituting some cement with weight variations of 0%, 5%, 10%, 15% by weight of cement. The test object used in this study is a cylinder with a size of 150mm and a height of 300mm. The compressive strength test of concrete was carried out at the age of 7 and 14 days, the compressive strength value of 28 days was obtained from the conversion of the test object. The compressive strength at each variation of 0%, 5%, 10%, and 15% is 25.41 MPa; 26.46 MPa ; 22.63 MPa ; and 19.32 MPa. For the split tensile strength test at each variation of 0%, 5%, 10%, and 15%, the value is 7.333 MPa; 7.778 MPa ; 6.741 MPa ; and 5,519 MPa. The results of the calculation of the most economical required costs are in the 15% variation, namely Rp. 358,327, but the addition of too much marble saw waste can reduce the strength of the concrete.*

**Key words:** Marble Waste Powder; Normal Concrete; Compressive Strength; Split Tensile Strength.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, hampir seluruh bahan yang digunakan selama prosesnya merupakan material yang diambil dari alam. Dengan pembangunan yang kian lama kian berkembang, maka tidak menutup kemungkinan jika

sumber daya alam yang tersedia akan semakin menipis. Sehingga munculah suatu konsep pembangunan yang memperhatikan segi lingkungan dengan menghemat sumber daya yang ada. Sejalan dengan konsep tersebut, maka pemanfaatan ulang limbah marmer yang volumenya

mencapai 50 – 100 kg/hari dapat diterapkan pada dunia konstruksi yaitu sebagai substitusi semen karena terdapat persamaan kandungan utama pada semen dengan serbuk limbah marmer, yaitu Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Dengan adanya alasan tersebut, sehingga penelitian ini dilakukan dan di laksanakan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang.

Dari penelitian yang dilakukan ini, tujuan utamanya adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan limbah batu marmer sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton normal.

Dimana metode penelitian yang dilakukan meliputi: pengujian sifat fisik agregat halus dan kasar, perancangan campuran beton menggunakan referensi SNI 03-2834-2000, dan pengujian kuat tekan dan tarik beton.

(Handayani, A. F., Soehardjono, A., & Zacoeb, A., 2015) dalam penelitiannya mengenai Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Pada Beton Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan Variasi Penggunaan Silica Fume. Menggunakan variasi serbuk marmer dan silica fume adalah 0%:9.31%, 5%:6.22%, 10%:7.08%, dan 15%:4.85%. Beton optimum didapatkan pada campuran serbuk marmer dan silica fume 5.00% serbuk marmer dan 6.22% silica fume dengan nilai kuat tekan beton mencapai 29.04 MPa. Sehingga variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 5%, 10%, 15% limbah marmer terhadap semen.

### Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan-bahan penyusunnya yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, dan air dengan ataupun tanpa menggunakan bahan tambahan (additive atau admixture). Beton dibentuk dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya (Nawy,1985). Beton sendiri memiliki beberapa sifat, yaitu kemampuan dikerjakan (Workability), sifat tahan lama (*durability*), sifat kedap air, dan kekuatan beton.

### Agregat Halus

Agregat adalah bahan campuran beton yang saling diikat oleh pengikat semen yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat yang baik sangat mempengaruhi terhadap mutu beton, karena semakin tinggi kualitas dari agregat maka semakin tinggi pula *durability* beton yang dihasilkan. Peningkatan mutu beton disebabkan oleh meningkatnya tegangan letak pada tiap permukaan agregat (Cordon dan Gillespie, 1963).

### Agregat Kasar

Agregat Kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000).

### Semen Portland

Semen Portland merupakan semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menghasilkan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolisis dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen merupakan bahan pengikat yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam proses konstruksibeton. Semen yang umum dipakai adalah semen tipe I dan ketergantungan kepada pemakaian semen jenis ini masih sangat besar. Semen jika dilihat dari sisi fungsi masih memiliki kekurangan dan keterbatasan yang pada akhirnya akan mempengaruhi mutu mortar, M Farhan (2016).

### Serbuk Marmer

Serbuk marmer merupakan limbah sisa pengerjaan pemotongan marmer pada pabrik yang telah melewati proses pengeringan dan penghalusan hingga menjadi serbuk. Secara fisika serbuk marmer berwarna putih terang dan mempunyai berat jenis 2,79. Serbuk marmer mempunyai ukuran butir yang halus dengan 100,00% butirannya lolos ayakan Nomor 200 berdiameter 0,08 mm. (Handayani, A. F., Soehardjono, A., & Zacoeb, A., 2015). Komposisi marmer terdiri dari kalsit, dolomit, dan hematit. Sementara itu, berdasarkan analisis uji geokimia, marmer memiliki kandungan oksida yang bervariasi meliputi Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ) dan beberapa senyawa lain yang dijelaskan pada **Tabel 1**

**Tabel 1** Kandungan Kimia Senyawa Limbah Batu Marmer

No	Senyawa Kimia	Kandungan(%)
1	Silikon Dioksis ( $\text{SiO}_2$ )	17,63
2	Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )	2,73
3	Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )	1,53
4	Magnesium Karbonat ( $\text{MgO}_3$ )	0,2
5	Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ )	0,09
6	Besi Oksida ( $\text{FeO}$ )	0,01
7	Aluminium Dioksida ( $\text{AlO}_2$ )	0,002

Sumber: Handayani, A. F., Soehardjono, A., & Zacoeb, A. 2015

### Kuat Tekan Beton

Berdasarkan SNI 1974:2011 kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A}$$

(1)

Keterangan:

Kuat tekan beton : (Mpa atau N/mm<sup>2</sup>)

P : Gaya tekan aksial (N)

A : Luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan SNI 03-2491-2014, Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

$$F_{ct} = \frac{2P}{L.D}$$

(2)

Keterangan:

F<sub>ct</sub> = kuat tarik – belah dalam MPa.

P = beban uji maksimum (beban belah / hancur) dalam newton (N) yang ditunjukkan mesin uji tekan.

L = panjang benda uji dalam mm.

D = diameter benda uji dalam mm.

### Uji Anova

Uji Anova adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Anova merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya (Ghozali, 2009).

## 2. METODE

### Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan prosedural yang harus dilakukan dalam penelitian dan tidak dapat diubah untuk urutan pekerjaannya. Adapun alur penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian sifat fisik semen, marmer, agregat halus, dan agregat kasar
2. Perancangan mix design untuk seluruh variasi berdasarkan metode pada SNI 03-2834-2000
3. Melakukan prosedur pengecoran
4. Pengujian *slump* pada beton segar
5. Pengujian kuat tekan beton keras mengacu pada SNI 1974:2008: Cara Uji Beton Silinder
6. Pengujian kuat tarik belah beton keras mengacu pada SNI 1974:2008: Cara Uji Beton Silinder
7. Analisis data anova menggunakan aplikasi SPSS

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimental dan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Metode eksperimental merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil sebab akibat yang sengaja ditimbulkan dalam penelitian. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan bahan limbah hasil gergaji marmer dengan mensubstitusikan sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap berat semen. Benda uji pada penelitian ini menggunakan bentuk silinder dengan ukuran Ø 15cm dan tinggi 30cm, masing-masing 5 sampel dari setiap variasi, pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton pada usia 7, 14, 28 hari dan kuat tarik beton pada usia 28 hari.

### Pengujian Marmer

#### Uji Kehalusan Limbah Hasil Gergaji Marmer

Pengujian kehalusan limbah hasil gergaji marmer dilakukan sesuai dengan cara pengujian kehalusan semen, karena limbah hasil gergaji marmer ini nantinya akan digunakan sebagai baha substitusi sebagian semen. Dari hasil pengujian, benda uji memenuhi syarat kehalusan 0% tertahan diatas saringan No. 100 dan pada saringan no. 200 tertahan sebesar 21,36%. (berat tertahan maksimal 22% diatas saringan no. 200).

#### Uji Konsistensi Normal

Uji konsistensi normal yang dilakukan ini guna memperoleh hasil konsistensi yang dinyatakan dengan jumlah air yang dibutuhkan suatu pasta semen dalam kondisi plastis. Pengujian ini dilakukan pada semen dengan variasi substitusi limbah gergaji marmer 0%, 5%, 10%, dan 15% yang pada setiap variasinya menggunakan 3 buah benda uji. Dengan hasil pengujian yang diperoleh berturut-turut 26,03% , 26,06% , 26,33% , dan 26,59%.

### Pengujian Agregat

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Ket
Kadar Air	0.191%	≤ 3%	SNI 03-1971-1990	OK
Penyerapan	0.478%	≤ 3%	SNI-1970-2008	OK
Gradasi	Zona 2	Zona 1-4	SNI 03-2834-2000	OK
Kadar Organik	Grade 1		SNI 03-2816-1992	OK

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik agregat halus, menunjukkan bahwa agregat halus tersebut layak digunakan sebagai bahan campuran beton. Selanjutnya berikut hasil pengujian sifat fisik agregat kasar yang telah dilakukan.

**Tabel 3** Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Ket
Kadar Air	1.606%	≤ 3%	SNI 03-1971-1990	OK
Penyerapan	1.880%	≤ 3%	SNI-1970-2008	OK
Gradasi	Zona 1	Zona 1-3	SNI 03-2834-2000	OK
Kekerasan	5.009%	≤ 45%	BS-882	OK

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian sebagaimana seperti pengujian agregat halus. Agregat kasar tersebut juga layak untuk digunakan sebagai bahan campuran beton. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merancang campuran beton berdasarkan sengan SNI 03-2834-2000

**Tabel 4** Hasil Perencanaan Campuran Beton

Parameter	Nilai	Satuan
Kuat tekan rencana	25	MPa
Deviasi Standar	-	MPa
Margin	12	MPa
Kuat tekan rata-rata rencana	37	MPa
Jenis semen	Tipe 1 PPC	
Faktor air semen	0.5	
Slump	30-60	mm
Kadar air bebas	190	MPa
Kadar semen	380	Kg
Presentase agregat halus	36.5	%
Berat jenis gabungan	2.706	Kg/m <sup>3</sup>
Berat isi beton	2435	Kg/m <sup>3</sup>
Kadar agregat gabungan	1865	Kg/m <sup>3</sup>
Kadar agregat halus	680.73	Kg/m <sup>3</sup>
Kadar agregat kasar	1184.28	Kg/m <sup>3</sup>
Jumlah benda uji	80	Silinder

Sumber: Hasil Perhitungan

**Hasil Pengujian Slump**

Pengujian slump untuk beton berdasarkan mix design yaitu menggunakan standar nilai 30-6- mm.

**Tabel 5** Hasil Pengujian Nilai Slump

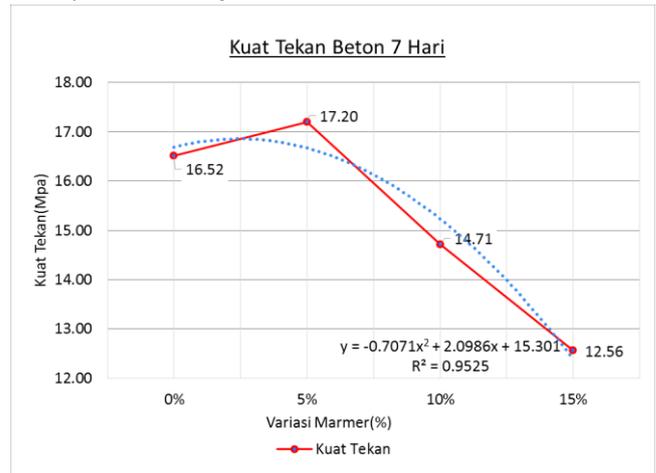
Variasi (%)	Nilai Slump (mm)			Rata-rata
	I	II	III	

0	50	45	50	48.3
5	65	55	50	56.7
10	35	60	55	50.0
15	50	40	50	46.7

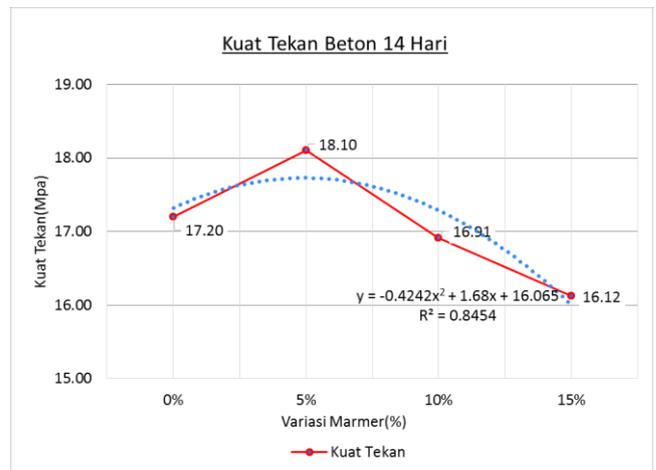
Sumber: Hasil Pengujian

**Pengujian Kuat Tekan**

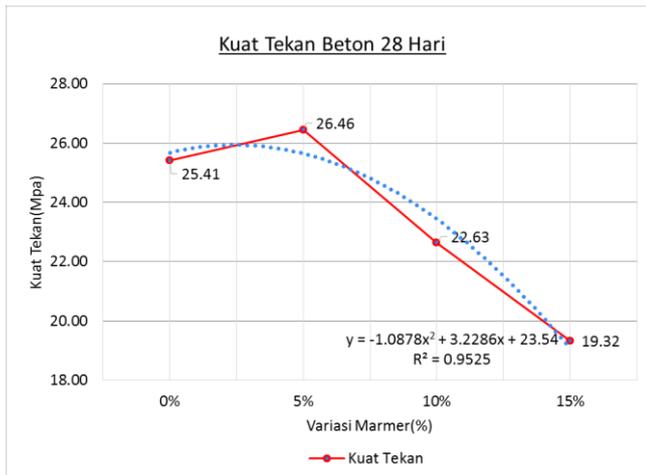
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 14, & 28 hari dengan jumlah benda uji pada setiap umur sebanyak 5 benda uji.



**Gambar 1** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari



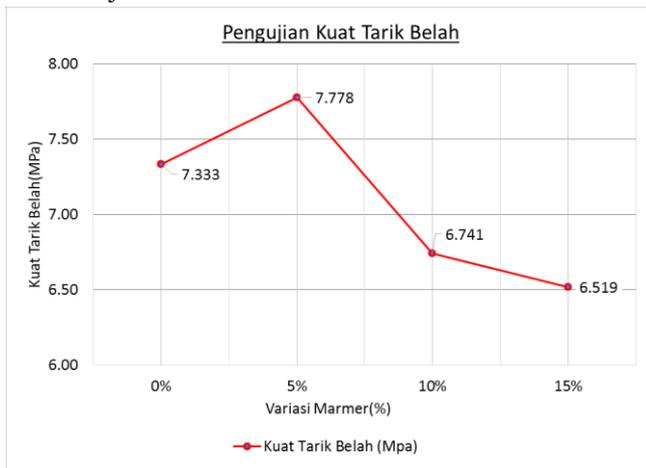
**Gambar 2** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari



Gambar 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28Hari

**Pengujian Kuat Tarik Belah**

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur beton 28 hari dengan jumlah benda uji pada setiap umur sebanyak 3 benda uji.



Gambar 4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

**Uji Anova**

Berdasarkan hasil uji normalitas data didapat data-data yang telah terdistribusi normal. Sehingga langkah selanjutnya dapat dilakukan dengan Uji Anova pada kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan masing masing variasi.

**Tabel 6 Uji Anova Kuat Tekan Beton**

ANOVA					
KuatTekan(MPa)	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.013	3	3.338	1.750	.197
Within Groups	30.524	16	1.908		
Total	40.537	19			

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan Tabel hasil perhitungan uji anova satu arah di dapatkan nilai df untuk nilai pembilang (N1) sebesar 3 dan

nilai df untuk penyebut (N2) sebesar 16. Sehingga jika di analisis menggunakan tabel maka didapat nilai F tabel 3,24 dan untuk nilai F hitung atau F output dari SPSS didapat nilai sebesar 1,750, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:  $F_{hitung} < F_{tabel} = 1,750 > 3,24$  maka  $H_0$  diterima, dan  $H_1$  ditolak

**Tabel 7 Uji Anova Kuat Tarik Belah Test Statistics a,b**

	KuatTarikBelah (MPa)
Kruskal-Wallis H	6.725
df	3
Asymp. Sig.	.081

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Variasi(%)

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan pada hasil pengujian Kruskal-Wallis pada Tabel menyatakan bahwa nilai Asymp.Sig > 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak yang berarti limbah batu marmer tidak mempengaruhi kuat tarik belah beton.

Biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan beton dengan volume 1m3 ialah

**Tabel 8 Biaya Pembuatan Benda Uji**

Variasi	Biaya	Selisih Harga
0%	Rp 363,770	-
5%	Rp 361,955	Rp 1.815
10%	Rp 360.141	Rp 3.629
15%	Rp 358.327	Rp 5.443

Sumber: Hasil Perhitungan

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari hasil pengujian sifat fisik serbuk limbah hasil gergaji marmer didapatkan bahwa gradasi kehalusan serbuk limbah hasil gergaji marmer memenuhi persyaratan sebagai bahan substitusi sebagian semen.
2. Berdasarkan dari hasil pengujian kuat tekan beton pada seluruh variasi, urutan nilai rata-rata kuat tekan beton tertinggi sampai ke terendah ialah pada beton variasi substitusi 5% pada umur beton 28 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 26,455 MPa, variasi 0% sebesar 25,411 MPa, variasi 10% sebesar 22,626 MPa dan nilai kuat tekan terendah ialah pada beton variasi 15% pada umur beton 28hari dengan nilai kuat tekan sebesar 19,319 MPa.
3. Berdasarkan dari hasil pengujian kuat tarik belah beton pada seluruh variasi, urutan nilai rata-rata kuat tarik belah

beton tertinggi sampai ke terendah ialah pada beton variasi substitusi 5% pada umur beton 14 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 7,78 MPa, variasi 0% sebesar 7,33 MPa, variasi 10% sebesar 6,74 MPa dan nilai kuat tekan terendah ialah pada beton variasi 15% pada umur beton 14 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 6,52 MPa.

4. Berdasarkan hasil uji Anova untuk kuat tekan beton dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
  - a. Uji Anova untuk kuat tekan umur beton 7 hari dan 28 hari tidak dapat dilakukan karena terdapat data yang tidak berdistribusi normal. Sehingga perlu dilakukan uji alternative dengan menggunakan uji Kruskal Wallis. Dari hasil uji ini didapatkan nilai Asymp.sig 0,005 kurang dari 0,05 yang menyatakan bahwa limbah hasil gergaji marmer mempengaruhi kuat tekan beton. Uji Anova untuk kuat tekan umur beton 14 dapat dilakukan karena data yang ada berdistribusi normal.  $F_{hitung} < F_{tabel} = 1,750 > 3,24$  maka  $H_0$  diterima, dan  $H_1$  ditolak, dapat dinyatakan bahwa limbah hasil gergaji marmer mempengaruhi kuat tekan beton.
  - b. Berdasarkan hasil uji Anova untuk kuat tarik belah tidak dapat dilakukan karena terdapat data yang tidak berdistribusi normal. Sehingga perlu dilakukan uji alternative dengan menggunakan uji Kruskal Wallis. Dari hasil pengujian menyatakan bahwa nilai Asymp.Sig sebesar 0,081  $>$  0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak yang berarti limbah batu marmer tidak mempengaruhi kuat tarik belah beton.
5. Biaya yang dibutuhkan untuk setiap campuran pada beton yang telah disubstitusi mengalami penurunan dari biaya awal untuk beton variasi 0%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Armeyn, A., & Gusrianto, R. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR PADAT SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA KUAT TEKAN BETON NORMAL. *JURNAL TEKNIK SIPIL ITP*, 3(2).
- [2] Handayani, A. F., Soehardjono, A., & Zacoeb, A. (2015). Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer pada Beton sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi Penggunaan Silica Fume. *Teknologi dan Kejuruan: Jurnal teknologi, Kejuruan dan Pengajarannya*, 37(2).
- [3] Hunggurami, E., Lauata, M. F., & Utomo, S. (2013). Pemanfaatan Limbah Serbuk Batu Marmer dari Gunung Batu Naitapan Kabupaten Timor Tengah Selatan pada Campuran Paving Block. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 37-48.
- [4] Kurniawati, S., & Titisari, A. D. Rekomendasi Pemanfaatan Marmer Daerah Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Karakteristiknya. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 5(2), 251-266.
- [5] Sari, R. A. I., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Jumlah Semen dan Fas Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat yang Berasal Dari Sungai. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1).