

Penggunaan Abu Marmer Dan *Fly ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Beton Normal

George Andre Papendang ^{*1}, Jonie Tanijaya ^{*2}, Olan Jujun Sanggaria ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia george.andreep18@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia ² jonie.tanijaya@gmail.com^{*2} dan olanjujun@gmail.com^{*3}

Corresponding Author: george.andreep18@gmail.com

Abstrak

Setiap tahunnya jumlah limbah terus menerus bertambah, salah satunya limbah abu marmer, jumlah limbah akan terus bertambah baik dalam industri konstruksi, ekstraktif, fasilitatif dan lainnya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas dengan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Benda uji yang digunakan yaitu silinder dengan diameter 150mm dan tinggi 300mm. Hasil pengujian kuat tekan dengan penambahan abu marmer 0% dengan *fly ash* 10% mengalami peningkatan sebesar 4,930% dari kuat tekan rencana, juga pada penambahan abu marmer 8% dengan *fly ash* 10% mengalami peningkatan sebesar 1,533%. Namun, pada penambahan abu marmer 12% dengan *fly ash* 10%, terjadi penurunan sebesar 9,035% dari nilai kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah (ft) didapatkan nilai kuat tarik belah sebesar 2,713 MPa, 2,642 MPa dan 2,477 MPa. Untuk hasil pengujian Modulus Elastisitas (E) didapatkan nilai dengan penambahan abu marmer 0% dengan *fly ash* 10%, abu marmer 8% dengan *fly ash* 10% dan abu marmer 12% dengan *fly ash* 10%, sebesar 7979,762 MPa, 7597,352 MPa dan 7451,366 MPa. dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan *fly ash* dengan variasi 10% masih mampu meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Namun untuk penambahan abu marmer lebih dari 8% dapat menurunkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

Kata kunci: Beton, abu marmer, *fly ash*, modulus elastisitas.

Abstract

Every year the amount of waste continues to increase, one of which is marble ash waste, the amount of waste will continue to increase both in the construction, extractive, facilitative and other industries. The purpose of this study was to determine the compressive strength, split tensile strength and modulus of elasticity with research conducted at the Laboratory of Structures and Materials at the Christian University of Indonesia Paulus Makassar. The test object used is a cylinder with a diameter of 150mm and a height of 300mm. The results of the compressive strength test with the addition of 0% marble ash with 10% fly ash increased by 4.930% from the addition of 8% marble ash with 10% fly ash which experienced an increase of 1.533%. However, in the addition of 12% marble ash with 10% fly ash, there was a decrease of 9.035% from the design compressive strength value of 25 MPa. The split tensile strength test results (ft) obtained split tensile strength values of 2,713 MPa, 2,642 MPa and 2,477 MPa. For the results of the Elasticity Modulus (E) test, the value obtained by adding 0% marble ash with 10% fly ash, 8% marble ash with 10% fly ash and 12% marble ash with 10% fly ash, is 7979.762 MPa, 7597, 352 MPa and 7451.366 MPa. from the results of the study it can be concluded that the addition of fly ash with a variation of 10% is still able to increase the

compressive strength, split tensile strength and elastic modulus. However, the addition of more than 8% marble ash can reduce the value of compressive strength, split tensile strength and modulus of elasticity.

Keywords: Concrete, marble ash, fly ash, modulus of elasticity.

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, perkembangan infrastruktur di Indonesia semakin meningkat dengan jumlah penduduk yang terus bertambah, maka kebutuhan beton untuk menunjang sarana dan prasarana juga ikut meningkat. Penggunaan beton dalam dunia konstruksi sangatlah penting, karena beton bisa dibilang salah satu bahan utama dalam sebuah bangunan. Beton merupakan campuran homogen yang terdiri dari beberapa material yaitu Agregat kasar, Agregat halus, semen dan air serta bahan lain sebagai bahan tambah, selain itu, beton juga memiliki daya tahan yang cukup lama dan harga yang relatif terjangkau.

Setiap tahunnya, jumlah limbah terus menerus bertambah, salah satunya limbah abu marmer, limbah merupakan sisa-sisa atau barang yang dianggap tidak berguna dan tidak diperlukan lagi, setiap hari, jumlah limbah akan terus bertambah, baik dalam industri konstruksi, ekstraktif, fasilitatif dll. Banyaknya limbah akan menimbulkan masalah baru bagi masyarakat seperti pencemaran lingkungan yang akan berdampak sangat besar bila tidak segera di tangani dengan baik.

Pemanfaatan limbah serbuk marmer sudah dilakukan di daerah Trenggalek sebagai bahan tambah pada pembuatan *paving block*. Penelitian ini menggunakan variasi sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap berat semen dengan ukuran *paving block* 21 cm x 10,5 cm x 8 cm, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum berada pada variasi 10% dengan kuat tekan mencapai 26,97 MPa [1].

Pemanfaatan Serbuk Marmer Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Campuran Beton Normal. Dalam penelitian ini, digunakan variasi 0%, 5%, 10% dan 15%. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai optimum penggunaan abu marmer berada pada variasi 5% dengan nilai kuat tekan 28,544 MPa [2]. Sementara itu, abu marmer juga pernah dilakukan dalam penelitian tentang "Sifat Mekanis Beton Normal Dengan Campuran Tepung Marmer". Dalam penelitian ini digunakan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai optimum penggunaan berada pada variasi 15% dengan nilai kuat tekan 29,279 MPa [3]. Analisa Campuran Beton Dengan Material Limbah Marmer Sebagai Pengisi Pasir Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Pengisi Semen". Dalam penelitian ini digunakan variasi campuran limbah marmer 12%, campuran abu ampas tebu 6% dan campuran limbah marmer 12% dan ampas tebu 6%. Hasil dari penelitian menunjukkan campuran limbah marmer 12% memiliki kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 39,93 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 25,37% terhadap beton normal [4]. Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton, dalam penelitian ini digunakan variasi 5% - 12,5%, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan variasi 12,5% dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton sebesar 403,66 kg/cm² [5]. Inovasi Beton Kuat Tekan Awal Tinggi Yang Memadat Sendiri Menggunakan Limbah Abu Marmer dikatakan bahwa penggunaan abu marmer dengan variasi 30% dan dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kuat tekan berada pada $f'c$ 30 MPa untuk umur 2 hari [6]. Beton *Self Compacting Concrete* Ramah Lingkungan Yang Berkelanjutan Dengan Pemanfaatan Limbah Abu Marmer, Abu Sekam Padi Dan Abu Batu, dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa penggunaan abu marmer 30% dan abu batu 5% memperoleh nilai kuat tekan sebesar 40 MPa umur 28 hari [7]. Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Dan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Pengisi Pada Campuran Beton, dalam penelitian ini, variasi yang digunakan yaitu 10% dan 15% dari berat semen, dan penambahan limbah serbuk marmer sebesar 20% dan didapatkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan variasi yang besar dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. [8]

Pengaruh Penggunaan Limbah Marmer Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. Dalam penelitian ini variasi yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah marmer paling optimum berada pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 25 MPa [9]. *Fly ash* merupakan sisa-sisa pembakaran batubara yang dialirkan dari tempat pembakaran ke cerobong berupa semburan asap. *Fly ash* berbentuk partikel dan memiliki ukuran 45 milimikron atau lebih kecil dari semen. *Fly ash* terbagi menjadi 3 kelas yaitu kelas C, kelas N dan kelas F. Dalam penelitian kali ini jenis *fly ash* yang digunakan adalah kelas F. Marmer merupakan hasil dari metamorfosa atau malihan batu kapur dan batu gamping. Marmer merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan batu marmer yang dipotong dari ukuran besar menjadi ukuran yang lebih kecil dan pada proses pemotongan marmer inilah akan menghasilkan limbah abu marmer. Kandungan yang ada pada abu marmer hampir sama dengan kandungan yang ada pada semen sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambah atau bahan pengganti semen.



Gambar 1. *Fly ash*

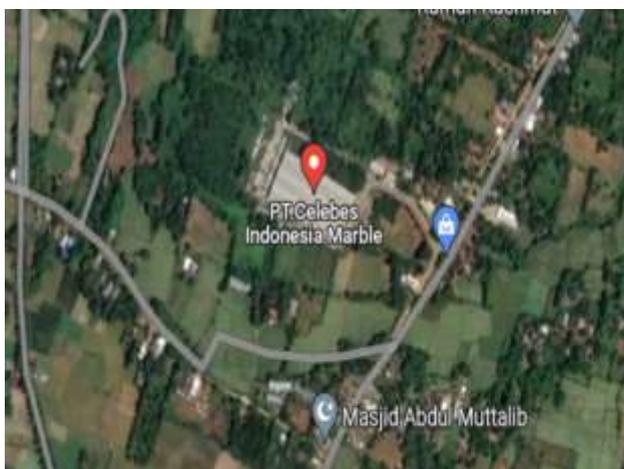


Gambar 1. Abu Marmer

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Pengambilan Material

Abu marmer yang digunakan diambil dari PT. Celebes Indonesia, Desa Barabatu, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Untuk *fly ash* diambil dari PT. Makassar Tene yang berlokasi di Jl. Kawasan Pergudangan dan Industri Parangloe, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Untuk agregat yang digunakan diambil dari Sungai Jeneberang



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Abu Marmer



Gambar 4. Lokasi Pengambilan Material *Fly ash*

2. Pengujian Karakteristik Material

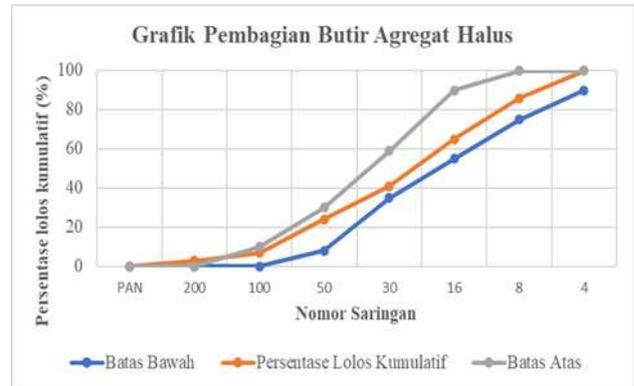
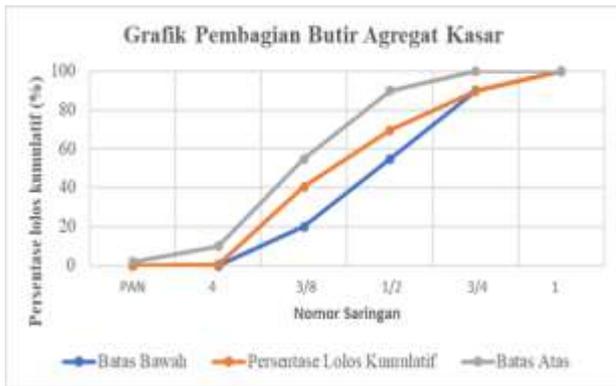
Tabel 1. Standar Pengujian Material

Pengujian	Standar Pengujian	
	<i>Agregate</i> Kasar	<i>Agregate</i> Halus
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	SNI 03-1968-1990
Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	SNI 03-4142-1996
Berat Volume	SNI 03-4804-1998	SNI 03-4804-1998
Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 1969:2008	SNI 1969:2008
Kadar Air	SNI 03-1971-2011	SNI 03-1971-2011
Zat Organik	-	SNI 2816:2014

Tabel 2 Hasil Pengujian Karakteristik Material

No	Karakteristik	Hasil	Interval	Keterangan	
1	Kadar Air	<i>Agregate</i> Kasar	0,888	0,5%-2,0%	Memenuhi
		<i>Agregate</i> Halus	3,736	3,0%-5,0%	
2	Zat Organik	<i>Agregate</i> Halus	No. 1	< No. 3	Memenuhi
3	Kadar Lumpur	<i>Agregate</i> Kasar	0,382	0,2%-1,0%	Memenuhi
		<i>Agregate</i> Halus	2,355	0,2%-6,0%	
4	Berat Volume <i>Agregate</i> Kasar	Padat	1612,14	1400-1900 kg/m ³	Memenuhi
		Gembur	1531,43		
5	Berat Volume <i>Agregate</i> Halus	Padat	1594,34	1400-1900 kg/m ³	Memenuhi
		Gembur	1404,09		
6	Berat Jenis SSD	<i>Agregate</i> Kasar	2,704	1,60-3,20	Memenuhi
		<i>Agregate</i> Halus	2,684	1,60-3,20	
7	Penyerapan	<i>Agregate</i> Kasar	0,381	0,2%-2,0%	Memenuhi
		<i>Agregate</i> Halus	1,163	0,2%-2,0%	
8	Modulus Kehalusan	<i>Agregate</i> Halus	2,630	2,20-3,10	Memenuhi

Mengacu pada syarat gradasi agregat kasar dan halus diatas maka diperoleh grafik hasil pemeriksaan analisa saringan sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar
 Dari hasil pengujian gradasi agregat kasar dan halus pada gambar diatas menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi syarat untuk digunakan dalam penelitian ini.

Gambar 6. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus
 Dari hasil pengujian gradasi agregat kasar dan halus pada gambar diatas menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi syarat untuk digunakan dalam penelitian ini.

3. Pengujian Beton

a. Kuat Tekan Beton

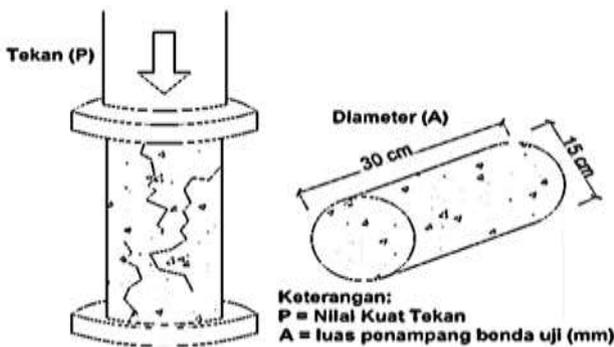
Kuat tekan beton adalah pengujian yang dilakukan pada beton dengan membebani beton menggunakan mesin kuat tekan dengan menggunakan benda uji silinder berdiameter tinggi 30 cm dan lebar 15 cm. hasil pengujian kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

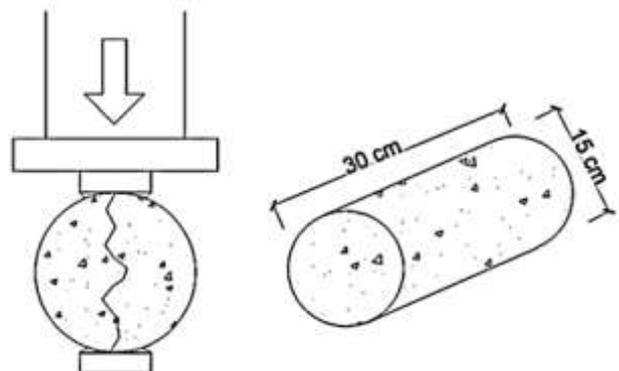
b. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah merupakan parameter yang penting dalam pengujian beton, pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan memberikan tekanan pada benda uji secara merata sampai dengan kekuatan maksimumnya. Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Fct = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 7. Pengujian Kuat Tekan Beton

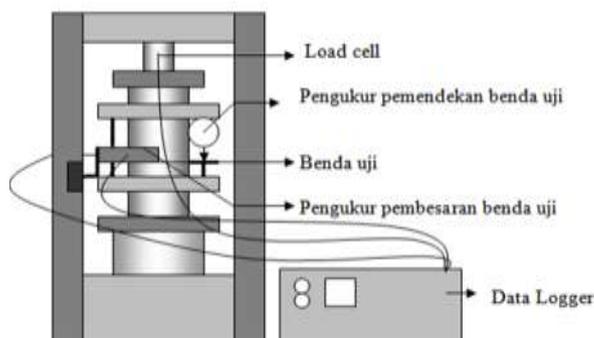


Gambar 8. Pengujian Kuat Tarik Belah

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas ditentukan dari perubahan tegangan terhadap regangan, modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton untuk menahan suatu beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil sehingga semakin tinggi nilai kuat tekan beton maka semakin tinggi juga nilai modulus elastisitasnya. Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E_c = \frac{s_2 - s_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 9. Pengujian Modulus Elastisitas

4. Mix Design (SNI 03-2834-2000)

Tabel 3. Komposisi Pembuatan Beton Untuk 1m3

	Marmer 0%, Fly ash 10%	Marmer 8%, Fly ash 10%	Marmer 12%, Fly ash 10%
Agregat Kasar	1136,75	1136,75	1136,75
Agregat Halus	653,40	653,40	653,40
Semen	377	325	300
Air	205	205	205
Fly ash	49,45	49,45	49,45
Abu Marmer	-	51,31	76,97

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Abu Marmer 0%, Fly ash 10%

Kode Beton	Variasi	Luas Penampang (mm ²)	Umur Beton	P (N)	Faktor Konversi	Kuat Tekan konversi 28hari	Rata-rata konversi 28 hari (MPa)
AP1	0%,10%	17662,5	28 Hari	450000	1,00	25,478	26,233
AP2		17662,5		400000		22,647	
AP3		17662,5		540000		30,573	
AP4		17662,5	21 Hari	435000	0,95	25,925	25,130
AP5		17662,5		420000		25,031	
AP6		17662,5	7 Hari	410000	0,65	24,435	24,824
AP7		17662,5		295000		25,695	
AP8		17662,5		285000		24,824	

AP9	17662,5		275000		23,953	
AP10	17662,5		175000		24,770	
AP11	17662,5	3 Hari	160000	0,40	22,647	24,062
AP12	17662,5		175000		24,770	

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi abu marmer 0%, *fly ash* 10% didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 24,062 MPa pada umur 3 hari, 24,824 MPa pada umur 7 hari, 25,130 MPa pada umur 21 hari dan 26,233 MPa pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi umur beton maka semakin bertambah juga nilai kuat tekannya.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Abu Marmer 8%, *Fly ash* 10%

Kode Beton	Variasi	Luas Penampang (mm ²)	Umur Beton	P (N)	Faktor Konversi	Kuat Tekan konversi 28hari	Rata-rata (MPa)
GAP1 ₂₈	8%,10%	17662,5	28 Hari	495000	1,00	28,025	25,383
GAP2 ₂₈		17662,5		450000		25,478	
GAP3 ₂₈		17662,5		400000		22,647	
GAP4 ₂₁		17662,5	21 Hari	435000	0,95	25,925	25,130
GAP5 ₂₁		17662,5		415000		24,733	
GAP6 ₂₁		17662,5		415000		24,733	
GAP7 ₇		17662,5	7 Hari	315000	0,65	27,438	24,970
GAP8 ₇		17662,5		280000		24,389	
GAP9 ₇		17662,5		265000		23,082	
GAP10 ₃		17662,5	3 Hari	190000	0,40	26,893	24,534
GAP11 ₃		17662,5		170000		24,062	
GAP12 ₃		17662,5		160000		22,647	

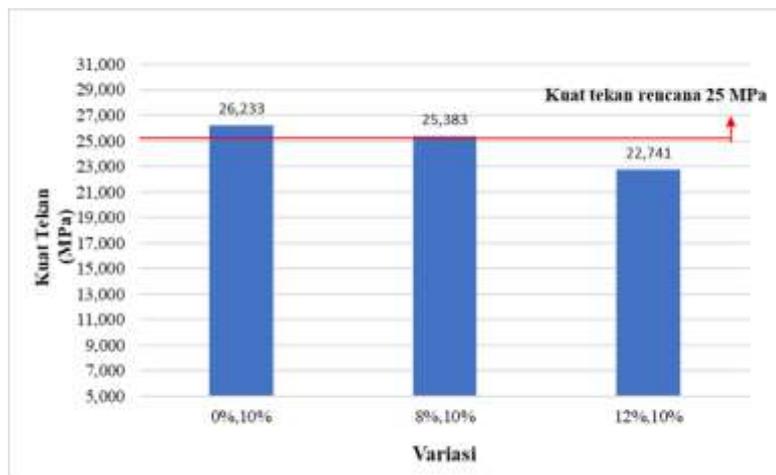
Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi abu marmer 8%, *fly ash* 10% didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 24,534 MPa pada umur 3 hari, 24,970 MPa pada umur 7 hari, 25,130 MPa pada umur 21 hari dan 25,383 MPa pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi umur beton maka semakin bertambah juga nilai kuat tekannya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Abu Marmer 12%, *Fly ash* 10%

Kode Beton	Variasi	Luas Penampang (mm ²)	Umur Beton	P (N)	Faktor Konversi	Kuat Tekan konversi 28hari	Rata-rata konversi 28 hari (MPa)
GAP1 ₂₈	12%,10%	17662,5	28 Hari	415000	1,00	23,496	22,741
GAP2 ₂₈		17662,5		400000		22,647	
GAP3 ₂₈		17662,5		390000		22,081	
GAP4 ₂₁		17662,5	21 Hari	390000	0,95	23,243	22,349
GAP5 ₂₁		17662,5		375000		22,349	
GAP6 ₂₁		17662,5		360000		21,455	
GAP7 ₇		17662,5	7 Hari	275000	0,65	23,953	22,211
GAP8 ₇		17662,5		260000		22,647	

GAP9 ₇	17662,5	230000		20,034	
GAP10 ₃	17662,5	150000		21,231	
GAP11 ₃	17662,5	3 Hari 165000	0,40	23,355	22,175
GAP12 ₃	17662,5	155000		21,939	

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi abu marmer 12%, *fly ash* 10% didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 24,534 MPa pada umur 3 hari, 24,970 MPa pada umur 7 hari, 25,130 MPa pada umur 21 hari dan 25,383 MPa pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan substitusi dengan variasi yang tinggi dapat menurunkan nilai kuat tekan.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari tabel dan grafik hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa penggunaan abu marmer dengan variasi yang besar dapat menurunkan nilai kuat tekan beton, pada variasi abu marmer 0% dengan *fly ash* 10%, didapatkan nilai kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 26,233 MPa, pada variasi abu marmer 8% dengan *fly ash* 10% didapatkan nilai kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 25,383 MPa dan pada variasi abu marmer 12% dengan *fly ash* 10% didapatkan nilai kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 22,741 MPa sehingga dapat dilihat bahwa penggunaan abu marmer yang paling optimal berada pada variasi 8% , 10% dengan peningkatan sebesar 1, 533%. Sementara untuk penggunaan substitusi abu marmer dan *fly ash* yang paling optimal berada pada variasi 0% , 10% dengan peningkatan sebesar 4,930% dari nilai kuat tekan rencana f_c 25 MPa.

b. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

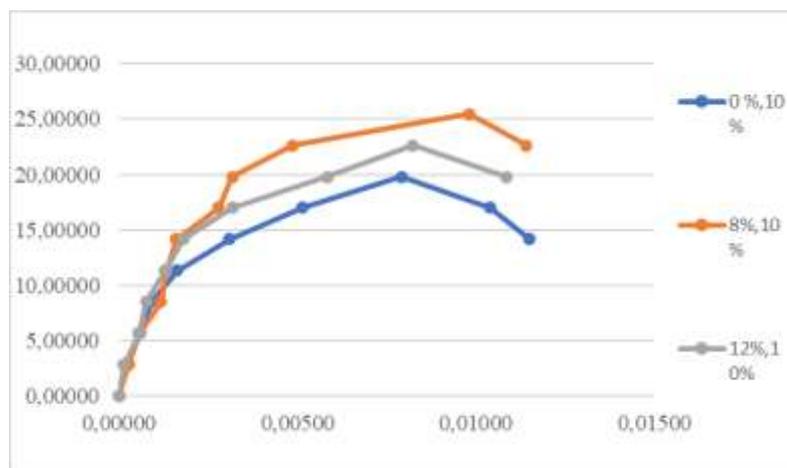
Kode	Variasi	Luas Penampang (mm ²)	Umur Beton	P (N)	Hasil Pengujian	Rata-rata (Mpa)
AP4	0%, 10%	17662,5	28 Hari	190000	2,689	2,713
AP5		17662,5		200000	2,831	
AP6		17662,5		185000	2,619	
GAP4	8%, 10%	17662,5		190000	2,689	2,642
GAP5		17662,5		180000	2,548	
GAP6		17662,5		190000	2,689	
GAP7	12%, 10%	17662,5		190000	2,689	2,477
GAP8		17662,5		175000	2,477	
GAP9		17662,5		160000	2,265	

Dari hasil pengujian kuat tarik belah didapatkan rata-rata nilai kuat tarik belah pada variasi 0% abu marmer, 10% *fly ash* sebesar 2,713 MPa, pada variasi 8% abu marmer, 10% *fly ash* sebesar 2,642 MPa, dan pada variasi 12% abu marmer, 10% *fly ash* sebesar 2,477 MPa sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi yang terlalu besar dapat menurunkan nilai kuat tarik belah beton.

c. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Tabel 8. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas 28 Hari Variasi 1 , 2 dan 3

Variasi	Umur (Hari)	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	Rata-rata (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%,10%	28 Hari	30,573	26,23	7473,461	7979,762
		25,478		8958,406	
		22,647		7507,418	
8%,10%	28 Hari	28,025	25,38	7939,970	7597,352
		25,478		7423,860	
		22,647		7428,226	
12%,10%	28 Hari	23,496	22,74	9713,161	7451,366
		22,647		4979,446	
		22,081		7661,492	



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas bertujuan untuk mengetahui besarnya beban yang dapat dipikul beton tanpa merusak beton itu sendiri. Dari hasil pengujian modulus elastisitas diatas didapatkan nilai rata-rata pada variasi 0% abu marmer, 10% *fly ash* sebesar 7979,762 MPa, pada variasi 8% abu marmer, 10% *fly ash* sebesar 7597,352 MPa, dan pada variasi 12% abu marmer, 10% *fly ash* sebesar 7451,366 MPa.

Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Dan Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 9.
 Tekan
 Tarik

Variasi Abu Marmer, Fly Ash	$f'c$ (MPa)	f_t (MPa)	Persentase Hubungan (%)
0%, 10%	26,233	2,713	9,670
8%, 10%	25,383	2,642	9,607
12%, 10%	22,741	2,477	9,181

Hubungan Kuat Beton dan Kuat Belah Beton

Dari tabel 9, didapatkan persentase hubungan antara kuat tekan ($f'c$) dengan kuat tarik belah (ft) pada masing-masing variasi yaitu 9,670%, 9,607% dan 9,181%, nilai tersebut telah memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 7,0% - 11,0%.

Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Dan Modulus Elastisitas

Tabel 10. Hubungan Kuat Tekan Beton Dan Modulus Elastisitas

Variasi Abu Marmer, Fly Ash	$f'c$ (MPa)	E_c (MPa)	Modulus Elastisitas Teoritis ($4700 \sqrt{f'c}$)
0%,10%	26,233	7979,762	24072,353
8%,10%	25,383	7597,352	23679,487
12%,10%	22,741	7451,366	22413,241

Dari hasil pengujian didapatkan nilai modulus elastisitas teoritis (E_c) dari variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 sebesar 7979,762 Mpa, 7597,352 MPa dan 7451,366 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton sangat berpengaruh terhadap modulus elastisitas, dimana jika kuat tekan beton tinggi, maka modulus elastisitasnya akan tinggi pula.

KESIMPULAN

Nilai kuat tekan ($f'c$) dengan penambahan abu marmer 0% dengan fly ash 10% mengalami peningkatan sebesar 4,930% dari kuat tekan rencana, juga pada penambahan abu marmer 8% dengan fly ash 10% mengalami peningkatan sebesar 1,533%. Namun, pada penambahan abu marmer 12% dengan fly ash 10%, terjadi penurunan sebesar 9,035% dari nilai kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah (ft) didapatkan nilai kuat tarik belah sebesar 2,713 MPa, 2,642 MPa dan 2,477 MPa. Untuk hasil pengujian Modulus Elastisitas (E) didapatkan nilai dengan penambahan abu marmer 0% dengan fly ash 10%, abu marmer 8% dengan fly ash 10% dan abu marmer 12% dengan fly ash 10%, sebesar 7979,762 MPa, 7597,352 MPa dan 7451,366 MPa sehingga dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan fly ash dengan variasi 10% masih mampu meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Namun untuk penambahan abu marmer lebih dari 8% dapat menurunkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Q. Ondang, S. E. Wallah, dan R. S. Windah, "Sifat Mekanik Dan Permeabilitas Beton Porous Dengan Substitusi Fly Ash Terhadap Semen," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 4, hlm. 495–500, 2020.
- [2] Harlina dan I. Puspitasari, "Penelitian Beton Dari Limbah Batu Andesit Ukuran ½ Cm," *Jurnal TEDC*, vol. 15, no. 3, hlm. 256–262, 2021.
- [3] M. D. Mboru, A. Halim, C. Aditya, dan A. Suraji, "Pengaruh Sika Dan Abu Vulkanik Gunung Semeru Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton," *CIASTECH*, vol. 1, no. 1, hlm. 401–410, 2022.
- [4] E. Komajaya, D. Agustine, H. Abdillah, dan L. Arlianti, "Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Bahan Agregat Kasar Ditambahkan Dengan Zat Aditif," *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik (JIMTEK)*, vol. 1, no. 1, hlm. 5–10, 2020.
- [5] D. A. Sofia, P. A. Shafira, dan H. Kusumah, "Pengaruh Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Kuat Tekan Beton," *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 10,

no. 1, hal. 600–608, 2019, doi: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1481>

- [6] W. Arifin, Y. Nurtamsari, dan A. N. Samampa, “Pengaruh Limbah Batu Marmer sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton Terhadap Kuat Tarik Tidak Langsung,” *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, vol. 4, no. 3, hlm. 228–236, 2019.
- [7] D. Patah dan A. Dasar, “Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, no. 2, hlm. 158–163, 2022.
- [8] F. R. Andardi dan L. Prasetyo, “Pengaruh Penggunaan Limbah Beton sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar dan Agregat Halus Berdasarkan Grafik Fuller pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan,” *Rekayasa Sipil*, vol. 11, no. 1, hlm. 1–8, 2022.
- [9] D. G. L. Wardani, A. Sugiarto, dan Qomariah, “Pengaruh Penggunaan Limbah Genteng Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal,” *POLINEMA*, vol. 4, no. 1, hlm. 211–215, 2023.
- [10] S. R. L. Utami, M. Zaini, dan A. W. Hidayat, “Pengaruh Penambahan Waste Glass sebagai Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton,” *INERSIA*, vol. 17, no. 2, hlm. 106–117, 2021.